DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

Oktober 2016

# Elmåling

8. udgave

# 1. Indledning

Nærværende håndbog indeholder en række tekniske rapporter, beskrivelser, henvisninger m.m. vedrørende måling af levering eller aftag af elektricitet i nettet. Indholdet i håndbogen henvender sig primært til netselskaberne i Danmark.

Håndbogen kan opfattes som en indgangsnøgle til elmåling. Relevante henvisninger til referencer er også medtaget i de enkelte rapporter.

De tekniske rapporter er oprindeligt udviklet på initiativ af en kreds af elselskaber, der i en årrække har haft et samarbejde om stikprøvning af elmålere. Vedligeholdelse af håndbogen, udarbejdelse af nye rapporter m.v. varetages af Elmåleteknikudvalget, der er et samarbejde mellem de måleansvarlige netselskaber i regi af Dansk Energi.

I den 8. udgave af håndbogen er afsnittene om direkte elmåling og om reglerne for elmåling blevet revideret, og der er foretaget enkelte rettelser og tilføjelser til afsnittet om transformermåling. De øvrige rapporter er ikke ændret i 8. udgave.

## 1.1 Formål

Håndbogen giver retningslinjer for kvalitetssikring af måling af levering eller aftag af elektricitet i nettet. Udgangspunktet er, at målerinstallationen skal opfylde tilslutningsbestemmelsernes pkt. 2.7.7, hvori det angives, at en elmåler anses for at registrere forbrug med den fornødne præcision, når en registreret fejlvisning ikke overstiger ± 4 % [Ref. 1]. Den enkelte elmåler skal desuden overholde Sikkerhedsstyrelsens krav til måling af elforbrug, jf. BEK nr. 1035 af 17/10/2006 [Ref. 2].

Håndbogen skal endvidere udgøre et fundament for krav til elmålere og målesystemer, der ikke er omfattet af Sikkerhedsstyrelsens krav, bl.a. for de krav til energimåling, der opstilles af den systemansvarlige virksomhed, Energinet.dk.

Endelig skal håndbogen kunne danne udgangspunkt for netselskabernes kvalitetssikring af store fjernaflæsningssystemer og for deres planlægning og gennemførelse af indgangskontrol af elmålerne.

Tilslutningsbestemmelsernes krav til målenøjagtighed er i nærværende håndbog tolket som, at den gennemsnitlige fejlvisning ved $\cos\varphi = 1$ ikke må være større end ± 4 % i forhold til den målte energi. Hvor der er tale om to målepunkter (fx ved henholdsvis 5 % og 100 % af elmålerens basisstrøm), er det tolket som et krav til gennemsnittet af fejlvisningerne. Endvidere er der, hvor der skal tages hensyn til fejlbidraget fra strøm- og spændingstransformere, regnet med $\cos\varphi = 0{,}8$.

## 1.2 Indhold

Håndbogen består af følgende afsnit:

- **Afsnit 2:** RA 574, 2. udgave, *Direkte tilsluttede elmålere*, DEFU, oktober 2016. Rapporten indeholder krav og anbefalinger til direkte tilsluttede elmålere og supplerer kravene i Fællesregulativet af 2014 [Ref. 3].
- **Afsnit 3:** TR 353, 8. udgave, *Måleinstallationer for transformermåling*. DEFU, oktober 2016. Rapporten giver retningslinjer for opbygning af målerinstallationer, hvor der anvendes strømtransformere og eventuelt spændingstransformere for spændingsniveauer på 0,4 kV og derover. Rapporten fastlægger krav til komponenter, der indgår i måleinstallationen.
- **Afsnit 4:** RA 535, 3. udgave, *Datakvalitet og –sikkerhed ved fjernaflæsning af elmålere*, DEFU, marts 2012. Rapporten giver retningslinjer for sikring af, at datakvaliteten lever op til de legalmetrologiske krav ved store fjernaflæsningssystemer for elmålere. Den angiver endvidere forholdsregler for IT sikkerheden i forbindelse med fjernaflæsningssystemet.
- **Afsnit 5:** TR 355, 5. udgave, *Kontrolsystem for idriftværende elmålere*, DEFU, marts 2015. Rapporten giver retningslinjer for løbende overvågning af idriftværende elmålere, der ikke er godkendt efter MID.
- **Afsnit 6:** TR 355-1, 2. udgave, *Kontrolsystem for idriftværende MID elmålere*, DEFU, marts 2015. Rapporten giver retningslinjer for løbende overvågning af idriftværende elmålere, der er godkendt efter MID
- **Afsnit 7:** TR 356, 4. udgave, *Kontrolmetoder på målestedet*, DEFU, februar 2014. Rapporten beskriver retningslinjer for kontrolmetoder af måleinstallationen hos forbrugeren. Alternative muligheder for udførelse af vejledende kontrolmåling gennemgås såvel som forholdsregler i tilfælde af mistanke om fejl i måleinstallationen.
- **Afsnit 8:** TR 357, 3. udgave, *Baggrundsrapport vedr. fejl i måleinstallationer*, DEFU, februar 2000. Rapporten giver uddybende teori og forklaringer til de tekniske rapporter TR 353, TR 354, TR 355 og TR 356. Endvidere er medtaget en kortfattet oversættelse af indholdet i IEC 60044-1 og IEC 60044-2 samt resultater fra en undersøgelse af 93 gamle strømtransformere. Denne rapport er ikke ajourført i 8. udgave af håndbogen.
- **Afsnit 9:** RA 436, 3. udgave, *Fjernaflæsning af elmålere*, DEFU, februar 2014. Rapporten indeholder retningslinjer for etablering af punkter med fjernaflæsning samt retningslinjer for kvalitetskontrol af data fra fjernaflæste målepunkter.
- **Afsnit 10:** RA 544, 5. udgave, *Indgangskontrol for MID elmålere*, DEFU, marts 2015. Indførelsen af det europæiske måleinstrumentdirektiv, MID, har elimineret den nationale godkendelse af verifikation af elmålerne og dermed generelt reduceret graden af kontrol med nye målere. Dette kan medføre en øget risiko for fejl i forbindelse med nye/nyopsatte målere. Netselskaber, der ønsker at minimere denne risiko, kan indføre indgangskontrol af nye målere. RA 544 angiver de retningslinjer for kontrol, som det i så tilfælde anbefales at følge.

- **Afsnit 11:** Afsnittet indeholder en beskrivelse af de internationale og europæiske organisationer, der beskæftiger sig med legal metrologi, og hvis retningslinjer danner udgangspunkt for de danske krav og regler. Endvidere anføres de love, bekendtgørelser mv., der udgør regelsættet for elmåling i Danmark.
- **Afsnit 12:** Indeholder en samlet oversigt over betegnelser og symboler, der er anvendt i håndbogen.

## 1.3 Udarbejdelse af håndbogen

8. udgave af håndbogen er udarbejdet af Dansk Energis Elmåleteknikudvalg, som på udgivelsestidspunktet havde følgende medlemmer:

| | |
|---|---|
| Klaus Kargaard Jensen | Radius (formand) |
| Poul Berthelsen | NRGi |
| Lars Hosbjerg | eniig |
| Per Frederiksen | eniig |
| Anders Færk | SEAS-NVE |
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi (sekretær). |

De rapporter, der indgår i håndbogen, er udarbejdet af en række arbejdsgrupper, hvis sammensætning fremgår af den enkelte rapport.

## 1.4 Ændrede afsnit

8. udgave af håndbogen indeholder opdateringer af enkelte rapporter og afsnit. I forhold til 7. udgave drejer det sig om:

| | |
|---|---|
| Afsnit 2. | RA 574, ny udgave (udgave 2) |
| Afsnit 6. | TR 353, ny udgave (udgave 8) |
| Afsnit 11. | Opdateret |

## 1.5 Download af håndbogen

Håndbogen udgives kun i en elektronisk version, som kan downloades fra Dansk Energis hjemmeside på følgende link:
http://www.danskenergi.dk/DEFU/NetTeknik/Elmaaling.aspx

## 1.6 Referencer

1. Tilslutningsbestemmelser, Dansk Energi, april 2016
   http://www.danskenergi.dk/AndreSider/Vejledning/Engrosmodellen.aspx

2. BEK 1035 af 17/10/2006 Bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug
   https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27368

3. Fællesregulativet 2014.
   http://www.danskenergi.dk/AndreSider/~/link.aspx?_id=FE74BF2D98E644089F01397C1617258F&_z=z

Udgivet: 27. oktober 2016.

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

RA 574, 2. udgave
Oktober 2016

# Direkte tilsluttede elmålere

| | | |
|---|---|---|
| **Rapporten er udarbejdet af Elmåletek-nikudvalget:** | Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi |
| | Klaus Kargaard Jensen | Radius |
| | Poul Berthelsen | NRGi |
| | Lars Hosbjerg | eniig |
| | Per Frederiksen | eniig |
| | Anders Færk | SEAS-NVE |


---


| | |
|---|---|
| **DEFU rapport:** | RA 574, 2. udgave |
| **Klasse:** | 1 |
| **Rekvirent:** | Dansk Energi - Net |
| **Dato for udgivelse:** | 27. oktober 2016 |
| **Sag:** | 7050 |


© DEFU 2016

## RESUME

Rapporten er en del af håndbogen Elmåling og beskriver de krav, der gælder for direkte tilsluttede elmålere. Disse målere skal leve op til kravene i Måleinstrumentdirektivet, medmindre de er godkendt efter de regler, der var gældende, inden Måleinstrumentdirektivet blev implementeret i dansk lovgivning i 2006.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resume** ..... **5**

**Indholdsfortegnelse** ..... **7**

**1. Indledning** ..... **8**

**2. Krav til elmåleren** ..... **9**

*2.1. Krav i tilslutningsbestemmelserne* ..... *9*

*2.2. Krav til fjernaflæste elmålere* ..... *9*

*2.3. Andre krav til elmålerne* ..... *9*

*2.4. Installationsforhold* ..... *10*

*2.5. Opløsningen i tidsintervaller (antallet af decimaler)* ..... *11*

*2.6. Typeattest* ..... *11*

**3. Referenceliste** ..... **13**

**APPENDIKS 1 Målere godkendt efter regler gældende før 2006** ..... **14**

*A1.1. Valg af klasse m.m.* ..... *14*

# 1. INDLEDNING

Rapporten beskriver krav gældende for elmålere, der er godkendt efter MID, EU´s direktiv om måleinstrumenter, [Ref. 10].

For direkte tilsluttede målere, der er godkendt efter de tidligere regler, henvises til Appendiks A.

Målere anvendt til måling af produktion af aktiv elektrisk energi er ikke nævnt i MID. EU-kommissionen har dog besluttet, at både aftag og levering af el bør være omfattet af MID og har bedt de europæiske standardiseringsorganisationer om at tilpasse standarderne, så de dækker begge effektretninger. Det anbefales derfor at følge samme regler for produktionsmålere som for forbrugsmålere, i den udstrækning det er relevant.

# 2. KRAV TIL ELMÅLEREN

## 2.1. KRAV I TILSLUTNINGSBESTEMMELSERNE

Det overordnede mål med retningslinjerne i denne rapport er at sikre overholdelse af tilslutningsbestemmelsernes pkt. 2.7.7 [Ref. 3]. Heri angives, at en elmåler anses for at registrere forbrug med den fornødne præcision, når en registreret fejlvisning ikke overstiger ± 4 %.

## 2.2. KRAV TIL FJERNAFLÆSTE ELMÅLERE

I henhold til bekendtgørelse 1358 af 3. december 2013 skal alle kunder, der får leveret el fra det kollektive elnet, senest den 31. december 2020 have installeret en fjernaflæst elmåler. Langt den største del af de elmålere, netselskaberne installerer i de kommende år, vil derfor være fjernaflæste.

Bekendtgørelse 1358 stiller desuden krav til elmålerens funktionalitet, bl.a. at den skal kunne videregive data lokalt via eksternt udstyr, som kunden skal kunne koble til elmåleren.

I bemærkningerne til den seneste ændring af elforsyningsloven , der blev offentliggjort i juni 2014 [Ref. 9], er det anført, at "det forudsættes, at fjernaflæste elmålere, der opsættes i medfør af bekendtgørelse nr. 1358 af 3. december 2013 om fjernaflæste elmålere og måling af elektricitet i slutforbruget, kan lagre data for en tre måneders periode i indtil 10 uger efter periodens afslutning". Derved sikres det, at kunder med timeafregning (eller kvartersafregning) har mulighed for detaljeret at kontrollere deres elforbrug i mindst ca. 2 uger efter, at de har modtaget fakturaen fra elhandleren.

Da det ifølge MID er visningen i målerens display, der skal udgøre grundlaget for betaling, skal de enkelte time- eller kvartersværdier kunne aflæses i displayet i den angivne periode på mindst 3 måneder plus 10 uger.

## 2.3. ANDRE KRAV TIL ELMÅLERNE

For direkte tilsluttede elmålere gælder Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse 1035 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug [Ref. 1].

### 2.3.1. Nøjagtighedsklasse mm.

I henhold til bekendtgørelse 1035 [Ref. 1] og den tilhørende måletekniske vejledning MV 07.51-02 [Ref. 2], gøres valget af nøjagtighedsklasse for elmålere til anvendelse i husholdninger afhængigt af, om elmåleren er placeret indendørs eller udendørs:

- Indendørs skal der anvendes elmålere af nøjagtighedsklasse A eller bedre.
- Udendørs skal der anvendes elmålere af nøjagtighedsklasse B eller bedre.

Indendørs anvendelse skal forstås som alle anvendelser, hvor temperaturen ligger i intervallet 5 ˚C til 30 ˚C. Alt andet betragtes som udendørs. Kravene er baseret på temperaturafhængigheden af målefejlen for MID elmålere.

Det må dog anbefales udelukkende at bruge elmålere af klasse B til husholdningskunder.

Bekendtgørelsens krav må ikke forveksles med den harmoniserede standards betegnelse for en indendørs hhv. udendørs elmåler. I henhold til DS/EN 50470-1 [Ref. 5], skal beskyttelsesklassen for en indendørs måler være IP 51 og for en udendørs IP 54. Den harmoniserede standard refererer imidlertid til beskyttelse mod partikler, støv og vand, mens bekendtgørelsen beskæftiger sig med temperaturafhængigheden af elmålerens tolerance. Der er således i bekendtgørelsen intet krav om, at fx en elmåler, der er placeret udendørs, skal være IP 54. Jævnfør i øvrigt afsnit 2.4 nedenfor.

### 2.3.2. Temperaturområde

Ved indkøb/specifikation af elmåleren skal man specificere det temperaturinterval, som måleren skal fungere i.

Elmålere til indendørs brug er målere, der er monteret, hvor omgivelsestemperaturen er mellem 5 ˚C og 30 ˚C.

For alle andre elmålere anbefales det at specificere en tilladelig øvre temperatur på mindst 55 ˚C og en tilladelig nedre temperatur på –25 ˚C eller lavere.

## 2.4. INSTALLATIONSFORHOLD

I den nyeste udgave af Fællesregulativet [Ref. 8], er der indført et krav om, at installationen skal opbygges således, ar der altid er spænding til elmåleren. Hvis der efter aftale med netselskabet er installeret en afbryder i hovedstrømskredsen for umålt strøm, må den kun betjenes i forbindelse med kortvarige afbrydelser, fx ved fejlretning.

Det følgende afsnit er et supplement til Fællesregulativet, idet det vedrører nogle forhold, som ikke er behandlet i Fællesregulativet, men som anbefales fulgt i forbindelse med direkte tilsluttede elmålere.

### 2.4.1. IP klasse

Krav i MID

Kravet i MID er, at elmålerne ”skal være egnede til den påtænkte anvendelse under hensyn til de i praksis forekommende driftsbetingelser”. Der angives ikke nogen IP-klasser i MID. Hvis en fabrikant (over for det bemyndigede organ) kan godtgøre, at elmåleren opfylder MID i det miljø, som den er specificeret til, kan den blive MID godkendt.

Krav i harmoniseret standard

I den harmoniserede standard for elmålere, DS/EN 50470-1 [Ref. 5], kræves enten en tæthedsklasse på IP 51 eller på IP 54, se afsnit [2.3.1], og målere, der er godkendt efter denne standard, vil kunne benyttes på de placeringer, de er godkendt til (indendørs eller udendørs).

Krav til elmålere, der ikke opfylder den harmoniserede standard

Hvis elmåleren ikke er godkendt efter DS/EN 50470-1, kan de følgende anbefalinger benyttes. Det er vigtigt i indkøbsspecifikationen af elmåleren at angive, hvilket miljø den skal kunne fungere i, med hensyn til kondens, forurening m.v. Der skelnes mellem følgende tre placeringer af måleren:

- Indendørs: Måleren er placeret indendørs i beskyttet rum, med temperatur i intervallet 5 ºC til 30 ºC, og hvor der ikke dannes kondens. Måleren udsættes ikke for vand eller fugt, og forureningen er ubetydelig. Målere, der skal anvendes til denne placering, skal have en kapsling med en beskyttelsesgrad på mindst IP 42.
- Beskyttet udendørs: Måleren sidder, hvor den er beskyttet mod vejrliget, men hvor temperatur og luftfugtighed ikke er kontrolleret. Kondens kan forekomme. Det kan fx være i et udvendigt målerskab. Målere, der skal anvendes til denne placering, skal have en kapsling på mindst IP 44.
- Ubeskyttet udendørs: Hvis måleren skal sidde udendørs uden beskyttelse af et skab eller lignende, skal fabrikanten erklære, at den er egnet til en sådan anvendelse.

## 2.5. OPLØSNINGEN I TIDSINTERVALLER (ANTALLET AF DECIMALER)

Ved valg af elmålere med registre, som inddeler den målte energi i intervaller, f.eks. kvarters- eller timeværdier, bør man sikre sig, at opløsningen (antallet af decimaler) i intervallerne er tilstrækkelig til, at man opnår en nøjagtighed, der svarer til klassen.

Normalt vil 2 decimaler være tilstrækkeligt, men 3 decimaler må anbefales, hvis

$$K \cdot I_{max} \cdot t < 470 \ [A \cdot min]$$

hvor $I_{max}$ er den højeste strøm (angivet i A), ved hvilken elmåleren holder sin klasse, t er intervallængden i minutter, K = 1 for en klasse B måler, og K =0,5 for en klasse C måler. Dette udtryk er baseret på formlerne til beregning af det nødvendige antal impulser fra en elmåler med pulsudgang, se TR 353.

Af hensyn til analysemuligheder - ikke mindst inden for energirådgivning - kan det dog under alle omstændigheder anbefales at få registeret defineret i kWh med 3 decimaler.

## 2.6. TYPEATTEST

Medmindre det drejer sig om en elmåler med en typeattest fra før oktober 2006, skal måleren være godkendt efter reglerne i Måleinstrumentdirektivet, jævnfør [Ref. 1], og være tilsvarende mærket.

Overensstemmelse med kravene i Måleinstrumentdirektivet kontrolleres normalt ved en typeprøve i henhold til DS/EN 50470-1 [Ref. 5] og DS/EN 50470-3 [Ref. 6] samt en certificering af elmålerfabrikantens kvalitetssikringssystem. Testprogrammet i de nævnte standarder skal dog suppleres af en test i henhold til IEC 61000-4-19 [Ref. 11] (eller den nu udgåede DS/CLC/TR 50579), hvorved det kontrolleres, at elmåleren ikke er følsom over for højfrekvent støj i strømsignalet (i frekvensområdet 2-150 kHz). Resultatet af IEC 61000-4-19 er blot ”bestået” eller ”ikke bestået”, men det må anbefales at kræve en kopi af prøverapporten med angivelse af følsomheden i hele frekvensområdet for at kunne kontrollere, at der ikke er en vis følsomhed i en del af frekvensbåndet.

Typeattesten (TEC, Type Examination Certificate) for den enkelte elmålertype skal opbevares af netselskabet, så længe den pågældende målertype er i drift i selskabet.

Muligheder for at ændre i måleren, fx ændring af parametre, og de omstændigheder, hvorunder det skal gøres, såsom medvirken eller ikke medvirken af et bemyndiget organ, skal fremgå af typeattesten.

## 3. REFERENCELISTE


Ref. 1: BEK 1035 af 17/10 2006. Bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27368

Ref. 2: MV 07.51-02. Vejledning til bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=124807

Ref. 3: Tilslutningsbestemmelser, Dansk Energi, april 2016
http://www.danskenergi.dk/AndreSider/Vejledning/Engrosmodellen.aspx

Ref. 4: Forskrift D2: Tekniske krav til elmåling. Energinet.dk. Dok. nr. 263352-06, maj 2007 Rev. 1
http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Forskrift%20D2%20Tekniske%20krav%20til%20elmåling.pdf

Ref. 5: DS/EN 50470-1 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 1: Særlige krav, prøvninger og prøvningsbetingelser - Måleudstyr (klasseindeks A, B og C), marts 2007

Ref. 6: DS/EN 50470-3 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 3: Særlige krav - Statiske målere til måling af aktiv energi (klasse A, B og C), marts 2007

Ref. 7: DS/EN 50470-2 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 2: Særlige krav - Elektromekaniske målere til måling af aktiv energi (klasse A og B), januar 2007

Ref. 8: Fællesregulativet 2014. Tilslutning af elektriske installationer og brugsgenstande. Dansk Energi 2014
http://www.danskenergi.dk/AndreSider/~/link.aspx?_id=FE74BF2D98E644089F01397C1617258F&_z=z

Ref. 9: Lov om ændring af lov om elforsyning, lov om naturgasforsyning og lov om-Energinet.dk, lov nr. 633 af 16. juni 2014.
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=163864

Ref. 10: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=EN

Ref. 11: DS/EN 61000-4-19 Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 4-19: Prøvnings- og måleteknikker - Prøvning af immunitet over for ledningsbårne forstyrrelser i differentialmodus og signalering i frekvensområdet 2 kHz til 150 kHz ved vekselstrømsporte, september 2014

# APPENDIKS 1 MÅLERE GODKENDT EFTER REGLER GÆLDENDE FØR 2006

## A1.1. Valg af klasse m.m.

Det anbefales at anvende elmålere af klasse 2 eller bedre.

Ifølge kravene fra Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997 om kontrol med elmålere, der an¬vendes til måling af elforbrug skal elmålere være typegodkendte og verificerede før opsættelse fra den 1. august 1998. Men det anbefales, at indkøbte elmålere før den 1. august 1998 er typegodkendte og førstegangsverificerede.

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

TR 353, 8. udgave
Oktober 2016

# Måleinstallationer for trans-formermåling

(Lav- og højspænding)

**Rapporten er udarbejdet af Elmåleteknikudvalget, der på udgivelsestidspunktet havde følgende medlemmer:**

| | |
|---|---|
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi |
| Klaus Kargaard Jensen | Radius |
| Poul Berthelsen | NRGi |
| Lars Hosbjerg | Eniig |
| Per Frederiksen | Eniig |
| Anders Færk | SEAS-NVE |

---


| | |
|---|---|
| **DEFU rapport:** | 353, 8. udgave |
| **Klasse:** | 1 |
| **Rekvirent:** | Dansk Energi - Net |
| **Dato for udgivelse:** | 25. oktober 2016 |
| **Sag:** | 7050 |


© DEFU 2016

## RESUME

Rapporten giver retningslinjer for opbygning af måleinstallationer i forbindelse med energimåling af større leverancer eller aftag af elektricitet i nettet, hvor der i måleinstallationen anvendes strømtransformere og eventuelt spændingstransformere for spændingsniveauer på 0,4 kV og derover.

Rapporten henvender sig til elselskaberne i Danmark og primært til personale, der har at gøre med opbygning af måleinstallationer.

Rapporten beskæftiger sig med retningslinjer frem til og med visningen på elmåleren. Retningslinjer for dataoverførsel i forbindelse med overførsel af måleværdier behandles generelt ikke i rapporten.

Direkte tilsluttede elmålere i lavspændingsinstallationer er ikke behandlet i denne rapport, men der henvises til RA 574 og Fællesregulativet.

I arbejdet er der gået ud fra, at måleinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 %, jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til tilslutningsbestemmelser.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resume** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Indledning** ..... **6**

*1.1. Rapportens opbygning* ..... *6*

**2. Symbolliste og betegnelser** ..... **7**

**3. Udgangspunkt** ..... **10**

**4. Generelt** ..... **11**

*4.1. Formål* ..... *11*

*4.2. Gyldighedsområde* ..... *11*

**5. Nøjagtighed** ..... **12**

*5.1. Nøjagtighedskrav til den samlede måleinstallation* ..... *12*

*5.2. Nøjagtighedsklasser af måleudstyr* ..... *12*

**6. Krav til måleudstyr** ..... **14**

*6.1. Strømtransformere* ..... *14*

*6.2. Spændingstransformere* ..... *17*

*6.3. Elmålere* ..... *20*

**7. Måleinstallationer** ..... **27**

*7.1. Kontrolmåler* ..... *27*

*7.2. Måleprincip* ..... *27*

*7.3. Målesektioner* ..... *28*

*7.4. Målekreds* ..... *28*

**8. Dokumentation** ..... **34**

*8.1. Forside med stamdata* ..... *34*

*8.2. Enpolet strømskema* ..... *34*

*8.3. Nøgleskema* ..... *35*

*8.4. Målekredsløb med vurdering af den samlede målefejl* ..... *35*

*8.5. Dokumentation for kontrolmåling* ..... *35*

*8.6. Data for elmålere, strøm- og spændingstransformere* ..... *35*

**9. Referencer** ..... **37**

**Bilag 1 Eksempel på stamdata for måleinstallation ..... 39**

# 1. INDLEDNING

Formålet med denne rapport er at fastlægge krav til den samlede måleinstallation, dvs. måleledninger, strømtransformere, spændingstransformere og elmålere.

For strømtransformere anvender rapporten muligheden angivet i IEC 61869-2 [Ref. 18] for at specificere en udvidelse af byrden ned til 1 VA, således at fejlgrænserne skal gælde for byrder fra 1 VA til mærkebyrden.

## 1.1. RAPPORTENS OPBYGNING

Kapitel 3 og 4 beskriver udgangspunktet og generelle forhold vedrørende de valgte komponenter.

Kapitel 5 beskriver de valgte nøjagtighedsklasser for de samlede måleinstallationer, mens kapitel 6 beskriver kravene til de enkelte komponenter.

Kapitel 7 beskriver bl.a. forhold vedrørende opbygningen af måleinstallationen, og kapitel 8 beskriver krav til dokumentation af højspændingsmåleinstallationer.

## 2. SYMBOLLISTE OG BETEGNELSER

| Symbol / betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Basisstrøm $I_b$** [1] | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt. Bemærk at basisstrøm anvendes både for Ferraris-elmålere og elektroniske elmålere for klasserne 2, 1 og 0,5 (klasse 0,5 gælder kun for Ferraris-elmålere). Bemærk, at basisstrøm kun anvendes for direkte tilsluttede elmålere, der ikke er godkendt efter MID [Ref. 17]. |
| **Mærkestrøm $I_n$** [2] | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt i overensstemmelse med relevante strømtransformere. Bemærk, at mærkestrøm kun anvendes for elmålere, der tilsluttes via transformer. |
| **$I_{tr}$** | $I_{tr}$ er i MID [Ref. 17] defineret som den strømværdi, over hvilken fejlen ligger inden for de mindste maksimalt tilladelige fejl, som svarer til målerens klasseindeks. |
| **Elafregning** | Betalingen for den leverede elektriske energi. |
| **Energimåling** | Den elektriske energimængde i kWh, der ligger til grund for elafregningen. |
| **Hovedmåler** | En elmåler, der anvendes til afregning. Ved måleinstallationer, hvor der ikke anvendes hoved- og kontrolmåler, betegnes hovedmåleren blot som elmåleren. |
| **Kontrolmåler** | En elmåler, der anvendes til kontrol af hovedmåleren i lav- eller højspændingstransformerinstallation. |
| **Målekerne** | Ved målekerne forstås den kerne på en strømtransformer, der anvendes til energimåling. |
| **Målevikling** | Ved målevikling forstås den målevikling (underforstået den sekundære vikling) på en spændingstransformer, der anvendes til energimåling. |
| **Byrde** | Betegnelsen for belastningen på sekundærsiden af en strøm- eller spændingstransformer, der angives i VA ved en given effektfaktor cosβ, samt enten en given sekundær mærkestrøm ved strømtransformer eller en given sekundær mærkespænding ved spændingstransformer. |

[1] Definitionerne af strømmene $I_b$ og $I_n$ er ændret i forhold til tidligere udgaver af rapporten for at opnå en mere stringent definition af de to størrelser.

| Symbol / betegnelser | Forklaring |
|---|---|
| **cosβ** | Effektfaktoren på strøm- eller spændingstransformerens belastning (byrde). |
| **Lavspænding** | Spændingsniveauer på 0,4 kV op til og med 1 kV. |
| **Højspænding** | Spændingsniveauer over 1 kV. |
| **Måleledning** | Forbindelse mellem en strøm- eller spændingstransformer og en elmåler. |
| **Måleinstallation** | Alle installationer og komponenter, som er nødvendige for at kunne foretage en energimåling. |
| **Målepunkt** | Målepunktet er det punkt i nettet, hvor strøm og spænding måles. Dersom strøm og spænding fysisk måles forskellige steder, er det målestedet for strømmen, der er afgørende for definitionen af målepunktet. |
| **Prøveprotokol** | En udskrift, der dokumenterer, at en strømtransformer overholder de gældende krav i enten IEC 61869-2 [Ref. 16] (tidligere IEC 60044-1 og IEC 185), eller at en spændingstransformer overholder de tilsvarende krav i IEC 61869-3 [Ref. 4] (tidligere IEC 60044-2 og IEC 186). Dvs. at omsætnings- og vinkelfejl er dokumenteret for forskellige byrder og ved forskellige værdier på primærsiden. |
| **Typetest** | Omfattende afprøvning af et eller flere eksemplarer af et produkt for at kontrollere, at produktet overholder en given standard. |
| **Rutinetest** | Afprøvning af hvert enkelt produkt, inden det forlader fabrikken, for at kontrollere at det overholder en given standard. |
| **MID-måler** | Måler godkendt efter det europæiske måleinstrumentdirektiv. |
| **IEC–måler** | Måler godkendt efter IEC-standarder. |
| **Nøjagtighedsklasse** | For MID-målere klasserne A, B og C<br>For IEC-målere klasserne 2, 1, 0,5, 0,5 S, 0,2 og 0,2 S. |
| **MPE, ”maximum permissible error”** | MIDs måde at angive den maksimalt tilladelige fejl for måleren, inklusiv indflydelse fra forstyrrende faktorer. |
| **Målefejl** | Ved målefejlen for den samlede måleinstallation forstås den aktuelle målefejl givet ved de aktuelle målefejl fra henholdsvis elmåler, strøm- og spændingstransformer samt spændingsfaldet mellem spændingstransformerne og elmåleren. |

| Symbol / betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Måleusikkerhed** | Ved måleusikkerheden for den samlede måleinstallation forstås et interval, inden for hvilket målefejlen vil befinde sig med en vis sandsynlighed. Dette kan enten defineres svarende til den maksimale måleusikkerhed eller ved hjælp af et konfidensinterval. |
| **Den maksimale måleusikkerhed** | Den maksimale måleusikkerhed, som er en teoretisk størrelse, defineres som den målefejl, der fås ved at antage, at de enkelte fejl fra komponenter optræder mest muligt uheldigt. |
| **Grænseværdi** | Herved forstås en værdi, som skal være overholdt. |
| **Konfidensinterval** | Ved et konfidensinterval forstås et interval, der med en vis sandsynlighed indeholder den ukendte parameterværdi. |
| **Måleansvarlig** | Er ansvarlig for at etablere, dokumentere og vedligeholde afregningsmålere i et givet netområde. Normalt er det netselskabet. |

# 3. UDGANGSPUNKT

Der findes en række internationale standarder, der beskæftiger sig med de komponenter, der indgår i en måleinstallation (se referencer). Derimod findes der ikke nogen internationale standarder, der beskæftiger sig med den samlede måleinstallation.

Tilslutningsbestemmelsernes pkt. 2.7.7. [Ref. 6] fastslår, at: "en elmåler anses for at registrere forbrug med den fornødne præcision, når en registreret fejlvisning ikke overstiger ± 4 %."

Det er naturligt at forlange, at måleusikkerheden skal være mindre ved måling af store energimængder, da måleusikkerheden her repræsenterer en større værdi.

Der er forskellige principper for størrelsesopdeling af målepunkterne. Nogle lande, bl.a. Sverige, anvender en effektopdeling, men i dansk elforsyning er det fundet mest praktisk, at anvende systemspændingsniveauet som udgangspunkt, da det altid ligger fast for det enkelte målepunkt.

**Det bemærkes, at overalt hvor der i det følgende anvendes skilledatoen 1. juli 2002, gælder for afregningsmålere, omfattet af Systemansvarets regelsæt (Teknisk forskrift D2 [Ref. 7]), datoen 1. januar 2003.**

I øvrigt henvises til Energinet.dk teknisk forskrift D2 [Ref. 7].

# 4. GENERELT

Der skelnes mellem måleinstallationer, der er idriftsat henholdsvis før og efter 1. juli 2002. Opmærksomheden henledes dog som nævnt på, at Energinet.dk anvender en anden skilledato: 1. januar 2003.

## 4.1. FORMÅL

Disse retningslinjer skal bidrage til, at energimåling ved større leverancer eller aftag af elektricitet tilfredsstiller kravene til det pågældende målepunkt. Retningslinjerne skal således bidrage til:

- Ensartet udførelse af nye måleinstallationer på lavspændingsniveau ved brug af strømtransformere eller ved brug af både strøm- og spændingstransformere.
- Ensartet udførelse af nye måleinstallationer på højspændingsniveau for alle spændingsniveauer over 1 kV, dvs. ved brug af både strøm- og spændingstransformere.
- Opmærksomhed om vigtige forhold, der skal tages i betragtning, når måleinstallationen ændres.
- Etablering og anvendelse af en god og objektiv dokumentationspraksis for måleinstallationen.

## 4.2. GYLDIGHEDSOMRÅDE

For direkte tilsluttede elmålere og lavspændingstransformerinstallationer henvises også til beskrevne forhold i Fællesregulativet [Ref. 10].

Retningslinjerne adresserer sig primært til den måleansvarlige og til ejeren af måleinstallationen.

De gælder for måleinstallationer med strømtransformere alene eller med strøm- og spændingstransformere, for spændingsniveauer på 0,4 kV og derover, hvor installationen er beregnet for måling af elektrisk energi målt i kWh, og hvor målingen danner udgangspunkt for betaling af den elektriske energi: Fra en elleverandør til en forbruger eller til nettet, for udveksling af elektrisk energi mellem netområder og for evt. øvrige steder, hvor det kræves af den systemansvarlige.

Inden for dette område omhandler retningslinjerne alle forhold, som påvirker kvaliteten af energimålingen frem til og med visningen på elmåleren og eventuelle impulsudgange.

Retningslinjerne omhandler **ikke** videre håndtering af måleresultater og omhandler derfor ikke eventuelle overførsler af måleværdier fra elmåler til andet medium. Fjernaflæsning af elmålere er beskrevet i RA 436 [Ref. 18] og TR 535 [Ref. 19].

# 5. NØJAGTIGHED

## 5.1. NØJAGTIGHEDSKRAV TIL DEN SAMLEDE MÅLEINSTALLATION

For en måleinstallation skelnes mellem målefejl og måleusikkerhed, hvor måleusikkerheden kan udtrykkes ved hjælp af enten den maksimale målefejl eller ved hjælp af et konfidensinterval. Disse størrelser er defineret i afsnit 2. I TR 357 [Ref. 20] er der vist nogle eksempler på den samlede måleusikkerhed for forskellige måleinstallationer, dels udtrykt som den maksimale måleusikkerhed, dels ved hjælp af konfidensintervaller.

Valget af nøjagtighedsklasser (eller blot kort klasser) baseres på en acceptabel grænseværdi, som igen kan være afledt af enten den maksimale måleusikkerhed eller et konfidensinterval.

## 5.2. NØJAGTIGHEDSKLASSER AF MÅLEUDSTYR

Når en måleinstallation overholder de nødvendige minimumskrav til nøjagtighedsklasser som anvist i tabel 5.1 og tabel 5.2, så overholder måleinstallationen også kravet fra tilslutningsbestemmelserne om en maksimal fejlvisning på ± 4 % mellem det registrerede og det faktiske forbrug.

| Spændings-niveau [1)] | Hoved-måler | Kontrol-måler | Strøm-transformer IEC 60044-1 | Spændings-transformer IEC 60044-2 | Max. tilladt spændingsfald |
|---|---|---|---|---|---|
| **0,4 kV** | 2 | 2 | 0,5 | - | 0,2 % |
| **0,4 - 1 kV** | 1 | 2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 % |
| **1 - 25 kV** | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 % |
| **25 - 100 kV** | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 % |
| **over 100 kV** | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 % |

[1)] *Hvor der er angivet et interval, er det eksklusive nedre grænser.*

**Tabel 5.1 Minimumskrav til nøjagtighedsklasser for udstyr til måleinstallationer idriftsat før 1. juli 2002.**

| | Spændings-niveau [1)] | Hoved-måler | Kontrol-måler | Strøm-transformer IEC 61869-2[6)] | Spændings-transformer IEC 61869-3[5)] | Max. tilladt spændings-fald |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2) | 0,4 kV<br>0,4 - 1 kV | 1<br>1 | 1<br>1 | 0,2 S<br>0,2 S | -<br>0,2 | 0,2 %<br>0,2 % |
| 3) | 0,4 kV<br>0,4 - 1 kV | B<br>B C[4)] | B<br>B | 0,2 S<br>0,2 S | -<br>0,2 | 0,2 %<br>0,2 % |
| 2) | 1 - 100 kV | 0,5 S | 0,5 S | 0,2 S | 0,2 | 0,2 % |
| 3) | 1 - 100 kV | C | C | 0,2 S | 0,2 | 0,2 % |
| | over 100 kV | 0,2 S | 0,2 S | 0,2 S | 0,2 | 0,2 % |

[1)] *Hvor der er angivet et interval, er det eksklusive nedre grænser.*

[2)] *IEC-målere med gældende dansk typegodkendelse må anvendes.*

[3)] *MID-målere må anvendes til produktionsmåling, forudsat at de er godkendt til denne effektretning.*

[4)] *For målere omfattet af BEK 1035 fra 2006 [Ref. 5] skal der anvendes klasse C, når der anvendes spændingstransformere.*

[5)] *IEC 61869-3 [Ref. 4] udkom i juli 2011. Indtil da var spændingstransformere dækket af IEC 60044-2.*

[6)] *IEC 61869-2[Ref. 16] udkom i september 2012. Indtil da var strømtransformere dækket af IEC 60044-1.*

**Tabel 5.2 Minimumskrav til nøjagtighedsklasser for udstyr til måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002[2].**

Hvor et målepunkt (fx aftagepunktet) ligger på primærsiden af en transformer, men målingen af praktiske/økonomiske grunde foretages på sekundærsiden, skal der anvendes nøjagtighedsklasser svarende til den primære spænding.

[2] Hvor målesystemet indgår i en installation omfattet af Systemansvarets regler (Teknisk forskrift D2 [Ref. 7]), henvises hertil i forbindelse med krav om, hvor der skal måles, om der skal anvendes kontrolmåler m.v.

# 6. KRAV TIL MÅLEUDSTYR

De følgende underafsnit behandler især andre forhold for komponenterne end deres nøjagtighedsklasse.

Dimensionering af tværsnit og valg af mærkebyrde behandles i kapitel 7.

Standarderne for strøm- og spændingstransformere er udarbejdet af IEC og er derefter udgivet i praktisk taget uændret form som europæisk standard (EN) og i nogle tilfælde som dansk standard (DS/EN eller DS/IEC). I det følgende refereres generelt til IEC-udgaven.

Den nye IEC 61869-serie vedrørende måletransformere består af en standard med generelle krav til transformerne, IEC 61869-1 [Ref. 3], samt standarder med specielle krav for de enkelte måletransformertyper. I nærværende rapport henvises til IEC 61869-2 [Ref. 16] for strømtransformere, IEC 61869-3 [Ref. 4] for induktive spændingstransformere og IEC 61969-5 [Ref. 9] for kapacitive spændingstransformere.

Der findes også kombinerede strøm- og spændingstransformere på markedet. De skal overholde de samme krav som individuelle transformere og bliver derudover testet for mulige vekselvirkninger mellem de to indbyggede transformere i henhold til IEC 61869-4 [Ref. 25]. Sådanne transformere kan også anvendes, hvor det findes fordelagtigt, men vil ikke blive nærmere beskrevet i nærværende rapport.

## 6.1. STRØMTRANSFORMERE

Krav, der er afhængige af strømkredsen, behandles i afsnit 7.4.1.

**Måleinstallationer idriftsat før den 1. juli 2002:**
Strømtransformerne skal overholde gældende krav jf. IEC 60044-1 [Ref. 1] (tidligere IEC 185), klassen skal være i overensstemmelse med tabel 5.1.

Ved udskiftning af en eller flere strømtransformere på lavspændingsniveau skal alle strømtransformerne, der indgår i måleinstallationen efter udskiftningen, svare til det krævede for strømtransformere for nye måleinstallationer.

Ved udskiftning af en strømtransformer på højspændingsniveau, der indgår i en måleinstallation, skal den nye have samme strømtransformermærkedata (dvs. klasse, byrde, omsætningsforhold mv.) eller bedre, hvis det kan dokumenteres, at målefejlen for den samlede måleinstallation herved ikke forringes. Der må ikke indføjes nye fejlkilder fx mellemstrømtransformere, jf. dog punkt 2 og 3 nedenfor.

Ved udskiftning eller revision af en elmåler kan de eksisterende strømtransformere bibeholdes, hvis de overholder følgende:

1. Byrden er mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Det er dog tilladt at anvende byrder under 25 % af mærkebyrden, hvis det kan sandsynliggøres ved beregning, at strømtransformerne overholder deres klasse. Ved lavspændingstransformerinstallationer er det ikke nødvendigt at udføre en beregning, idet en undersøgelse har vist, at eksisterende strømtransformere typisk overholder fejlgrænserne ved byrder ned til 1 VA, se TR 357 [Ref. 20].
2. For installationer over 1 kV og under 25 kV er det tilladt at øge byrden ved at forlænge kablet mellem måler og transformer, for at opnå en belastning på mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Tværsnittet må ikke reduceres til under 1,5 $mm^2$, jf. afsnit 7.4.1.
3. For installationer over 25 kV er det herudover tilladt at tilføje ekstra byrde for at opnå en belastning mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Enhver ekstra byrde skal kunne klare kortslutningsstrømmene på stedet.

**Måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002:**
Strømtransformerne skal overholde gældende krav i IEC 61869-2 [Ref. 16] (tidligere IEC 60044-1). Klassen skal være i overensstemmelse med tabel 5.2.

For MID-godkendte målere giver måleteknisk meddelelse MM.256 [Ref. 15] mulighed for, hvis måleren er godkendt til det, at vælge et forhåndsgodkendt omsætningsforhold ved installation af transformermålere. Herefter skal adgangen til den trykknap, indgangsport eller lignende, hvormed valg af omsætningsforhold kan gøres, beskyttes med en installationsplombe (som kan være et password).

Ifølge måleteknisk meddelelse MM.133 [Ref. 14] er det stadig lovligt at have en måler, hvis visning skal ganges med en faktor angivet på en mærkat, som er klistret på måleren.

For måleinstallationer for spændinger mindre end eller lig 25 kV anbefales det, hvor den maksimale byrde er under 15 VA, at anvende strømtransformere med udvidet byrdeområde (extended range) iht. IEC 61869-2 [Ref. 16], således at fejlgrænserne vedr. omsætnings- og vinkelfejl i tabel 202 i IEC 61869-2 ikke overskrides, når sekundærbyrden antager en hvilken som helst værdi mellem 1 VA og mærkebyrden.

For måleinstallationer for spændinger mindre end eller lig 1 kV er det ikke tilladt at tilføje ekstra byrde i målekredsen.

For måleinstallationer for spændinger større end 1 kV er det tilladt at øge byrden for at opnå en belastning på mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden ved at forlænge tilledningerne. Tværsnittet må ikke reduceres til under 1,5 $mm^2$, jf. afsnit 7.4.1.

Strømtransformerne skal være af klasse 0,2 S for alle spændingsniveauer.

Det anbefales, at man på primærsiden af en strømtransformer bruger én af følgende strømværdier fra IEC 61869-2 afsnit 5.201:

10 A, 15 A, 20 A, 30 A, 50 A eller 75 A.

Også værdier, der er 10 eller 100 gange større, kan anvendes.

Den strømværdi, man vælger, skal være den nærmeste værdi, som er større end eller lig med anlæggets mærkestrøm.

I installationer med en spænding op til 25 kV vælges den sekundære mærkestrøm til 5 A, som er normal praksis i Danmark.

I installationer med en spænding over 25 kV anbefales en sekundær mærkestrøm på 1 A, 2 A eller 5 A.

For højspændingsmåleinstallationer skal der være to strømtransformermålekerner i hver fase. Det ene sæt til hovedmåleren og det andet sæt til kontrolmåleren og eventuelle andre komponenter.

Strømtransformerne skal være monteret på en sådan måde, at de er tilgængelige for udskiftning, kortslutning, tilkobling, plombering/mærkning og aflæsning af tekniske data.

Der kan i nogle tilfælde være problemer med at komme til de sekundære tilslutningsklemmer på strømtransformere for spændingsniveauer over 1 kV. I disse tilfælde skal det være muligt at komme til en klemrække i umiddelbar nærhed af selve strømtransformeren, som den er forbundet til.

Det skal for alle spændingsniveauer være muligt at kortslutte strømtransformeren på sekundærsiden enten på ekstra klemmer på transformeren eller på en separat klemrække.

Strømtransformerens klemmer, klemrække eller afdækninger af disse skal plomberes. Dette gælder for alle spændingsniveauer.

Plombering/mærkning for spændinger over 25 kV kan også være udført på anden vis, fx i form af aflåsning.

### 6.1.1. Typeattest og prøveprotokol

Strømtransformere skal være typetestet i henhold til IEC 61869-2, og der skal foreligge en overensstemmelseserklæring fra producenten om typeoverensstemmelse. Det vil sige, at alle transformere af samme type er identiske med den typetestede i opbygning og dimensionering.

For spændingsniveauer op til 1 kV kræves prøveprotokol på nummererede serier af strømtransformere. Det vil sige, at den enkelte strømtransformer skal være påført serienummer, og at der fra denne skal være typeoverensstemmelse og sporbarhed til prøveprotokollen. Denne prøveprotokol skal for hver enkelt strømtransformer indeholde prøvepunkter svarende til en rutinetest som beskrevet i IEC 61869-2. Mindst én pr. 100 stk. strømtransformere i hver serie skal måles i alle prøvepunkter i henhold til IEC 61869-2. Det vil sige, at for serier større end 100 stk. måles mindst én strømtransformer for hver 100 strømtransformere i alle prøvepunkter. Prøveprotokollerne skal arkiveres på den måleansvarliges foranledning og således, at der er sikkerhed for, at de er let tilgængelige, så længe transformeren anvendes efter nærværende rapports definitionsområde.

For spændinger over 1 kV kræves prøveprotokol for den enkelte strømtransformer. Denne prøveprotokol skal indeholde alle prøvepunkter i henhold til en typetest som beskrevet i IEC 61869-2, dvs. alle målepunkter i tabel 202 fra 61869-2, som er gengivet i tabel 6.1.

| **Nøjagtighedsklasse** | **Fejl i omsætningsforhold ±%** | | | | | **Faseforskydning** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ± Minutter | | | | | ± Centiradianer | | | | |
| | Procent af mærkestrøm | | | | | Procent af mærkestrøm | | | | | Procent af mærkestrøm | | | | |
| | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| **0,2 S** | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 30 | 15 | 10 | 10 | 10 | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| **0,5 S** | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 90 | 45 | 30 | 30 | 30 | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

**Tabel 6.1 Tabel 202 fra IEC 61869-2 [Ref. 16].**

Prøveprotokollen skal arkiveres af den måleansvarlige sammen med dokumentationen i henhold til kapitel 8.

## 6.2. SPÆNDINGSTRANSFORMERE

Krav, der er afhængige af spændingskredsen, behandles i afsnit 7.4.2.

**Måleinstallationer idriftsat før den 1. juli 2002:**
Spændingstransformerne skal overholde gældende krav, jf. IEC 60044-2 [Ref. 2] for induktive spændingstransformere og IEC 60044-5 [Ref. 8] for kapacitive spændingstransformere. Klassen skal være i overensstemmelse med tabel 5.1.

Ved udskiftning af en eller flere spændingstransformere på lavspændingsniveau, der indgår i en måleinstallation, skal alle spændingstransformerne, der indgår i måleinstallationen efter udskiftningen, svare til det krævede for spændingstransformere for nye måleinstallationer.

Ved udskiftning af en spændingstransformer på højspændingsniveau, skal det ske således, at alle spændingstransformere, der indgår i måleinstallationen, skal være med ens mærkedata (dvs. klasse, byrde, omsætningsforhold mv.). Det kan imidlertid tillades, at udskiftede transformere har en bedre klasse, eller på anden måde afviger, hvis det kan dokumenteres, at målefejlen for den samlede måleinstallation herved ikke forringes.

Ved ændring af belastning, såsom udskiftning af en elmåler eller ændring af andet udstyr, kan de eksisterende spændingstransformere bibeholdes, hvis det efter udskiftning af elmåleren gælder:

1. at det relative spændingsfald mellem spændingstransformer og elmåler er mindre end 0,2 % af den sekundære fasespænding (Beregning af spændingsfald er beskrevet i afsnit 7.4.2), og
2. at byrden er mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Det er dog tilladt at anvende byrder under 25 % af mærkebyrden, hvis det kan sandsynliggøres, at spændingstransformerne overholder deres klasse med denne byrde.
3. I installationer over 1 kV er det tilladt at tilføje ekstra byrde for at opnå en belastning mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Ekstra byrder bør af hensyn til spændingsfald i målekredsen tilsluttes så nær spændingstransformeren som muligt.

**Måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002:**
Spændingstransformerne skal overholde gældende krav, jf. IEC 61869-3 [Ref. 4] (tidligere IEC 60044-2) for induktive spændingstransformere og IEC 61869-5 [Ref. 9] (tidligere IEC 60044-5) for kapacitive spændingstransformere.

Klassen skal være i overensstemmelse med tabel 5.1 eller tabel 5.2.

Ved nye måleinstallationer skal spændingstransformerne være af klasse 0,2 eller bedre.

Der bør vælges spændingstransformere med et lige omsætningsforhold for at undgå decimaler (og ikke fx 10000/110 V). Den valgte mærkespænding skal passe til det anlæg, hvor måleren bliver installeret.

Man må ikke installere sikringer på primærsiden af en spændingstransformer.

For højspændingsmåleinstallationer er der ikke krav om to sekundære måleviklinger pr. fase. For spændingskredsen se afsnit 7.4.2.

For højspænding anbefales en sekundær mærkespænding (yderspænding) på 100 V eller 110 V.

Ved dimensionering af måleinstallationer bør spændingstransformerens mærkebyrde være ca. to gange den samlede byrde (givet ved tilkoblede instrumenter), som spændingstransformeren er belastet med, sådan at spændingstransformeren belastes med ca. 50 % af mærkebyrden.

I installationer over 1 kV er det tilladt at tilføje ekstra byrde for at opnå en belastning mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden. Det kan ske ved tilslutning af en modstand, der er dimensioneret til effekten, og som er tilsluttet via en separat automatsikring direkte på (eller tættest muligt på) transformerens klemmer. Brydeevnen for automatsikringen skal være mindst 5 kA.

Spændingstransformeren skal være monteret på en sådan måde, at den er tilgængelig for udskiftning, tilkobling, plombering/mærkning og aflæsning af tekniske data.

Der kan i nogle tilfælde være problemer med at komme til de sekundære tilslutningsklemmer på spændingstransformere for spændingsniveauer over 1 kV. I disse tilfælde skal det være muligt at komme til en klemrække i umiddelbar nærhed af selve spændingstransformeren, som den er forbundet til.

Spændingstransformerens klemmer, klemrække eller afdækning af disse skal plomberes.

Plombering/mærkning for spændinger over 25 kV kan også være udført på anden vis, fx i form af aflåsning.

### 6.2.1. Typeattest og prøveprotokol

Spændingstransformere skal være typetestet i henhold til IEC 61869-3 [Ref. 4], og der skal foreligge en overensstemmelseserklæring fra producenten om typeoverensstemmelse. Det vil sige, at alle transformere af samme type er identiske med den typetestede i opbygning og dimensionering.

For spændingsniveauer op til 1 kV kræves prøveprotokol på nummererede serier af spændingstransformere. Det vil sige, at den enkelte spændingstransformer skal være påført serienummer, og at der fra denne skal være typeoverensstemmelse og sporbarhed til prøveprotokollen. Denne prøveprotokol skal for hver enkelt spændingstransformer indeholde prøvepunkter svarende til en typetest som beskrevet i IEC 61869-3. Mindst én pr. 100 stk. spændingstransformere i hver serie skal måles i alle prøvepunkter i henhold til IEC 61869-3. Det vil sige, at for serier større end 100 stk. måles mindst én spændingstransformer for hver 100 spændingstransformere i alle prøvepunkter. Prøveprotokollerne skal arkiveres på den måleansvarliges foranledning og således, at der er sikkerhed for, at de er let tilgængelige, så længe transformeren anvendes efter nærværende rapports definitionsområde.

For spændingsniveauer over 1 kV kræves prøveprotokol for den enkelte spændingstransformer. Denne prøveprotokol skal indeholde alle prøvepunkter svarende til en typetest som beskrevet i IEC 61869-3. Prøveprotokollen skal arkiveres af den måleansvarlige sammen med dokumentation i henhold til kapitel 8.

I IEC 61869-3 er der indført to serier standardmærkeværdier for byrder: I og II.

- Standardmærkeværdier for byrder med cosβ=1 er:
  1 2,5 5 og 10 VA (byrdeserie I).
- Standardmærkeværdier for byrder med cosβ=0,8 (induktiv) er:
  10 25 50 og 100 VA (byrdeserie II).

En spændingstransformer tilhører én af serierne og skal således testes enten ved cosβ=1 eller ved cosβ=0,8.

For begge byrdeserier skal der testes ved 80 %, 100 % og 120 % mærkespænding. Nøjagtighedskravene er angivet i tabel 6.2.

- For en transformer tilhørende byrdeserie I skal nøjagtighedskravene kontrolleres ved 0 % og 100 % af mærkebyrden ved cosβ=1.
- For en transformer tilhørende byrdeserie II skal nøjagtighedskravene kontrolleres ved 25 % og 100 % af mærkebyrden ved cosβ=0,8.

| Nøjagtighedsklasse | Fejl i omsætnings-forhold, ± % | Faseforskydning, Δφ | |
|---|---|---|---|
| | | ± Minutter | ± Centiradianer |
| **0,1** | 0,1 | 5 | 0,15 |
| **0,2** | 0,2 | 10 | 0,3 |

**Tabel 6.2 Nøjagtighedskrav til spændingstransformere til elmåling i IEC 61869-3 [Ref. 4].**

### 6.3. ELMÅLERE

Der skelnes normalt mellem følgende kategorier af elmålere:

- **Lavspændingstransformermålere.** Elmålere, der måler strømmen ved hjælp af tilsluttede strømtransformere og eventuelt måler spændingen ved hjælp af spændingstransformere (fx 690 V systemer).
- **Højspændingstransformermålere.** Elmålere, der måler strømmen ved hjælp af strømtransformere og spænding (over 1 kV) ved hjælp af spændingstransformere.

Elmålerne skal være i overensstemmelse med de i afsnit 5.1 angivne klasser. Der kan således såvel anvendes MID-målere som IEC-målere.

For målere omfattet af Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse 1035 [Ref. 5] er anvendelse af de forskellige nøjagtighedsklasser fastlagt i bekendtgørelsen.

For andre målere, som fx målere til produktion, evt. kontrolmålere m.v., kan der i en række områder vælges frit mellem MID- og IEC-målere, som angivet i tabellerne i afsnit 5.1.

IEC-målerne skal overholde kravene i TR 354 [Ref. 21], hhv. TR 354-1 [Ref. 22], og i bekendtgørelse 1035 [Ref. 5] i den udstrækning, de er relevante.

MID-målerne skal være godkendte og mærkede i overensstemmelse med bekendtgørelse 1035. I den forbindelse er det vigtigt at sikre, at målere, der skal måle produktion, er godkendt til at måle i denne retning; tovejsmålere skal således være godkendte til at måle i begge retninger[3].

Vedrørende den samlede elmålerfejl henvises til baggrundsrapporten TR 357 [Ref. 20].

Ved brug af transformere i forbindelse med afregningsmåling skal det være muligt at aflæse det akkumulerede forbrug direkte af elmåleren. Hvis der ikke er sand visning på elmålerens display eller tælleværk, skal dette tydeligt fremgå af måleren, ligesom de anvendte omsætningsforhold for transformerne skal angives, enten med en mærkat på selve måleren eller på dens display. Princippet er, at det skal være muligt at bestemme forbruget ved at multiplicere den aflæste værdi fra tælleværket med den på måleren angivne faktor.

Elmålere tiltænkt for tilslutning via transformer kan leveres med mulighed for at ændre på transformeromsætningsforholdet i softwaren. Dermed kan elmåleren anvendes med forskellige måletransformere og stadig have sand visning på tælleværket.

For IEC-målere findes et særligt dansk regelsæt for dette, beskrevet i måleteknisk meddelelse nr. MM.133 [Ref. 14].

Det generelle princip er, at et verificeret tælleværk eller register ikke kan ændres, uden at måleren skal reverificeres. Adgangen hertil er derfor beskyttet af verifikationsplomben. Efter særlige regler kan det være tilladt at opdatere den legale software uden reverifikation. Det kræver bl.a., at måleren er godkendt hertil, og at særlige procedurer følges.

Det er tilladt at ændre en faktor, som fx en transformerfaktor, uden at måleren skal reverificeres, hvis målerens software er opbygget således, at dette ikke berører den verificerede måling. Det kan i så tilfælde ske under en installationsplombe, men det forbrug, der dannes ved at multiplicere det verificerede tælleværk med faktoren, er i princippet ikke verificeret.

[3] MID [Ref. 17] omfatter formelt kun forbrug, men regelsættet kan også bruges for produktionsmåling.

Der henvises til målerens dokumentation for, hvilke godkendte muligheder der findes, også for ændring af de ikke legale parametre, ved download over et kommunikationsnet.

For MID-målere er der i den måletekniske meddelelse MM.256 [Ref. 15] beskrevet en mulighed for, at måleren kan være godkendt med en række verificerede omsætningsforhold.

Plombering af elmålere skal være foretaget i henhold til anvisningen i den danske typegodkendelsesattest eller, hvis det drejer sig om en MID-måler, efter fabrikantens anvisninger.

Til brug for beregning af belastninger i strøm- og spændingskredse skal leverandøren af elmåleren oplyse om elmålerens belastninger i VA og cosφ ved den sekundære mærkestrøm og mærkespænding, fx $I_n$ = 5 A og $U_n$ = 110 V.

**Måleinstallationer idriftsat før den 1. juli 2002:**
Kravene til nøjagtighedsklasse for hoved- og kontrolmålere er vist i afsnit 5.1.

Ved udskiftning af en transformermåler (dvs. en elmåler med tilsluttede strømtransformere), skal krav til målerne, belastning af transformerne og spændingsfald overholdes.

**Måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002**
Kravene til nøjagtighedsklasse for elmålere er vist i afsnit 5.1.

Anvendes en elmåler i forbindelse med midlertidig afregning af el (eksempelvis i forbindelse med byggestrøm, omrejsende cirkus/tivoli etc.), skal der anvendes en elektronisk elmåler, idet disse er mere robuste og ikke hældningsfølsomme, som det er tilfældet med Ferrarismålere.

For nyindkøbte elmålere af klasse 1 eller B til strømtransformermåling anbefales:

- En maksimal **mærkestrøm $I_n$ på 2 A** og en $I_{max}$ på minimum 6 A, hvis der i måleinstallationen anvendes strømtransformere med en sekundær mærkestrøm på 5 A. Dette af hensyn til elmålerens dynamikområde.

For nyindkøbte elmålere af klasse 0,5 S, klasse C eller bedre med strømtransformere anbefales:

- En maksimal **mærkestrøm $I_n$ på 5 A** og en $I_{max}$ på minimum 6 A, hvis der i måleinstallationen anvendes strømtransformere med en sekundær mærkestrøm på 5 A.

### 6.3.1. Mindste acceptable antal impulser

Hvis fjernaflæsning af elmåleren sker ved brug af pulsudgangen, skal man ved valg af elmåleren sikre sig, at elmåleren afgiver tilstrækkeligt med impulser pr. periode, så man opnår en tilstrækkelig nøjagtighed. En tilstrækkelig nøjagtighed opnås, hvis følgende betingelse er opfyldt for elmåleren:

$$R > \frac{N(t) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{nom} \cdot 1{,}2} \qquad \textbf{(6.1)}$$

Betydningen af symbolerne er vist i tabel 6.3, og kravene til *N(t)* er vist i tabel 6.4. Bemærk, at impulskonstanten er udtrykt i imp./kWh. Ønsker man at udtrykke impulskonstanten som kWh/imp., skal følgende gælde:

$$r = \frac{1}{R} < \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{nom} \cdot 1{,}2}{1000 \cdot N(t)} \qquad \textbf{(6.2)}$$

Endelig skal man sikre sig, at antallet af impulser pr. periode ikke overstiger, hvad det øvrige registreringsudstyr er beregnet til.

| Symbol | Enhed | Forklaring |
|---|---|---|
| ***U*** | V | Yderspænding |
| $I_{max}$ | A | Max. fasestrøm for elmåleren |
| $I_{nom}$ | A | Nominel primær fasestrøm |
| ***t*** | min | Registreringsperiode |
| ***r*** | kWh/imp. | Impulskonstant |
| ***R*** | Imp./kWh | Impulskonstant |
| ***N(t)*** | Imp./h | Impulser per time (ved *t*) |

**Tabel 6.3 Symbolforklaring.**

| Elmålerklasse | Maksimal unøjagtighed ved $0{,}3 \cdot P_{max}$ | Minimale antal impulser pr. time ved $P_{max}$ og forskellige registreringsperioder i minutter. *N(t)* | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 60 min. | 30 min. | 15 min. | 10 min. |
| **0,2 S *)** | 0,12 % | 2.778 | 5.556 | 11.111 | 16.667 |
| **0,5 (0,5 S)** | 0,3 % | 1.111 | 2.222 | 4.444 | 6.667 |
| **1** | 0,6 % | 556 | 1.111 | 2.222 | 3.333 |
| **2** | 1,2 % | 278 | 556 | 1.111 | 1.667 |

**)Værdierne for klasse 0,2 S er udregnet ved ekstrapolation i forhold til de andre klasser, idet værdierne ikke er specificeret i IEC 60338 [Ref. 12].*

**Tabel 6.4 Krav til impulser.**

De maksimale unøjagtigheder ved $0{,}3 \cdot P_{max}$ er hentet fra IEC 60338, og værdierne svarende til de viste registreringsperioder er beregnet ud fra disse. Eksempelvis med en klasse 1 (eller klasse B) elmåler og en registreringsperiode på 30 min. beregnes det minimale antal impulser pr. time ved $P_{max}$ som $\frac{100\% \cdot 60\text{min/h}}{0{,}6\% \cdot 0{,}3 \cdot 30\text{min}} \approx 1.111\text{imp/h}$

***Eksempel 1:***
*Givet en klasse 1 elmåler (med tilsluttede strømtransformere) med: U = 400 V, $I_{nom}$ =300 A[4] og t = 15 min. Kravet til impulskonstanten bliver:*

$$R > \frac{N(t) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{nom} \cdot 1{,}2} = \frac{2222\text{imp/h} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400\text{V} \cdot 300\text{A} \cdot 1{,}2} \approx 8{,}91\text{imp/kWh} \quad \textbf{(6.3)}$$

*eller*

$$r = \frac{1}{R} < \frac{1}{8{,}91\ \text{imp/kWh}} \approx 0{,}112\text{kWh/imp} \quad \textbf{(6.4)}$$

### 6.3.2. Største acceptable antal impulser

I afsnit 6.3.1 blev kravene for det mindste, acceptable antal impulser for en installation fastsat ud fra kendskabet til den maksimale belastning. Antallet af impulser pr. kWh skal være tilstrækkelig stort til at sikre den nødvendige nøjagtighed på målingerne.

Der er imidlertid også en øvre grænse for, hvor mange impulser pr. kWh det er hensigtsmæssigt at anvende. Dette afsnit indeholder ikke egentlige grænser for det største antal impulser, men derimod metoder til fastsættelse af det størst mulige antal ved en given maksimalbelastning.

Ved store belastninger kan det give problemer, hvis antallet af impulser pr. kWh er sat for højt, da elmåleren ikke kan nå at aflevere det ønskede antal pga. impulsernes tidsmæssige længde[5].

I henhold til IEC 62053-31 [Ref. 11] er den højeste frekvens for afsendelse af impulser fra en elmåler fastsat til max. 16,67 Hz (imp./s), dvs. en impulslængde på højst 60 ms. En elmåler kan imidlertid operere med længere impulser, eksempelvis 100 ms (10 Hz) og dermed en mindre frekvens (dvs. færre impulser pr. sekund).

[4] Der er regnet med, at omsætningsforholdet på strømtransformerne er 300/5 (dvs. at 300 A primær fasestrøm svarer til 5 A på sekundærsiden). Med 20 % overbelastning (faktor 1,2) giver det en max fasestrøm på sekundærsiden på 6 A, hvilket passer til en såkaldt 1(6) elmåler (dvs. $I_n$ = 1A og $I_{max}$ = 6 A).

[5] Denne tidsmæssige længde ($t_{imp}$ ) er tiden for selve impulsen og den efterfølgende pause (ON og OFF). $t_{imp}$ opfattes i denne rapport som den reciprokke impulsfrekvens ($t_{imp} = 1/f_{imp.}$).

Hvor stort et antal impulser der kan anvendes, afhænger af den konkrete installation. Det er først og fremmest selve elmåleren og dernæst dataopsamlingsenheden, der sætter grænsen. I mange moderne elmålere er det imidlertid muligt at anvende et meget stort antal impulser pr. kWh. Det er i disse målere vigtigt, at impulstallet vælges under hensyntagen til dataopsamlingsenheden og den faktiske belastning.

**Transformertilslutning**

Når der anvendes strøm- og spændingstransformere, kan det største, tilladelige antal impulser pr. kWh fra elmåleren øges med en faktor svarende til omsætningsforholdene. Det største, tilladelige antal impulser pr. $kWh_{sekundær}$ bestemmes ved:

$$R_{max,trf.} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{3600\ s/h}{t_{imp}} \cdot \frac{1}{U \cdot \sqrt{3} \cdot I_{max,p}} \cdot 1000\ \text{[imp./kWh}_{\text{sekundær}}\text{]} \quad \textbf{(6.5)}$$

hvor:

$\alpha$: Omsætningsforhold for strømtransformeren, fx 60 ved 300/5 A.

$\beta$: Omsætningsforhold for spændingstransformeren, fx 100 ved 10000/100 V. $\beta$ sættes til 1, hvis der ikke anvendes spændingstransformer.

$t_{imp}$: Varigheden af en impuls.

U: Linjespændingen i volt. Hvis der indgår en spændingstransformer, benyttes primærspændingen.

$I_{max,p}$: Den maksimale belastningsstrøm i ampere på strømtransformerens primærside, normalt $1{,}2 \cdot I_{nom}$.

Undlades faktorerne $\alpha$ og $\beta$, findes i stedet det største, tilladelige antal impulser i forhold til det sande energiflow på primærsiden af måletransformerne (imp./$kWh_{primær}$).

***Eksempel:***

*En elmåler er tilsluttet via 300/5 A strømtransformere.*

*I denne situation er der ikke problemer med et stort antal impulser. Ved en belastning på 300 A vil 207,8 kWh (400 V) forbruges i løbet af 60 minutter, men pga. strømtransformerens omsætningsforhold passerer kun 3,5 kWh elmåleren. Hvis U = 400 V og $t_{imp}$ = 0,1 s/imp., kan elmåleren levere op til 10392 imp./$kWh_{sekundær}$, uden at der bliver problemer med at aflevere impulserne kontinuert, dvs. uden forsinkelse. Man skal huske på, at impulstallet i forhold til det sande energiforbrug (på transformerens primærside) er lig (10392 imp./$kWh_{sekundær}$)/60 = 173,2 imp./$kWh_{primær}$.*

Overføring af impulser fra en elmåler til en dataopsamlingsenhed skal altid foregå i real tid. Det kan som udgangspunkt ikke accepteres, at impulserne bliver samlet i såkaldte pakker og leveret, efter forbruget har fundet sted, fx i det næste kvarter. Problemet med "forsinkede" impulser kan enten opstå som følge af et for stort antal impulser pr. kWh, eller det kan være et spørgsmål om design af elmålerens impulsgenerator. En mindre, ubetydelig forsinkelse på 2-3 sekunder som følge af elmålerens og dataopsamlingsenhedens behandling af impulserne må dog accepteres.

Visse elmålere venter med at sende impulserne, indtil der er registreret 1 kWh. Dette har imidlertid kun betydning, hvis dataopsamlingsenheden registrerer værdier mindre end 1 kWh. Hvis der er behov for en så detaljeret registrering, skal der vælges en elmåler uden forsinkelse af impulserne.

### 6.3.3. Opløsning af måling i tidsintervaller (antallet af decimaler)

Ved målere med registre, som inddeler den målte energi i intervaller, fx kvarters- eller timeværdier, bør man sikre sig, at opløsningen (antallet af decimaler) i intervallerne er tilstrækkelig til, at man opnår en nøjagtighed, der svarer til klassen.

Formlen i afsnit 6.3.1 for beregning af impulskonstanten, r, (formel 6.2) kan her bruges til at bestemme opløsningen i registeret, idet første betydende ciffer på impulskonstanten bør kunne registreres med den valgte opløsning. Forekommer første betydende ciffer i første decimal (tiendedele), bør antallet af decimaler for kWh-værdierne i registeret således være 1.

I eksemplet i afsnit 6.3.1 med r < 0,112 kWh/imp. vil dette derfor betyde, at registeret bør indeholde værdier i kWh med mindst 1 decimal. Tilsvarende findes for en klasse 0,2 S elmåler ved $I_{nom}$ = 300 A og t = 15 minutter, at registeret bør indeholde værdier i kWh med 2 decimaler.

# 7. MÅLEINSTALLATIONER

For spændingsniveauer op til og med 1 kV skal måleinstallationen foruden at følge nærværende regler være udført i henhold til gældende Fællesregulativ [Ref. 10].

Dette kapitel beskæftiger sig derfor primært med forhold vedrørende spændingsniveauer over 1 kV.

## 7.1. KONTROLMÅLER

**Måleinstallationer idriftsat før den 1. juli 2002:**
Ved alle spændingsniveauer kan måleinstallationen være etableret med hoved- og kontrolmåler. Hoved- og kontrolmåler kan være tilsluttet samme målekerner i strømtransformerne.

**Måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002:**
Ved spændingsniveauer over 1 kV skal måleinstallationen være etableret med hoved- og kontrolmåler[6].

Hoved- og kontrolmåler må ikke være tilsluttet samme målekerner i strømtransformerne. Der skal være to strømtransformermålekerner i hver fase. Den ene til hovedmåleren og den anden til kontrolmåleren og eventuelt andre komponenter. Hvis kunden ønsker at tilslutte egne komponenter, skal det ske på en særskilt kerne. Udstyr, som ønskes tilsluttet samme kerne som kontrolmåleren, må kun tilsluttes efter aftale med netselskabet, og netselskabet skal efter montering plombere installationen.

## 7.2. MÅLEPRINCIP

Ved spændingsniveauer op til og med 1 kV henvises til retningslinjer i Fællesregulativet [Ref. 10].

Ved spændingsniveauer over 1 kV skal der anvendes trefasede elmålere, dog kan der i eksisterende måleinstallationer i isolerede eller slukkespolejordede net anvendes tosystem elmålere (Aronkobling).

I nye installationer skal målesystemet altid opbygges med måling af både strøm og spænding i alle tre faser.

I tilfælde, hvor der ikke etableres 3 faser, vælges et system, som passer til antallet af faser.

[6] Hvor målesystemet indgår i en installation omfattet af Systemansvarets regler (Teknisk forskrift D2 [Ref. 7]), henvises hertil i forbindelse med krav om, hvor der skal måles, om der skal anvendes kontrolmåler m.v.

### 7.3. MÅLESEKTIONER

For spændingsniveauer op til og med 1 kV skal målesektioner være udført som angivet i Fællesregulativet [Ref. 10]. Det skal dog altid være muligt at kortslutte strømtransformeren på sekundærsiden enten på ekstra klemmer på transformeren eller på en separat klemrække.

Desuden skal plomberbare klemrækker eller afdækninger af disse plomberes, og elmålere skal plomberes i henhold til anvisningen i elmålerens typegodkendelsesattest udstedt af Erhvervsfremme Styrelsen eller Sikkerhedsstyrelsen.

For nye måleinstallationer for spændingsniveauer over 1 kV skal der desuden være plads til en hoved- og en kontrolmåler i målerfeltet, og den måleansvarlige specificerer udformningen af målesektionen.

Elmålere skal for spændingsniveauer over 1 kV være monteret på en sådan måde, at de, uden at man behøver afbryde primærkredsen, er tilgængelige for udskiftning, kortslutning, tilkobling, plombering/mærkning og aflæsning af tekniske data.

### 7.4. MÅLEKREDS

**Måleinstallationer idriftsat før den 1. juli 2002:**
Ved spændingsniveauer over 1 kV kan den måleansvarlige tillade tilslutning af andet måleudstyr til målekredsen.

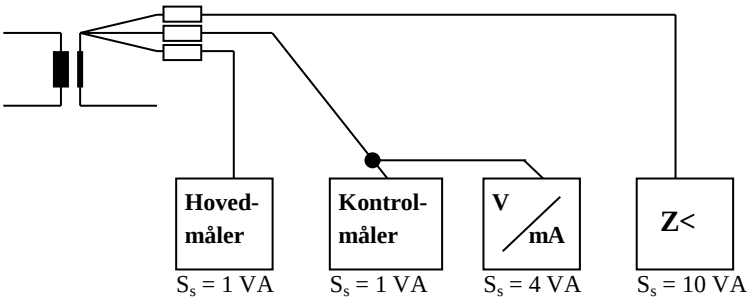
**Måleinstallationer idriftsat efter den 1. juli 2002:**
For at sikre overholdelse af kravet til den fornødne totale målenøjagtighed skal måleinstallationen være koblet og dimensioneret i henhold til gældende regler, som for spændingsniveauer op til og med 1 kV er beskrevet i Fællesregulativet, og som for spændinger over 1 kV er beskrevet i nærværende rapport.

Hovedmåler og kontrolmåler skal have hver sin spændingskreds, begge kredse skal plomberes.

Der må ikke til hovedmålerens strøm- og spændingskredse være tilsluttet andet udstyr end beregnet til afregning.

Der må gerne være tilsluttet flere spændingskredse til den samme sekundærvikling. Der skal dog være separat spændingskreds for hoved- og kontrolmåler. Målekredsen til hovedmåleren skal afgrenes til egen kreds umiddelbart ved spændingstransformeren. Se også afsnit 7.4.1. vedrørende belastning af transformeren.

Alternativt kan kontrolmåleren tilsluttes en anden spændingstransformer end hovedmåleren. Den skal i så tilfælde være af samme klasse som den, der kræves for hovedmålere.




**Figur 7.1 Tilslutning til spændingstransformer.**

Hvor der er tale om en delvis renovering af et anlæg, fx kun af udføringerne, og kontrolmåleren er tilsluttet en spændingstransformer på samleskinnen, er det dog ikke nødvendigt at udskifte denne spændingstransformer, selvom den er af klasse 0,5, og der anvendes klasse 0,2 i udføringen.

Alle måleledninger mellem komponenter skal være mærket, sådan at de enkelte forbindelser let kan følges og identificeres. Der skal forefindes en dokumentation over den samlede måleinstallation, se kapitel 8.

### 7.4.1. Strømtransformere og strømkreds

For spændingsniveauer op til og med 1 kV skal strømtransformerens strømkreds være udført som angivet i Fællesregulativet [Ref. 10].

Det følgende omhandler nye måleinstallationer ved spændingsniveauer over 1 kV.

Der skal forefindes én og kun én jording af strømtransformerkredsen. Det anbefales at anvende stjernepunktet, hvis dette findes. Hvis strømtransformerne stjernekobles, skal stjernekoblingen placeres i umiddelbar nærhed af strømtransformerne.

Primærstrømlederen skal placeres i overensstemmelse med strømtransformerfabrikantens anvisninger.

Sekundærstrømkredsen skal dimensioneres på en sådan måde, at den samlede byrde for strømtransformeren ligger inden for det byrdeområde, hvori nøjagtigheden for en strømtransformer efter IEC 61869-2 [Ref. 16] er overholdt, og under hensyntagen til det beskrevne i afsnit 6.1. Denne dimensionering behandles i det følgende.

Den samlede byrde, som en strømtransformer belastes med, består af:

- $S_l$, måleledningens byrde.
- $S_m$, elmålerens byrde pr. fase.

Endvidere bidrager kontaktmodstandene ubetydeligt til byrden, hvilket der ses bort fra. Bidraget fra måleledningen, $S_l$, kan beregnes ved:

$$S_l = \frac{\rho \cdot k \cdot l \cdot I_n^2}{q} \text{ [VA]} \qquad \textbf{(7.1)}$$

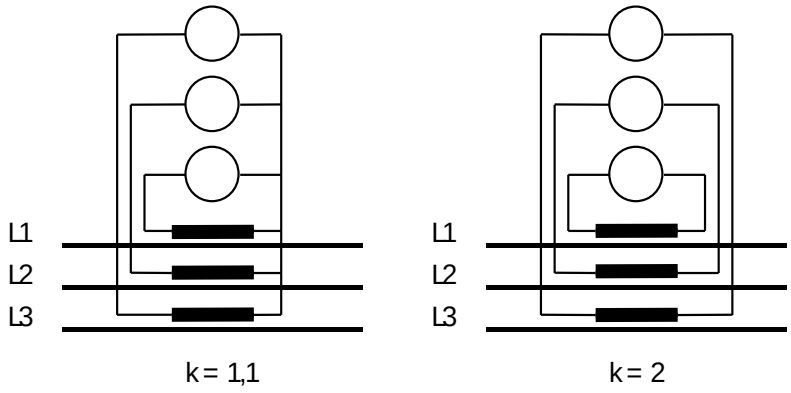
hvor:

$k$ er 2 for enfasede strømtransformere med separate frem- og returledere, og 1,1 ved stjerneforbundne strømtransformere med stjernepunktet placeret ved strømtransformerne, se også figur 7.2.
$I_n$ er strømtransformerens sekundære mærkefasestrøm i A.
$q$ er ledertværsnittet i mm$^2$.
$l$ er længden af måleledningen mellem strømtransformer og elmåler i m.
$\rho$ er resistiviteten i μΩm. Den er typisk 0,0175 μΩm for kobber.

Ledertværsnittet på måleledningen skal være mindst 1,5 mm$^2$. Desuden skal ledertværsnit og mærkebyrde for strømtransformeren vælges således, at:

$S_m + S_l \leq$ strømtransformerens mærkebyrde i VA

Bemærk, at hvis $S_m + S_l$ er meget mindre end strømtransformerens mærkebyrde i VA, medfører dette, at kortslutningsstrømmen ikke begrænses i transformeren. Det vil sige, at hele kortslutningsstrømmen overføres til sekundærkredsen med strømtransformerens omsætningsforhold.




**Figur 7.2 Definition af k for strømtransformerkredsen.**

***Eksempel:***
*Der haves en måleinstallation bestående af:*

- *En elektronisk elmåler med en byrde pr. fase på 0,1 VA (strømkredsen) ved strømtransformerens mærkestrøm.*
- *Tre enfasede strømtransformere med sekundær mærkestrøm på 5 A.*

- *Separate frem- og returledere mellem strømtransformere og elmåler.*
- *Afstand mellem strømtransformere og elmåler (måleledning) på 10 m.*

*Der forsøges med et tværsnit på 2,5 mm$^2$, og måleledningens bidrag til den samlede byrde kan beregnes til*

$$S_l = \frac{0{,}0175\ \mu\Omega\text{m} \cdot 2 \cdot 10\ \text{m} \cdot 5^2\ \text{A}^2}{2{,}5\ \text{mm}^2} = 3{,}5\ \text{VA} \qquad \textbf{(7.2)}$$

*Der skal derfor vælges strømtransformere med en mærkebyrde på mere end 3,5 + 0,1 = 3,6 VA, og da 5 VA er en standardstørrelse, vælges strømtransformere med mærkebyrder på 5 VA*[7].

### 7.4.2. Spændingstransformer og målekreds

For spændingsniveauer op til og med 1 kV skal spændingstransformerens målekreds være udført som angivet i Fællesregulativet [Ref. 10].

Det følgende omhandler nye måleinstallationer ved spændingsniveauer over 1 kV.

Spændingstransformeren skal beskyttes mod kortslutninger i målekredsene. Der kan anvendes automatsikringer med passende valgt mærkestrøm og med lavest mulig indre modstand, eller smeltesikringer af den type, hvor smeltetråden er loddet på terminalerne, af hensyn til spændingsfaldet. Disse skal placeres tættest muligt på spændingstransformerne. Brydeevnen for automatsikringen/smeltesikringen skal være mindst 5 kA.

Specielt ved anvendelse af spændingstransformere med lav mærkebyrde (10 VA og derunder) skal man være opmærksom på, at automatsikringen/smeltesikringen skal kunne udløse hurtigt i tilfælde af en kortslutning, selv hvis den forekommer i den fjerneste ende af måleledningen, set fra spændingstransformeren. Der bør derfor foretages en beregning af kortslutningsstrømmens størrelse under hensyntagen til såvel kortslutningsimpedansen i spændingstransformeren som modstanden i måleledningen og automatsikringen/smeltesikringen, og den beregnede strømværdi bør holdes op imod udløsekarakteristikken for automatsikringen/smeltesikringen.

Målekredsene skal jordes. Jordingen skal foretages i umiddelbar nærhed af transformerne.

Sekundærspændingskredsen skal dimensioneres på en sådan måde, at den samlede byrde for spændingstransformeren overholder kravene i IEC 61869-3 [Ref. 4], og under hensyntagen til det i afsnit 6.2 beskrevne. Denne dimensionering behandles i det følgende.

[7] IEC 61869-2 definerer, at den sekundære byrde ved test skal have en cosβ = 0,8 (induktiv), undtagen for byrder under 5 VA, hvor cosβ = 1 skal anvendes.

Det relative spændingsfald i måleledningen fra spændingstransformer til elmåler skal være mindre end 0,1 % af den sekundære mærkefasespænding. Spændingsfaldet i kontakt- og sikringsmodstande kan, afhængig af de anvendte typer, være betydeligt, og skal tages i betragtning. Det samlede spændingsfald fra spændingstransformerens sekundærklemmer til elmåleren må således ikke overstige 0,2 % af den sekundære mærkefasespænding.

Det relative spændingsfald i måleledningen, $\varepsilon$, kan beregnes ved hjælp af:

$$\varepsilon = \frac{k \cdot \rho \cdot l \cdot S_S}{q \cdot U_S^2} \cdot 100\% \qquad \textbf{(7.3)}$$

hvor:

$S_S$ er byrde pr. fase i VA på den pågældende måleledning, fx hovedmålerens byrde.

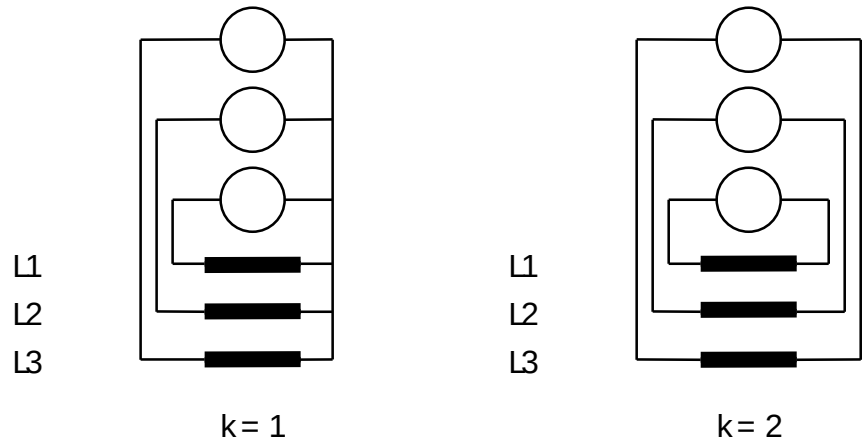
$k$ er 2, når spændingstransformerne har hver deres returleder til jord, og 1, når spændingstransformerne har fælles stjernepunkt i eller umiddelbart ved deres klemmer. Se også figur 7.3.

$U_S$ er den sekundære mærkefasespænding i V. I tilfældet, hvor der anvendes enfasede spændingstransformere uden fælles stjernepunkt ($k$ = 2), opfattes fasespændingen, $U_S$, som den faktiske spænding over kredsen.

$q$ er ledertværsnittet i mm$^2$.

$l$ er længden af måleledningen mellem spændingstransformer og elmåler i m.

$\rho$ er resistiviteten og typisk 0,0175 μΩm for kobber.




**Figur 7.3 Definition af k for spændingstransformerkredsen (kun sekundærkredsen er vist).**

Måleledningens tværsnit uden for målerfeltet, mellem elmåleren eller evt. klemrække og spændingstransformerne, skal være mindst 1,5 mm$^2$ og større end minimumstværsnittet givet ved:

$$q = \frac{k \cdot \rho \cdot l \cdot S_S}{\varepsilon \cdot U_S^2} \cdot 100\ \% \qquad \textbf{(7.4)}$$

Internt i målerfeltet må anvendes 1 $mm^2$.

***Eksempel:***
*Der haves en måleinstallation bestående af:*

- *En elektronisk elmåler med mærkespænding på 100/√3 V (dvs. med 100 V i yderspænding).*
- *Tre enfasede spændingstransformere med sekundærmærkespændinger på 100/√3 V (dvs. med 100 V i yderspænding).*
- *Målerens mærkebyrde (i spændingskredsen) er 2 VA.*
- *Separate frem- og returledere mellem spændingstransformere og elmåler. k = 2, og den faktiske spænding over kredsen er lig 100/√3 V.*
- *Afstand mellem spændingstransformere og elmåler (måleledning) på 30 m.*

*Beregnet mindste tværsnit bliver:*

$$q = \frac{2 \cdot 0{,}0175 \mu\Omega\text{m} \cdot 30\text{m} \cdot 2\text{VA}}{0{,}1\% \cdot \left(100/\sqrt{3}\right)^2 \text{V}^2} \cdot 100\% = 0{,}63 \cdot 10^{-6}\,\text{m}^2 = 0{,}63\,\text{mm}^2 \qquad \textbf{(7.5)}$$

*Det mindste tilladte tværsnit på 1,5 $mm^2$er således tilstrækkeligt.*

# 8. DOKUMENTATION

Det følgende omhandler nye måleinstallationer ved spændingsniveauer over 1 kV.

Dokumentationen for et målested skal indeholde:
1. Forside med stamdata
2. Enpolet strømskema
3. Nøgleskema
4. Målekredsløb med vurdering af den samlede målefejl
5. Dokumentation for kontrolmåling
6. Data for elmålere, strøm- og spændingstransformere.

Generelt skal det fremgå af de enkelte dokumenter, hvornår dokumentet er opdateret, og det anbefales, at det fremgår, hvem der har godkendt dokumentet.

Gældende dokumentation skal kunne samles ved forespørgsler om dokumentation for det enkelte målested.

## 8.1. FORSIDE MED STAMDATA

Stamdata omfatter den primære identifikation af elmåleinstallationen, dvs. en entydig identifikation af elmåleinstallationen, herunder installationens fysiske adresse og placering.

Af stamdata skal det oversigtsmæssigt fremgå, hvilken klasse måleinstallationen har. Dvs. den samlede måleafvigelse, elmålernes klasse samt strøm- og spændingstransformernes klasse.

Navnet på det måleansvarlige selskab skal fremgå af forsiden med stamdata.

Navnet på den målestedsansvarlige person hos måleoperatøren skal fremgå, samt dato for udarbejdelsen af dokumentationen, herunder entydigt navn og dato for udarbejdelsen af tilknyttede bilag.

Navnet på driftsleder(e) på målestedet skal fremgå. Man skal til enhver tid kunne komme i kontakt med rette driftsleder, derfor kan navnet være det selskab, hvor driftslederen er ansat, eller det kan være den person, som er driftsleder og hans ansættelsesforhold. Hvis andre driftsledere har ansvar på målestedet, skal disse også fremgå.

Eksempel på forside med stamdata kan findes i bilag 1.

## 8.2. ENPOLET STRØMSKEMA

Det enpolede strømskema er en tegning, som skal give en tydelig oversigt over måleinstallationens komponenter og deres elektriske forhold til hinanden.

Af det enpolede strømskema skal det tydeligt fremgå, hvor eventuelle driftsledergrænser og ejergrænser går.

### 8.3. NØGLESKEMA

Nøgleskemaet er en tegning, som tydeligt skal beskrive måleinstallationens fysiske opbygning. Nøgleskemaet skal vise alle installationens ledere, og af nøgleskemaet skal man tydeligt kunne identificere og genkende alle installationens enkelte klemrækker, terminaler og instrumenter.

### 8.4. MÅLEKREDSLØB MED VURDERING AF DEN SAMLEDE MÅLEFEJL

Information om målekredsløbet skal mindst indeholde oplysninger om impedanser eller belastninger i kredsløbet, beregnede spændingsfald i kredsløbet og måleafvigelse for de enkelte komponenter, som indgår i måleinstallationen, og den samlede målefejl.

Målekredsløbet omfatter såvel de primære måletransformere som aktive kWh og reaktive kVArh elmålere samt forbindelserne mellem disse. Såfremt der anvendes mellemstrømtransformer i målekredsen, indgår både den primære og den sekundære side således i målekredsen. Hvis det ikke er muligt at måle det samlede spændingsfald fra spændingstransformer til elmåler, måles spændingsfaldet i delstrækninger. Er der strækninger, som det ikke er muligt at måle på, skal spændingsfaldet beregnes. Skillesteder i beregnede strækninger skal kontrolmåles for evt. fejl.

### 8.5. DOKUMENTATION FOR KONTROLMÅLING

Dokumentation skal foreligge for, at der er foretaget kontrolmåling af måleinstallationen. Fx som beskrevet i TR 356, kapitel 5 [Ref. 23].

Hvis fjernaflæsning af målestedet finder sted, bør det dokumenteres, at kontrol er udført i henhold til RA 436, afsnit 2.4 ”Etablering af nyt fjernaflæsningspunkt” [Ref. 18].

Der skal foretages kontrolmåling ved ændring af måleinstallationen.

Det anbefales, at der opsættes et skilt ved de kontrolmålepunkter, hvor målingen er foretaget.

### 8.6. DATA FOR ELMÅLERE, STRØM- OG SPÆNDINGSTRANSFORMERE

Prøvningsprotokoller for elmålere, strøm- og spændingstransformere skal vedlægges, hvis disse findes. Det samme gælder for et evt. kalibreringscertifikat, hvis dette findes.

Afprøvningen af strøm- og spændingstransformere skal udføres sporbart eller akkrediteret.

Hvis det ikke er muligt at se mærkepladen på en transformer, efter at den er monteret i anlægget, bør dokumentationen indeholde et foto af transformeren og mærkepladen inden montagen.

For elmålere godkendt efter MID, skal typeattesten (Type Examination Certificate) for den enkelte målertype opbevares af netselskabet, så længe den pågældende målertype er i drift.

## 9. REFERENCER


Ref. 1: IEC 60044-1 *Instrument transformers - Part 1: Current transformers,* februar 2003.

Ref. 2: IEC 60044-2 *Instrument transformers - Part 2 : Inductive voltage transformers,* februar 2003.

Ref. 3: IEC 61869-1 *Instrument transformers - Part 1: General requirements*, oktober 2007.

Ref. 4: IEC 61869-3 *Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers*, juli 2011.

Ref. 5: BEK 1035 af 17/10 2006 *Bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug, Sikkerhedsstyrelsen.* https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27368

Ref. 6: Tilslutningsbestemmelser, Dansk Energi, april 2016 http://www.danskenergi.dk/AndreSider/Vejledning/Engrosmodellen.aspx

Ref. 7: *Forskrift D2: Tekniske krav til elmåling*. Energinet.dk, maj 2007, Rev. 1. http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Forskrift%20D2%20Tekniske%20krav%20til%20elm%C3%A5ling.pdf

Ref. 8: IEC 60044-5 *Instrument transformers - Part 5: Capacitor voltage transformers.* april 2004.

Ref. 9: IEC 61869-5 *Instrument transformers - Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers*, juli 2007.

Ref. 10: *Fællesregulativet 2014.* http://www.danskenergi.dk/AndreSider/Vejledning/Andre_Vejledning.aspx

Ref. 11: IEC 62053-31 *Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Pulse output devices for electromechanical and electronic meters (two wires only)*, First edition, januar 1998.

Ref. 12: IEC 60338 *Telemetering for consumption and demand.* First edition 1970.

Ref. 13: DIN 43864 *Stromschnittstelle für die Impulsübertragung zwischen Impuls-geberzähler und Tarifgerät*, september 1986.

Ref. 14: Måleteknisk meddelelse MM.133 *Anvendelse af elmålere i forbindelse med måletransformatorer*, juni 1999. http://www.sik.dk/content/download/6300/79541/version/1/file/630F51CD.pdf

Ref. 15: Måleteknisk meddelelse MM.256 *El-målere. Ændring af parametre efter ibrug-tagning*, august 2009. http://www.sik.dk/content/download/6294/79523/version/1/file/MM256.pdf

Ref. 16: IEC 61869-2 *Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers*, september 2012 .

Ref. 17: *Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter*
**Fejl! Hyperlinkreferencen er ugyldig.**http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0032

Ref. 18: RA 436, 3. udgave, *Fjernaflæsning af elmålere*. DEFU, februar 2014.

Ref. 19: RA 535, 3. udgave, *Datakvalitet og –sikkerhed ved fjernaflæsning af elmålere*. DEFU, marts 2012

Ref. 20: TR 357, 3. udgave, *Baggrundsrapport vedr. fejl i måleinstallationer.* DEFU, februar 2000.

Ref. 21: TR 354, 3. udgave, *Verifikation af elmålere*. DEFU, februar 2000.

Ref. 22: TR 354-1, 1. udgave, *Verifikation af elmålere*. DEFU, december 2004.

Ref. 23: TR 356, 4. udgave, *Kontrolmetoder på målestedet.* DEFU, februar 2014.

Ref. 24: RA 574, 2. udgave, *Direkte tilsluttede elmålere*, DEFU, oktober 2016.

Ref. 25: EC 61869-4 *Instrument transformers – Additional requirements for combined transformers*, november 2013

## BILAG 1 EKSEMPEL PÅ STAMDATA FOR MÅLEINSTALLATION

Stamdata for måleinstallation

Måleinstallationens navn:
Adresse:

Måleinstallationens samlede klasse:

- Elmålerens klasse:
- Strømtransformerens klasse:
- Spændingstransformerens klasse:

Navn på måleansvarligt selskab:
Adresse:
Tlf.:

Navn på målestedsansvarlige person hos måleoperatøren:
Adresse:
Tlf.:

Ansættelsesforhold for driftsleder(e)/navn på driftsleder(e) på målestedet:
Adresse:
Tlf.:

Dokumentation på måleinstallationen:

| | Dokument-navn | Revisions-dato | Dokument-placering |
|---|---|---|---|
| Enpolet strømskema: | | | |
| Nøgleskema: | | | |
| Målekredsløb med vurdering af den samlede måleafvigelse: | | | |
| Dokumentation for kontrolmåling: | | | |
| Data for elmålere: | | | |
| Data for strømtransformere: | | | |
| Data for spændingstransformere: | | | |



*Rapport 535, 3. udgave*
*Marts 2012*

# *Datakvalitet og -sikkerhed*

*ved fjernaflæsning af elmålere*

*Rosenørns Allé 9*
*1970 Frederiksberg C*

*Tlf.: 35 300 770*
*Fax: 35 300 771*
*E-mail: info@defu.dk*
*www.defu.dk*

DEFU
dansk energi · forskning og udvikling

**Rapporten er udarbejdet af en arbejdsgruppe under Elmåleteknikudvalget bestående af:**

| | |
|---|---|
| John Maltesen | NRGi |
| Poul Berthelsen | NRGi |
| Per Frederiksen, | HEF |
| Asbjørn Haldgran Tribler | SEAS-NVE |
| Leif Hansen | SEAS-NVE |
| Nina Stender | DONG Energy |
| Klaus Kargaard Jensen | DONG Energy |
| Lars Høg | Miracle |
| Michael Østergaard Pedersen | Miracle |
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi |


---

**DEFU rapport:** RA535

**Klasse:** 1

**Rekvirent:** Elmåleteknikudvalget

**Dato for udgivelse:** 28. marts 2012

**Sag:** 7050

© DEFU 2012, 3. udgave

# Resumé

Denne rapport omhandler krav og anbefalinger vedrørende datakvalitet og datasikkerhed i fjernaflæsningssystemer for elmålere.

For datakvaliteten er der givet konkrete anvisninger på, hvordan man bør kontrollere og dokumentere sit system, så det sikres, at det er de rigtige værdier, der når frem til hjemtagningssystemet.

På datasikkerhedsområdet er det ikke muligt at angive detaljerede metoder til at sikre systemet mod de risici, det er udsat for. Det skyldes, at fjernaflæsningssystemerne har forskellig opbygning og funktionalitet og dermed også forskellig risiko for at blive udsat for angreb. I stedet er der givet en grundig beskrivelse af, hvordan et netselskab kan foretage en vurdering af de forskellige sikkerhedsrisici og derudfra fastlægge sikkerhedsmål og sikkerhedspolitik.

De valgte sikkerhedsmål og den opstillede sikkerhedspolitik kan derefter benyttes i en dialog med leverandøren af fjernaflæsningssystemet om valg af de rette tekniske løsninger til at opfylde målene.

# Indholdsfortegnelse

Side

Resumé ..... 5

1. Indledning ..... 9
1.1. Rapportens opbygning ..... 9

2. Datakvalitet ..... 11
2.1. Legale målinger ..... 11
2.2. Måleværdikæden ..... 11
2.3. Fastsættelse af kvalitetsmål ..... 12

3. Datasættet ..... 14

4. Forholdsregler ifm. etablering af et fjernaflæsningspunkt ..... 15
4.1. Datasættet ..... 15
4.2. Kontrol af dataoverførslen ..... 15
4.2.1. Pulsmåling ..... 15
4.2.2. Aflæsning af registre i måleren via seriel forbindelse ..... 15

5. Datasikkerhed ..... 16
5.1. Baggrund ..... 16
5.1.1. IT-sikkerhed ..... 17
5.2. Metode ..... 18
5.2.1. Fremgangsmåde ..... 18
5.2.2. Beskrivelse ..... 18
5.2.3. Anvendelse i denne rapport ..... 24
5.3. Systemarkitektur ..... 25
*5.3.1. Eksempelarkitektur* ..... 25
*5.3.2. Generel arkitektur* ..... 26
5.4. Aktiver, Aktører og Angreb ..... 27
*5.4.1. Aktiver* ..... 27
5.4.2. Aktører ..... 29
5.4.3. Effekterne af mulige angreb ..... 31
5.5. Risikoanalyse ..... 33
5.5.1. Vurdering af risici ..... 34
5.5.2. Eksempel ..... 34
5.6. Sikkerhedsmål ..... 37
5.6.1. Sikkerhedsmål for registerindhold ..... 37
5.7. Sikkerhedspolitik ..... 38
5.7.1. Eksempel på sikkerhedspolitik ..... 39

6. Internationale tiltag på området ..... 41
6.1. WELMEC ..... 41

6.2. CENELEC .....41

7. Krav til dokumentation og registrering .....43
7.1. Kvalitetsparametrene .....43
7.2. Datasættet .....43
7.3. System .....43
7.3.1. Beskyttelse mod ændringer, sikkerhed for datasættets autenticitet, forhold ved forsinkelse i dataoverførslen .....43
7.3.2. Datasikkerhed .....43
7.4. Etablering/ændring af målested .....43
7.5. Drift .....44

8. Referenceliste .....45

# 1. Indledning

Udgangspunktet for dette arbejde er især etableringen af fjernaflæsning af husholdningselmålere. Behandlingen af emnet dækker imidlertid hele området *fjernaflæsning af elmålere*, altså også højspændingsmålepunkter, produktionsmåling og større timeaflæste forbrug. I rapporten benyttes ofte den kortere betegnelse "måler", men det er altid elmålere, det drejer sig om, medmindre andet er angivet.

De danske regler for elmåling medio 2010 foreskriver, at alt forbrug større end 100.000 kWh pr. år skal måles og afregnes time for time, hvilket reelt betyder, at det skal fjernaflæses. Der er således allerede fjernaflæsningssystemer i drift med en lang driftsmæssig historik, ligesom der findes retningslinjer og kvalitetsmål for disse målinger. Selv om dette forbrug udgør mere end 60 % af det samlede danske forbrug, drejer det sig om under 50.000 målepunkter. De kvalitetssikringsmæssige foranstaltninger, der iværksættes for disses målepunkter, kan derfor være relativt omfattende og stadig stå i rimeligt forhold til værdien af den energi, som målingerne repræsenterer.

Fjernaflæsning af ca. halvdelen af de øvrige ca. 3 millioner målepunkter er ved at blive etableret, og nogle af de nye målere har også andre funktioner end blot elmåling, f.eks. muligheden for at udkoble kunden. Det store antal fjernaflæste målere gør det nødvendigt at sikre sig bedst muligt mod risikoen for angreb på eller fejl i systemerne, uden at omkostningerne ved sikkerhedsforanstaltningerne bliver urimeligt store.

I den første udgave af denne rapport, som blev udsendt i 2007, var der beskrevet nogle metoder til at sikre systemerne, men det var ikke præcist beskrevet, hvad metoderne beskyttede imod og hvor godt. Rapporten viste sig derfor at være vanskelig at anvende, når et netselskab skulle i dialog med en målerleverandør om sikkerhedsforholdene. I den reviderede udgave, som nu foreligger, er der i stedet beskrevet en fremgangsmåde, som hvert netselskab kan benytte til at formulere sin egen sikkerhedspolitik på området.

## 1.1. Rapportens opbygning

De første afsnit i rapporten (afsnit 2 – 4) om datakvalitet, datasæt og etablering af et fjernaflæsningspunkt giver konkrete anvisninger på, hvordan måleoperatøren bør sikre sig, at det er de rigtige forbrugs-/produktionsdata, der bliver registreret i hjemtagningssystemet.

Afsnittet om datasikkerhed beskriver en fremgangsmåde til at vurdere sikkerhedsrisici i et system med fjernaflæste målere og til herudfra at formulere sikkerhedsmål og sikkerhedspolitik. Der er ikke anvist konkrete metoder til at sikre et system mod de forskellige risici. Det skyldes, at det nødvendige sikkerhedsniveau varierer fra netselskab til netselskab afhængigt af, hvilke funktioner man har implementeret i sit system, og hvordan det rent fysisk er opbygget. Netselskabets sikkerhedspolitik kan derefter danne grundlag for en diskussion med leverandøren af fjernaflæsningssystemet.

De internationale aktiviteter på området beskrives kort i afsnit 6. Det, der omtales, er de europæiske tiltag med udgangspunkt i måleinstrumentdirektivet og et mandat fra EU-kommissionen til standardiseringsorganisationerne.

Endelig giver afsnit 7 en række konkrete anvisninger på, hvordan systemer og procedurer bør være dokumenterede.

# 2. Datakvalitet

## 2.1. Legale målinger

Politisk har man traditionelt skelnet mellem forbrugere med store forbrug og dem med et lille forbrug. De store betragtes som ”professionelle” forbrugere, der må formodes at kunne vurdere og behandle forbruget og dets afregning rationelt, mens den lille forbruger, husholdningsforbrugeren, ikke har en sådan indsigt og derfor bør beskyttes af mere detaljerede regler og krav.

Alle målinger, på hvilke der baseres udveksling af penge, er pr. definition legale målinger, men det er især for den lille forbruger, at begrebet legale målinger tages i anvendelse. Det er denne gruppe forbrugere, som det europæiske måleinstrumentdirektiv, MID [Ref. 8] tager sigte på, idet det på elmålersiden helt specifikt omfatter husholdningsmålere samt målere i handel, service og småindustri. Det lovgivningskompleks omkring elforbrugsmåling, som Sikkerhedsstyrelsen er ansvarlig for, har også dette hovedfokus.

Der er således særlige hensyn at tage til lovgivningskrav om legale målinger i forbindelse med en generel indførelse af fjernaflæsning af elmålere. Den danske implementering af det europæiske måleinstrumentdirektiv [Ref. 9] henviser til, at der, hvad enten der er fjernaflæsning eller ej, skal være en lokal visningsindretning (lokalt display), som kan aflæses uden brug af værktøj, og at det er denne visning, som betalingen baserer sig på.

Udover, at fjernaflæsning således aldrig kan overflødiggøre det lokale display, betyder dette, at fjernaflæste data formelt ikke behøver at have legal status, idet kun displayet har dette. Kunden bør dog kunne have tillid til, at de fjernaflæste data er korrekte, og fjernaflæsningssystemet bør derfor have et tilstrækkeligt højt sikkerhedsniveau.

## 2.2. Måleværdikæden

Datakæden for fjernoverført elforbrug starter ved elmåleren, hvorfra en kWh værdi, aflæst på et givet tidspunkt, overføres til måleoperatøren via kommunikationsnetværket. Datasættet vil altid indeholde information om afsender i form af måler-id eller andet. Det kan være tidsstemplet, men tidsstemplingen kan også ske i modtagerenden.

Ved transformermåling foreligger principielt to energiværdier: Den, der måles på sekundærsiden af måletransformerne, og den, der repræsenterer, hvad der løber på primærsiden. Konvertering fra den direkte målte værdi, ofte den verificerede, til primær energien (”sand energi”) kan ske i måleren, eller det kan ske på et senere tidspunkt i databehandlingsprocessen.

Hos måleoperatøren sker der en viderebehandling af måledata efter modtagelsen. En del af denne behandling har med kvalitetssikring af de modtagne data at gøre, mens andet er en videreanvendelse af de kvalitetssikrede data, aggregering af måleværdier til at repræsentere energitransporten i givne snit m.v. Denne viderebehandling er ikke en del af denne rapports emne, ligesom rekonstruktion af måledata ud fra skøn, statistik osv. heller ikke er det.

Alle de processer, der bestemmer kvaliteten af det i kapitel [3] definerede datasæt, herunder fx sammenknytningen af måler-id med måler og målested, er imidlertid i princippet omfattet af rapporten, fx i forbindelse med dokumentation og procedurer for kvalitetssikring.

## 2.3. Fastsættelse af kvalitetsmål

Kvalitetsparametrene omfatter:

a. Rigtige måleværdier. I forbindelse med transmission af data vil det sige, at de værdier, der kommer fra måleren, med den tolerance som den nu arbejder med, ikke må ændres undervejs, og at de skal komme fra den rigtige måler.

b. Korrekt sammenkædning mellem (1) fysisk målested (forbrug), (2) måler og (3) måleværdier.

c. Et mål for tilgængeligheden af målerpopulationen.
   Tilgængeligheden angiver, hvor stor en del af målerpopulationen man kan komme i kontakt med/modtager informationer fra inden for en given tid. Er målerne fx sat til at sende data frem én gang i døgnet, og samler man målingerne én gang om måneden, kan tilgængeligheden defineres som:

$$T = 1 - \frac{U_{KM}}{T_{KM} \cdot P_N}$$

   hvor

   T er tilgængeligheden.

   $U_{KM}$ er antal målinger modtaget i en given periode, i eksemplet én måned.

   $T_{KM}$ antal målepunkter.

   $P_N$ antal aflæsninger i perioden, i eksemplet fx 30.

d. Et mål for længden af den periode, hvor en måler eller en fjernaflæsningskanal er fejlramt/ude af drift o.l. Her giver fjernaflæsning mulighed for at finde en (totalt) fejlende måler meget hurtigt

Punkterne a og b skal i princippet altid være opfyldt. Konstateres en afvigelse, rettes den straks.

Målene for parametrene c og d sættes af det enkelte selskab (måleansvarlig) i overensstemmelse med selskabets politikker.

Målene skal være dokumenterede og målopfyldelsen skal registreres.

# 3. Datasættet

Det datasæt, som på en dokumenteret måde skal kunne genfindes, består af:

1. Sand energi. For transformermålere er sand energi den energi, der passerer primærsiden af måletransformerne.
2. Enhed. Hvis intet er anført, er data i hele kWh.
3. Transformerkonstant, hvis relevant.
4. Realtid for målingen, angivet med en passende nøjagtighed.
   Realtid er UTC tid (Universal Time Coordinated) plus én time ved normaltid og plus to timer ved sommertid.
5. Entydig identifikation af målested og måler.
6. Det verificerede tælleværk (register).

Dette datasæt vil som oftest være sammensat af information fra måleren suppleret med information fra andre systemer og databaser. Denne sammenkædning skal være entydig.

Princippet i sammenkædningen mellem kunde (fysisk målested), måler og data skal dokumenteres.

Netselskabet kan vælge at hjemtage andre informationer fra målerne, fx informationer om afbrud eller spændingskvalitet, men sådanne informationer har ikke status som legale målinger og behøver derfor ikke være underkastet samme omhyggelige kontrol.

# 4. Forholdsregler ifm. etablering af et fjernaflæsningspunkt

## 4.1. Datasættet

Proceduren i forbindelse med etablering af målested skal dokumenteres, herunder hvorledes sammenkædningen mellem kunde (fysisk målested), måler og data sikres.

## 4.2. Kontrol af dataoverførslen

### 4.2.1. Pulsmåling

Procedurerne i DEFU Rapport 436 følges.[Ref. 7]

### 4.2.2. Aflæsning af registre i måleren via seriel forbindelse

1. Det konstateres for hver enkelt måler, at dataregistret kan aflæses på korrekt vis, fx at det er de rigtige registre, der aflæses. Dette gøres typisk i forbindelse med etablering af det pågældende målepunkt.

2. Det konstateres for hver enkelt måler, at kommunikationskanalen virker. Det kan fx gøres ved, efter en passende periode (fx én uge eller måned), at konstatere, om den (fjern)aflæste værdi har ændret sig, at den ser ”normal” ud eller lignende.

Alle nyetablerede fjernaflæsninger skal være kontrolleret på denne måde inden for en 6 måneders periode fra det enkelte målepunkts idriftsættelsestidspunkt.

Resultatet af kontrollen registreres.

# 5. Datasikkerhed

Det er aldrig let at sikre et givent system, men uden et overblik over systemet og et begreb om hvad det vil sige at være sikker, så vil man aldrig vide om de udvalgte sikkerhedsmekanismer rent faktisk har nogen effekt.

I dette kapitel beskrives en metode til at analysere et generelt fjernaflæsningssystem og ud fra den analyse nå frem til målet for sikkerheden og i sidste ende til en sikkerhedspolitik, der opfylder disse mål. Herefter kan man udvælge de sikkerhedsmekanismer, der skal bruges til at håndhæve sikkerhedspolitikken. Derved sikres det, at der er en overensstemmelse mellem de ønsker, man har til sikkerheden, og den sikkerhed, man rent faktisk opnår.

Det er ikke meningen, at analysen i dette kapitel kan bruges ukritisk på ethvert fjernaflæsningssystem. Ønsker man at anvende denne tilgang på sit eget system, kræver det, at man gennemgår hvert enkelt skridt i dette kapitel i forhold til sit eget system og når frem til egne sikkerhedsmål og egen sikkerhedspolitik. Det er dog meningen, at man med udgangspunkt i dette kapitel har et godt værktøj til at foretage denne analyse.

## 5.1. Baggrund

At foretage en sikkerhedsanalyse kan ved første øjekast ligne en slags sort magi, hvor man blot starter med at opremse alle de problemer, man kan komme i tanke om, og derefter prøver at finde en løsning på disse. Dette er dog ikke tilfældet. Der findes flere standardiserede metoder til at gennemføre en sikkerhedsanalyse, og hver har sin indfaldsvinkel til opgaven. Denne rapport tager udgangspunkt i følgende metoder:

- **Common Criteria**
  Common Criteria [Ref. 1] er en internationalt anerkendt ISO-standard, som bruges til at kvalitetssikre produkters og IT-systemers sikkerhed. Common Criteria kan ses som et sammenkog af en stribe nationale sikkerhedsevalueringsmetoder (både civile og militære), hvor nogle er udarbejdet først i 80'erne.

- **OCTAVE**
  OCTAVE [Ref. 2] definerer en standardiseret tilgang til en risiko-drevet aktiv- og praksis-baseret evaluering af informations-sikkerhed. Metoden fokuserer på at opbygge et overblik over informations-sikkerhedsrisici på tværs af hele organisationen.

- **STRIDE**
  STRIDE [Ref. 5] er en model, der bruges til at beskrive trusler. Den ser på, hvad der sker i tilfælde af et successfuldt angreb. Den er opfundet hos Microsoft, og på trods

af at metoden har fået en del kritik i akademiske kredse, er den stadig anvendelig til at hjælpe med at fokusere på, hvad der skal gøres ved et specifikt problem.

- **ISO 27002**
  ISO 27002 [Ref. 4] giver en kort introduktion til risikoanalyse og sikkerhedsmål samt retningslinjer til udarbejdelse af en sikkerhedspolitik. Standarden anbefaler samtidig en løbende vedligeholdelse af risikoanalyse og sikkerhedspolitik for at tage højde for ændringer i trusselsbilledet.

### 5.1.1. IT-sikkerhed

IT-sikkerhed ser primært på de følgende grundlæggende egenskaber:

- **Fortrolighed**
  Fortrolighed er at holde information hemmelig for alle andre end de ønskede parter. Når det drejer sig om personfølsomme data, såsom information om en persons handlinger, identitet eller bopæl, hører det ind under privatlivets fred.

- **Integritet**
  Integritet sikrer, at data ikke ændres under overførsel mellem systemer, eller når de gemmes af andre end de ønskede parter.

- **Tilgængelighed**
  Tilgængelighed betyder, at de ønskede parter har adgang til data og systemer, når de har brug for det.

- **Autentifikation**
  Autentifikation er verifikation af en identitet, enten for en bruger af IT-systemet eller en enhed.

- **Uafviselighed**
  Uafviselighed betyder, at en bruger altid kan gøres ansvarlig for en handling og ikke blot kan afvise at have udført den.

- **Revision**
  Revision betyder, at der gemmes information om forskellige hændelser i et system, så man altid kan gå tilbage og se, hvad der tidligere er sket, og hvem der gjorde det.

## 5.2. Metode

I dette afsnit beskrives en metode til at foretage en sikkerhedsanalyse af et givent system. Der er mange forskellige måder at gøre dette på, men den valgte metode har fokus på, at det skal være simpelt og let at gå til. Som udgangspunkt for metoden benyttes Common Criteria [Ref. 1], men de enkelte skridt realiseres ud fra simplere tilgange. Målet med analysen er at ende med en sikkerhedspolitik, som dikterer kravene til en konkret sikkerhedsarkitektur.

### 5.2.1. Fremgangsmåde

| | |
|---|---|
| **1. Aktiver** | Identificér de aktiver der skal beskyttes. |
| **2. Aktører** | Identificér aktørerne i systemet. |
| **3. Resultat af angreb** | Beskriv resultatet af et succesfuldt angreb på aktiverne. |
| **4. Trusselsvurdering** | Analysér og prioritér truslerne mod aktiverne. |
| **5. Sikkerhedsmål** | Beskriv målet med den sikkerhed der skal implementeres. |
| **6. Sikkerhedspolitik** | Beskriv hvad der skal til for at realisere sikkerhedsmålene. |

Der er forskellige måder at udføre de enkelte skridt på, og det er ikke meningen med beskrivelsen nedenfor at diktere en bestemt måde. Den fremgangsmåde, det er valgt at beskrive, er at bruge OCTAVEs [Ref. 2] tilgang i skridt 1 og 2 til at identificere aktiver og aktører og STRIDE [Ref. 5] til at identificere effekten af et angreb i skridt 3. Risikoanalysen i skridt 4 er skitseret ud fra en simpel metode, hvor man naturligt bygger videre på resultatet af STRIDE analysen i skridt 3. Sikkerhedsmålene i skridt 5 er skrevet ud fra *prevent, detect, recover* tilgangen, se afsnit 5.2.2.5.

Denne form for sikkerhedsanalyse er relativt kort og præcis, hvilket er en fordel frem for en lang tekstuel beskrivelse, da det gør det lettere for andre end teknikere at finde fejl i analysen, som fx manglende aktører. Uanset om man vælger at følge den beskrevne metode eller finder på sin egen, så er det vigtigste, at man vælger en metode, der tvinger én til grundigt at overveje alle sikkerhedsaspekter af systemet.

### 5.2.2. Beskrivelse

I det følgende gives en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte skridt.

#### *5.2.2.1. Aktiver*

Identificér de aktiver, der skal beskyttes.

Aktiver er noget af værdi for den organisation eller person, som sikkerhedsarkitekturen skal beskytte. Aktiver er centrale i enhver sikkerhedsanalyse, da der kun er behov for sikkerhed, hvis der er noget at beskytte.

Typisk vil aktiver være elektroniske i form af enten persistente data eller kommunikation, men der er intet til hinder for, at et aktiv kan være et fysisk objekt eller en person. Det er dog vigtigt at skelne mellem fysiske enheder og eventuelle data, man vil beskytte. Hvis man fx har et billigt lagringsmedie med data, man vil beskytte, så er disse data et aktiv og ikke selve lagringsmediet, da det normalt kan erstattes uden de store problemer.

#### *5.2.2.2. Aktører*

Identificér aktørerne i systemet.

En trussel er en indikation af en potentielt uønskelig handling, og aktørerne er, som beskrevet i OCTAVE, de entiteter, der kan udgøre en trussel mod aktiverne. Aktører inkluderer altså kun de aktører i systemet, der kan udgøre en trussel mod aktiverne, og ikke samtlige personer, der har med systemet at gøre.

OCTAVE har følgende klassificering af aktører:

- **Menneskelige aktører med netværksadgang**
  Trusler i denne kategori er de netværksbaserede trusler mod et aktiv. De inkluderer en direkte handling af en person og kan enten være bevidste eller ubevidste.
- **Menneskelige aktører med fysisk adgang**
  Trusler i denne kategori er de fysiske trusler mod et aktiv. De inkluderer en direkte handling af en person og kan enten være bevidste eller ubevidste.
- **Systemproblemer**
  Dækker de problemer der kan opstå med et IT system, som fx hardwareproblemer, softwareproblemer, ondsindet kode, etc.
- **Andre problemer**
  Her findes de trusler, der er helt uden for en organisations kontrol, som fx oversvømmelse, jordskælv, strømsvigt, et sprunget vandrør, dødsfald, etc.

Det er normalt en fordel at udvide disse definitioner, så de passer til det system, man vil beskytte. Dette er gjort i afsnit [5.4.2].

*5.2.2.3. Resultat af angreb*

Beskriv resultatet af et succesfuldt angreb på aktiverne.

Her benyttes STRIDE tilgangen til at afgøre, hvad effekten af et succesfuldt angreb på et aktiv medfører. STRIDE ser på effekten af et angreb og klassificerer det under en af følgende seks kategorier:

- **Spoofing of user identity**
  En aktør kan antage identiteten af en anden person eller enhed.
- **Tampering**
  En aktør kan ændre data i systemet.
- **Repudiation**
  En aktør kan afvise at have udført en bestemt handling, på trods af at han faktisk udførte den.
- **Information disclosure**
  En aktør får adgang til data, han ikke havde adgang til før angrebet.
- **Denial of Service**
  En tjeneste bliver utilgængelig for dens brugere.
- **Elevation of privilege**
  En aktør får adgang til systemet med højere privilegier, end han havde før angrebet.

Der er i STRIDE ofte overlap mellem flere af kategorierne, så det er vigtigt at se STRIDE som et værktøj, der bruges i en større sammenhæng. Ofte vil den erkendelse, at der er overlap mellem to kategorier for en bestemt aktør, være en del af at have tænkt grundigt over sikkerhedstruslerne mod ens system.

STRIDE fortæller ikke, om en type angreb er mere alvorlig end en anden, eller om en aktør har en interesse i at angribe et aktiv, eller hvordan angrebet udføres. En STRIDE analyse vil blot være en tjekliste for, om en given aktør kan opnå en bestemt effekt i et system ved at angribe et aktiv. Det kan dog være en fordel at have viden om, hvordan et angreb udføres. Her kan man fx benytte X.800 [Ref. 3], der kategoriserer angrebsmetoderne som følger:

- **Passive angreb**
  - Afsløring af beskeder
  - Trafikanalyse

- **Aktive angreb**
    - Maskering
    - Genafspilning
    - Modifikation af data
    - Denial of Service

Derudover kan der selvfølgelig være afledte trusler, som bunder i problemer i de sikkerhedsmekanismer, der bruges til at reducere risikoen for, at en trussel realiseres, samt problemer med manglende sikkerhedspolitikker eller en ufuldstændig trusselsmodel.

#### *5.2.2.4. Trusselsvurdering*

Analysér og prioritér truslerne mod aktiverne.

Man må afgøre, hvor seriøs effekten af et angreb er, for at finde ud af om det er værd at beskytte sig imod, og hvor meget det er værd at bruge på den beskyttelse. Ting, man bør overveje i den situation, er fx:

- **Skade** Hvor stor skade vil angrebet gøre?
- **Risiko** Hvad er risikoen for angrebet?
- **Antal brugere** Hvor mange brugere vil angrebet påvirke?

#### *5.2.2.5. Sikkerhedsmål*

Beskriv målet med den sikkerhed, der skal implementeres.

I dette skridt beskrives målet med den sikkerhed, man skal implementere, fx hvilke trusler man ønsker at beskytte systemet imod. Dette er baseret på resultatet af de foregående afsnit, men kan udover dette også tage højde for krav til sikkerheden som følge af en evt. lovgivning på området.

Det er her valgt at klassificere alle sikkerhedsmål efter metoden *prevent, detect, recover*, hvor et sikkerhedsmål enten er formuleret som en beskyttelse mod et angreb (prevent), som et krav om at kunne opdage et bestemt angreb (detect) eller et krav om at kunne genetablere systemet efter et angreb (recover). Mere om dette i næste afsnit.

#### *5.2.2.6. Sikkerhedspolitik*

Beskriv, hvad der skal til for at realisere sikkerhedsmålene.

En sikkerhedspolitik er en definition af, hvad det vil sige at være sikker. For et system beskriver en sikkerhedspolitik, hvad man vil beskytte, begrænsninger på funktioner, flow mellem dem, adgang til data, etc. En sikkerhedspolitik er kort sagt en beskrivelse af en overordnet sikker adfærd. Uden en sikkerhedspolitik giver det ikke mening at tale om, hvorvidt et system er sikkert.

Hvert punkt i sikkerhedspolitikken beskriver, hvordan et eller flere sikkerhedsmål opnås, ved at nævne, hvilke tiltag inden for prevent, detect eller recover, der skal benyttes for at håndhæve politikken. Eksempler på disse kan være:

**Prevention**

Der er tre niveauer af forsvar imod trusler:

- **Fysisk forsvar**
  skal forhindre fysisk adgang for mennesker eller begrænse skader efter menneskelige eller naturligt forekommende hændelser. Kan f.eks. indeholde (men er ikke begrænset til):
  - Backup af data
  - Indhegning
  - Fysisk adgangskontrol (låste døre)
  - Sikkerhedsvagter
  - UPS
  - Brandalarmer/-slukningsudstyr
- **Administrativt forsvar**
  kan f.eks. indeholde:
  - Politikker, procedurer, standarder og guidelines
  - Afprøvede continuity-planer
  - Adskillelse af opgaver
- **Tekniske kontroller**
  dækker både hardware og software, som skal blokere for angreb. Tekniske kontroller kan indeholde:
  - Adgangskontrol (password/smartcard/biometric)
  - Kryptering
  - Anti-virus
  - Firewall

### Detection

Hvis der trods adgangsbegrænsningerne alligevel skulle have været brud på sikkerheden, er det vigtigt at være i stand til at opdage dette på så tidligt et tidspunkt som muligt.

- **Fysisk detektering**
  kan f.eks. indeholde:
  - Bevægelsessensorer
  - Røg- og brand-sensorer
  - Overvågningskameraer
  - Tamper-alarm
- **Administrativt forsvar**
  kan f.eks. indeholde:
  - Skift i ansvarsfordelingen
  - Sikkerheds-reviews
  - Audit trails
  - Baggrundscheck for medarbejdere og underleverandører

### Recovery

Når uheldet alligevel er ude, er det væsentligt at kunne komme i luften igen hurtigst muligt og med minimalt tab af data. Derfor er det vigtigt at have procedurer for, hvordan man hurtigt genetablerer systemet med et minimalt tab af data.

- **Procedurer**
  Eksempler på procedurer, som skal være implementeret:
  - Restore af backups testes jævnligt
  - Ekstra servere og andre hardwarekomponenter på lager
  - System-recovery efter hardwarefejl (eller hærværk/tyveri) f.eks. på diske, servere, netværksroutere, datakoncentrator, elmåler
  - Data-recovery efter ovenstående, samt andre angreb (f.eks. virus)

En sikkerhedspolitik skal naturligvis håndhæves for at have nogen effekt. Dette gøres ved hjælp af sikkerhedsmekanismer som f.eks. kryptografi, adgangskontrol, låste døre, politikker, etc. Den mere præcise beskrivelse af, præcist hvilke sikkerhedsmekanismer der skal anvendes (fx hvilken kryptografisk algoritme, eller hvor svær døren til pengeskabet skal være at bryde op), er ikke en del af sikkerhedspolitikken.

### 5.2.3. Anvendelse i denne rapport

For at kunne anvende denne fremgangsmåde i praksis må man kende sit domæne, dvs. at man skal kunne identificere de aktiver, man ønsker at beskytte, hvilke trusler de evt. kan blive udsat for, samt hvilke aktører der er i spil.

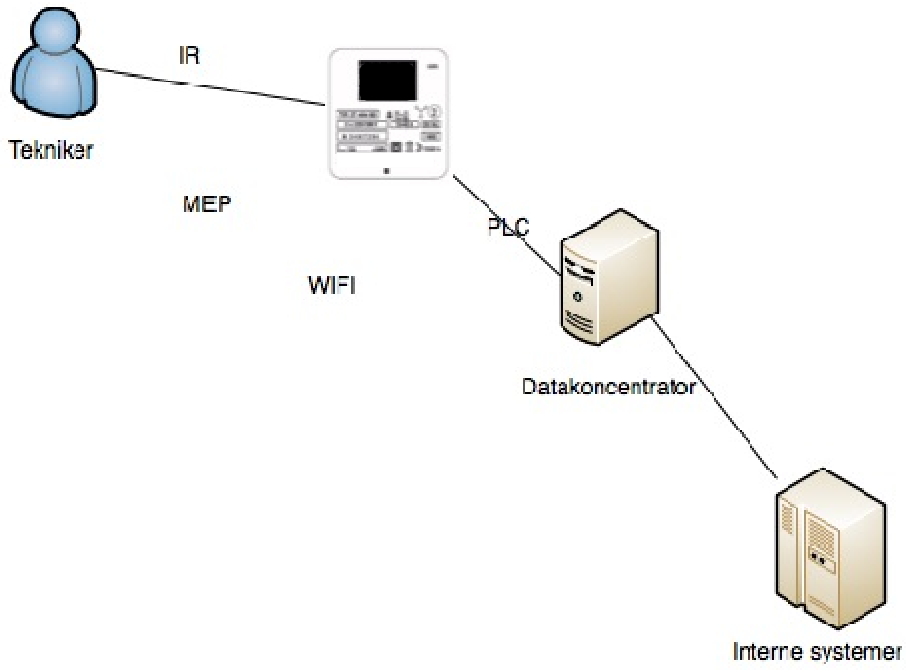
Da formålet med denne rapport er at beskrive en metode til, hvordan man gennemfører en sikkerhedsanalyse af sit eget system, kan der ikke tages udgangspunkt i et konkret system. I stedet er det valgt at tage udgangspunkt i et simpelt (og generelt) fjernaflæsningssystem. Aktiver og aktører identificeres fuldstændigt i dette eksempel, mens resten, dvs. risikoanalyse, sikkerhedsmål og sikkerhedspolitik, tager udgangspunkt i enkelte udvalgte aktiver.

## 5.3. Systemarkitektur

### *5.3.1. Eksempelarkitektur*

Da dette kapitel beskriver en metode til, hvordan en sikkerhedsanalyse for et fjernaflæsningssystem kan gennemføres generelt, er det ikke muligt at tage udgangspunkt i et konkret system. Derfor er de næste afsnit baseret på det meget forsimplede eksempel, der beskrives i [Figur 5.1]. Det vil herefter være op til de enkelte netselskaber at gennemføre en lignende analyse for deres fuldstændige system.

I en hollandsk rapport [Ref. 10 og Ref. 11] er der set mere bredt på risici i forbindelse med fjernaflæste elmålere, og den kan anvendes som inspiration til vurdering af, hvilke forhold man skal være opmærksom på i et konkret system.



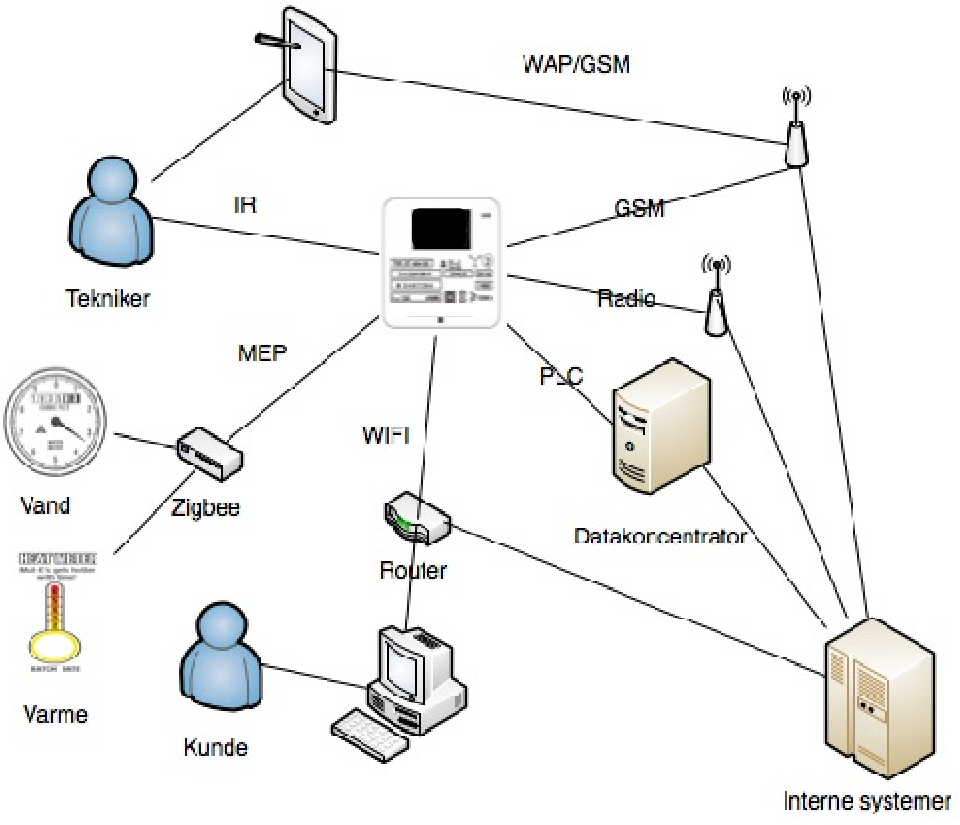

*Figur 5.1 Eksempel på et fjernaflæsningssystem, der anvendes i resten af dette kapitel.*

Det antages i dette eksempel, at opsætning af måleren (provisionering) bliver foretaget af en tekniker via den optiske port på måleren. Teknikeren har en PDA med sig, hvori han har lagret de kryptografiske nøgler, der skal til for at kommunikere med måleren. Data om måleren og kunden antages allerede at være registreret i de interne systemer. Teknikerens eneste rolle er derfor at få måleren til at kommunikere med resten af systemet. Herefter bruges systemet udelukkende til at hente data fra - eller sende data til - en måler, som kommunikerer med resten af systemet via en datakoncentrator. Det er dette simple eksempel, der ligger til grund for analysen i de kommende afsnit.

I dette eksempel er de interne systemer betragtet som en black box. Der er ikke hermed taget stilling til sikkerhedsforhold omkring de interne systemer, men de vil naturligvis være en naturlig del af en sikkerhedspolitik.

### *5.3.2. Generel arkitektur*

I virkeligheden vil et typisk set-up omkring et fjernaflæsningssystem nok snarere se ud som vist i [Figur 5.2]. Dog med de forbehold, at en aktuel installation ikke nødvendigvis vil indeholde alle kommunikationsveje eller komponenter, ligesom der vil kunne findes andre, som ikke er vist på tegningen.



*Figur 5.2 Eksempel på et fjernaflæsningssystem.*

I dette eksempel er det en tekniker som installerer måleren og foretager en provisionering af måleren via dens IR-port. Dernæst klarmeldes måleren elektronisk med indtastning/-scanning af måleridentifikation og målerstand med PDA eller Smartphone for at opdatere stamdata og tilknytte måleren til installationsadressen og kunden.

Elmåleren kan fjernaflæses via enten PLC, GSM/GPRS eller anden radiokommunikation, afhængig af målertype og det aktuelle set-up, som er valgt af netselskabet. Dette valg dikterer også den infrastruktur (data-koncentratorer m.v.), som håndterer kommunikationen mellem de interne systemer og elmåleren.

Nogle målere giver mulighed for at tilføje et kommunikationskort, som åbner muligheden for at foretage fjernaflæsninger af andre målere (vand, varme m.fl.) i husstanden.

Kunden kan - via netselskabets kunde-portal - følge sit forbrug fra en PC eller Smartphone. Kommende målere kan også kobles på et trådløst netværk i husstanden, så kunden kan følge sit forbrug direkte. Det trådløse netværk kan samtidig give endnu en kommunikationsvej for fjernaflæsning af måleren.

Det vil være naturligt at tage udgangspunkt i dette eksempel, når man skal i gang med at foretage en ny sikkerhedsanalyse af et fjernaflæsningssystem.

## 5.4. Aktiver, Aktører og Angreb

Når fjernaflæsningssystemet er beskrevet, er næste skridt at identificere de aktører og aktiver, der optræder i systemet.

### *5.4.1. Aktiver*

Aktiver i systemet skal identificeres ud fra deres forretningsmæssige værdi. Som eksempler på, hvordan de skal findes, kan nævnes:

- Den fysiske måler, som er installeret hos en kunde, regnes ikke som et aktiv, eftersom det er et relativt billigt stykke hardware, der kan erstattes, såfremt det ødelægges eller stjæles. Det konkrete aktiv er registrenes indhold (fra tælleværk m.v.), da disse bruges til afregning.
- Kommunikationen fra måleren til hjemtagningssystemet regnes heller ikke for et aktiv i sig selv, men de data, der sendes, kan godt være det.

Ud fra arkitekturbeskrivelsen for et fjernaflæsningssystem i [Figur 5.2] er nedenstående aktiver identificeret:

- **Registerindhold**
  Dette aktiv dækker indholdet af et register på måleren, f.eks. for tælleværket.

- **Målerdata**
  Dette aktiv dækker data, der sendes fra måleren, som fx en måleraflæsning, tamper-alarm eller status for en softwareopdatering. Dette aktiv eksisterer altså ikke, før data er blevet sendt fra måleren. Data, der er gemt på selve måleren, dækkes af *register-indhold*.

- **Aktiv målerkommando**
  Dette aktiv dækker kommandoer, der sendes til måleren, og som medfører, at måleren skifter konfiguration eller igangsætter en handling, der påvirker de ydre omgivelser, som fx at slukke for strømmen.

- **Passiv målerkommando**
  Dette aktiv dækker kommandoer, der sendes til måleren, og som udelukkende har den effekt, at der læses data fra måleren. Kommandoen ændrer ikke den interne tilstand af måleren og påvirker ikke omgivelserne.

- **Målersoftware**
  Dette aktiv dækker den software, som er installeret på en måler, samt software-opdateringer, som bliver sendt til en måler. For målere, som lever op til WELMEC Guide 7.2 Extension S: *Software Separation* [Ref. 6], bør målersoftwaren opdeles yderligere i en legal del (omkring tælleværket) samt en anden del (f.eks. kommunikation).

- **Datakoncentratorsoftware**
  Dette aktiv dækker den software, som bliver sendt til en datakoncentrator (eller en anden komponent i kommunikations-infrastrukturen mellem de interne hjem-tagningssystemer og elmåleren).

- **Systemsoftware**
  Dette aktiv dækker den software, der bruges i backendsystemer, som fx hjemtag-ningssystemet eller afregningssystemet.

- **Nøglemateriale**
  Dette aktiv dækker de kryptografiske nøgler, der bruges i systemet.

- **Stamdata**
  Data om kunden der bruges til sammenkædning af måler, installationsadresse og kunde.

**Bemærk:**

Ovenstående er ikke en uddybende liste af aktiver, eftersom det aktuelle valg af udstyr og kommunikationsform kan indeholde andre aktiver, der skal medtages i analysen.

### 5.4.2. Aktører

Ud af kategorierne fra OCTAVE [Ref. 2] - som beskrevet i afsnit [5.2.2] - vil risikoanalysen fokusere på trusler fra første kategori af aktører (personer med netværks-adgang) og anden kategori af aktører (personer med fysisk adgang), eftersom de er de mest relevante trusler mod de ovennævnte aktiver. Desuden vil tredje kategori (systemfejl) blive medtaget, hvor dette er relevant. Hermed kan klassifikationen af trussels-aktører for vores fjernaflæsningssystem udvides til følgende:

- **Ikke-ondsindede insidere**
  Ansatte eller underleverandører som ved et uheld misbruger computersystemerne og deres data. Dette kunne for eksempel være sletning af data ved et uheld eller indtastning af forkerte data i systemet. Mange personer fra forskellige selskaber er involveret, og mange aktiviteter kræver menneskelig indblanding. Derfor er sandsynligheden for en menneskelig fejl til stede.

- **Ondsindede insidere**
  Ansatte som målrettet går efter at udnytte eller misbruge computersystemet. Almindeligvis gør de det for personlig økonomisk vinding eller for at skade virksomheden. Uanset hvilken virksomhed det drejer sig om, er der altid en risiko for, at en utilfreds medarbejder ønsker at gøre skade eller er blevet betalt for at skade virksomheden.

- **Angribere**
  Angribere angriber computersystemer udelukkende for udfordringen, for at få anseelse eller for spændingens skyld. Som oftest vil de ikke gøre alvorlig skade på de systemer, de angriber, eftersom angrebet primært er proof-of-concept for at demonstrere deres færdigheder til at udføre angrebet.
  Der vil altid være nogen, som ønsker at bryde ind i et computersystem "for sjov".

- **Terrorister**
  Terrorister angriber computersystemer for at skabe frygt eller af politiske årsager. De kan have adgang til rimeligt store ressourcer og vil altid rette skytset mod store systemer, som berører mange mennesker, med det formål at skabe utryghed eller panik.
  Eftersom mange fjernaflæste målere indeholder afbrydere, som kan styres softwaremæssigt, og som derfor kan forstyrre hele elnettet, vil de være et potentielt mål for terrorister.

- **Konkurrenter**
  Konkurrenter angriber computersystemer for økonomisk vinding. De kan have store ressourcer til rådighed og vil prøve at angribe systemerne for at få adgang til andre virksomheders hemmeligheder. Disse angreb vil sjældent direkte skade systemerne som angribes, eftersom konkurrenterne oftest ønsker at skjule, at angrebet har fundet sted.
  For et fjernaflæsningssystem til elmålere kunne konkurrenter f.eks. være andre netselskaber, elsalgsselskaber samt home automation udbydere.
  Det må antages, at der på det danske elmarked ikke vil være tilstrækkelig vinding til, at konkurrenter angriber fjernaflæsningssystemerne, når man tager de omkostninger i betragtning, som der er ved et sådant angreb.

- **Kriminelle**
  Kriminelle angriber et computersystem for personlig finansiel vinding.
  Kunden vil være det mest iøjnefaldende eksempel på denne aktørtype.

- **Vandaler**
  Vandaler minder om angribere, hvad angår evner og ressourcer, men de angriber computersystemer med det ene formål at skabe ødelæggelse.
  Vandaler vil altid være en risiko, hvor et system på en eller anden måde er offentligt tilgængeligt. Dette gælder både den fysiske elmåler og de systemer, som der er en eller anden kommunikation til udefra.

- **Journalister**
  En journalist kan angribe et computersystem for at få en god historie, f.eks. til at skrive en artikel om, hvor let det er at få adgang til private oplysninger om en person. Journalister vil gå efter de simple angreb og har oftest ikke mange ressourcer til at udføre angrebene.
  Journalister går efter de store overskrifter om sikkerhedsproblemer i vigtige infrastruktur-systemer eller manglende beskyttelse af persondata, så det er væsentligt at tage denne gruppe med i betragtning som aktør.

- **Funktionsfejl**
  En funktionsfejl i et system betyder, at systemet muligvis stadig vil kunne fortsætte med at virke, men at alle mulige uønskede fejlsituationer kan opstå undervejs.
  Hvor der er computersystemer, er der altid en risiko for funktionsfejl.

- **Ondsindet kode**
  Angreb som ikke er mårettet mod en virksomhed, men som stadig vil berøre den. Det kan være virus, orme eller software-opdateringer, som indeholder ændret eller forfalsket kode. Hvis et angreb er målrettet mod en bestemt virksomhed, hører det ikke under denne kategori.
  Alle typer af computersystemer er i risiko for angreb med ondsindet kode, hvad

enten det er centrale systemer, personlige computere, elmålere, PDAer eller mobiltelefoner.

### 5.4.3. Effekterne af mulige angreb

Nedenfor beskrives mulige effekter af et angreb mod de enkelte aktiver begået af forskellige aktører. Husk på, at disse scenarier betragtes uden antagelser om eksisterende sikkerhedsforanstaltninger, da målet med denne analyse er at finde frem til, hvilket sikkerhedsniveau der er nødvendigt for at imødegå de enkelte trusler.

I det følgende vil de første tre aktiver blive anvendt som eksempel på, hvordan de valgte sikkerhedsanalysemetoder kan anvendes til at udarbejde risikoanalyse, sikkerhedsmål og sikkerhedspolitik.

Angrebsmulighederne i tabellerne herunder er de 6 kategorier fra STRIDE [Ref. 5]: *Spoofing identity*, *Tampering with data*, *Repudiation*, *Information disclosure*, *Denial of service* og *Elevation of privilege*, som beskrevet i afsnit 7.2.2.3.

*5.4.3.1 Aktiv*: *Registerindhold*

| | **S** | **T** | **R** | **I** | **D** | **E** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ikke-ondsindet insider** | | | | | | |
| **Ondsindet insider** | | Ja | | Ja | Ja | |
| **Angribere** | | Ja | | Ja | Ja | |
| **Terrorister** | | | | | | |
| **Konkurrenter** | | | | Ja | Ja | |
| **Kriminelle** | | Ja | | Ja | Ja | |
| **Vandaler** | | Ja | | | Ja | |
| **Journalister** | | Ja | | Ja | | |
| **Funktionsfejl** | | Ja | | | Ja | |
| **Ondsindet kode** | | Ja | | | Ja | |

**Kommentarer til skemaet:**

**Terrorister:** Nej. De vil gå efter en stor effekt, derfor er et angreb på registerindholdet ikke relevant.

**<R>**: :Nej - Der er ingen grund til at skjule et angreb mod et registers indhold, eksempelvis tælleværket, eftersom det er målerens værdi, som er den legale værdi, og angrebet allerede vil være skjult i dette tilfælde. (Angrebet vil dog kunne opdages i hjemtagningssystemet ved sammenligning med tidligere fjernaflæsninger).

*5.4.3.2. Aktiv: Målerdata*

| | S | T | R | I | D | E |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ikke-ondsindet insider** | | Ja | | Ja | | |
| **Ondsindet insider** | Ja | Ja | | Ja | Ja | |
| **Angribere** | Ja | Ja | | Ja | Ja | Ja |
| **Terrorister** | | | | | | |
| **Konkurrenter** | | | | Ja | | |
| **Kriminelle** | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| **Vandaler** | | Ja | | | Ja | Ja |
| **Journalister** | | Ja | | Ja | | |
| **Funktionsfejl** | | Ja | | | Ja | |
| **Ondsindet kode** | Ja | Ja | | | Ja | Ja |

**Kommentarer til enkelte felter i skemaet:**

**<S> Ondsindet insider:** Ja - Rettelser i databasen kan f.eks. ændre, hvilken måler et datasæt stammer fra. Generelt kan *Spoofing identity* her kun være ændring af måler-id.

**<T> Ikke ondsindet insider:** Ja - Rettelser i databasen kan f.eks. gennem fejlindtastning give utilsigtede ændringer i målerdata.

**<I> Ikke ondsindet insider:** Ja eller Nej - afhængig af hvad der normalt er tilgængeligt.

**<I> Kriminelle:** Ja - Hvornår er der nogen hjemme på en given adresse?

**<I> Journalister:** Ja - Se en "kendt" persons eller politikers elforbrug?

**<E> Angriber:** Ja - Ved at sende data til hjemtagningssystemet kan man forsøge at få adgang til systemerne gennem buffer-overflow.

*5.4.3.3. Aktiv: Aktiv målerkommando*

| | S | T | R | I | D | E |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ikke-ondsindet insider** | | | | | | |
| **Ondsindet insider** | | Ja | | | Ja | |
| **Angribere** | | Ja | | | | |
| **Terrorister** | | Ja | | | Ja | |
| **Konkurrenter** | | | | | | |
| **Kriminelle** | | | | | | |
| **Vandaler** | | Ja | | | Ja | |
| **Journalister** | | | | | | |
| **Funktionsfejl** | | | | | | |
| **Ondsindet kode** | | Ja | | | Ja | |

**Kommentarer til skemaet:**

**<T> Ondsindet insider:** Ja - Ondsindet kode på interne systemer vil kunne udsende falske målerkommandoer.

**<D> Terrorister:** Ja - Eftersom der er tænd-/sluk-kontakt i elmålerne, vil dette være et potentielt mål, hvis det er muligt at opnå adgang til mange målere.

*5.4.3.4. Bemærkninger*

Metoderne i ovenstående tabeller er kun eksempler på angreb, som har den nævnte effekt, ikke en udtømmende liste. Et uddybende arbejde skal foretages gennem en sikkerheds-workshop, hvor der er mulighed for at komme i dybden med de enkelte aktiver og aktører samt give en komplet beskrivelse af hvert Ja samt en begrundelse for hvert Nej i tabellerne.

Bemærk også, at kun virkningen af et angreb beskrives, og ikke hvordan et angreb foretages. Ved at foretage analysen på denne måde, hvor man vurderer effekten af angreb, ser man på konsekvenserne af et angreb for hele systemet, og ikke bare for det aktiv, der bliver angrebet.

## 5.5. Risikoanalyse

I afsnit [5.4.3] blev effekterne af angreb på hvert aktiv beskrevet ud fra STRIDE [Ref. 5]. I dette afsnit vurderes det, hvor alvorlige de enkelte effekter er. Denne vurdering giver et billede af, hvilke aktiver der skal beskyttes mod hvilke aktører.

### 5.5.1. Vurdering af risici

For at kunne vurdere hvor alvorlig effekten af et angreb er, må man have en måde at måle den på. Dette kan gøres på flere måder, men her anbefales et simpelt system, hvor angreb klassificeres ud fra følgende kriterier.

- **Skade** Hvor stor skade vil angrebet gøre?
- **Risiko** Hvad er risikoen for angrebet?
- **Antal brugere** Hvor mange brugere vil angrebet påvirke?

Hver effekt af et angreb fra en aktør vurderes ud fra disse kriterier, og for hvert kriterium tildeles et antal points fra 1 til 5, der angiver størrelsen:

**1** Meget lav

**2** Lav

**3** Mellem

**4** Høj

**5** Meget høj

For hver aktør noteres den højeste score i skemaet. Ud fra denne score kan man hurtigt se, hvilke aktører der udgør den største trussel mod et aktiv og prioritere sin indsats med sikkerhedsanalysen derefter.

### 5.5.2. Eksempel

Det er ikke muligt at foretage en generel risikovurdering, da hver organisation vil have forskellige krav. I stedet gives her et eksempel på, hvordan en analyse kunne se ud for et enkelt aktiv. Det er vigtigt at understrege. at dette udelukkende er et tænkt eksempel.

*5.5.2.1. Aktiv: Registerindhold*

| | S | T | R | I | D | E | Maks. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ikke-ondsindet insider** | | | | | | | |
| **Ondsindet insider** | | 3<br>1 => **5**<br>1 | | 1<br>1 => **3**<br>1 | 2<br>1 => **4**<br>1 | | 5 |
| **Angribere** | | 1<br>2 => **4**<br>1 | | 1<br>1 => **3**<br>1 | 1<br>2 => **4**<br>1 | | 4 |
| **Terrorister** | | | | | | | |
| **Konkurrenter** | | | | 1<br>1 => **3**<br>1 | | | 3 |
| **Kriminelle** | | 4<br>3 => **9**<br>2 | | 2<br>1 => **4**<br>1 | 1<br>1 => **3**<br>1 | | **9** |
| **Vandaler** | | 3<br>1 => **6**<br>2 | | | 1<br>2 => **4**<br>1 | | 6 |
| **Journalister** | | 1<br>1 => **3**<br>1 | | 3<br>1 => **5**<br>1 | | | 5 |
| **Funktionsfejl** | | 3<br>2 => **8**<br>3 | | | 4<br>2 => **9**<br>3 | | **9** |
| **Ondsindet kode** | | 3<br>1 => **5**<br>1 | | | 1<br>1 => **3**<br>1 | | 5 |

**Kommentarer til skemaet:**

I hvert felt i skemaet angiver det øverste tal vurderingen af skadens omfang. Det midterste tal (til venstre) angiver vurderingen af risikoen for angrebet, og det nederste tal angiver antallet af brugere, der berøres. Hvor der ikke vurderes at være nogen effekt, er der ikke anført noget tal. Hvis der er flere tal i samme felt i skemaet, angives også summen af de tre vurderinger.

Ovennævnte tabel er kun ment som et eksempel. Udarbejdelse af risikovurderinger for de enkelte aktiver bør ske som del af en sikkerheds-workshop med deltagelse af alle dele af virksomheden.

Nedenfor er valget og tankegangen bag tallene i tabellen beskrevet vel vidende, at der er tale om et tænkt system og derfor udelukkede et eksempel på, hvordan en vurdering kunne foretages.

- **<T>**
  Den største trussel kommer fra kriminelle, der kan opnå økonomisk gevinst ved at kunne ændre afregningdata i systemet gennem at påvirke registerindholdet på måleren (for eksempel en forbruger, som vil "spare" på elregningen). Vandaler kan gøre det samme, men deres angreb vil ofte være lettere at opdage, da de ikke forsøger at skjule deres spor i samme grad. Funktionsfejl er også en trussel, der - selv om den i sig selv ikke er så alvorlig - potentielt vil kunne påvirke flere brugere, hvis det er en generel fejl ved måleren. Resten af aktørerne udgør kun en lav trussel mod registerindholdet. Især fordi et angreb på registerindholdet udelukkende kan ske med fysisk adgang til måleren.
- **<I>**
  Ved angreb på registerindholdet kan forbrugsdata og profiler over brugerne offentliggøres. Det er dog data, der kan skaffes på anden vis, eller ikke kan bruges til ret meget af aktørerne. Derfor er alle værdier her ret lavt sat.
- **<D>**
  Denial of Service kan fx være manglende regninger på grund af nedbrud af måler eller manglende datagrundlag (konfiguration af aflæsningsinterval). Der kan også være tale om, at forsyningen til en kunde afbrydes. I de fleste tilfælde vil angrebet hurtigt blive opdaget og være begrænset til en enkelt bruger, da angrebet kræver fysisk adgang til måleren.

Af tabellen ses, at der i dette tilfælde skal lægges mest vægt på at beskytte registerindhold mod kriminelle og funktionsfejl.

Vandaler er mindre vigtige, blandt andet fordi angrebet påvirker for få brugere til, at det vurderes at være interessant for en vandal, men også fordi angrebet vil være let at opdage. Angribere får lav prioritet, da de normalt blot vil demonstrere deres evner, men næppe vil skade nogen med deres angreb. Det samme med journalister, men de kan dog skabe lidt yderligere skade med dårlig omtale. Ondsindet kode og ondsindede insidere kan anrette medium skade, men angreb herfra betragtes ikke som sandsynlige og vil i givet fald også kun påvirke et minimalt antal brugere.

## 5.6. Sikkerhedsmål

Efter at have evalueret effekten af angreb fra forskellige aktører kontra aktiverne kan man nu beskrive de aspekter, sikkerhedsarkitekturen skal understøtte for at beskytte de enkelte aktiver. Se desuden *Implementation Guidance* under ISO 27002 [Ref. 4] afsnit 5.1.1.

Hverken under STRIDE-analysen eller under risikoanalysen har der været fokuseret på, hvordan et angreb udføres, men udelukkende på angrebets betydning for resten af systemet. For at kunne definere sine sikkerhedsmål, og herefter en sikkerhedspolitik, må man dog tænke over, hvordan en aktør angriber et aktiv. Til dette kan X.800 klassificeringen fra afsnit 5.2.2.3 bruges.

Med baggrund i risiko-/trusselsanalysen kan der derefter opstilles mål for sikkerhedspolitikken ud fra Prevent-Detect-Recover tankegangen. I det nedenstående eksempel i afsnit [5.6.1] tages målene direkte fra resultatet af risikoanalysen. Da formålet er at beskrive metoden, er kun et enkelt aktiv medtaget.

Ud over de sikkerhedsmål som kan identificeres ud fra de foregående afsnit, kan der være krav fra myndigheder og lovgivning, som skal overholdes.

### 5.6.1. Sikkerhedsmål for registerindhold

Det forudsættes, at ændring af et register kræver fysisk adgang til måleren. Ændringer via målerkommandoer dækkes under aktivet *Aktiv målerkommando*.

- **<T>** Tampering with Data
  Det må ikke være muligt med fysisk adgang til måleren at foretage uautoriserede ændringer i et register. (Prevent)
  *Note: Dækker Angribere, Kriminelle, Vandaler og Journalister*
  Det skal kunne registreres, hvis nogen med fysisk adgang til en måler har forsøgt at foretage registerændringer. (Detect)
  Efter at nogen har haft adgang til en måler, skal måleren kunne bringes tilbage til en kendt tilstand. (Recover)
  Funktionsfejl må ikke kunne ændre et registers indhold. (Prevent)
  Funktionsfejl skal opdages. (Detect)
  Efter at en funktionsfejl er opdaget, skal måleren blokeres for at undgå yderligere registerændringer. (Recover)
  Efter at en funktionsfejl er opdaget, skal en måler kunne bringes tilbage til en kendt tilstand. (Recover)

*Note: Vi ser bort fra ondsindede insidere i dette eksempel, da der kræves fysisk adgang til måleren.*

- **<I>** Information Disclosure
  Note: Vi vælger at se bort fra Information Disclosure, da dette forhold har lav score i risikoanalysen. Desuden er der simplere måder, hvorpå man kan få adgang til målerdata, som er de interessante oplysninger, f.eks. aflæsning af målerens display.

- **<D>** Denial of Service
  Manglende målinger samt målinger, som er åbentlyst forkerte, skal detekteres. (Detect)
  Der må ikke ske afregning på grundlag af manglende eller åbenlyst forkerte målinger. (Recover)

I forbindelse med udarbejdelse af en sikkerhedspolitik for et specifikt fjernaflæsningssystem skal der defineres sikkerhedsmål for de øvrige aktører. Dette kan imidlertid først foretages, efter der er foretaget risikoanalyse for hvert aktiv, som er identificeret i systemet.

## 5.7. Sikkerhedspolitik

En sikkerhedspolitik definerer, hvad man ønsker at beskytte, og hvad der forventes af systemets brugere. Den giver et grundlag for sikkerhedsplanlægning, både når man designer et nyt system og ved udvidelser og ændringer til et eksisterende. Den beskriver brugeres ansvar, såsom at beskytte fortrolig information og anvende sikre passwords. Sikkerhedspolitikken skal også beskrive, hvordan man vil overvåge effektiviteten af sikkerhedsforanstaltningerne. Denne monitorering vil hjælpe med at afgøre, hvorvidt nogen forsøger at omgå sikkerhedsmekanismerne.

Ud fra de foregående afsnit er der formuleret en række klart definerede sikkerhedsmål. Når man skriver sikkerhedspolitikken, må man trin for trin omsætte disse mål til et sæt regler. Disse trin inkluderer undervisning af medarbejdere og underleverandører, samt at man tilføjer det nødvendige software og hardware for at sikre, at reglernes overholdes. Desuden skal sikkerhedspolitikken revideres, hver gang der foretages ændringer i systemet, så evt. nye risici, som ændringerne medfører, bliver adresseret. Det anbefales, at man også ser på ISO 27002 [Ref. 4] afsnit 5.

### 5.7.1. Eksempel på sikkerhedspolitik

I fortsættelse af forrige afsnit defineres en sikkerhedspolitik, der sikrer, at sikkerhedsmålene fra afsnit [5.6.1] opnås. Bemærk, at denne sikkerhedspolitik udelukkende er baseret på aktivet *registerindhold*, samt at dette blot er et eksempel. Alle, der følger denne vejledning, skal udarbejde deres egen sikkerhedspolitik.

I et større eksempel vil man normalt opdele sin sikkerhedspolitik i en hovedpolitik og flere delpolitikker, evt. grupperet efter, hvem der har ansvaret for at håndhæve de enkelte politikker. I dette eksempel er politikken dog så begrænset, at det kan undlades at opdele den yderligere.

- *Politik:* Det skal så vidt muligt forhindres, at brugeren med rimelige ressourser og med fysisk adgang til målerens hardware kan ændre indholdet af registrene på måleren.

  *Guideline:* Stil krav til producenten om, at måleren er designet på en sådan måde, at dette ikke er trivielt.

- *Politik:* Det skal kunne opdages, hvis nogen har skaffet sig adgang til målerens hardware.

  *Guideline:* Måleren beskyttes med plombering samt tamper-alarm, der sender en notificering, hvis målerens låg har været fjernet.

- *Politik:* Det skal efter et angreb være muligt at stille en måler tilbage til en ikke-kompromiteret tilstand, måleren havde før angrebet. Der skal derudover være procedurer for, hvordan situationen med en angrebet måler håndteres.

  *Guideline:* Producenten skal have en måde, hvorpå en måler kan stilles tilbage til fabrikstilstanden. Procedurerne skal beskrive emner som fx gen-provisionering af måleren, eller hvordan man evt. udskifter den.

- *Politik:* En funktionsfejl i hardware- eller software må så vidt muligt ikke resultere i, at værdien af målerens registre ændres.

  *Guideline:* Stil krav til producenten om, at måleren er designet på en sådan måde, at risikoen for, at dette finder sted, minimeres.

- *Politik:* Der skal være en grad af overvågning, således at visse klasser af funktionsfejl kan opdages.

  *Guideline:* Stil krav til producenten om, at målerens software i en vis grad er i stand til at overvåge målerens tilstand. Hvis funktionsfejl opdages i måleren, skal de håndteres. Fx ved at måleren lukker ned og sikrer, at effekten af funktionsfejlen

begrænses mest muligt. Backend-systemet skal overvåge måleren via de data, der modtages og slå alarm, hvis der opdages uregelmæssigheder.

- *Politik:* Datahjemtagningssystemet skal kunne opdage det, hvis der mangler forventede målerdata.

  *Guideline:* En gang i døgnet kontrolleres det for alle målere, om man har modtaget det forventede antal indrapporteringer af målerdata.

- *Politik:* Dataindhentningssystemet skal kunne opdage det, hvis de indrapporterede data er åbenlyst forkerte.

  *Guideline:* Det kontrolleres, om de indrapporterede målinger fra en måler alle er stigende samt matcher en kendt profil for den tilhørende installation inden for en rimelig margin. Der må ikke foretages afregning af kunden på baggrund af forkerte data.

# 6. Internationale tiltag på området

Det er ikke kun i Danmark, man har fokus på datakvalitet og –sikkerhed. På europæisk plan er der en række aktiviteter på området, og i det følgende er nogle af dem kort beskrevet.

## 6.1. WELMEC

WELMEC er den europæiske samarbejdsorganisation inden for legal metrologi. For elmålerområdet er det især WELMECs arbejdsgrupper WG7 (software) og WG11 (forsyningsmålere), der er relevante. Disse arbejdsgrupper udarbejder såkaldte *guides* for, hvordan målere skal være designet for at leve op til kravene i måleinstrumentdirektivet, og hvilke krav der fx. skal være opfyldt, hvis man vil implementere mere avancerede funktioner som download af ny software i allerede installerede målere.

WELMECs guides bliver godkendt af EU-kommissionens Udvalg for Måleinstrumenter og er derfor i praksis de officielle tolkninger af kravene i måleinstrumentdirektivet.

Samtlige guides kan findes på WELMECs hjemmeside, www.welmec.org. I denne sammenhæng er det især de følgende, der er relevante:

- Guide 7.2: Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC)
- Guide 11.1: Measuring Instruments Directive 2004/22/EC. Common Application for utility meters
- Guide 11.2: Guideline on time depending consumption measurements for billing purposes (interval metering).

## 6.2. CENELEC

CENELEC, der er den europæiske standardiseringsorganisation på elområdet, har samen med to andre europæiske standardiseringsorganisationer, CEN og ETSI, accepteret et mandat fra EU-kommissionen til at udarbejde standarder for *smart meters*. Ved smart meters forstås gas-, vand-, varme- og elmålere, der kan fjernaflæses via et fælles kommunikationssystem, og som har en række ekstra funktioner ud over blot at registrere et akkumuleret forbrug.

Tidsplanen for udarbejdelsen af standarderne er meget presset. Allerede i 2010 ønskede EU-kommissionen et bud på kommunikationsstandarder, og i 2011 skulle hele arbejdet have været afsluttet, men det sker dog først i 2012..

I CENELEC er det den tekniske komité TC 13, der har ansvaret for opgaven, og der er nedsat en arbejdsgruppe, WG2, der tager sig af det. Her er en af arbejdsopgaverne også forholdene omkring datasikkerhed.

# 7. Krav til dokumentation og registrering

I de følgende afsnit gives en række konkrete anvisninger på, hvordan systemer og procedurer bør være dokumenterede.

## 7.1. Kvalitetsparametrene

Selskabets kvalitetsmål, jævnfør afsnit [2.3], skal være dokumenterede.

Målopfyldelsen skal registreres.

## 7.2. Datasættet

Principperne for identifikation af målestedet, herunder af sammenknytningen mellem måler, målested og datasæt, skal være beskrevne.

## 7.3. System

Afgrænsningen for systemet er givet i afsnit [2.2].

### 7.3.1. Beskyttelse mod ændringer, sikkerhed for datasættets autenticitet, forhold ved forsinkelse i dataoverførslen

De anvendte metoder dokumenteres.

Validering af dem registreres.

### 7.3.2. Datasikkerhed

Den gældende politik og de anvendte principper dokumenteres.

## 7.4. Etablering/ændring af målested

Virksomhedens procedurer for etablering af målepunkter, skift af måler, opdatering af data i måler, skift/opdatering af SW i forbindelse med dataoverførselssystemet o.l. skal dokumenteres.

Foretagne kontroller registreres.

## 7.5. Drift

Principper for beskyttelse af måleværdier ved forsinkelser i dataoverførslen samt metoder til detektion af transmissionsfejl skal være dokumenterede.

Principperne for ”plausibilitetskontrol” af måleværdierne dokumenteres.

Udført kontrol og  sikkerhedsmæssige hændelser registreres.

# 8. Referenceliste


Ref. 1: ISO 15408 – Common Criteria for IT Security Evaluation. http://www.commoncriteriaportal.org/ .

Ref. 2: OCTAVE®– Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation$^{SM}$. http://www.cert.org/octave/ .

Ref. 3: X.800: Security architecture for Open Systems Interconnection for CCITT applications. http://www.itu.int/rec/T-REC-X.800-199103-I/e .

Ref. 4: DS/ISO/IEC. 17799 – 27002:2005 + Corr.1: 2007 Informationsteknologi - Sikkerhedsteknikker - Regelsæt for styring af informationssikkerhed

Ref. 5: M. Howard and D. LeBlanc. *Writing Secure Code*, pages 38–43. MSPRESS, 2002.

Ref. 6: WELMEC. WELMEC 7.2, 2011. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC). http://www.welmec.org/latest/guides/72.html

Ref. 7: *Fjernaflæsning af elmålere*, DEFU Rapport 436, 2. udgave, januar 2012

Ref. 8: Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2004/22/EF af 31. marts 2004 om måleinstrumenter. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:135:0001:0080:DA:PDF

Ref. 9: BEK 1035 af 17/10/2006 . Bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug. http://sik-lw.lovportaler.dk/showdoc.aspx?hashparam=p13&schultzlink=bek20061035

Ref. 10: *Privacy and Security of the Advanced Metering Infrastructure. Main document*, Netbeheer Nederland, oktober 2010 http://www.energiened.nl/_upload/bestellingen/publicaties/355_320005%20-%20PS%20M%20Main.pdf

Ref. 11: *Privacy and Security Advanced Metering Infrastructure. Appendix B Risk Analysis*, Netbeheer Nederland, oktober 2010. http://www.energiened.nl/_upload/bestellingen/publicaties/357_320007%20-%20PS%20M-RiskAnalysis.pdf

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

TR 355, 5. udgave
Marts 2015

# Kontrolsystem for idriftværende elmålere

**Rapporten er udarbejdet og revideret af ad hoc arbejdsgrupper med følgende medlemmer:**

| | | |
|---|---|---|
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi | (sekretær 4. og 5.udgave) |
| Lars Hosbjerg | EnergiMidt | (4. og 5. udgave) |
| Klaus Kargaard Jensen | DONG Energy | (4. og 5. udgave) |
| Per Frederiksen | HEF Net | (4. og 5. udgave) |
| Anders Færk | SEAS-NVE | (5. udgave) |
| Poul Berthelsen | NRGi | (5. udgave) |
| John Maltesen | NRGi | (3. og 4. udgave |
| Leif Hansen | SEAS-NVE | (4. udgave) |
| Jesper Keincke | SEAS-NVE | (4. udgave) |
| Kaj Kibsgaard | SE | (4. udgave) |
| Hanne Scherrebeck | Sikkerhedsstyrelsen | (4. udgave) |
| Hans Dahlin | NVE | (1. – 3. udgave) |
| Niels Toftensberg | NESA | (1. – 3. udgave) |
| Hans Peter Elmer | Eltra | (3. udgave) |
| Preben Jørgensen | DEFU | (sekretær 1. og 2. udgave) |
| Anders Vikkelsø | DEFU | (sekretær 3. udgave) |
| Carsten Strunge | DEFU | (sekretær 3. udg. færdiggørelse) |

---


**DEFU rapport:** 355, 5. udgave

**Klasse:** 1

**Rekvirent:** Dansk Energi - Net

**Dato for udgivelse:** 13. marts 2015

**Sag:** 7050


© DEFU 2015

## RESUMÉ

Rapporten giver retningslinjer for løbende overvågning af idriftværende elmålere, som ikke er godkendte efter Måleinstrumentdirektivet, MID [Ref. 3], og gælder for såvel direkte som transformertilsluttede (lavspænding) elmålere.

Rapporten henvender sig til netvirksomhederne i Danmark og primært til personale, der varetager eller udfører kontrol af idriftværende elmålere.

For direkte tilsluttede elmålere og elmålere placeret i lavspændingstransformerinstallationer med strømtransformere men uden spændingstransformere kan der vælges mellem stikprøvekontrol, periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

For transformerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere kan der vælges mellem periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

For stikprøvekontrol gives retningslinjer for gruppering, stikprøvningsintervaller og statistiske metoder. For statistiske metoder kan der vælges mellem attribut- og variabelmetoden.

Nærværende rapport skal ses som et supplement til DEFUs TR 355-1 [Ref. 12], der dækker elektroniske elmålere, som er godkendt efter MID [Ref. 3].

I arbejdet er der gået ud fra, at målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 % jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1].

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resumé** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Indledning** ..... **5**

*1.1. Rapportens opbygning* ..... *5*

**2. Symbolliste og betegnelser** ..... **6**

**3. Valgte parametre** ..... **9**

*3.1. Målerinstallationer og elmålere* ..... *9*

*3.2. Princip* ..... *9*

*3.3. Valgte parametre* ..... *10*

*3.4. Målerinstallationer uden/med strømtransformere* ..... *11*

*3.5. Målerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere* ..... *13*

**4. Stikprøvekontrol** ..... **14**

*4.1. Gruppering og håndtering af partier* ..... *14*

*4.2. Stikprøvning* ..... *18*

**5. Periodisk totalkontrol** ..... **31**

**6. Permanent overvågning** ..... **32**

**7. Referencer** ..... **34**

**Appendiks A Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere** ..... **35**

**Appendiks B Acceptkurver for målerinstallationer med strømtransformere** ..... **38**

**Appendiks C Operationskarakteristikker** ..... **42**

**Appendiks D Grafisk metode til kontrol af normalfordeling** ..... **45**

# 1. INDLEDNING

I Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug [Ref. 2] (herefter bekendtgørelsen) kræves, at:

- netvirksomheden skal etablere et kontrolsystem til overvågning af samtlige elmåleres nøjagtighed, og at
- stikprøvningerne skal foretages på et akkrediteret laboratorium.

I henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] er netvirksomheden altid ansvarlig for, at de idriftværende elmålere måler nøjagtigt. Hvis netvirksomheden har mistanke om fejl på elmålere, skal disse fejl derfor rettes, uafhængigt af det normale driftskontrolsystem.

I nærværende rapport beskrives et kontrolsystem, efter hvilket netvirksomheder løbende kan overvåge kvaliteten af de hos forbrugerne opsatte Ferraris-elmålere eller elektroniske elmålere, såvel direkte som transformertilsluttede (lav- og højspænding). I henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] skelnes der mellem følgende kontrolsystemer:

1. Statistisk stikprøvekontrol.
2. Periodisk totalkontrol.
3. Permanent overvågning ved kontrolmåling.

Udgangspunktet for det beskrevne kontrolsystem er, at:

1. den enkelte elmåler er godkendt efter andre regler end MID [Ref. 3], og
2. målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 %, jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1].

I DEFUs TR 357 [Ref. 8] er der redegjort for valgene af de acceptable fejlvisninger i forbindelse med statistisk stikprøvekontrol.

## 1.1. RAPPORTENS OPBYGNING

Kapitel 3 beskriver de valgte parametre, specielt de acceptable fejlvisninger.

Kapitel 4 beskriver stikprøvekontrol og indeholder bl.a. gruppering, stikprøvninger (hvor der kan vælges mellem attribut- og variabelmetoden) samt to eksempler.

Kapitel 5 og 6 beskriver henholdsvis periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

Endelig er der fire appendiks som omhandler acceptkurver, operationskarakteristikker og en grafisk test for normalfordeling.

## 2. SYMBOLLISTE OG BETEGNELSER

| Symbol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| **Basisstrøm, $I_b$** | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt. Bemærk, at basisstrøm anvendes både for Ferraris-elmålere og elektroniske elmålere for klasserne 2, 1 og 0,5 (klasse 0,5 gælder kun for Ferraris-elmålere). Bemærk, at basisstrøm kun anvendes for direkte tilsluttede elmålere, der ikke er godkendt efter MID. |
| **Mærkestrøm, $I_n$** | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt i overensstemmelse med relevante strømtransformere. Bemærk, at mærkestrøm kun anvendes for elmålere, der tilsluttes via transformer. |
| **Maksimumstrøm, $I_{max}$** | Højeste strømværdi, ved hvilken elmåleren kan overholde de krævede nøjagtighedskrav i den relevante standard. |
| **AQL (Acceptance Quality Limit)** | AQL kan opfattes som et acceptabelt kvalitetsniveau og angives som oftest i %. Det er den maksimale andel uacceptable elmålere med fejlvisninger i partiet. AQL er en indgangsparameter til ISO-standardernes tabeller over stikprøveplaner. |
| **Inspektionsniveau** | En parameter, der benyttes i forbindelse med valg af størrelsen af stikprøven. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen. For yderligere forklaring henvises til DS/ISO 2859-2:1992, afsnit 3.5.2 [Ref. 7]. |
| **Etplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der kun udtages én stikprøve, og ud fra denne afgøres, om partiet skal forkastes eller godkendes. |
| **Toplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der tages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet, dvs. at man ved den første stikprøve ikke kan afgøre, om partiet skal |

| Symbol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| | forkastes eller godkendes. |
| **Variabelstikprøvning** | Her baseres forkastelse eller godkendelse af et elmålerparti på en beregning af middelværdi <x> og standardafvigelse s for elmålerfejlene i stikprøven. Fejlene forudsættes normalfordelte, og ud fra de beregnede størrelser fås et skøn over, hvor mange elmålere i partiet der ligger uden for fejlgrænserne. |
| **Attributstikprøvning** | Her baseres forkastelse eller godkendelse af et elmålerparti direkte på baggrund af en optælling af antallet af elmålere med for stor fejlvisning. Metodens fordel er, at den er uafhængig af fejlenes statistiske fordeling. |
| **Operations-karakteristik** | Beskriver sandsynligheden for at godkende et parti som funktion af andelen af defekte elmålere i partiet. Da der er en entydig sammenhæng mellem partistørrelse og stikprøvestørrelse, kan operationskarakteristikken udtrykkes som funktion af stikprøvestørrelse. |
| **Verifikation** | Herved forstås de operationer, som omfatter en identifikation, undersøgelse, kalibrering, mærkning og plombering af elmåleren, og som konstaterer og bekræfter, at elmåleren opfylder myndighedernes forskriftsmæssige krav specielt angående målenøjagtighed. |
| **Førstegangs-verifikation** | Herved forstås en verifikation af en elmåler, som ikke har været verificeret før. |
| **Reverifikation** | Herved forstås en verifikation, der kommer efter en førstegangsverifikation (for elmålere godkendt efter andre regler end MID) eller en overensstemmelsesvurdering (for elmålere godkendt efter MID). |
| **Kalibrering** | Ved kalibrering af et måleinstrument forstås den fremgangsmåde, der under fastlagte betingelser kan vise, hvilken for- |

| Symbol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| | skel der er mellem værdierne på instrumentet og de tilsvarende kendte, korrekte værdier. Dette svarer til det, der foretages i forbindelse med bestemmelse af nøjagtighederne for målepunkterne 4 til og med 9 i DEFUs TR 354, afsnit 5.6 [Ref. 9].<br>Der er således ikke tale om en indjustering af måleren, men udelukkende en bestemmelse af målefejl. |
| **Starttidspunkt** | For en ikke istandsat elmåler kan elmålerens starttidspunkt valgfrit defineres som tidspunktet for fabrikation, indkøb eller første opsætning.<br>For en istandsat elmåler defineres elmålerens starttidspunkt som tidspunktet for enten seneste istandsættelse eller første, påfølgende opsætning. |
| **Startår** | For elmålere, der er godkendt efter MID [Ref. 3], defineres startåret for et parti som kalenderåret for starttidspunktet for den ældste elmåler i partiet.<br>For elmålere, der er godkendt efter andre regler end MID, defineres startåret som kalenderåret for tidspunktet midt i intervallet for de indgående elmåleres starttidspunkter. |

# 3. VALGTE PARAMETRE

## 3.1. MÅLERINSTALLATIONER OG ELMÅLERE

Man kan naturligt inddele danske målerinstallationer i følgende tre kategorier:

1) Målerinstallation med direkte tilsluttede elmålere. Her måles el-leverancen direkte ved hjælp af elmåleren. Her benyttes som oftest klasse 2 elmålere.
2) Lavspændingstransformerinstallation (op til og med 1 kV). Her benyttes strømtransformere i forbindelse med strømmåling og eventuelt spændingstransformere f.eks. i installationer med 0,69 kV (yderspænding). Strømtransformernes sekundære mærkestrøm er 5 A, og ved brug af spændingstransformere anvendes 400 V som sekundær yderspænding. Her benyttes som oftest klasse 1 elmålere eller bedre, dog findes ældre målerinstallationer med klasse 2 elmålere.
3) Højspændingstransformerinstallation (over 1 kV). Her benyttes både strøm- og spændingstransformere i forbindelse med elmåleren. Strømtransformernes sekundære mærkestrøm er 5 A, og ved brug af spændingstransformere anvendes enten 100 V eller 110 V som sekundær yderspænding. Her benyttes som oftest klasse 0,5 elmålere eller bedre, dog findes der for ældre målerinstallationer klasse 1 elmålere ved lavere spændinger (op til 30 kV).

## 3.2. PRINCIP

Elmålerne overvåges løbende ved brug af et af følgende kontrolsystemer:

1) Statistisk stikprøvekontrol. Systemet bygger på en opdeling af elmålerbestanden i partier. Hvert parti underkastes periodisk stikprøvekontrol. Udfaldet afgør, om partiet forbliver i drift eller hjemtages.
2) Periodisk totalkontrol. Systemet bygger på, at elmålerne individuelt nedtages og erstattes med nye eller reverificerede elmålere.
3) Permanent overvågning ved kontrolmåling. Systemet bygger på, at der anvendes en hoved- og kontrolmåler i målerinstallationen. Ved afvigelser mellem disse hjemtages enten hoved- eller kontrolmåleren til kontrol. Derudover hjemtages hoved- og kontrolmåler skiftevis til kontrol med faste intervaller.

Metode 1) kan kun anvendes for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere i lavspændingsinstallationer med strømtransformere (men ikke med både strøm- og spændingstransformere).

Metode 2) og 3) kan anvendes for alle målerinstallationer. Metode 3) vil dog som oftest kun blive benyttet i forbindelse med højspændingstransformerinstallationer.

Vedrørende opbygningen og krav til komponenter i målerinstallationer for transformermåling henvises til DEFUs TR 353 [Ref. 10].

### 3.3. VALGTE PARAMETRE

Udgangspunktet for det beskrevne kontrolsystem er, at:

1) den enkelte elmåler er godkendt efter andre regler end MID [Ref. 3], fx IEC 62053-11 og IEC 62053-21 eller IEC 62053-22 [Ref. 14, ref. 15 og ref. 16],
2) målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 %, jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser[1] [Ref. 1], og
3) Sikkerhedsstyrelsens anbefalinger i Måleteknisk vejledning MV 07.51-01, [Ref. 13], benyttes som grundlag for kontrolsystemet

På dette grundlag er der foretaget følgende valg af parametre:

- Kontrolsystemet kan i henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] etableres som:

  1. stikprøvekontrol af partier af ensartede elmålere,
  2. periodisk totalkontrol eller
  3. permanent overvågning af elmålerne ved hjælp af en ekstra elmåler (en kontrolmåler).

- Ved stikprøvekontrol kan systemet opbygges ved hjælp af DS/ISO 3951:2007, del 1-3 *"Procedurer for stikprøveinspektion ved måling med kontinuert variation"* [Ref. 5], eller DS/IS0 2859-1 +Cor. 1:2001 *"Metoder for stikprøveinspektion ved alternativ variation - Del 1: Puljer af stikprøveplaner opstillet efter kvalitetsniveau for godkendelse (AQL) for inspektion af partier i fortløbende rækker"* [Ref. 6].

- Ved stikprøvekontrol skal stikprøven påbegyndes senest 10 år efter partiets start, og derefter skal der udtages stikprøver mindst hvert 4. år.

- I forbindelse med stikprøvekontrol for **direkte tilsluttede elmålere** skal der anvendes et kvalitetsniveau på AQL = 2,5 % og et inspektionsniveau I[2].

- I forbindelse med stikprøvekontrol for **elmålere med tilsluttede transformere** skal der anvendes et kvalitetsniveau på AQL = 1,5 % og et inspektionsniveau II[2].

- Ved periodisk totalkontrol af elmålere ved **lavspænding** skal elmålerne hjemtages individuelt inden en 10 års driftsperiode.

[1] Det er antaget, at nøjagtighedsmålet skal opfattes på den måde, at den enkelte forbruger skal afregnes med en usikkerhed inden for intervallet ± 4 %, hvor usikkerheden på energimålingen defineres som et gennemsnit af fejlvisningerne ved to målepunkter, jf. Dansk Energis udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1]. Endvidere er der gået ud fra, at fejlene for elmålere i drift ikke må overstige ± det dobbelte af de maksimalt tilladelige fejl ved førstegangsverifikation, jf. bekendtgørelsen [Ref. 2].

[2] En parameter, der benyttes i forbindelse med valg af størrelsen af stikprøven. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen.

- Ved periodisk totalkontrol af elmålere ved **højspændingstransformerinstallationer** skal elmålerne hjemtages individuelt inden en 5 års driftsperiode.

- Ved permanent overvågning af elmålere ved **lavspænding** skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren individuelt hjemtages inden en 20 års driftsperiode. Således vil der maksimalt være 40 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

- Ved permanent overvågning af elmålere ved **højspændingstransformerinstallationer** skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren hjemtages individuelt inden en 10 års driftsperiode. Således vil der maksimalt være 20 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

Endvidere er der gået ud fra følgende:

- Fejlene for en direkte tilsluttet elmåler, klasse 2, i drift må ikke overstige ± 6 % ved 5 % basisstrøm/mærkestrøm og ± 5 % ved 100 % basisstrøm/mærkestrøm. Disse grænser er dobbelt så store som dem, der stilles til nye elmålere ved førstegangsverifikation. For en direkte tilsluttet elmåler, klasse 1, må fejlen ved de tilsvarende strømme ikke overstige ± 3 % og ± 2 %.

- I Dansk Energis udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1] er anført en fejlgrænse på ± 4 %. Det er defineret, at denne grænse gælder for et gennemsnit af de to fejl, som forekommer i målepunkterne a og b.

- For elmålere i lavspændingstransformerinstallationer (med strømtransformere) tages der udgangspunkt i henholdsvis en "lille strøm" og en "stor strøm". Disse målepunkter er nærmere beskrevet i DEFUs TR 357, afsnit 11 [Ref. 8].

- De anvendte målepunkter gælder for symmetriske belastninger og ved cos φ = 1.

### 3.4. MÅLERINSTALLATIONER UDEN/MED STRØMTRANSFORMERE

En idriftværende elmålers fejlvisning må ikke overstige de viste talværdier i tabel 3.1, idet kontrollen baseres på strømmålinger med cos φ = 1 og en symmetrisk belastning. Som det fremgår af tabel 3.1, måles elmålernes fejlvisninger ved henholdsvis en lav og en høj belastningsstrøm, sådan at såvel hver af de målte fejlvisninger som deres med fortegn udregnede gennemsnit skal ligge inden for de acceptable fejlvisninger.

**Tabel 3.1 Acceptable fejlvisninger for direkte tilsluttede elmålere (klasse 1 og 2) og transformermålere (med strømtransformere)[3].**

| | Acceptable fejlvisninger i ± % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Direkte tilsluttede elmålere | | | Elmålere med strømtransformere | | |
| **Måle-punkt** | Strøm | Klasse 2 elmåler | Klasse 1 elmåler | Strøm | Klasse 2 elmåler | Klasse 1 elmåler |
| **a)** | $0{,}05 \cdot I_b$ | 6 | 3 | $0{,}025 \cdot I_n$ | 5,4 | 3 |
| **b)** | $I_b$ | 5 | 2 | $I_n$ | 4,8 | 2 |
| **c)** | - | 4 | 4 | - | 3,8 | 3,8 |

Det skal bemærkes, at der som lav belastning anvendes henholdsvis 5 % af basisstrømmen for direkte tilsluttede elmålere og 2,5 % af mærkestrømmen for elmålere med strømtransformere. For transformertilsluttede målere er dette en afvigelse i forhold til verifikationen (se TR 354 [Ref. 9] og TR 354-1 [Ref. 11]), hvor disse målere, afhængig af typegodkendelsen, testes ved andre værdier for strømmen end 2,5 %.

Ved stikprøvekontrol af direkte elmålere er det acceptable kvalitetsniveau (AQL) sat lig med 2,5 %.

Ved stikprøvekontrol af transformermålere er det acceptable kvalitetsniveau (AQL) sat lig med 1,5 %. Stikprøvestørrelser er valgt ud fra inspektionsniveau II, der giver en mindre risiko for godkendelse af uacceptable partier, men til gengæld større stikprøver og dermed et noget større arbejdsomfang pr. parti end inspektionsniveau I.

Dette bevirker, at der stilles større krav til kvaliteten ved stikprøvekontrol af lavspændings-transformerinstallationer med strømtransformere end ved direkte tilsluttede elmålere. Årsagen til den skærpede kvalitetskontrol er, at transformermålere normalt registrerer betydeligt større årsforbrug end direkte tilsluttede målere, og de økonomiske konsekvenser af en fejlmåling er derfor større.

[3] Fremkomsten af disse størrelser er beskrevet i DEFUs TR 357 [Ref. 8].

### 3.5. MÅLERINSTALLATIONER MED BÅDE STRØM- OG SPÆNDINGSTRANSFORMERE

Målerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere overvåges ved en af de følgende metoder:

1) Periodisk totalkontrol. Metoden bygger på, at elmålerne individuelt nedtages og erstattes med nye eller reverificerede elmålere.

2) Permanent overvågning ved kontrolmåling. Metoden bygger på, at der anvendes en hoved- og kontrolmåler i målerinstallationen. Ved afvigelser mellem disse hjemtages enten hoved- eller kontrolmåleren til kontrol. Derudover hjemtages hoved- og kontrolmåler skiftevis til kontrol med faste intervaller.

# 4. STIKPRØVEKONTROL

## 4.1. GRUPPERING OG HÅNDTERING AF PARTIER

### 4.1.1. Retningslinjer

Målerbestanden opdeles i ensartede partier af elmålere, således at en stikprøve kan betragtes som repræsentativ for et parti. Dette anses uden videre for opfyldt, når følgende betingelser er overholdt:

- Elmålerne er af samme fabrikat og type. For elmålere, der anvendes i forbindelse med midlertidige forsyninger og/eller ved gentagne flytninger (eksempelvis som byggestrøm eller til tivoli/cirkus), anbefales det ikke at blande disse med elmålere, der anvendes til mere permanent forsyning.
- Elmålernes konstruktion og fabrikationsår retfærdiggør en antagelse om ensartethed inden for partiet.
- Elmålernes starttidspunkt ligger inden for en sammenhængende periode på 36 måneder, idet starttidspunktet for en elmåler defineres ved:
  - For en ikke istandsat elmåler kan elmålerens starttidspunkt valgfrit defineres som tidspunktet for fabrikation, indkøb eller første opsætning.
  - For en istandsat elmåler defineres elmålerens starttidspunkt som tidspunktet for enten seneste istandsættelse eller første, påfølgende opsætning.
- Ingen af elmålerne har været underkastet indgreb af nogen art siden starttidspunktet. Flytning af elmåleren eller midlertidig hjemtagning til stikprøvning regnes ikke for indgreb, forudsat at elmåleren håndteres med tilstrækkelig varsomhed.

Hvis verifikationsplomben er blevet brudt, skal måleren reverificeres og underkastes fornyet gruppering, inden den opsættes igen. De ovennævnte kriterier giver kun mulighed for at lade elmåleren forblive i partiet, når reverifikationen er sket inden for det pågældende 36 måneders interval.

Inden for et parti tilstræbes starttidspunktet defineret ens for samtlige elmålere. Blanding accepteres dog, når administrative forhold taler herfor, f.eks. ved gruppering af elmålere fra flere virksomheder.

Der er ingen formelle krav til partiernes størrelse. Selv ganske små partier kan med fordel underkastes statistisk stikprøvekontrol fremfor hjemtagning af hver enkelt elmåler. Af administrative grunde bør partier med mindre end ca. hundrede elmålere dog tilstræbes undgået, f.eks. ved sammenlægning af flere netvirksomheders partier.

Ligeledes er der ingen formel øvre grænse for partiernes størrelse. Dog anbefales det, at meget store partier overvejes opdelt i underpartier, så man undgår at skulle hjemtage en meget stor mængde elmålere ved forkastelse af en stikprøve. En sådan underopdeling anbefales foretaget efter ét eller flere rationelle kriterier, f.eks.:

- fortløbende fabrikationsnumre
- tidsinterval snævrere end 36 måneder
- ved gruppering ud fra opsætningstidspunkt: fabrikations-/indkøbstidspunkt og omvendt.

Opdelingen foretages primært således, at hvert parti er så homogent som muligt, og sekundært, så partierne bliver nogenlunde lige store.

Elmålere af samme fabrikat og type, som anvendes i forbindelse med transformermåling, kan godt være i samme stikprøveparti, selv om de ikke har samme omsætningsforhold.

### 4.1.2. Partiets startår

Partiets alder er afgørende for, hvornår stikprøver skal udtages. Alderen regnes fra partiets **startår**, der defineres som kalenderåret for tidspunktet midt i intervallet for de indgående elmåleres starttidspunkter. I tabel 4.1 er vist eksempler på definition af partiets start for to partier.

**Tabel 4.1 Fastlæggelse af startår for et parti.**

| Elmåler nr. | Starttidspunkter for elmålerne | Partiets startår |
|---|---|---|
| **1** | 31. oktober 1981 | 1983 |
| **2** | 5. november 1981 | 1983 |
| **...** | ... | ... |
| **487** | 30. oktober 1984 | 1983 |
| **1** | 1. februar 1985 | 1985 |
| **2** | 3. februar 1985 | 1985 |
| **...** | ... | ... |
| **1150** | 31. maj 1986 | 1985 |

### 4.1.3. Sammenlægning og opdeling af partier

Efterhånden som elmålerbestanden undergår ændringer, kan det blive relevant at sammenlægge partier, hvilket er tilladt, når blot de i afsnit 4.1.1 nævnte retningslinjer overholdes.

Opdeling af et parti kan også blive relevant, og i så tilfælde anbefales det at bruge rationelle kriterier jf. afsnit 4.1.1.

Sammenlagte eller opdelte partiers alder bestemmes efter den generelle regel i afsnit 4.1.2, uanset om enkelte elmålere herved får fremrykket eller udskudt deres tidspunkt for næste udtagning til stikprøvning.
Udtagning af en stikprøve fra et parti må ikke være påbegyndt, når partiet ændres.

### 4.1.4. Ændring af partiets startår ved reverifikation

Ved reverifikation af samtlige elmålere i et parti skal partiet tildeles et nyt startår givet ved elmålernes ændrede starttidspunkter.

### 4.1.5. Identifikation af partier

Hvert parti gives en entydig identifikation bestående af:

- det eller de ansvarlige netvirksomheder,
- målerfabrikat,
- målertype og
- interval for elmålernes starttidspunkter.

Ved underopdeling, jf. afsnit 4.1.1, skal det desuden angives, hvordan underopdelingen er sket, f.eks. efter fabrikationsår eller fabrikationsnummerinterval.

De enkelte elmålere skal være relateret til partiet, så de kan udtages til stikprøvning ved simpel tilfældig udvælgelse (udsøgningskriterium). Fabrikationsnummeret kan anbefales, mens f.eks. et installationsnummer, der ikke entydigt følger elmåleren, bør undgås. Når først der er valgt et udsøgningskriterium for et parti, skal dette fastholdes.

### 4.1.6. Stikprøvningsintervaller og konsekvenser af stikprøvning

#### *Intervaller*

Første stikprøvning skal være påbegyndt senest 10 år efter partiets startår.

Ved godkendelse fortsætter partiet i drift i højst 4 år efter stikprøvningens påbegyndelse. Herefter gentages stikprøvningen og så fremdeles. Stikprøver skal således påbegyndes senest 10, 14, 18, 22.... år efter partiets startår.

#### *Procedure ved forkastelse*

Ved forkastelse iværksættes én af følgende procedurer:

- Samtlige elmålere i partiet udskiftes hurtigst muligt.

- Det forkastede parti opdeles i flere partier. Det er dog kun tilladeligt at opdele partiet, hvis der er begrundet mistanke om, at fejlene hovedsageligt forekommer i en del af partiet, og opdelingen af partiet skal i så tilfælde ske efter ét eller flere rationelle kriterier, jf. afsnit 4.1.1. Elmålerne i den udtagne stikprøve skal indgå i de nye partier. De nye partier er straks forfaldne til stikprøvning og behandles individuelt efter sædvanlige retningslinjer.

Hvis partiet skal udskiftes, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol, indtil hele partiet er udskiftet. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag i udskiftningsperioden.

### 4.1.7. Dokumentation, stikprøvningsjournal mv.

Det skal være dokumenteret, hvorledes starttidspunktet for en elmåler er defineret ved grupperingen. Dokumentationen kan følge partiet, den enkelte elmåler, netvirksomheden eller andet. Den skal blot være entydig for hver elmåler i et parti.

For hvert parti oprettes ved dettes etablering en stikprøvningsjournal, hvori følgende skal fremgå:

- Det totale antal elmålere i partiet, der opdateres løbende.
- Partiets startår.
- For hver udført stikprøvning:
  - Det skal fremgå, hvilke elmålere der er erstattet, jf. afsnit 4.2.1, og årsagen hertil.
  - Identifikation af hver vurderet elmåler og af hvert af dennes måleresultater eller konstaterede defekter jf. afsnit 4.2.2.
  - Resultatet af godkendelsesproceduren jf. afsnittene 4.1.6 samt 4.2.4 og 4.2.5. Ved stikprøvning efter variabelmetoden anføres resultatet af testen for normalfordeling og eventuel konsekvens heraf (dvs. krav om attribut stikprøvning, jf. afsnit 4.2.4).
- Ved reverifikation og ændring af startår, jf. afsnit 4.1.4 skal dette anføres i stikprøvningsjournalen, der videreføres med bibeholdelse af eksisterende data.
- Ved sammenlægning af flere partier afsluttes og arkiveres hver af disses journaler. Det nye parti skal have reference til samtlige forgængere.
- Ved opsplitning af et parti arkiveres og afsluttes dets journal. Hver af de nye partier skal have reference til forgængeren.

### 4.1.8. Ikke gruppérbare elmålere

Ikke gruppérbare elmålere skal behandles som beskrevet i kapitel 5 eller 6, dvs. kontrolsystem ved hjælp af henholdsvis periodisk totalkontrol eller permanent overvågning.

## 4.2. STIKPRØVNING

### 4.2.1. Udtagning af stikprøver

Målerne i en stikprøve skal være udtaget ved simpel og tilfældig udvælgelse, så alle elmålere i partiet har samme sandsynlighed for at blive udtaget. Hertil benyttes den i afsnit 4.1.5 nævnte parti/måler-identifikation og en tilfældigtalstabel eller -generator.

Hvis der skal udtages en stikprøve nr. 2 i forbindelse med toplans-stikprøvning, skal stikprøven udtages i den resterende del af partiet. En måler kan således ikke indgå i både plan 1- og plan 2-stikprøvningen.

De elmålere, der indgår i en stikprøve, skal være i normal driftsmæssig stand. Elmålere, der udviser åbenbare defekter såsom:

- hærværk,
- lynskader,
- fejl på display, som betyder, at det ikke kan aflæses, eller
- fejlagtigt partitilhørsforhold.

erstattes af andre elmålere fra partiet.
Det kan derfor være hensigtsmæssigt at udtage et antal elmålere lig med antallet, som er angivet i de følgende stikprøveplaner, plus en reserve på ca. 10 %.

Hjemtagningen og stikprøvningen (og en eventuel supplering, f.eks. når en attributprøvningsplan 2 skal gennemføres) skal udføres hurtigst muligt. Elmålerne skal håndteres med fornøden varsomhed.

Elmålere, der tidligere er stikprøvet, indgår i en ny stikprøve på lige vilkår med resten af partiets elmålere. Dette gælder også for elmålere, der har været undersøgt for mekanisk beskaffenhed.

### 4.2.2. Måleteknisk kontrol

#### *Visuel undersøgelse*

Det kontrolleres, at elmålere, der skal stikprøves, ikke udviser tegn på skade og er korrekt mærkede.

Er én eller flere af elmålerne defekte ved visuel undersøgelse, skal der tages stilling til eventuelle konsekvenser for partiet.

#### *Målebetingelser*

Målingerne skal udføres på et akkrediteret laboratorium og med referencebetingelser svarende til det beskrevne i TR 354 [Ref. 9].

Inden målingernes gennemførelse skal hver enkelt elmåler være forvarmet med netspænding tilstrækkeligt længe til at opnå en stabil temperatur.

### *Bestemmelse af fejlvisning*

Elmålerens fejlvisning bestemmes ved at føde en passende energimængde igennem den og sammenligne elmålerens visning med en præcis måling af samme energimængde, foretaget med en reference-elmåler.

Ved kontrolmålingen benytter laboratorier typisk output fra elmålerens testdiode til at registrere måleresultatet. Denne metode forudsætter, at målerkonstanten (antal pulser fra testdioden pr. kWh) er kendt. Målerkonstanten vil normalt være angivet på mærkepladen og i elmålerens typegodkendelsesattest.

I tilfælde af, at der ikke foreligger oplysninger om målerkonstanten, må denne bestemmes ved en indledende måling på én eller flere elmålere af den givne type. Målingen kan foretages ved $I_{max}$.

### *Tælleværkskontrol*

Hvis bestemmelse af målerens fejlvisning sker ved hjælp af output fra testdioden, skal det kontrolleres, at ændringen i elmålerens tælleværks-/display-visning svarer til den energimængde, der er målt af elmåleren under kontrolmålingen.

Hvis forskellen mellem tælleværkets/displayets visning før og efter kontrolmålingen afviger fra registreringen ud fra elmålerens testdiode, og afvigelsen desuden er større end den største af følgende to værdier:

1. Energimængden svarende til displayets opløsning (1 enhed på sidste ciffer)
2. Energimængden svarende til 1 puls fra testdioden

er der tale om en kritisk fejl, hvorfor måleren ikke kan godkendes i driftskontrollen. Partiet skal i så tilfælde stikprøvekontrolleres efter attributmetoden. Elmåleren med tælleværkskontrol indgår så – på samme måde som elmålere med for stor fejvisning – i antallet af "elmålere med for stor fejl", som skal holdes op mod godkendelses- og forkastelsestal i den aktuelle stikprøveplan.

Hvis der konstateres tælleværksfejl på én eller flere elmålere, men partiet alligevel kan godkendes, skal netvirksomheden iværksætte en undersøgelse af, om andre målere i partiet – f.eks. elmålere med serienumre tæt på de elmålere, der har tælleværksfejl - også er behæftet med denne fejl.

### *Målepunkter og fejlbestemmelse*

Hver elmålers fejlvisning bestemmes i to målepunkter (benævnt a og b) og desuden beregnes et gennemsnit af disse fejlvisninger. Fejlvisningerne, $f_a$ og $f_b$, i de to målepunkter, a og b, samt gennemsnitsværdien af fejlvisningerne, kaldet $f_c$, danner grundlag for den videre godkendelsesprocedure. Gennemsnitsværdien, $f_c$, anvendes desuden til eventuel information af kunden.

Ved fejlbestemmelser[4] (i målepunkterne a og b) af elmåleren skal der benyttes en symmetrisk netspænding (dvs. fase-nul spænding) lig mærkespændingen, $U_n$, cos φ = 1 og symmetriske belastningsstrømme.

De acceptable fejlvisninger for direkte tilsluttede elmålere (klasse 1 og 2) og transformermålere (med strømtransformere) er vist i tabel 3.1.

For hver elmåler estimeres endvidere den fejl (benævnt $f_c$), med hvilken energimålingen sker, som et gennemsnit af de to målte fejl, $f_a$ og $f_b$. Der regnes her med fortegn.

Eksempel 1

For en tresystems direkte tilsluttet elmåler med 10 A basisstrøm ($I_b$) er der målt følgende fejl:

$f_a$ = -1 % ved 0,5 A
$f_b$ = 2 % ved 10 A.

Fejlen på energimålingen (benævnt $f_c$) beregnes herefter til

$f_c$ = (-1 % + 2 %)/2 = 0,5 %.

Eksempel 2

For en tresystems elmåler med 5 A mærkestrøm ($I_n$) i en lavspændingstransformerinstallation er der målt følgende fejl:

$f_a$ = -0,5 % ved 0,125 A
$f_b$ = 1,25 % ved 5 A.

Fejlen på energimålingen (benævnt $f_c$) beregnes herefter til:

$f_c$ = (-0,5 % + 1,25 %)/2 = 0,375 %.

Overvågningen af et partis udvikling kan understøttes af målinger i flere punkter, f.eks. $I_{max}$, og notering af middelværdier og standardafvigelser i journalen, men sådanne målinger indgår ikke i den formelle bedømmelse.

[4] Defineret som

$$f = \frac{E_m - E_{just}}{E_{just}} \cdot 100\%$$

hvor $E_m$ og $E_{just}$ er henholdsvis elmålerens og justerstationens visninger.

### 4.2.3. Valg af stikprøvningstype

Nærværende rapport giver for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere placeret i målerinstallationer med strømtransformere valgmulighed mellem:

- inspektion ved variable ("variabelmetoden") og
- inspektion ved attributter ("attributmetoden").

#### *Variabelmetoden*

Ved inspektion ved variable baseres godkendelsen af et elmålerparti på en beregning af middelværdi <x> og standardafvigelse s for elmålerfejlene i stikprøven. De tre målepunkter a, b og c, jf. afsnit 4.2.2, behandles hver for sig. Fejlene forudsættes normalfordelte, og ud fra de beregnede størrelser fås et skøn over, hvor mange elmålere i partiet der ligger uden for fejlgrænserne. Ved manuel talbehandling kan godkendelsen baseres på, at de fundne <x> og s plottes ind på en acceptkurve, der viser maksimalt tilladelig standardafvigelse som funktion af middelværdien.

I Appendiks A er vist acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, og i Appendiks B er vist acceptkurver svarende til målerinstallationer med strømtransformere.

For stikprøvestørrelser fra og med 9 skal det kontrolleres, at antagelsen om normalfordeling holder. Hvis antagelsen må forkastes, er det nødvendigt at gå over til attributmetoden.

For en stikprøvestørrelse på 6 er det ikke muligt med tilstrækkelig nøjagtighed at teste antagelsen om, at fejlene er normalfordelte. Her bør attributmetoden anvendes.

#### *Attributmetoden*

Ved inspektion ved attributter baseres godkendelsen direkte på en optælling af antallet af elmålere med for stor fejlvisning. Metodens fordel er, at den er uafhængig af fejlenes statistiske fordeling.

Det er i nærværende rapport valgt at anbefale toplans stikprøvninger. Det vil sige, at der udtages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet. Resultatet af første stikprøve er således:

1. godkendelse ved tilstrækkeligt få fejlbehæftede elmålere,
2. forkastelse ved tilstrækkeligt mange fejlbehæftede elmålere, eller
3. krav om endnu en stikprøve ved et antal fejlbehæftede elmålere mellem de ovennævnte. Resultatet af denne stikprøve giver den endelige konklusion.

Fordelen ved toplans-attribut stikprøvning frem for simpel etplans-attributstikprøvning er ca. 30 % mindre stikprøvestørrelser for en given styrke i stikprøvningen og dermed et mindre arbejde, hvis konklusionen nås allerede ved første stikprøve, hvilket ofte er tilfældet.

### 4.2.4. Variabelmetoden

#### *Stikprøvestørrelser*

For et givet antal elmålere i partiet fremgår stikprøvestørrelsen af tabel 4.2. Tallene stammer fra DS/ISO 3951-1:2007 [Ref. 5]. Inspektionsniveau I anvendes ved stikprøvning af direkte tilsluttede elmålere, mens inspektionsniveau II anvendes ved stikprøvning af elmålere med strømtransformere. For inspektionsniveau I er det valgt at benytte en stikprøve på minimum 6 elmålere.

**Tabel 4.2 Stikprøvning efter variabelmetoden.**

| Partistørrelse | Stikprøvestørrelse | |
|---|---|---|
| | Inspektionsniveau | |
| | I | II |
| **6 -50** | 6 | 6 |
| **51-90** | 6 | 9 |
| **91-150** | 6 | 13 |
| **151-280** | 9 | 18 |
| **281-500** | 13 | 25 |
| **501-1200** | 18 | 35 |
| **1201-3200** | 25 | 50 |
| **3201-10000** | 35 | - |
| **10001-35000** | 50 | - |

### *Stikprøvestørrelser fra og med 9: Test for normalfordeling*

Da forudsætningen for variabelmetodens brug er, at elmålerfejlene er tilnærmelsesvis normalfordelte, skal der for stikprøver bestående af 9 elmålere eller flere foretages en test herfor. Ved en stikprøvestørrelse på 6 er tests for normalfordeling ikke tilstrækkeligt effektive, jf. DS/ISO 5479:2004, afsnit 1.6 [Ref. 4]. Tests for afvigelse fra normalfordelingen er beskrevet i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4]. De fleste af metoderne kræver en del regnearbejde, men den grafiske metode, der er beskrevet i Appendiks D, kan benyttes til at give en første vurdering af antagelsen om normalfordelte måleresultater. Testen gennemføres for begge de to målepunkter a og b, jf. afsnit 4.2.2, hver for sig. Hvis den grafiske test indikerer, at resultaterne ikke er normalfordelte, kan det eventuelt undersøges, om en mere præcis test for normalfordeling giver et andet resultat. Hvis det må konkluderes, at resultaterne ikke er normalfordelte, skal attributmetoden anvendes i stedet for variabelmetoden.

***Godkendelse***

For hver af de tre afgørende størrelser (fejlvisningerne, $f_a$ og $f_b$, i målepunkterne a og b og gennemsnittet, $f_c$, af disse) beregnes middelværdi <x> og standardafvigelse s:

$$< x > = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n}$$

hvor $x_1, x_2, \ldots x_n$ er de målte fejlvisninger ($f_a$, $f_b$ eller $f_c$) for n elmålere.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - < x >)^2 + \ldots + (x_n - < x >)^2}{n-1}}$$

Punktet (<x>, s) indtegnes i det <x>-s-diagram, acceptkurven (se Appendiks A og B), der svarer til den pågældende klasse, fejlgrænse og stikprøvestørrelse. Ligger punktet inden for (dvs. under kurven) eller på acceptkurven, godkendes partiet. Ligger punktet uden for acceptkurven, godkendes partiet ikke. Figurerne i Appendiks A anvendes for målerinstallationer med direkte tilsluttede elmålere, og figurerne i Appendiks B anvendes for målerinstallationer med transformere.

Det bemærkes, at en stikprøve kan føre til forkastelse af partiet, selv om alle elmålere udviser fejl inden for grænseværdierne. Dette gælder, når standardafvigelsen er så høj, at den indikerer et utilladeligt antal elmålere med for stor fejl i partiet.

### 4.2.5. Attributmetoden, toplans stikprøvning

For et givet antal elmålere i partiet fremgår stikprøvestørrelser og acceptantal af tabel 4.3 og tabel 4.4. Tallene stammer fra DS/ISO 2859-1:2001 [Ref. 6]. For anden stikprøve er både stikprøvestørrelse og godkendelsestal anført summeret for første og anden stikprøvning.

Hvis antallet af elmålere ligger i den nederste ende af et af de intervaller for partistørrelse, der er angivet i tabel 4.3 og tabel 4.4, bliver stikprøvestørrelsen forholdsvis større, end hvis antallet af målere i partiet ligger i den øvre ende af et interval. En mere rimelig stikprøvestørrelse kan opnås ved at foretage en interpolation mellem stikprøvestørrelserne. Proceduren herfor er beskrevet i afsnit 4.2.6.

En elmålers fejl er for stor, når de acceptable fejlvisninger i tabel 3.1 er overskredet for én eller flere af dens fejl. Alle tre størrelser skal være inden for grænserne, for at en elmåler kan godkendes.

**Tabel 4.3 Toplans stikprøvning efter attributmetoden for direkte tilsluttede elmålere.**
**Der er anvendt AQL = 2,5 %, inspektionsniveau I og toplans stikprøvning ved normal inspektion.**

| Partistørrelse | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelses-tal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 6-150 | 5 | * | 0 | 1 |
| 151-500 | 13 | | 0 | 2 |
| | | 26 | 1 | 2 |
| 501-1200 | 20 | | 0 | 3 |
| | | 40 | 3 | 4 |
| 1201-3200 | 32 | | 1 | 3 |
| | | 64 | 4 | 5 |
| 3201-10000 | 50 | | 2 | 5 |
| | | 100 | 6 | 7 |
| 10001-35000 | 80 | | 3 | 6 |
| | | 160 | 9 | 10 |

* For partistørrelser til og med 150 målere anvendes etplans stikprøvning.

**Tabel 4.4 Toplans stikprøvning efter attributmetoden for elmålere i målerinstallationer med strømtransformere. Der er anvendt AQL = 1,5 %, inspektionsniveau II og toplans stikprøvning ved normal inspektion.**

| Partistørrelse | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godken-delsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 8-90 | 8 | [*] | 0 | 1 |
| 91-280 | 20 | | 0 | 2 |
| | | 40 | 1 | 2 |
| 281-500 | 32 | | 0 | 3 |
| | | 64 | 3 | 4 |
| 501-1200 | 50 | | 1 | 3 |
| | | 100 | 4 | 5 |
| 1201-3200 | 80 | | 2 | 5 |
| | | 160 | 6 | 7 |

### 4.2.6. Interpolation mellem stikprøvestørrelser

Hvis der anvendes anden partistørrelse end svarende til de øvre grænser for partistørrelser angivet i tabel 4.3 og tabel 4.4, kan det accepteres, at der interpoleres mellem de anførte tal for ”partistørrelse” (øvre intervalgrænse for partistørrelse), ”stikprøvestørrelse”, ”godkendelsestal” og ”forkastelsestal” som grundlag for kontrollen.

For at sikre at kvalitetsniveauet (AQL = 2,5 % eller AQL = 1,5 %) overholdes for de interpolerede værdier, er det vigtigt at runde stikprøvestørrelse op til nærmeste hele tal, og runde godkendelsestal og forkastelsestal ned til nærmeste hele tal. Dette betyder, at kravet for godkendelse og forkastelse bliver lidt strengere end kravet i DS/ISO 2859-1:2001 [Ref. 6], når de interpolerede værdier anvendes.

Et beregningseksempel, der viser anvendelse af interpolation, er angivet i det følgende, idet der forudsættes en partistørrelse på 16000 målere, AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I (tabel 4.3).

[*] For partistørrelser til og med 90 målere anvendes etplans stikprøvning.

**Tabel 4.5 Grundlag for interpolation ved en partistørrelse på 16000 elmålere.**

| Parti-størrelse | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 10000 | 50 | | 2 | 5 |
| | | 100 | 6 | 7 |
| 35000 | 80 | | 3 | 6 |
| | | 160 | 9 | 10 |

Stikprøvestørrelse (antal i første stikprøve)

Der interpoleres mellem stikprøvestørrelserne 50 og 80:

$$Stikprøve nr.1 = 50 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (80-50) = 57{,}2$$

Dette tal skal rundes op til nærmeste hele tal, dvs. 58.

Stikprøvestørrelse (antal totalt i 1. og 2. stikprøve)

Der interpoleres mellem stikprøvestørrelserne 100 og 160:

$$Stikprøve total = 100 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (160-100) = 114{,}4$$

Dette tal skal rundes op til nærmeste hele tal, dvs. 115.

Godkendelsestal (maksimalt antal med afvigelse) for 1. stikprøve

$$Godkendelsestal\ 1 = 2 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (3-2) = 2{,}24$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 2.

Forkastelsestal (minimalt antal med afvigelse) for 1. stikprøve

$$Forkastelsestal\ 1 = 5 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (6-5) = 5{,}24$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 5.

Godkendelsestal (maksimalt antal med afvigelser) for 2. stikprøve

$$Godkendelsestal\ 2 = 6 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (9-6) = 6{,}72$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 6.

Forkastelsestal (minimalt antal med afvigelser) – 2. stikprøve

$$Forkastelsestal\ 2 = 7 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (10-7) = 7{,}72$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 7

Det samlede resultat af interpolationen bliver derfor som vist i tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Beregnede stikprøvestørrelser og acceptantal for et parti på 16000 målere ved interpolation mellem partistørrelser i tabel 4.3.**

| Parti-størrel-se | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmå-lere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 16000 | 58 | | 2 | 5 |
| | | 115 | 6 | 7 |

### 4.2.7. To eksempler

Formålet med de følgende eksempler er at illustrere, hvad der konkret skal foretages ved henholdsvis et parti, der forkastes, og et parti, der godkendes ved stikprøvekontrol.

**Eksempel 1:**
Der betragtes et parti direkte tilsluttede elmålere på 438.

Der er mulighed for interpolation mellem stikprøvestørrelser som beskrevet i afsnit 4.2.6, men denne mulighed er ikke udnyttet i eksemplet, hvorfor tallene i tabel 4.3 anvendes direkte.

Der udtages en stikprøve på 13 elmålere (plus 2 elmålere i reserve for lynskader mv.), svarende til det angivne i tabel 4.3. Én elmåler fejler, dvs. partiet er stadig hverken godkendt eller forkastet.

En ny stikprøve udtages fra den resterende del af partiet, ligeledes på 13 elmålere (plus evt. reserveelmålere). Anden gang fejler én elmåler, dvs. totalt er 1 + 1 = 2 elmålere fejlet. Ifølge tabellen må kun én elmåler fejle for begge stikprøver tilsammen. **Partiet forkastes derfor.**

Dette betyder, at der skal iværksættes én af følgende procedurer:

- Samtlige elmålere i partiet skal nedtages hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.

- Det forkastede parti opdeles i flere partier. Det er dog kun tilladt at opdele partiet, hvis der er begrundet mistanke om, at fejlene hovedsageligt forekommer i en del af partiet, og opdelingen af partiet skal i så tilfælde ske efter ét eller flere rationelle kriterier, jf. afsnit 4.1.1. Elmålerne i den udtagne stikprøve skal indgå i de nye partier. De nye partier er straks forfaldne til stikprøvning og behandles individuelt efter sædvanlige retningslinjer.

Elmålerne skal reverificeres før eventuel genopsætning i en målerinstallation.

**Eksempel 2:**
Der betragtes et parti elmålere på 255, der er placeret i målerinstallationer med strømtransformere, men uden spændingstransformere.

Ligesom i eksempel 1 ovenfor er der mulighed for at interpolere mellem stikprøvestørrelser, men denne mulighed er ikke udnyttet i det følgende. Tallene i tabel 4.4 anvendes derfor direkte.

Der udtages en stikprøve på 20 elmålere (plus 2-3 elmålere i reserve for lynskader mv.). Én elmåler fejler, dvs. partiet er stadig hverken godkendt eller forkastet.

En ny stikprøve udtages fra den resterende del af partiet, ligeledes på 20 elmålere (plus evt. reserveelmålere). Anden gang fejler ingen elmålere, dvs. totalt er 1 + 0 = 1 elmåler fejlet. Ifølge tabel 4.4 må kun én elmåler fejle for begge stikprøver tilsammen, hvilket er opfyldt. **Partiet godkendes derfor.**

Dette betyder, at:

- den defekte elmåler skal reverificeres før en eventuel genopsætning i en målerinstallation, og
- de i alt 39 elmålere (2 gange 20 minus 1), der blev godkendt ved stikprøvekontrollen, kan returneres til partiet.

# 5. PERIODISK TOTALKONTROL

Ved lavspænding hjemtages alle elmålerne individuelt og periodisk inden for en 10 års driftsperiode.

Ved højspændingstransformerinstallationer hjemtages alle elmålerne individuelt og periodisk inden for en 5 års driftsperiode.

Der kan anvendes samme åremål for Ferraris-elmålere og elektroniske elmålere.

Før de hjemtagne elmålere genopsættes i samme eller nye målerinstallationer, skal elmålerne reverificeres.

I højspændingstransformerinstallationer over 100 kV, hvor der anvendes kapacitive spændingstransformere, skal det mindst én gang om året kontrolleres, at alle elementer i de kapacitive transformere er intakte. Dette gøres ved at sammenligne sekundærspændingen på hver transformer med sekundærspændingen på de øvrige spændingstransformere.

# 6. PERMANENT OVERVÅGNING

For at en målerinstallation kan overvåges permanent, kræves både en hoved- og en kontrolmåler. Ved fjernaflæsning af både hoved- og kontrolmåler skal værdierne sammenlignes mindst én gang om måneden, dog anbefales hyppigere sammenligning. Hvis der hentes data én gang i døgnet, anbefales det at foretage sammenligningen hver dag i forbindelse med kontrollen af de hjemtagne data. Hvis der ikke anvendes fjernaflæsning, aflæses de to målere samtidigt mindst én gang årligt.

Ved lavspænding hjemtages enten hovedmåleren eller kontrolmåleren individuelt og periodisk minimum én gang for hvert 20. driftsår. Der vil således være maksimalt 40 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

Ved højspændingstransformerinstallationer hjemtages enten hovedmåleren eller kontrolmåleren individuelt og periodisk minimum én gang for hvert 10. driftsår. Der vil således være maksimalt 20 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

Ved overskridelse af en acceptabel fejlvisning mellem hoved- og kontrolmåler, svarende til den ringeste klasse af de to målere, skal målerinstallationen inkl. elmålerne undersøges nærmere. Under lav belastning kan forskellen mellem de to måleres visning godt overstige en størrelse, der svarer til den ringeste klasse. En sådan kortvarig overskridelse af den acceptable fejlvisning kan normalt accepteres, såfremt den kan forklares og dokumenteres.

Er hovedmåleren eksempelvis af klasse 0,2 S og kontrolmåleren af klasse 0,5, må afvigelsen mellem de to målere højst være 0,5 %. Disse retningslinjer er ikke teoretisk baseret, men valgt ud fra et operationelt synspunkt.

I de få installationer, hvor spændingstransformeren for kontrolmåleren er klasse 0,5, mens både hoved- og kontrolmåleren er af klasse 0,2 S, må afvigelsen mellem de to målere ligeledes højst være 0,5 %, før målerinstallationen skal kontrolleres.

Før hjemtagne elmålere genopsættes i samme eller nye målerinstallationer, skal de reverificeres.

I installationer, hvor spændingsmålekredsen ikke er dubleret, skal spændingsfaldet kontrolleres, og kredsen efterses periodisk inden for en 5-årig driftsperiode. Kredsen betragtes som værende dubleret i tilfældet, hvor der anvendes én primær vikling og to sekundære viklinger på spændingstransformeren.

I højspændingstransformerinstallationer over 100 kV, hvor der anvendes kapacitive spændingstransformere, skal det minimum én gang om året kontrolleres, at alle elementer i de kapacitive transformere er intakte. Dette gøres ved at sammenligne sekundærspændingen på hver transformer med sekundærspændingen på de øvrige spændingstransformere.

## 7. REFERENCER


Ref. 1: Leveringsbestemmelser – Net (Netbenyttelsesaftalen), Dansk Energi, maj 2014

Ref. 2: Bekendtgørelse nr. 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug, som ændret ved bekendtgørelse nr. 814 af 28. juli 2008 og bekendtgørelse nr. 344 af 30. marts 2010

Ref. 3: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter

Ref. 4: DS/ISO 5479:2004 ”Statistisk fortolkning af data – Test for afvigelse fra normalfordelingen”

Ref. 5: DS/ISO 3951:2007, del 1-3 ”Procedurer for stikprøveinspektion ved måling med kontinuert variation”

Ref. 6: DS/ISO 2859-1 +Cor. 1: 2001 ”Metoder for stikprøveinspektion ved alternativ variation - Del 1: Puljer af stikprøveplaner opstillet efter kvalitetsniveau for godkendelse (AQL) for inspektion af partier i fortløbende rækker”

Ref. 7: DS/ISO 2859-2:1992 ”Metoder for stikprøveinspektion ved måling med alternativ variation - Del 2: Stikprøveplaner opstillet efter utilfredsstillende kvalitet (LQ) for inspektion af enkeltstående partier”

Ref. 8: DEFU TR 357, 3. udgave, 2000 ”Baggrundsrapport til DEFUs TR 353, TR 355 og TR 356”

Ref. 9: DEFU TR 354, 3. udgave, 2000 ”Verifikation af elmålere”

Ref. 10: DEFU TR 353, 7. udgave, 2014 ”Måleinstallationer for transformermåling (lav- og højspænding)”

Ref. 11: DEFU TR 354-1, 1. udgave, 2004 ”Verifikation af elmålere”

Ref. 12: DEFU TR 355-1, 2. udgave, 2015 ”Kontrolsystem for idriftværende MID elmålere”

Ref. 13: MV 07.51-01, udgave 3 af 2. maj 2014 ”Måleteknisk vejledning. Elmålere. Kontrolsystem for ikke-MID-godkendte elmålere i drift”

Ref. 14: IEC 62053-11:2003 Electricity metering equipment (AC) – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment

Ref. 15 IEC 62053-21:2003 Electricity metering equipment (AC) – Particular requirements – Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2)

Ref. 16 IEC 62053-22:2003 Electricity metering equipment (AC) – Particular requirements – Part 22 Static meters for active energy (classes 0,2 S and 0,5 S)

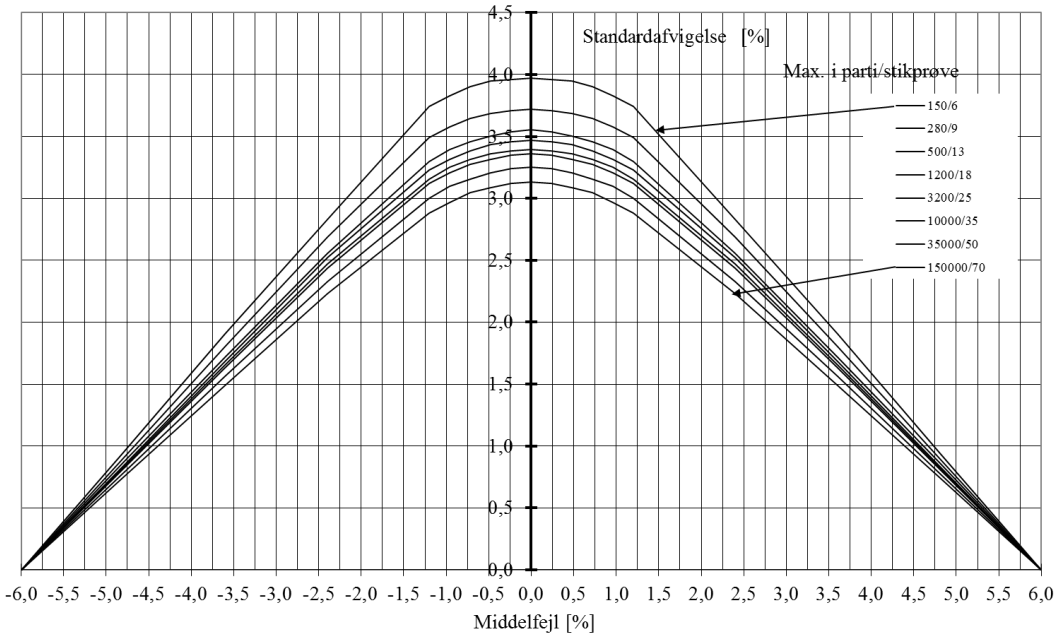
# Appendiks A ACCEPTKURVER FOR DIREKTE TILSLUTTEDE ELMÅLERE

Figurerne i dette appendiks refererer til direkte tilsluttede elmålere (klasse 1 og 2). Der er for alle figurer anvendt AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I.

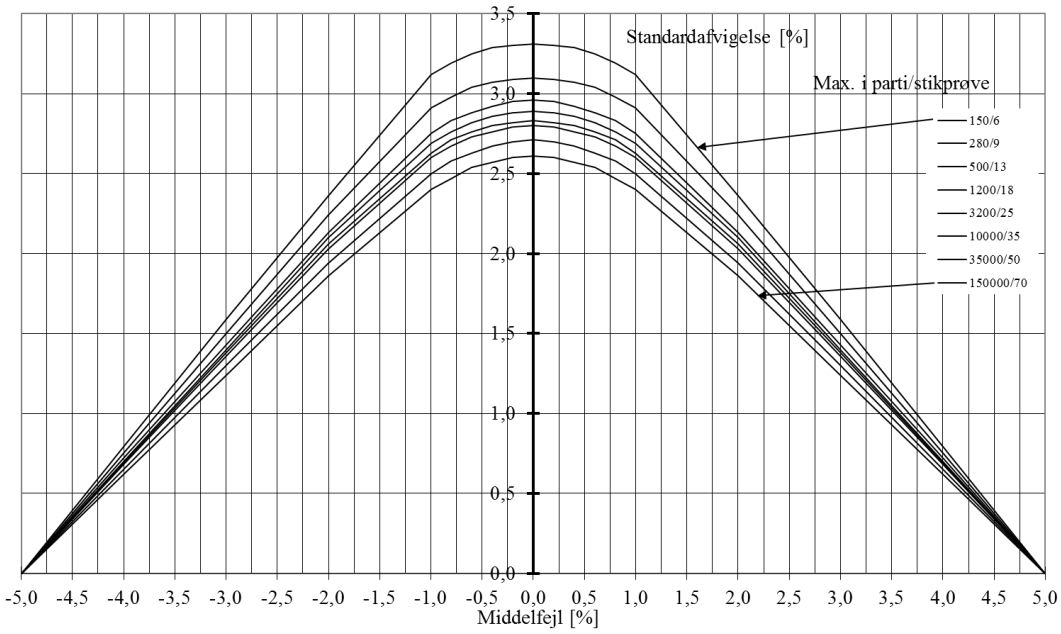
Afskæringsværdierne på x-aksen for acceptkurverne er baseret på de acceptable fejlvisninger som vist i tabel A.1.

**Tabel AA.1 Acceptable fejlvisninger for klasse 1 og klasse 2 elmålere.**

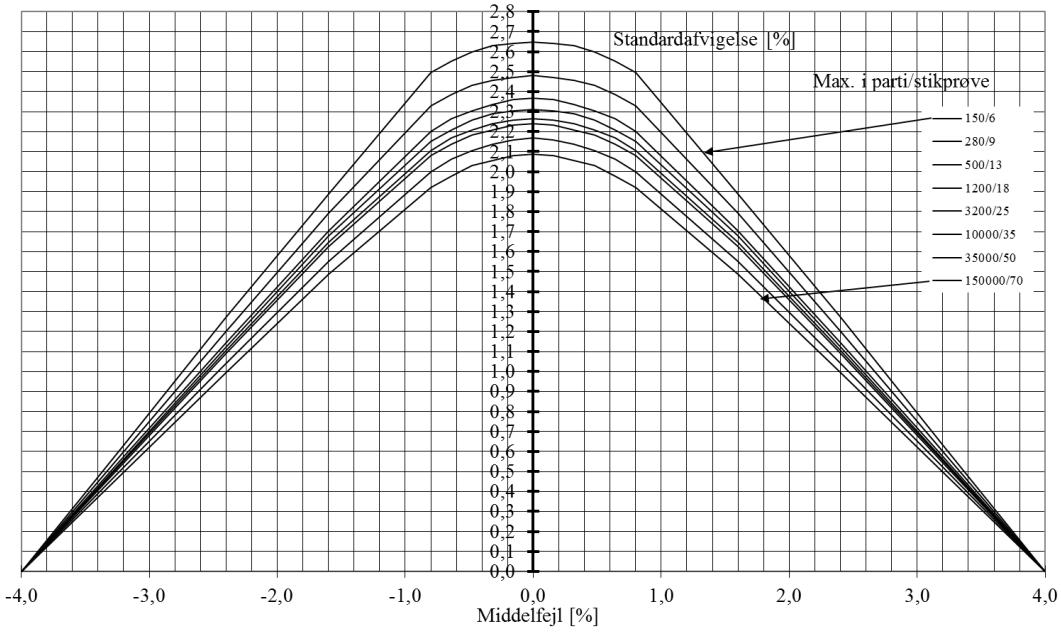
| Målepunkt | Acceptable fejlvisninger i ± % | |
|---|---|---|
| | Klasse 2 | Klasse 1 |
| **a) $0{,}05 \cdot I_b$** | 6 | 3 |
| **b) $I_b$** | 5 | 2 |
| **c) gennemsnit af a) og b)** | 4 | 4 |



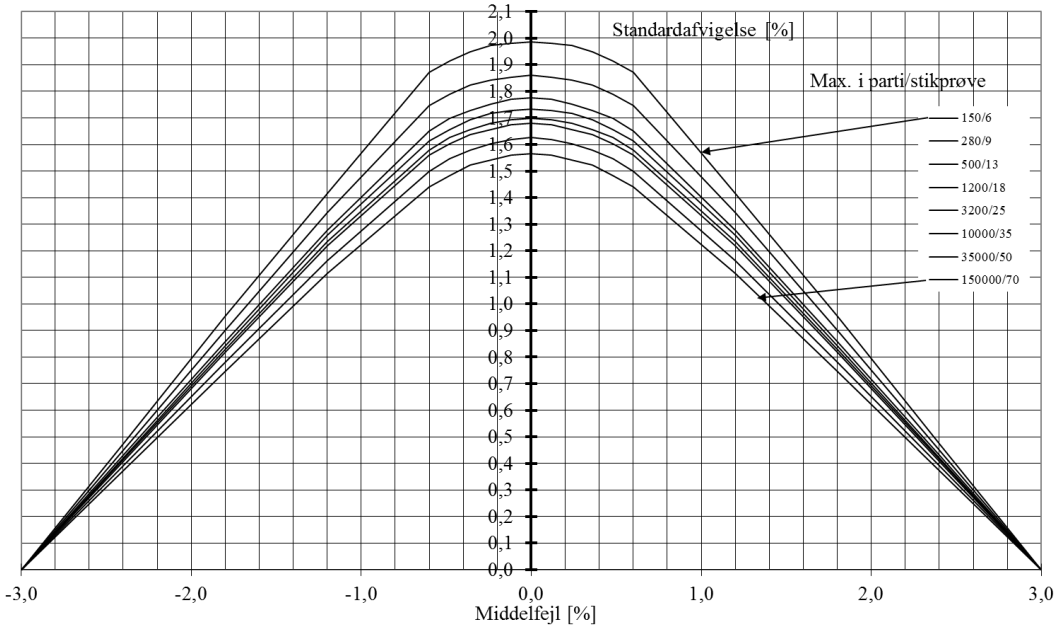

**Figur AA.1 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse 2, for målepunktet a ($0{,}05 \cdot I_b$).**



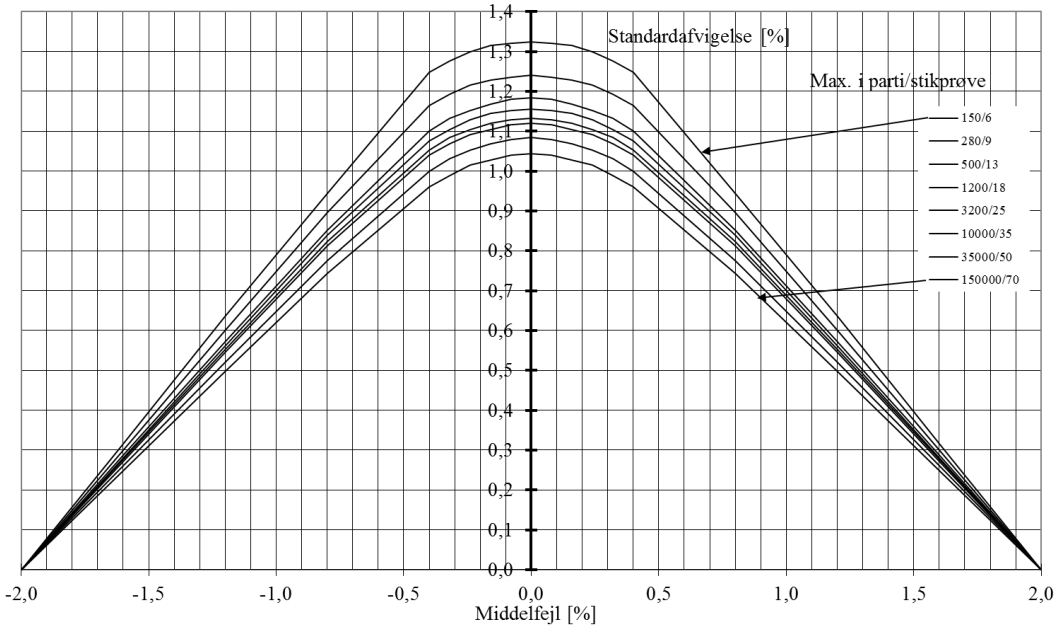

**Figur AA.2 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse 2, for målepunktet b ($I_b$).**




**Figur AA.3 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse 1 og klasse 2, for målepunktet c (gennemsnit af a og b).**




**Figur AA.4 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse 1, for målepunktet a ($0{,}05 \cdot I_b$).**




**Figur AA.5 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse 1, for målepunktet b ($I_b$).**

# Appendiks B ACCEPTKURVER FOR MÅLERINSTALLATIONER MED STRØMTRANSFORMERE

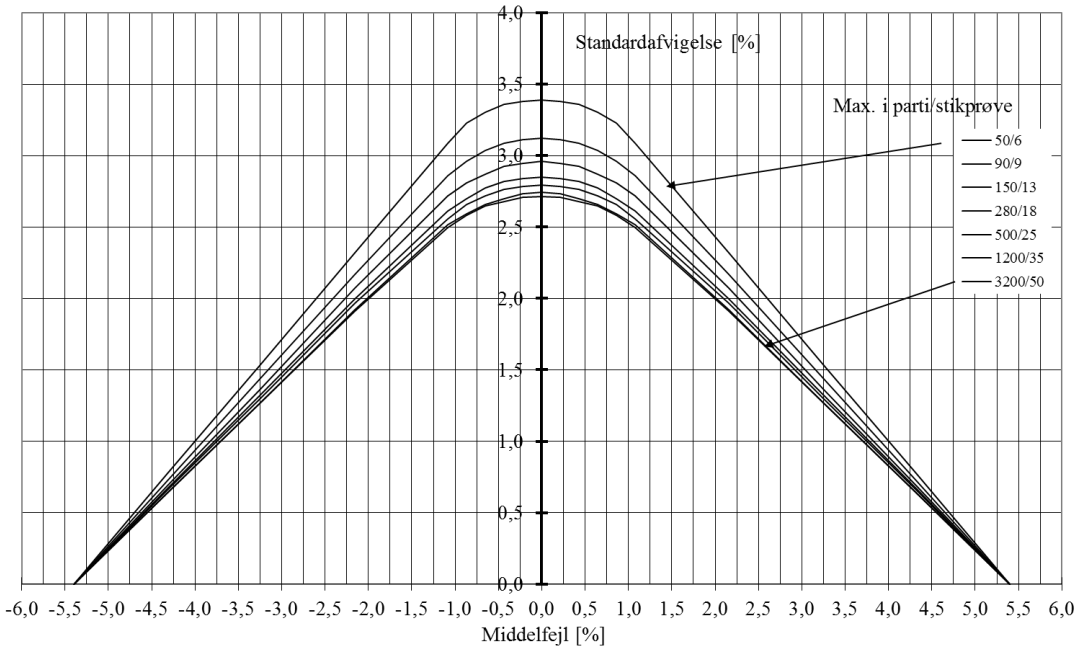
Figurerne i dette appendiks refererer til:

- Figurerne B1, B2 og B3: Elmålere af klasse 2 med tilsluttede strømtransformere.
- Figurerne B4, B5 og B6: Elmålere af klasse 1 med tilsluttede strømtransformere.

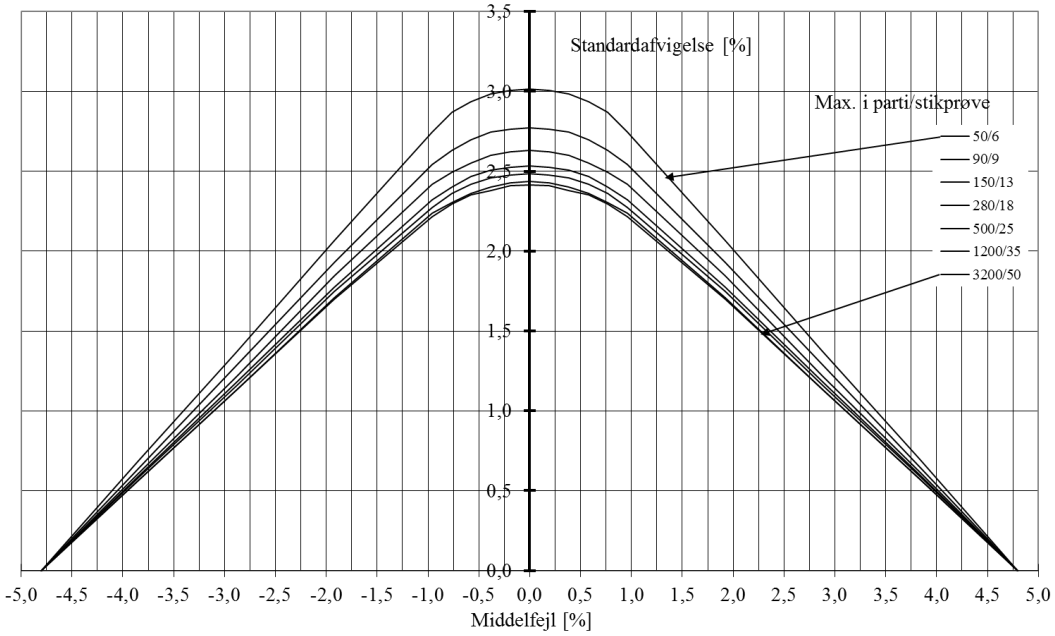
Afskæringsværdierne på x-aksen for acceptkurverne er baseret på de acceptable fejlvisninger som vist i tabel B.1. For alle kurver er anvendt AQL = 1,5 % og inspektionsniveau II.

**Tabel AB.1 Acceptable fejlvisninger for elmålere med strømtransformere.**

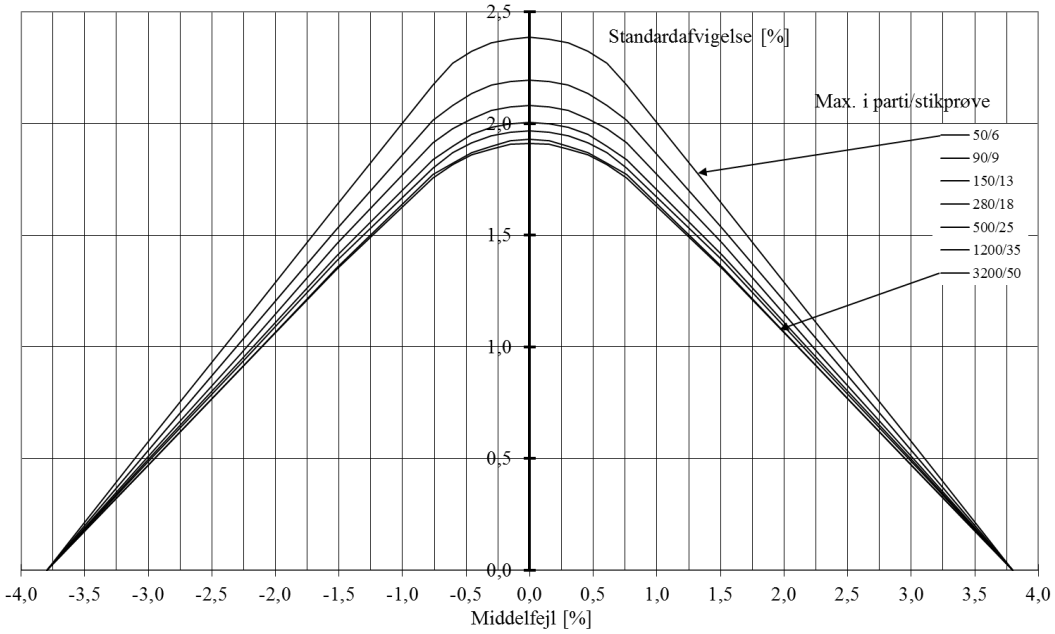
| Målepunkt | Acceptable fejlvisninger i ± % | |
|---|---|---|
| | Klasse 2 | Klasse 1 |
| **a) 0,025·$I_n$** | 5,4 | 3 |
| **b) $I_n$** | 4,8 | 2 |
| **c) gennemsnit af a) og b)** | 3,8 | 3,8 |



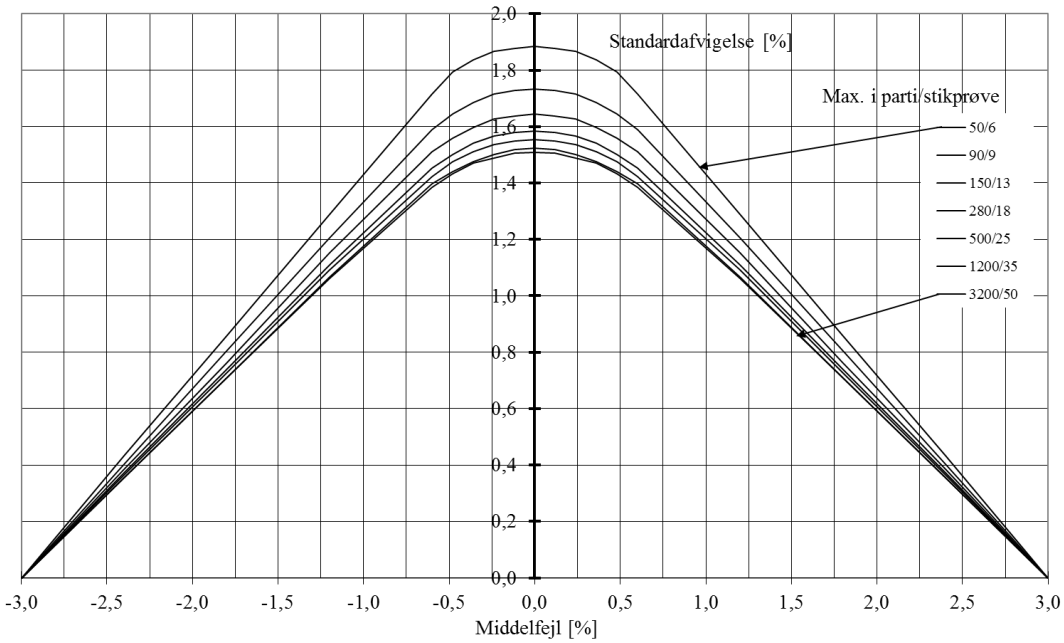

**Figur AB.1 Acceptkurver for elmålere af klasse 2 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet a (0,025·$I_n$).**



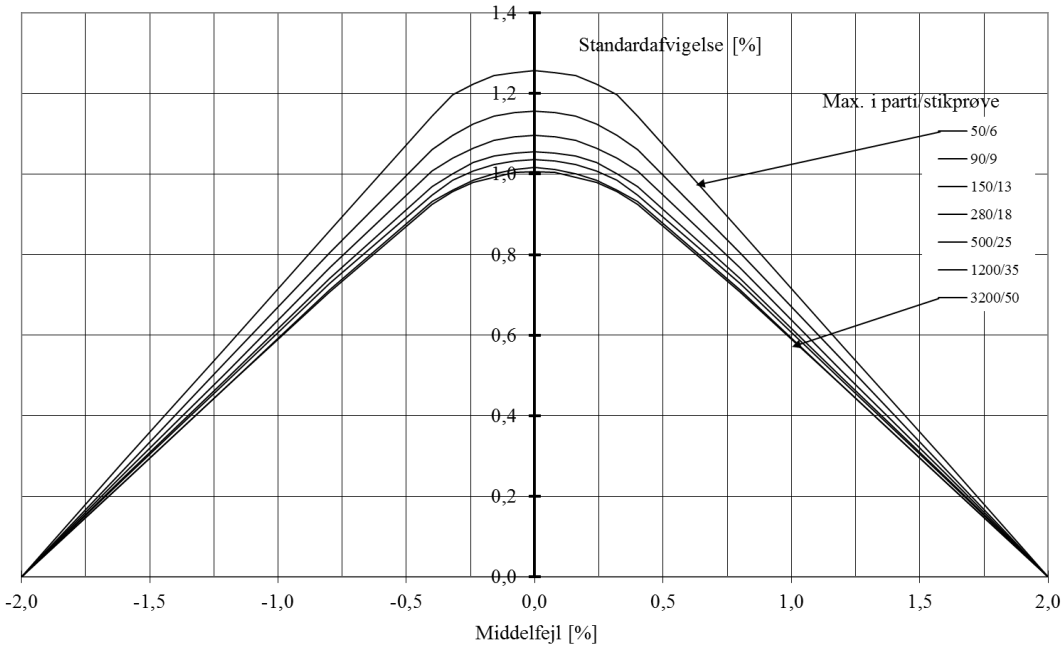

**Figur AB.2 Acceptkurver for elmålere af klasse 2 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet b ($I_n$).**



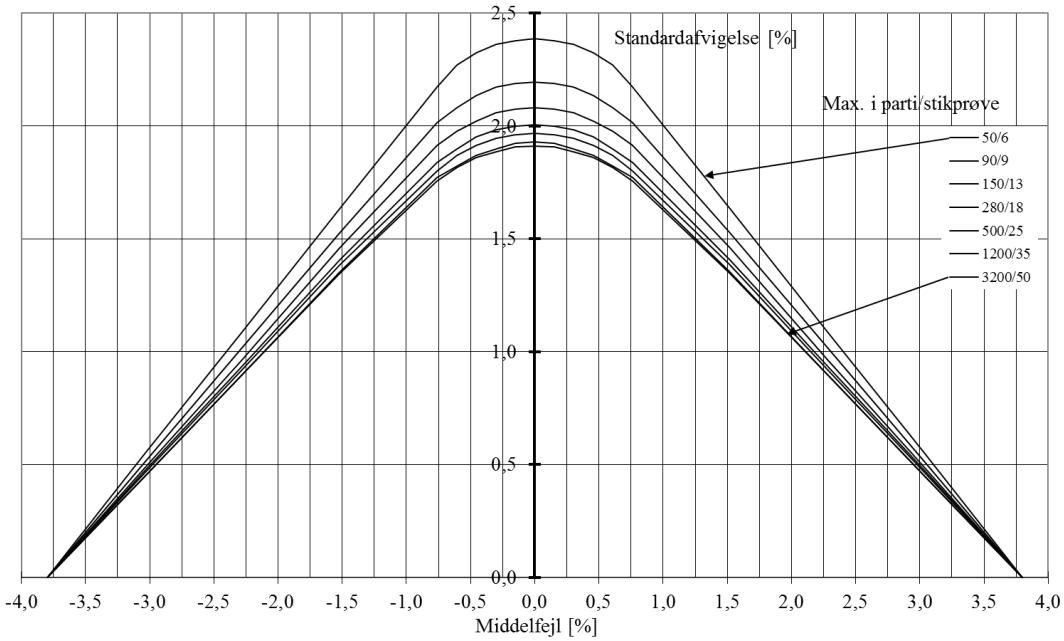

**Figur AB.3 Acceptkurver for elmålere af klasse 2 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet c (gennemsnit af a og b).**




**Figur AB.4 Acceptkurver for elmålere af klasse 1 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet a ($0{,}025 \cdot I_n$).**




**Figur AB.5 Acceptkurver for elmålere af klasse 1 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet b ($I_n$).**




**Figur AB.6 Acceptkurver for elmålere af klasse 1 i målerinstallationer med strømtransformere for målepunktet c (gennemsnit af a og b).**

# Appendiks C OPERATIONSKARAKTERISTIKKER

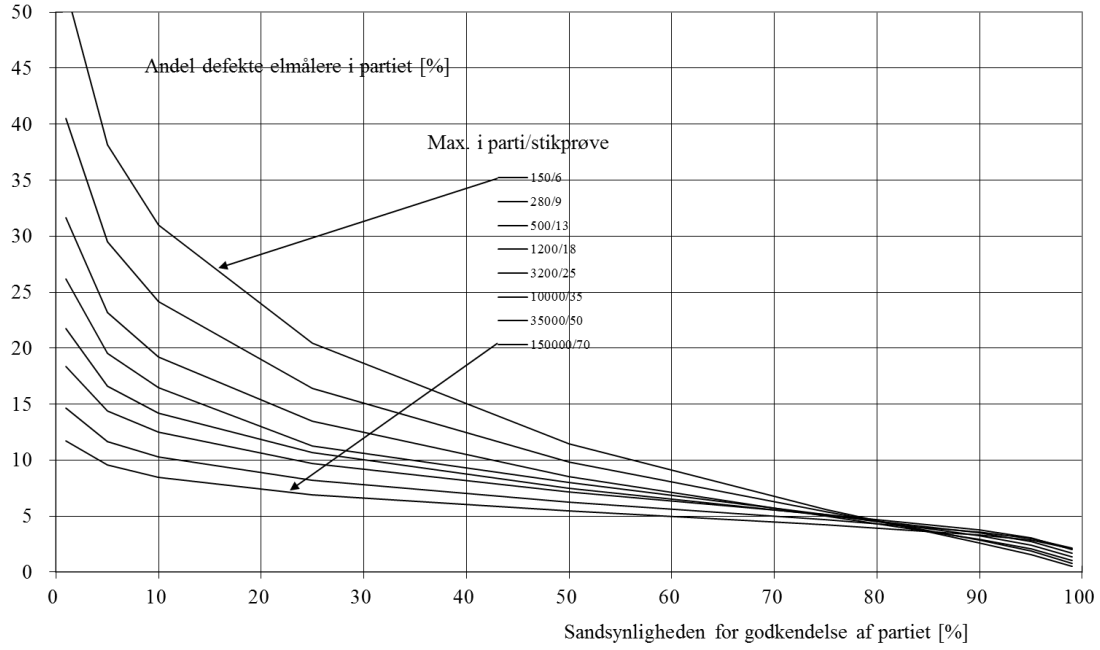
Figurerne (operationskarakteristikkerne) i dette appendiks beskriver sandsynligheden for at godkende et parti som funktion af andelen af defekte elmålere i partiet. Da der er en entydig sammenhæng mellem partistørrelse og stikprøvestørrelse, kan dette udtrykkes som funktion af stikprøvestørrelsen.

Kurverne gælder for henholdsvis direkte tilsluttede elmålere og for elmålere placeret i målerinstallationer med strømtransformere, svarende til de i kapitel 4 valgte stikprøvninger.

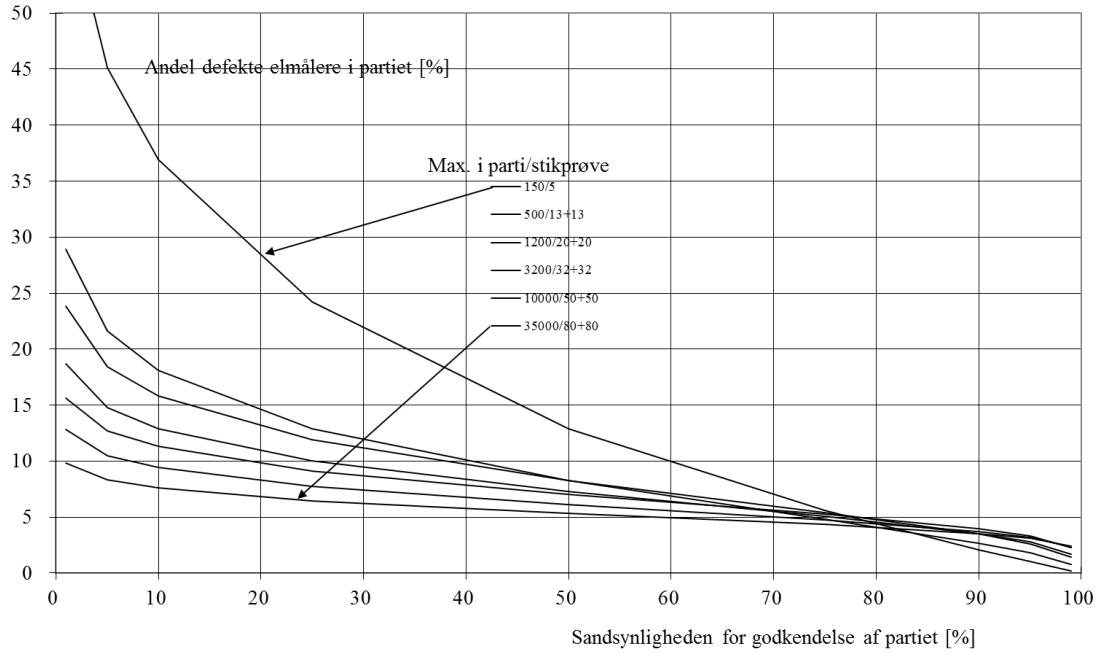
Sandsynligheden for godkendelse af et givet parti er stort set uafhængig af dets samlede antal elmålere, når blot dette er væsentligt større end stikprøvestørrelsen (minimum ca. fem gange).

Der er ikke behov for kurverne ved stikprøvningernes praktiske gennemførelse. De er kun vist til illustration af, at der er en vis risiko for forkastelse af et parti med kvalitetsniveau bedre end AQL og en vis risiko for godkendelse af et parti med et dårligere kvalitetsniveau.

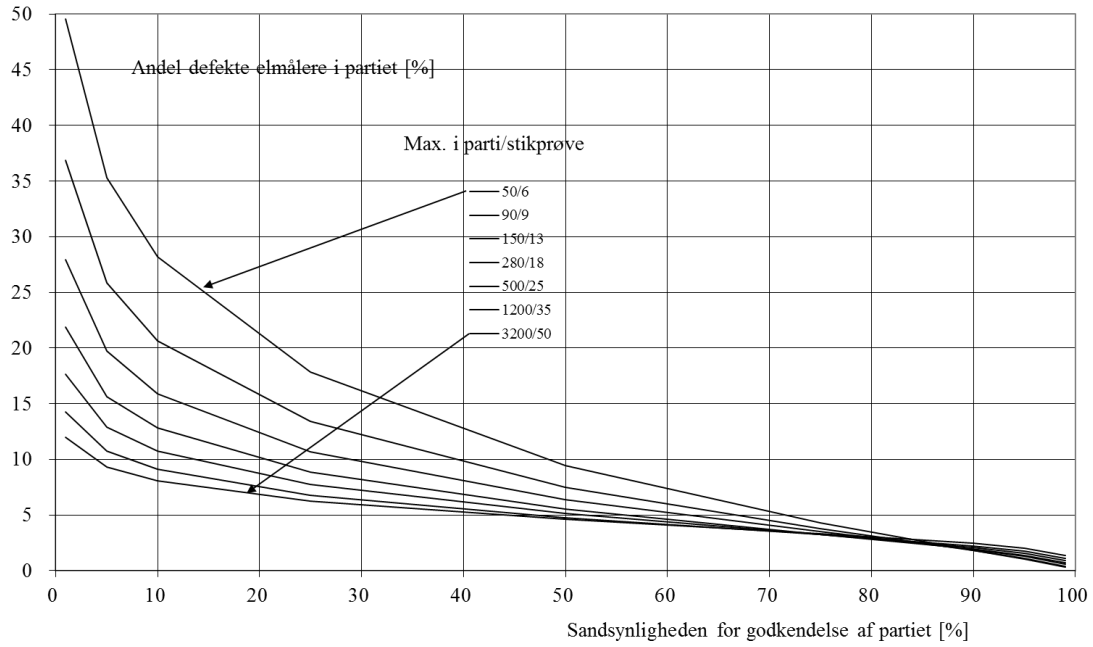
Operationskarakteristikkerne for inspektion ved variable viser principielt kun sandsynligheden for, at et parti godkendes på ét af de tre afgørende kriterier: Fejlen ved $0{,}05 \cdot I_b$ (hhv. $0{,}025 \cdot I_n$), ved $I_b$ (hhv. $I_n$), eller gennemsnittet af de to værdier. Et parti godkendes imidlertid først, når det er godkendt på alle tre kriterier. De resulterende operationskarakteristikker, dvs. sammenhængen mellem antal elmålere med én eller flere for store fejl og sandsynligheden for godkendelse på alle kriterier, bliver dog stort set lig med de viste kurver, når et enkelt af kriterierne dominerer i partiet, eller når fejlene ved $0{,}05 \cdot I_b$ og $I_b$ (hhv. $0{,}025 \cdot I_n$ og $I_n$) er stærkt korrelerede ("følges ad").



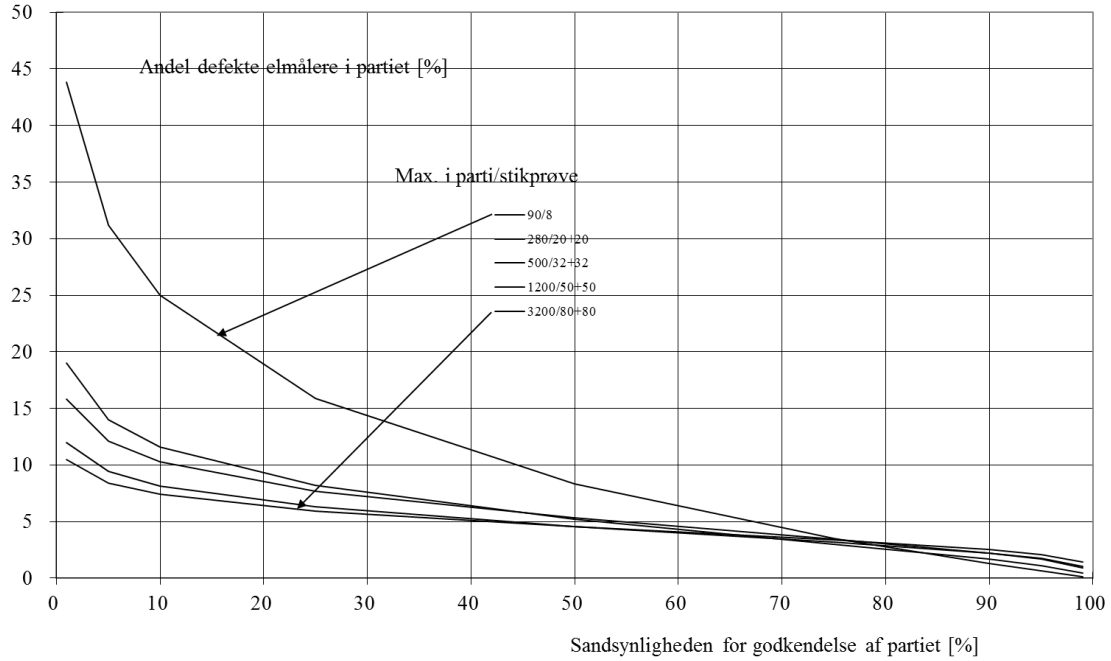

**Figur AC.1 Operationskarakteristikker for direkte tilsluttede elmålere for inspektion ved variable. AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I.**




**Figur AC.2 Operationskarakteristikker for direkte tilsluttede elmålere for inspektion ved attributter. AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I. Kurven 150/5 gælder for etplans stikprøvning, mens de øvrige kurver gælder for toplans stikprøvning.**




**Figur AC.3 Operationskarakteristikker for elmålere i målerinstallationer med transformere for inspektion ved variable. AQL = 1,5 % og inspektionsniveau II.**




**Figur AC.4 Operationskarakteristikker for elmålere i målerinstallationer med strømtransformere for inspektion ved attributter. AQL = 1,5 % og inspektionsniveau II. Kurven 90/8 gælder for etplans stikprøvning, mens de øvrige kurver gælder for toplans stikprøvning**

# Appendiks D GRAFISK METODE TIL KONTROL AF NORMALFORDELING

En grafisk metode til kontrol af, om måleresultaterne er normalfordelte, er beskrevet i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4].

I denne metode sorteres de fundne målefejl $x_1$, $x_2$,…., $x_n$ efter størrelse med den laveste (mest negative) først.

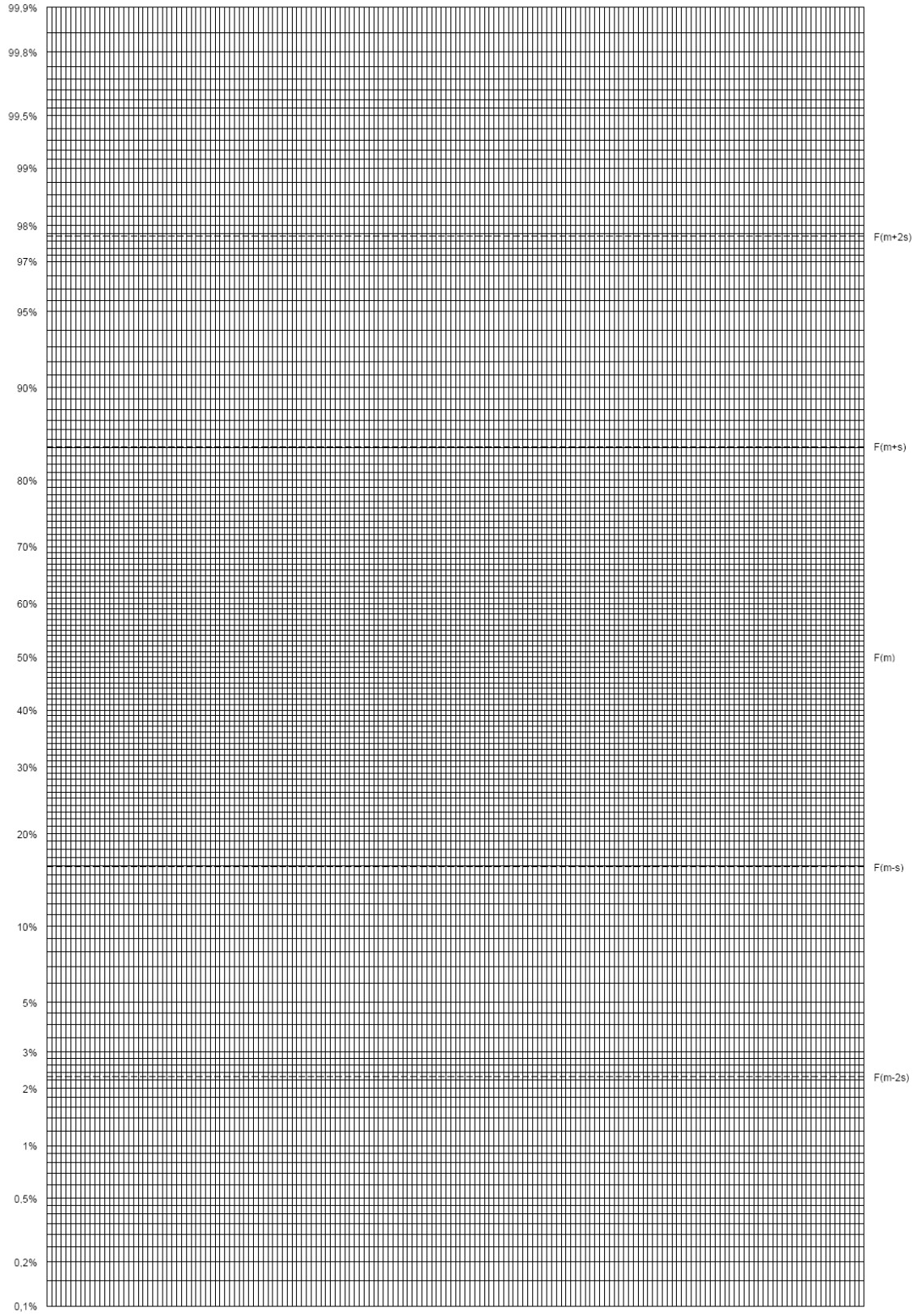
For hver observeret målefejl, $x_k$, hvor k=1,2,3,…, n, beregnes værdien, $P_k$, af den kumulative fordelingsfunktion:

$$P_k = 100\frac{k-0{,}375}{n+0{,}25}\% \quad \text{hvor k=1,2,…, n}$$

Punkterne ($x_k$, $P_k$) afbildes derefter på normalfordelingspapir (se næste side).

Hvis punkterne grupperer sig tæt omkring en ret linje, kan måleværdierne antages at være normalfordelte.

Metoden giver ikke noget præcist mål for, hvor godt måleværdierne passer med antagelsen om normalfordeling. Hvis den grafiske metode efterlader tvivl om, hvorvidt resultaterne er normalfordelte, må man derfor tage én af de andre metoder i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4] i anvendelse.




**Figur AD.1 Normalfordelingspapir**

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

TR 355-1, 2. udgave
Marts 2015

# Kontrolsystem for idriftværende MID elmålere

**Rapporten er udarbejdet af:**


| | |
|---|---|
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi (sekretær 1. og 2. udgave) |
| Lars Hosbjerg | EnergiMidt (1. og 2. udgave) |
| Klaus Kargaard Jensen | DONG Energy (1. og 2. udgave) |
| Per Frederiksen | HEF Net (1. og 2. udgave) |
| Poul Berthelsen | NRGi (2. udgave) |
| Anders Færk | SEAS-NVE (2. udgave) |
| John Maltesen | NRGi (1. udgave) |
| Leif Hansen | SEAS-NVE (1. udgave) |
| Jesper Keincke | SEAS-NVE (1. udgave) |
| Kaj Kibsgaard | SE (1. udgave) |
| Hanne Scherrebeck | Sikkerhedsstyrelsen (1. udgave) |


---


| | |
|---|---|
| **DEFU rapport:** | TR 355-1, 2. udgave |
| **Klasse:** | 1 |
| **Rekvirent:** | Dansk Energi - Net |
| **Dato for udgivelse:** | 13. marts 2015 |
| **Sag:** | 7050 |


© DEFU 2015

## RESUMÉ

Rapporten giver retningslinjer for løbende overvågning af idriftværende elektroniske elmålere, som er godkendt efter Måleinstrumentdirektivet, MID, [Ref. 3], og gælder for såvel direkte tilsluttede elmålere som for transformertilsluttede elmålere (lavspænding).

Rapporten henvender sig til netselskaberne i Danmark og primært til personale, der varetager eller udfører kontrol af idriftværende elmålere.

For direkte tilsluttede elmålere og elmålere placeret i lavspændingstransformerinstallationer med strømtransformere men uden spændingstransformere, kan der vælges mellem stikprøvekontrol, periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

For lavspændingstransformerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere kan der vælges mellem periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

For stikprøvekontrol gives retningslinjer for gruppering, stikprøvningsintervaller og statistiske metoder. For statistiske metoder kan der vælges mellem attribut- og variabelmetoden.

Nærværende rapport skal ses som et supplement til DEFUs TR 355 [Ref. 13], der dækker elmålere, som ikke er godkendt efter MID [Ref. 3].

Udgangspunktet for nærværende rapport er, at målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 % jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1].

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resumé** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Indledning** ..... **5**

*1.1. Rapportens opbygning* ..... *5*

**2. Symbolliste og betegnelser** ..... **6**

**3. Valgte parametre** ..... **9**

*3.1. Målerinstallationer og elmålere* ..... *9*

*3.2. Princip* ..... *9*

*3.3. Valgte parametre* ..... *10*

*3.4. Målerinstallationer, som ikke har både spændings- og strømtransformere* ..... *12*

*3.5. Målerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere* ..... *17*

**4. Stikprøvekontrol** ..... **18**

*4.1. Gruppering og håndtering af partier* ..... *18*

*4.2. Stikprøvning* ..... *24*

**5. Periodisk totalkontrol** ..... **38**

**6. Permanent overvågning** ..... **39**

**7. Kontrolmuligheder via fjernaflæsningssystemer** ..... **40**

*7.1. Elmålerens indbyggede kontrolfunktioner* ..... *40*

*7.2. Kontrol af hjemtagne data* ..... *40*

**8. Referencer** ..... **41**

**Appendiks A Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere** ..... **42**

**Appendiks B Acceptkurver for målerinstallationer med strømtransformere** ..... **44**

**Appendiks C Operationskarakteristikker** ..... **46**

**Appendiks D Grafisk metode til kontrol af normal-fordeling** ..... **49**

# 1. INDLEDNING

I Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug [Ref. 2] (herefter bekendtgørelsen) kræves, at

- netvirksomheden skal etablere et kontrolsystem til overvågning af samtlige elmåleres nøjagtighed, og
- at stikprøvningerne skal foretages på et akkrediteret laboratorium.

I henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] er netvirksomheden altid ansvarlig for, at de idriftværende elmålere måler nøjagtigt. Hvis netvirksomheden har mistanke om fejl på elmålere, skal disse fejl derfor rettes, uafhængigt af det normale driftskontrolsystem.

I nærværende rapport beskrives et kontrolsystem, efter hvilket netvirksomheder løbende kan overvåge kvaliteten af de installerede, elektroniske MID-elmålere, såvel direkte som transformertilsluttede. I henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] skelnes der mellem følgende kontrolsystemer:

1. Statistisk stikprøvekontrol.
2. Periodisk totalkontrol.
3. Permanent overvågning ved kontrolmåling.

Udgangspunktet for det beskrevne kontrolsystem er, at;

1. den enkelte elmåler er godkendt efter MID [Ref. 3] og at
2. målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 %, jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref.1].

## 1.1. RAPPORTENS OPBYGNING

Kapitel 3 beskriver de valgte parametre, specielt de acceptable fejlvisninger.

Kapitel 4 beskriver stikprøvekontrol og indeholder bl.a. gruppering, stikprøvninger (hvor der kan vælges mellem attribut- og variabelmetoden) samt to eksempler.

Kapitel 5 og 6 beskriver henholdsvis periodisk totalkontrol og permanent overvågning.

Kapitel 7 beskriver kontrolmuligheder via et fjernaflæsningssystem.

Endelig er der fire appendiks, som omhandler acceptkurver, operationskarakteristikker og en grafisk metode til kontrol af normalfordeling.

## 2. SYMBOLLISTE OG BETEGNELSER

| Sym-bol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| **AQL (Acceptance Quality Limit)** | AQL kan opfattes som et acceptabelt kvalitetsniveau og angives som oftest i %. Det er den maksimale andel uacceptable elmålere med fejlvisninger i partiet. AQL er en indgangsparameter til ISO-standardernes tabeller over stikprøveplaner. |
| **Attribut-stikprøvning** | Her baseres forkastelse eller godkendelse af et elmålerparti direkte på baggrund af en optælling af antallet af elmålere med for stor fejlvisning. Metodens fordel er, at den er uafhængig af fejlenes statistiske fordeling. |
| **Etplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der kun udtages én stikprøve, og ud fra denne afgøres, om partiet skal forkastes eller godkendes. |
| **Førstegangs-verifikation** | Herved forstås en verifikation af en elmåler, som ikke har været verificeret før. |
| **$I_{maks}$** | Defineret i MID som den højeste strømværdi, hvor fejlen ligger inden for de maksimalt tilladelige fejl. |
| **Inspektions-niveau** | En parameter, der benyttes i forbindelse med valg af størrelsen af stikprøven. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen. For yderligere forklaring henvises til DS/ISO 2859-2:1992, afsnit 3.5.2 [Ref. 14]. |
| **$I_{tr}$** | $I_{tr}$ er i MID defineret som den strømværdi, over hvilken fejlen ligger inden for de mindste maksimalt tilladelige fejl, som svarer til målerens klasseindeks. |
| **Kalibrering** | Ved kalibrering af et måleinstrument forstås den fremgangsmåde, der under fastlagte betingelser kan vise, hvilken forskel der er mellem værdierne på instrumentet og de tilsvarende kendte, korrekte værdier. Dette svarer til det, der foretages i forbindelse med be- |

| Sym-bol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| | stemmelse af nøjagtighederne for målepunkterne 4 til og med 9 i DEFUs TR 354 [Ref. 10].<br>Der er således ikke tale om en indjustering af måleren, men udelukkende en bestemmelse af målefejl. |
| **Mærkestrøm $I_n$** | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt i overensstemmelse med relevante strømtransformere. Bemærk, at mærkestrøm kun anvendes for elmålere, der tilsluttes via transformere. |
| **Operations-karakteristik** | Beskriver sandsynligheden for at godkende et parti som funktion af andelen af defekte elmålere i partiet. Da der er en entydig sammenhæng mellem partistørrelse og stikprøvestørrelse, kan operationskarakteristikken udtrykkes som funktion af stikprøvestørrelse. |
| **Overensstem-melsesvurdering** | Vurdering af et måleinstruments overensstemmelse med de relevante væsentlige krav i MID [Ref. 3]. Vurderingen skal gennemføres ved anvendelse efter fabrikantens valg af én af de overensstemmelsesvurderingsprocedurer, der for elmålere er angivet i Bilag MI-003 i MID [Ref. 3]. |
| **Reverifikation** | Herved forstås en verifikation, der kommer efter en førstegangsverifikation (for elmålere godkendt efter andre regler end MID) eller en overensstemmelsesvurdering (for elmålere godkendt efter MID). |
| **Starttidspunkt** | For en ikke istandsat elmåler kan elmålerens starttidspunkt valgfrit defineres som tidspunktet for fabrikation, indkøb eller første opsætning.<br>For en istandsat elmåler defineres elmålerens starttidspunkt som tidspunktet for enten seneste istandsættelse eller første, påfølgende opsætning. |
| **Startår** | For elmålere, der er godkendt efter MID [Ref. 3] defineres startåret for et parti som kalenderåret for starttidspunktet for den ældste elmåler i partiet.<br>For elmålere, der er godkendt efter andre regler end MID, defineres startåret som kalenderåret for tidspunktet midt i intervallet for |

| Sym-bol/betegnelse | Definition eller forklaring |
|---|---|
| | de indgående elmåleres starttidspunkter. |
| **Toplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der tages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet, dvs., at man ved den første stikprøve ikke kan afgøre, om partiet skal forkastes eller godkendes. |
| **Variabel-stikprøvning** | Her baseres forkastelse eller godkendelsen af et elmålerparti på en beregning af middelværdi <x> og standardafvigelse s for elmålerfejlene i stikprøven. Fejlene forudsættes normalfordelte, og ud fra de beregnede størrelser fås et skøn over, hvor mange elmålere i partiet, der ligger udenfor fejlgrænserne. |
| **Verifikation** | Herved forstås de operationer, som omfatter en identifikation, undersøgelse, kalibrering, mærkning og plombering af elmåleren, og som konstaterer og bekræfter, at elmåleren opfylder myndighedernes forskriftsmæssige krav specielt angående målenøjagtighed. |

# 3. VALGTE PARAMETRE

## 3.1. MÅLERINSTALLATIONER OG ELMÅLERE

De målerinstallationer, som nærværende rapport omhandler, kan i henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] inddeles i følgende kategorier:

1) Måling af elforbrug i husholdninger.
   Her måles el-leverancen direkte ved hjælp af elmåleren. Her benyttes normalt klasse B elmålere.

2) Måling af elforbrug i erhvervsmiljøer og i lette industrimiljøer.
   a) Hvis måleren er tilsluttet en spændingstransformer, skal der anvendes en elmåler af nøjagtighedsklasse C.
   b) I andre tilfælde end beskrevet under pkt. a) skal der anvendes målere af nøjagtighedsklasse B eller bedre.

3) Andre installationer, hvor måleren er tilsluttet en spændingstransformer, og MID elmålere kan anvendes, jf. DEFUs TR 353, afsnit 5.2 [Ref. 11]. Her benyttes klasse C målere.

## 3.2. PRINCIP

Elmålerne overvåges løbende ved brug af et af følgende kontrolsystemer:

1) Statistisk stikprøvekontrol. Systemet bygger på en opdeling af elmålerbestanden i partier. Hvert parti underkastes periodisk stikprøvekontrol. Udfaldet afgør, om partiet forbliver i drift eller hjemtages.

2) Periodisk totalkontrol. Systemet bygger på, at elmålerne individuelt nedtages og erstattes med nye eller reverificerede elmålere.

3) Permanent overvågning ved kontrolmåling. Systemet bygger på, at der anvendes en hoved- og kontrolmåler i målerinstallationen. Ved afvigelser mellem disse hjemtages enten hoved- eller kontrolmåleren til kontrol. Derudover hjemtages hoved- og kontrolmåler på skift til kontrol med faste intervaller.

Metode 1) kan kun anvendes for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere i lavspændingsinstallationer med strømtransformere (men uden spændingstransformere).

Metode 2) og 3) kan anvendes for alle målerinstallationer. Metode 3) vil dog som oftest kun blive benyttet i forbindelse med højspændingstransformerinstallationer.

Vedrørende opbygningen og krav til komponenter i målerinstallationer for transformermåling henvises til DEFUs TR 353 [Ref. 11].

### 3.3. VALGTE PARAMETRE

Udgangspunktet for det beskrevne kontrolsystem er, at:

1. den enkelte elmåler overholder kravene i MID [Ref. 3],
2. målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 % jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser[1], [Ref. 1] og
3. Sikkerhedsstyrelsens anbefalinger i Måleteknisk vejledning, MV 07.51-03 [Ref. 8], benyttes som grundlag for kontrolsystemet.

På dette grundlag er der foretaget følgende valg af parametre:

- Kontrolsystemet kan i henhold til bekendtgørelsen [Ref. 2] etableres som:
  1. stikprøvekontrol af partier af ensartede elmålere,
  2. periodisk totalkontrol eller
  3. permanent overvågning af elmålerne ved hjælp af en ekstra elmåler (en kontrolmåler).

- Ved stikprøvekontrol kan systemet opbygges ved hjælp af DS/ISO 3951, 2007, del 1-3 *"Procedurer for stikprøveinspektion ved måling med kontinuert variation"* [Ref. 5] eller DS/IS0 2859-1 +Cor. 1, 2001*"Metoder for stikprøveinspektion ved alternativ variation - Del 1: Puljer af stikprøveplaner opstillet efter kvalitetsniveau for godkendelse (AQL) for inspektion af partier i fortløbende rækker"* [Ref. 6].

- Den første statistiske stikprøvekontrol i et parti af ensartede målere foretages senest 6 år efter, at målerne er sat op.

- Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol anvendes til at fastlægge den følgende opsætningsperiode indtil den næste statistiske stikprøvekontrol:
  1. Partiet overholder de maksimalt tilladelige fejl for nye målere.
     Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol viser, at målerne fungerer lige så godt som nye målere. Partiet kan derfor forblive opsat i op til 6 år, hvorefter der foretages en ny statistisk stikprøvekontrol.
  2. Partiet overholder 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere.
     Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol viser, at målerne ikke fungerer helt så godt som nye målere. Målerne er dog acceptable at anvende. Partiet kan derfor forblive opsat i op til 3 år, hvorefter der foretages en ny statistisk stikprøvekontrol.

[1] Det er antaget, at nøjagtighedsmålet skal opfattes på den måde, at den enkelte forbruger skal afregnes med en usikkerhed inden for intervallet ± 4 %, hvor usikkerheden på energimålingen defineres som et gennemsnit af fejlvisningerne ved to målepunkter, jf. Dansk Energis udarbejdede forslag til leveringsbestemmelser [Ref. 1]. Endvidere er der gået ud fra, at fejlene for en elmåler i drift ikke må overstige 1,5 gange tolerancen for en ny MID elmåler [Ref. 3] i de respektive punkter, jf. bekendtgørelsen [Ref. 2]

3. Partiet overholder ikke 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere.
   Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol viser, at der ikke er tilstrækkelig sikkerhed for, at målerne i drift overholder 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere. Partiet udskiftes derfor hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.

- I forbindelse med stikprøvekontrol for **direkte tilsluttede elmålere** skal der anvendes et kvalitetsniveau på AQL = 2,5 % og et inspektionsniveau I[2].

- I forbindelse med stikprøvekontrol for **elmålere med tilsluttede transformere** skal der anvendes et kvalitetsniveau på AQL = 1,5 % og et inspektionsniveau II[2].

- Ved periodisk totalkontrol af elmålere skal alle målere i partiet udskiftes senest 6 år efter, at målerne er sat op.

- Ved permanent overvågning, hvor der anvendes to elmålere af samme fabrikat eller type og med samme alder, skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren hjemtages til kontrol senest 6 år efter, at måleren er sat op. Efter yderligere 6 år nedtages den anden måler til kontrol.

- Anvender netvirksomheden derimod elmålere af forskelligt fabrikat eller type eller ens målere af væsentlig forskellig alder til permanent overvågning, skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren hjemtages til kontrol senest 10 år efter, at måleren er sat op. Efter yderligere 10 år nedtages den anden måler til kontrol.

Endvidere er der gået ud fra følgende:

- Fejlene for en elmåler i nøjagtighedsklasse B (både for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere med strømtransformere) i drift må ikke overstige ± 2,25 % ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ (omtalt som målepunkt a. jf. tabel 3.1) og ± 1,5 % ved $10 \cdot I_{tr}$ for direkte tilsluttede elmålere og ved $I_n$ for transformertilsluttede elmålere (omtalt som målepunkt b. jf. tabel 3.1). Disse grænser er 1,5 gange de tolerancer, der gælder for nye MID [Ref. 3] elmålere ved referencebetingelser iht. DS/EN 50470-3:2007 [Ref. 7].
  For en elmåler i nøjagtighedsklasse C (elmålere med strømtransformere) må fejlen ved disse målepunkter ikke overstige henholdsvis ± 1,5 % og ± 0,75 %.
  Bemærk, at for en transformertilsluttet elmåler svarer $I_{tr}$ til $0{,}05 \cdot I_n$, og $0{,}5 \cdot I_{tr}$ er derfor det samme som $0{,}025 \cdot I_n$.

[2] En parameter, der benyttes i forbindelse med valg af størrelsen af stikprøven. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen.

- Hvis kravet om 1,5 gange de maksimalt tilladte afvigelser er overholdt, kan partiet holdes i drift, og den tilladelige, nye efterfølgende opsætningsperiode afhænger af, om afvigelserne også ligger under tolerancerne for nye MID-elmålere [Ref. 3].
  Fejlene for en ny elmåler i nøjagtighedsklasse B (både for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere med strømtransformere) må ikke overstige ± 1,5 % ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ og ± 1,0 % ved $10 \cdot I_{tr}$ for direkte tilsluttede elmålere og ved $I_n$ for transformertilsluttede elmålere.
  For en ny elmåler i nøjagtighedsklasse C (elmålere med strømtransformere) må fejlen ved disse strømme ikke overstige henholdsvis ± 1,0 % og ± 0,5 %.
  Hvis disse grænser er overholdt, er den efterfølgende opsætningsperiode op til 6 år – i modsat fald er den op til 3 år.

- Er kravet om 1,5 gange de maksimalt tilladte afvigelser ikke overholdt, skal partiet udskiftes hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.

- I Dansk Energis vejledende leveringsbestemmelser [Ref. 1]er anført en fejlgrænse på ± 4 %. Det er defineret, at denne grænse gælder for et gennemsnit af de to fejl som forekommer i målepunkterne a og b. Da gennemsnittet i alle tilfælde vil være under ± 4 %, hvis kravene er opfyldt i begge målepunkter, benyttes gennemsnitsværdien kun til eventuel information af kunden.

- For elmålere i lavspændingstransformerinstallationer (med strømtransformere) tages der udgangspunkt i henholdsvis en "lille strøm" og en "stor strøm". Disse målepunkter er nærmere beskrevet i DEFUs TR 357, afsnit 11 [Ref. 9]. Da den acceptable fejlvisning på klasse B og C elmålere ligger langt under leveringsbestemmelsernes fejlgrænse på ± 4 %, vil bidraget til fejlvisningen fra strømtransformere af klasse 0,5 eller bedre ikke kunne bringe den samlede fejl op i nærheden af de ± 4 %. Også for transformermålere er de acceptable fejlvisninger derfor 1,5 gange de tolerancer, der gælder for nye målere.

- De anvendte målepunkter gælder for symmetriske belastninger og ved $\cos\varphi = 1$.

### 3.4. MÅLERINSTALLATIONER, SOM IKKE HAR BÅDE SPÆNDINGS- OG STRØMTRANSFORMERE

En idriftværende elmålers fejlvisning må ikke overstige talværdierne i søjlerne med overskriften ”3 år” i

tabel 3.1, som er 1,5 gange de maksimalt tilladte fejlvisninger for nye målere ved referencebetingelser iht. DS/EN 50470-3:2006 [Ref. 7]. Kontrollen baseres på strømmålinger med cosφ = 1 og en symmetrisk belastning. Som det fremgår af

tabel 3.1, måles elmålernes fejlvisninger ved henholdsvis en lav og en høj belastningsstrøm. Hver af de målte fejlvisninger skal ligge inden for de acceptable fejlvisninger.

**Tabel 3.1 Acceptable fejlvisninger for stikprøvekontrol af direkte tilsluttede elmålere og transformermålere.**

| | Acceptable fejlvisninger i ± % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Direkte tilsluttede elmålere | | | Elmålere med strømtransformere | | | | |
| **Målepunkt** | Strøm | Klasse B | | Strøm | Klasse B | | Klasse C | |
| | | 6 år | 3 år | | 6 år | 3 år | 6 år | 3 år |
| **a)** | $0{,}5 \cdot I_{tr}$ | 1,5 | 2,25 | $0{,}025 \cdot I_n$ | 1,5 | 2,25 | 1,0 | 1,5 |
| **b)** | $10 \cdot I_{tr}$ | 1,0 | 1,5 | $I_n$ | 1,0 | 1,5 | 0,5 | 0,75 |

En stikprøvekontrol på et parti målere består af et eller to trin:

Det kontrolleres først, om partiet overholder grænserne for en ny 6 års opsætningsperiode. For en direkte tilsluttet klasse B elmåler er grænserne f.eks. ± 1,5 % ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ og ± 1,0 % ved $10 \cdot I_{tr}$ (angivet i søjlen ”6 år” i

1. tabel 3.1). Overholdes grænserne, foretages der ingen yderligere kontrol af partiet før næste stikprøvekontrol, senest efter yderligere 6 års drift.

Kan partiet ikke godkendes til en ny 6 års opsætningsperiode, undersøges det, om partiet overholder kravene for en 3 års opsætningsperiode. For en direkte tilsluttet klasse B elmåler er kravene ± 2,25 % ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ og ± 1,5 % ved $10 \cdot I_{tr}$ (angivet i søjlen ”3 år” i

2. tabel 3.1). Denne kontrol indebærer ikke nye kontrolmålinger men baseres på samme sæt målinger som den første kontrol. Hvis partiet overholder kravene, skal en ny stikprøvekontrol foretages senest efter 3 års yderligere drift. Er kravene ikke overholdt, skal partiet udskiftes hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.

Ved stikprøvekontrol af direkte tilsluttede elmålere er det acceptable kvalitetsniveau (AQL) sat lig med 2,5 %.

Ved stikprøvekontrol af transformermålere er det acceptable kvalitetsniveau (AQL) sat lig med 1,5 %. Stikprøvestørrelserne er valgt ud fra inspektionsniveau II, der giver en mindre risiko for godkendelse af uacceptable partier, men til gengæld større stikprøver og dermed et noget større arbejdsomfang pr. parti end inspektionsniveau I.

Dette bevirker, at der stilles større krav til målerkvaliteten ved stikprøvekontrol af lavspændingstransformerinstallationer end ved direkte tilsluttede elmålere. Begrundelsen for de større krav er, at disse målerinstallationer generelt registrerer et større forbrug end direkte tilsluttede målere, og de økonomiske konsekvenser af en fejlmåling er derfor større.

### 3.5. MÅLERINSTALLATIONER MED BÅDE STRØM- OG SPÆNDINGSTRANSFORMERE

Målerinstallationer med både strøm- og spændingstransformere overvåges ved en af de følgende metoder:

1. Periodisk totalkontrol. Metoden bygger på, at elmålerne individuelt nedtages og erstattes med nye eller reverificerede elmålere.
2. Permanent overvågning ved kontrolmåling. Metoden bygger på, at der anvendes en hoved- og kontrolmåler i målerinstallationen. Ved afvigelser mellem disse hjemtages enten hoved- eller kontrolmåleren til kontrol. Derudover hjemtages hoved- og kontrolmåler på skift til kontrol med faste intervaller.

# 4. STIKPRØVEKONTROL

## 4.1. GRUPPERING OG HÅNDTERING AF PARTIER

### 4.1.1. Retningslinjer

Målerbestanden opdeles i ensartede partier af elmålere, således at en stikprøve kan betragtes som repræsentativ for partiet. Dette anses uden videre for opfyldt, når følgende betingelser er overholdt:

- Elmålerne er af samme fabrikat og type. For elmålere, der anvendes i forbindelse med midlertidige forsyninger og/eller ved gentagne flytninger (eksempelvis som byggestrøm eller til tivoli/cirkus), anbefales det ikke at blande disse med elmålere, der anvendes til mere permanent forsyning.
- Elmålernes konstruktion og fabrikationsår retfærdiggør en antagelse om ensartethed inden for partiet.
- Elmålernes starttidspunkter ligger inden for en sammenhængende periode på 24 måneder, idet starttidspunktet for en elmåler defineres ved:
  - For en ikke istandsat elmåler kan elmålerens starttidspunkt valgfrit defineres som tidspunktet for fabrikation, indkøb eller første opsætning.
  - For en istandsat elmåler defineres elmålerens starttidspunkt som tidspunktet for enten seneste istandsættelse eller første, påfølgende opsætning.
- Ingen af elmålerne har været underkastet indgreb af nogen art siden starttidspunktet. Flytning af elmåleren eller midlertidig hjemtagning til stikprøvning regnes ikke for indgreb, forudsat at elmåleren håndteres med tilstrækkelig varsomhed.

Hvis verifikationsplomben er blevet brudt, skal måleren reverificeres og underkastes fornyet gruppering. De ovennævnte kriterier giver kun mulighed for at lade elmåleren forblive i partiet, når reverifikationen er sket inden for det pågældende 24 måneders interval.

Inden for et parti tilstræbes starttidspunktet defineret ens for samtlige elmålere. Blanding accepteres dog, når administrative forhold taler herfor, f.eks. ved gruppering af elmålere fra flere netvirksomheder.

Der er ingen formelle krav til partiernes størrelse. Selv ganske små partier kan med fordel underkastes statistisk stikprøvekontrol frem for hjemtagning af hver enkelt elmåler. Af administrative grunde bør partier med mindre end ca. 100 elmålere dog tilstræbes undgået, f.eks. ved sammenlægning af flere netvirksomheders partier. Endvidere opnås med de anbefalede stikprøveplaner en mere effektiv overvågning, jo større partierne er.

Ligeledes er der ingen formel øvre grænse for partiernes størrelse. Dog anbefales det, at meget store partier overvejes opdelt i underpartier, så man undgår at skulle hjemtage en meget stor mængde elmålere ved forkastelse af en stikprøve.

En sådan underopdeling anbefales foretaget efter ét eller flere rationelle kriterier, f.eks.:
- fortløbende fabrikationsnumre
- tidsinterval snævrere end 24 måneder
- ved gruppering ud fra opsætningstidspunkt: fabrikations-/indkøbstidspunkt og omvendt.

Opdelingen foretages primært således, at hvert parti er så homogent som muligt, og sekundært så partierne bliver nogenlunde lige store.

Elmålere af samme fabrikat og type, som anvendes i forbindelse med transformermåling, kan godt være i samme stikprøveparti, selv om de ikke har samme omsætningsforhold.

### 4.1.2. Partiets startår

Partiets alder er afgørende for, hvornår stikprøver skal udtages. Alderen regnes fra partiets **startår**, der defineres som kalenderåret for starttidspunktet for den ældste elmåler i partiet.

### 4.1.3. Sammenlægning og opdeling af partier

Efterhånden som elmålerbestanden undergår ændringer, kan det blive relevant at sammenlægge partier, hvilket er tilladt, når blot de i afsnit 4.1.1 nævnte retningslinjer overholdes.

Opdeling af et parti kan også blive relevant, og i så tilfælde anbefales det at bruge rationelle kriterier jf. afsnit 4.1.1.

Sammenlagte eller opdelte partiers alder bestemmes efter den generelle regel i afsnit 4.1.2, uanset om enkelte elmålere herved får fremrykket deres tidspunkt for næste udtagning til stikprøvning.

Udtagning af en stikprøve fra et parti må ikke være påbegyndt, når partiet ændres.

### 4.1.4. Ændring af partiets startår ved reverifikation

Ved reverifikation af samtlige elmålere i et parti skal partiet tildeles et nyt startår givet ved elmålernes ændrede starttidspunkter.

### 4.1.5. Identifikation af partier

Hvert parti gives en entydig identifikation bestående af
- det eller de ansvarlige netvirksomheder,
- målerfabrikat,
- målertype og
- interval for elmålernes starttidspunkter.

Ved underopdeling jf. afsnit 4.1.1 skal det desuden angives, hvordan underopdelingen er sket, f.eks. efter fabrikationsår eller fabrikationsnummerinterval.

De enkelte elmålere skal være relateret til partiet, så de kan udtages til stikprøvning ved simpel tilfældig udvælgelse (udsøgningskriterium). Fabrikationsnummeret kan anbefales, mens f.eks. et installationsnummer, der ikke entydigt følger elmåleren, bør undgås. Når først der er valgt et udsøgningskriterium for et parti, skal dette kriterium fastholdes.

### 4.1.6. Stikprøvningsintervaller og konsekvenser af stikprøvning

***Intervaller***

Den første statistiske stikprøvekontrol i et parti af ensartede målere foretages senest 6 år efter, at målerne er sat op. Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol anvendes til at fastlægge den efterfølgende opsætningsperiode indtil den næste statistiske stikprøvekontrol:

Partiet overholder de maksimalt tilladelige fejl for nye målere (angivet i søjlerne mærket ”6 år” i

1. tabel 3.1).
   Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol viser, at målerne fungerer lige så godt som nye målere. Partiet kan derfor forblive opsat i op til 6 år, hvorefter der foretages en ny statistisk stikprøvekontrol.

Partiet overholder 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere (angivet i søjlerne mærket ”3 år” i

2. tabel 3.1).
   Resultatet af den statistiske stikprøvekontrol viser, at målerne ikke fungerer helt så godt som nye målere. Målerne er dog acceptable at anvende. Partiet kan derfor forblive opsat i op til 3 år, hvorefter der foretages en ny statistisk stikprøvekontrol.

### *Procedure ved forkastelse*

Hvis partiet ikke overholder 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere, iværksættes én af følgende to procedurer:

- Partiet udskiftes hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.
- Det forkastede parti opdeles i flere partier. Det er dog kun tilladeligt at opdele partiet, hvis der er begrundet mistanke om, at fejlene hovedsageligt forekommer i en del af partiet, og opdelingen af partiet skal i så tilfælde ske efter et eller flere rationelle kriterier, jf. afsnit 4.1.1. Elmålerne i den udtagne stikprøve skal indgå i de nye partier. De nye partier er straks forfaldne til stikprøvning og behandles individuelt efter sædvanlige retningslinjer.

#### 4.1.7. Dokumentation, stikprøvningsjournal mv.

Det skal være dokumenteret, hvorledes starttidspunktet for en elmåler er defineret ved grupperingen. Dokumentationen kan følge partiet, den enkelte elmåler, netvirksomheden eller andet. Den skal blot være entydig for hver elmåler i et parti.

For hvert parti oprettes ved dets etablering en stikprøvningsjournal, hvoraf følgende skal fremgå:

- Det totale antal elmålere i partiet, der opdateres løbende.
- Partiets startår.
- For hver udført stikprøvning:
  - Angivelse af, hvilke elmålere der er erstattet jf. afsnit 4.2.1, og hvad årsagen hertil var.
  - Identifikation af hver vurderet elmåler og af hver af disses måleresultater eller konstaterede defekter jf. afsnit 4.2.2.
  - Resultatet af godkendelsesproceduren jf. afsnittene 4.1.6 samt 4.2.4 og 4.2.5. Ved stikprøvning efter variabelmetoden anføres resultatet af testen for normalfordeling og eventuel konsekvens heraf (dvs. krav om attribut stikprøvning jf. afsnit 4.2.4).
- Ved reverifikation og ændring af startår jf. afsnit 4.1.4 skal dette anføres i prøvningsjournalen, der videreføres med bibeholdelse af eksisterende data.
- Ved sammenlægning af flere partier afsluttes og arkiveres hver af disses journaler. Det nye parti skal have reference til samtlige forgængere.
- Ved opsplitning af et parti arkiveres og afsluttes dets journal. Hvert af de nye partier skal have reference til forgængeren.

#### 4.1.8. Ikke gruppérbare elmålere

Ikke gruppérbare elmålere skal behandles som beskrevet i kapitel 5 eller 6, dvs. kontrolsystem ved hjælp af henholdsvis periodisk totalkontrol eller permanent overvågning.

### 4.2. STIKPRØVNING

#### 4.2.1. Udtagning af stikprøver

Målerne i en stikprøve skal være udtaget ved simpel og tilfældig udvælgelse, så alle elmålere i partiet har samme sandsynlighed for at blive udtaget. Hertil benyttes den i afsnit 4.1.5 nævnte parti/måler-identifikation og en tilfældigtalstabel eller -generator.

Dette gælder også ved attributstikprøvning, plan 2, hvor elmålerne udtages i den resterende del af partiet. Således kan en elmåler ikke indgå i både plan 1- og plan 2-stikprøvningen.

De elmålere, der indgår i en stikprøve, skal være i normal driftsmæssig stand. Elmålere, der udviser åbenbare defekter såsom:

- hærværk,
- lynskader,
- fejl på display, som betyder, at det ikke kan aflæses, og
- fejlagtigt partitilhørsforhold

erstattes af andre, tilfældigt udvalgte målere fra samme parti.

Det kan være hensigtsmæssigt at udtage et antal elmålere lig med antallet i de nedenfor angivne stikprøveplaner plus en reserve på ca. 10 %.

Hjemtagningen og stikprøvningen (og en evt. supplering, f.eks. når en attributstikprøvningsplan 2 skal gennemføres) skal udføres hurtigst muligt. Elmålerne skal håndteres med fornøden varsomhed.

Elmålere, der tidligere er stikprøvet, indgår i stikprøvetagningen på lige vilkår med resten af partiets elmålere. Dette gælder også for elmålere, der har været undersøgt for mekanisk beskaffenhed.

### 4.2.2. Måleteknisk kontrol

#### *Visuel undersøgelse*

Det kontrolleres, at elmålere, der skal stikprøves, ikke udviser tegn på skade, og at de er korrekt mærkede.

Er én eller flere af målerne defekte ved visuel undersøgelse, skal der tages stilling til eventuelle konsekvenser for partiet.

#### *Målebetingelser*

Målingerne skal udføres på et akkrediteret laboratorium og med referencebetingelser svarende til det beskrevne i DS/EN 50470-3:2007, tabel 12 [Ref. 7].

Inden målingernes gennemførelse skal hver enkelt elmåler være forvarmet i et tidsrum, der er tilstrækkeligt til, at elmåleren har opnået en stabil temperatur.

#### *Bestemmelse af fejlvisning*

Elmålerens fejlvisning bestemmes ved at føde en passende energimængde igennem den og sammenligne elmålerens visning med en præcis måling af samme energimængde, foretaget med en reference-elmåler.

Ved kontrolmålingen benytter laboratorier typisk output fra elmålerens testdiode til at registrere måleresultatet. Denne metode forudsætter, at målerkonstanten (antal pulser fra testdioden pr. kWh) er kendt. Målerkonstanten vil normalt være angivet på mærkepladen og i elmålerens typeafprøvningsattest (Type Examination Certificate, TEC).

I tilfælde af, at der ikke foreligger oplysninger om målerkonstanten, må denne bestemmes ved en indledende måling på én eller flere elmålere af den givne type. Målingen kan foretages ved $I_{maks}$.

### *Tælleværkskontrol*

Hvis bestemmelse af målerens fejlvisning sker ved hjælp af output fra testdioden, skal det kontrolleres, at ændringen i elmålerens tælleværks-/display-visning svarer til den energimængde, der er målt af elmåleren under kontrolmålingen.

Hvis forskellen mellem tælleværkets/displayets visning før og efter kontrolmålingen afviger fra registreringen ud fra elmålerens testdiode, og afvigelsen desuden er større end den største af følgende to værdier:

1. Energimængden svarende til displayets opløsning (1 enhed på sidste ciffer)
2. Energimængden svarende til 1 puls fra testdioden

er der tale om en kritisk fejl, hvorfor måleren ikke kan godkendes i driftskontrollen. Partiet skal i så tilfælde stikprøvekontrolleres efter attributmetoden. Elmåleren med tælleværkskontrol indgår så – på samme måde som elmålere med for stor fejvisning – i antallet af "elmålere med for stor fejl", som skal holdes op mod godkendelses- og forkastelsestal i den aktuelle stikprøveplan.

Hvis der konstateres tælleværksfejl på én eller flere elmålere, men partiet alligevel kan godkendes, skal netvirksomheden iværksætte en undersøgelse af, om andre målere i partiet – f.eks. elmålere med serienumre tæt på de elmålere, der har tælleværksfejl - også er behæftet med denne fejl.

### *Målepunkter og fejlbestemmelse*

Hver elmålers fejlvisning bestemmes i to målepunkter (benævnt a og b) og desuden beregnes et gennemsnit af disse fejlvisninger. Fejlvisningerne, $f_a$ og $f_b$, i de to målepunkter, a og b, danner grundlag for den videre godkendelsesprocedure, mens gennemsnitsværdien, kaldet $f_c$, kun anvendes til eventuel information af kunden.

Ved fejlbestemmelser[3] (i målepunkterne a og b) af elmåleren skal der benyttes en symmetrisk netspænding (dvs. fase - nul spænding) lig mærkespændingen, $U_n$, cosφ = 1 og symmetriske belastningsstrømme.

De acceptable fejlvisninger for direkte tilsluttede elmålere (klasse B) og transformermålere (klasse B og C) er vist i

[3] Defineret som

$$f = \frac{E_m - E_{just}}{E_{just}} \cdot 100\%$$

hvor $E_m$ og $E_{just}$ er henholdsvis elmålerens og justerstationens visninger.

tabel 3.1.

For hver elmåler estimeres endvidere den fejl (benævnt $f_c$), med hvilken energimålingen sker, som et gennemsnit af de to målte fejl, $f_a$ og $f_b$, i målepunkterne a og b. Der regnes her med fortegn.

Eksempel 1

For en tresystems direkte tilsluttet elmåler med $I_{tr}$ = 1 A er der målt følgende fejl:

$f_a$ = -1 % ved 0,5 A
$f_b$ = 2 % ved 10 A.

Fejlen på energimålingen (benævnt $f_c$) beregnes herefter til

$f_c$ = (-1 % + 2 %)/2 = 0,5 %.

Eksempel 2

For en tresystems elmåler med $I_{tr}$ = 0,25 A i en lavspændingstransformerinstallation er der målt følgende fejl:

$f_a$ = -0,5 % ved 0,125 A
$f_b$ = 1.25 % ved 5 A.

Fejlen på energimålingen (benævnt $f_c$) beregnes herefter til

$f_c$ = (-0,5 % + 1,25 %)/2 = 0,375 %.

Overvågningen af et partis udvikling kan understøttes af målinger i flere punkter, f.eks. $I_{maks}$ og notering af middelværdier og standardafvigelser i journalen, men sådanne målinger indgår ikke i den formelle bedømmelse.

### 4.2.3. Valg af stikprøvningstype

Nærværende rapport giver for direkte tilsluttede elmålere og for elmålere i målerinstallationer med strømtransformere valgmulighed mellem:

- inspektion ved variable ("variabelmetoden") og
- inspektion ved attributter ("attributmetoden").

### *Variabelmetoden*

Ved inspektion ved variable baseres godkendelsen af et elmålerparti på en beregning af middelværdi, <x>, og standardafvigelse, s, for elmålerfejlene i stikprøven. De to målepunkter a og b, jf. afsnit 4.2.2, behandles hver for sig. Fejlene forudsættes normalfordelte, og ud fra de beregnede størrelser fås et skøn over, hvor mange elmålere i partiet der ligger uden for fejlgrænserne. Ved manuel talbehandling kan godkendelsen baseres på, at de fundne <x> og s plottes ind på en acceptkurve, der viser maksimalt tilladelig standardafvigelse som funktion af middelværdien.

I Appendiks A er vist acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, og i Appendiks B er vist acceptkurver svarende til målerinstallationer med strømtransformere.

For stikprøvestørrelser fra og med 9 skal det kontrolleres, at antagelsen om normalfordeling holder. Hvis antagelsen må forkastes, er det nødvendigt at gå over til inspektion ved attributter.

For en stikprøvestørrelse på 6 er det ikke muligt med tilstrækkelig nøjagtighed at teste antagelsen om, at fejlene er normalfordelte. Her bør attributmetoden anvendes.

### *Attributmetoden*

Ved inspektion ved attributter baseres godkendelsen direkte på en optælling af antallet af elmålere med for stor fejlvisning. Metodens fordel er, at den er uafhængig af fejlenes statistiske fordeling.

Da den tilladte opsætningsperiode for et godkendt målerparti afhænger af, om partiet overholder kravene til nye målere eller 1,5 gange disse værdier, skal resultaterne af stikprøvningen vurderes i forhold til både de maksimalt tilladelige fejl for nye målere og 1,5 gange disse værdier.

Det er i nærværende rapport valgt at anbefale toplans stikprøvninger. Det vil sige, at der udtages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet. Resultatet af første stikprøve er således:

1. godkendelse ved tilstrækkeligt få fejlbehæftede elmålere,
2. forkastelse ved tilstrækkeligt mange fejlbehæftede elmålere, eller
3. nødvendigt med endnu en stikprøve ved et antal fejlbehæftede elmålere mellem de ovennævnte. Resultatet af denne ekstra stikprøve giver den endelige konklusion.

Fordelen ved toplans attributstikprøvning frem for simpel etplans attributstikprøvning er ca. 30 % mindre stikprøvestørrelser for en given styrke i stikprøvningen og dermed et mindre arbejde, hvis konklusionen nås allerede ved første stikprøve, hvilket den oftest gør.

Ved toplans stikprøvning kan det ske, at partiet efter første stikprøve hverken kan forkastes eller godkendes i forhold til de maksimalt tilladelige fejl for nye målere, mens partiet kan godkendes i forhold til grænsen på 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere. Der er i så tilfælde to muligheder:

1. at udtage endnu en stikprøve for at afslutte prøvningen i forhold til de maksimalt tilladelige fejl for nye målere og få afklaret, om partiet kan forblive opsat i op til 6 år, eller
2. at undlade yderligere prøvning. Partiet kan i så fald forblive opsat i op til 3 år, før der skal foretages en ny stikprøvekontrol.

Det skal bemærkes, at hvis man udtager endnu en stikprøve, og den (sammen med første stikprøve) viser, at partiet ikke overholder kravet på 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere, skal partiet forkastes.

Eksempler på praktisk udførelse af toplans stikprøvekontrol er givet i afsnit 4.2.7.

### 4.2.4. Variabelmetoden

#### *Stikprøvestørrelser*

For et givet antal elmålere i partiet fremgår stikprøvestørrelsen af tabel 4.1. Tallene stammer fra DS/ISO 3951-1:2007 [Ref. 5]. Inspektionsniveau I anvendes for direkte tilsluttede målere, mens inspektionsniveau II anvendes for transformermålere.

**Tabel 4.1 Stikprøvning efter variabelmetoden.**

| Partistørrelse | Stikprøvestørrelse | |
|---|---|---|
| | Inspektionsniveau | |
| | I | II |
| **6 -50** | 6 | 6 |
| **51-90** | 6 | 9 |
| **91-150** | 6 | 13 |
| **151-280** | 9 | 18 |
| **281-500** | 13 | 25 |
| **501-1200** | 18 | 35 |
| **1201-3200** | 25 | 50 |
| **3201-10000** | 35 | - |
| **10001-35000** | 50 | - |
| **35001-150000** | 70 | - |

### *Stikprøver fra og med 9: Test for normalfordeling*

Da forudsætningen for variabelmetodens brug er, at elmålerfejlene er tilnærmelsesvis normalfordelte, skal der for stikprøver bestående af 9 elmålere eller flere foretages en test herfor. Ved en stikprøvestørrelse på 6 er tests for normalfordeling ikke tilstrækkeligt effektive, jf. DS/ISO 5479:2004, afsnit 1.6 [Ref. 4].

Tests for afvigelse fra normalfordelingen er beskrevet i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4]. De fleste af metoderne kræver en del regnearbejde, men den grafiske metode, der er beskrevet i Appendiks D, kan benyttes til at give en første vurdering af antagelsen om normalfordelte måleresultater. Testen gennemføres for begge de to målepunkter a og b, jf. afsnit 4.2.2, hver for sig. Hvis den grafiske test indikerer, at resultaterne ikke er normalfordelte, kan det eventuelt undersøges, om en mere præcis test for normalfordeling giver et andet resultat. Hvis det må konkluderes, at resultaterne ikke er normalfordelte, skal attributmetoden anvendes i stedet for variabelmetoden.

### *Godkendelse*

For hver af de to afgørende størrelser (fejlvisningerne i målepunkt a og b) beregnes middelværdi <x> og standardafvigelse s:

$$< x > \; = \; \frac{x_1 + \; x_2 + \ldots . + \; x_n}{n}$$

hvor $x_1, x_2, \ldots, x_n$ er de målte fejlvisninger ($f_a$ eller $f_b$) for n elmålere.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - < x >)^2 + \ldots + (x_n - < x >)^2}{n - 1}}$$

Punktet (<x>, s) indtegnes i det <x>-s-diagram, acceptkurven (se Appendiks A og B), der svarer til den pågældende klasse, fejlgrænse og stikprøvestørrelse. Ligger punktet inden for (dvs. under kurven) eller på acceptkurven, godkendes partiet. Ligger punktet uden for acceptkurven, godkendes partiet ikke. Figurerne i Appendiks A anvendes til målerinstallationer med direkte tilsluttede elmålere, og figurerne i Appendiks B anvendes til målerinstallationer med transformere.

Det bemærkes, at en stikprøve kan føre til forkastelse af partiet, selv om alle elmålere udviser fejl inden for grænseværdierne. Dette gælder, når standardafvigelsen er så høj, at den indikerer et utilladeligt antal elmålere med for stor fejl i partiet.

### 4.2.5. Attributmetoden, toplans stikprøvning

For et givet antal elmålere i partiet fremgår stikprøvestørrelser og acceptantal af tabel 4.2 og tabel 4.3. Tallene stammer fra DS/ISO 2859-1:2001 [Ref. 6]. For anden stikprøve er både stikprøvestørrelse og godkendelsestal anført summeret for første og anden prøvning.

Hvis antallet af elmålere ligger i den nederste ende af et af de intervaller for partistørrelse, der er angivet i tabel 4.2 og tabel 4.3, bliver stikprøvestørrelsen forholdsvis større, end hvis antallet af målere i partiet ligger i den øvre ende af et interval. En mere rimelig stikprøvestørrelse kan opnås ved at foretage en interpolation mellem stikprøvestørrelserne. Proceduren herfor er beskrevet i afsnit 4.2.6.

En elmålers fejl er for stor, når de acceptable fejlvisninger i

tabel 3.1 er overskredet for mindst ét af målepunkterne a og b. Begge fejl skal være inden for grænserne, for at en elmåler kan godkendes.

**Tabel 4.2 Toplans stikprøvning efter attributmetoden for direkte tilsluttede elmålere i nøjagtighedsklasse B. Der er anvendt AQL = 2,5 %, inspektionsniveau I og toplans stikprøvning ved normal inspektion.**

| Partistørrelse | Stikprøvestørrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 6-150 | 5 | *-[4] | 0 | 1 |
| 151-500 | 13 | | 0 | 2 |
| | | 26 | 1 | 2 |
| 501-1200 | 20 | | 0 | 3 |
| | | 40 | 3 | 4 |
| 1201-3200 | 32 | | 1 | 3 |
| | | 64 | 4 | 5 |
| 3201-10000 | 50 | | 2 | 5 |
| | | 100 | 6 | 7 |
| 10001-35000 | 80 | | 3 | 6 |
| | | 160 | 9 | 10 |
| 35001-150000 | 125 | | 5 | 9 |
| | | 250 | 12 | 13 |

[4] For partistørrelser til og med 150 elmålere anvendes etplans stikprøvning.

**Tabel 4.3 Toplans stikprøvning efter attributmetoden for transformertilsluttede elmålere i nøjagtighedsklasse B eller C. Der er anvendt AQL = 1,5 %, inspektionsniveau II og toplans stikprøvning ved normal inspektion.**

| Partistørrelse | Stikprøvestørrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 8-90 | 8 | -[5] | 0 | 1 |
| 91-280 | 20 | | 0 | 2 |
| | | 40 | 1 | 2 |
| 281-500 | 32 | | 0 | 3 |
| | | 64 | 3 | 4 |
| 501-1200 | 50 | | 1 | 3 |
| | | 100 | 4 | 5 |
| 1201-3200 | 80 | | 2 | 5 |
| | | 160 | 6 | 7 |

### 4.2.6. Interpolation mellem stikprøvestørrelser

Hvis der anvendes en anden partistørrelse end svarende til de øvre grænser for partistørrelser angivet i tabel 4.2 og tabel 4.3, kan det accepteres, at der interpoleres mellem de anførte tal for "partistørrelse" (øvre intervalgrænse for partistørrelse), "stikprøvestørrelse", "godkendelsestal" og "forkastelsestal" som grundlag for kontrollen.

For at sikre, at kvalitetsniveauet (AQL = 2,5 % eller AQL = 1,5 %) overholdes for de interpolerede værdier, er det vigtigt at runde stikprøvestørrelsen op til nærmeste hele tal, og runde godkendelsestal og forkastelsestal ned til nærmeste hele tal. Dette betyder, at kravet for godkendelse og forkastelse bliver lidt strengere end kravet i DS/ISO 2859-1:2001 [Ref. 6], når de interpolerede værdier anvendes.

Et beregningseksempel, der viser anvendelse af interpolation, er angivet i det følgende, idet der forudsættes en partistørrelse på 16000 målere, AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I (tabel 4.2).

[5] For partistørrelser til og med 90 elmålere anvendes etplans stikprøvning.

**Tabel 4.4 Grundlag for interpolation ved en partistørrelse på 16000 elmålere.**

| Parti-størrelse | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 10000 | 50 | | 2 | 5 |
| | | 100 | 6 | 7 |
| 35000 | 80 | | 3 | 6 |
| | | 160 | 9 | 10 |

Stikprøvestørrelse (antal i første stikprøve)

Der interpoleres mellem stikprøvestørrelserne 50 og 80:

$$Stikprøve nr.1 = 50 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (80-50) = 57{,}2$$

Dette tal skal rundes op til nærmeste hele tal, dvs. 58.

Stikprøvestørrelse (antal totalt i 1. og 2. stikprøve)

Der interpoleres mellem stikprøvestørrelserne 100 og 160:

$$Stikprøve total = 100 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (160-100) = 114{,}4$$

Dette tal skal rundes op til nærmeste hele tal, dvs. 115.

Godkendelsestal (maksimalt antal med afvigelse) for 1. stikprøve

$$Godkendelsestal\ 1 = 2 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (3-2) = 2{,}24$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 2.

Forkastelsestal (minimalt antal med afvigelse) for 1. stikprøve

$$Forkastelsestal\ 1 = 5 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (6-5) = 5{,}24$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 5.

Godkendelsestal (maksimalt antal med afvigelser) for 2. stikprøve

$$Godkendelsestal\ 2 = 6 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (9-6) = 6{,}72$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 6.

Forkastelsestal (minimalt antal med afvigelser) for 2. stikprøve

$$Forkastelsestal\ 2 = 7 + \frac{16000-10000}{35000-10000} \cdot (10-7) = 7{,}72$$

Dette tal skal rundes ned til nærmeste hele tal, dvs. 7.

Det samlede resultat af interpolationen bliver derfor som vist i tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Beregnede stikprøvestørrelser og acceptantal for et parti på 16000 målere ved interpolation mellem partistørrelser i tabel 4.2.**

| Parti-størrelse | Stikprøve-størrelse, plan 1 | Totalt antal elmålere, plan 1 + plan 2 | Godkendelsestal, max. antal med for stor fejl | Forkastelsestal, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| 16000 | 58 | | 2 | 5 |
| | | 115 | 6 | 7 |

### 4.2.7. To eksempler

Formålet med de følgende eksempler er at illustrere, hvad der konkret skal foretages ved henholdsvis et parti, der forkastes, og et parti, der godkendes ved stikprøvekontrol.

**Eksempel 1**

Der betragtes et parti på 438 direkte tilsluttede elmålere i nøjagtighedsklasse B.

Det vælges ikke at benytte muligheden for interpolation mellem stikprøvestørrelser som beskrevet i afsnit 4.2.6, hvorfor værdierne i tabel 4.2 kan anvendes direkte.

Partiet kontrolleres i forhold til grænserne for 6 års yderligere opsætningsperiode. To elmålere fejler i forhold til grænsen på 1 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye elmålere. Partiet kan derfor ikke godkendes til en ny 6 års opsætningsperiode.

Det kontrolleres derefter, ud fra de allerede foretagne kontrolmålinger på første stikprøve, om grænserne for en ny 3 årig opsætningsperiode er overholdt. Én elmåler fejler i forhold til grænsen på 1,5 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere, og ifølge tabel 4.2 er partiet derfor hverken forkastet eller godkendt.

En ny stikprøve udtages fra den resterende del af partiet, ligeledes på 13 elmålere (plus evt. reserveelmålere). Da partiet allerede er forkastet i forhold til en 6 års opsætningsperiode kontrolleres kun i forhold til grænserne for 3 års yderligere drift. I den nye stikprøvekontrol fejler én elmåler, dvs. totalt er 1 + 1 = 2 elmålere fejlet. Ifølge tabel 4.2 må kun én elmåler fejle for begge stikprøver tilsammen. **Partiet forkastes derfor.**

Dette betyder, at der skal iværksættes én af følgende procedurer:

1. Samtlige elmålere i partiet skal nedtages hurtigst muligt. Indtil partiet er udskiftet, er det netvirksomhedens ansvar at forholde sig til resultatet af den statistiske stikprøvekontrol. Netvirksomheden skal således træffe de nødvendige foranstaltninger for at sikre forbrugeren et rimeligt afregningsgrundlag, indtil hele partiet er udskiftet.
2. Det forkastede parti opdeles i flere partier. Det er dog kun tilladt at opdele partiet, hvis der er begrundet mistanke om, at fejlene hovedsageligt forekommer i en del af partiet, og opdelingen af partiet skal i så tilfælde ske efter ét eller flere rationelle kriterier, jf. afsnit 4.1.1. Elmålerne i den udtagne stikprøve skal indgå i de nye partier. De nye partier er straks forfaldne til stikprøvning og behandles individuelt efter sædvanlige retningslinjer.

Elmålerne skal reverificeres før eventuel genopsætning i en målerinstallation.

**Eksempel 2:**

Der betragtes et parti på 255 elmålere i nøjagtighedsklasse C.

Det vælges ikke at benytte muligheden for interpolation mellem stikprøvestørrelser som beskrevet i afsnit 4.2.6, hvorfor værdierne i tabel 4.3 kan anvendes direkte.

Der udtages en stikprøve på 20 elmålere (plus 2-3 elmålere i reserve for lynskader mv.), jf. tabel 4.3. Stikprøven kontrolleres først i forhold til grænserne på 1 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere. Én elmåler fejler i forhold til disse grænser. Partiet er derfor hverken godkendt eller forkastet i forhold til yderligere 6 års opsætningsperiode.

Kontrollen af målingerne på samme stikprøve i forhold til grænserne for yderligere 3 års opsætningsperiode giver samme resultat: Én elmåler fejler i forhold til disse grænser. Partiet er derfor heller ikke hverken godkendt eller forkastet i forhold til yderligere 3 års opsætningsperiode.

En ny stikprøve, ligeledes på 20 elmålere (plus evt. reserveelmålere), udtages fra den resterende del af partiet. Ved kontrollen i forhold til grænserne på 1 gange de maksimalt tilladelige fejl for nye målere fejler ingen målere. Totalt for første og anden stikprøve er 1 + 0 = 1 elmåler således fejlet. Ifølge tabel 4.3 må én elmåler fejle for begge stikprøver tilsammen, hvilket er opfyldt. **Partiet accepteres derfor til at forblive opsat i yderligere 6 år.**

Dette betyder, at:

- den defekte elmåler skal verificeres før en eventuel genopsætning i en målerinstallation,
- de i alt 39 (2 gange 20 minus 1) elmålere, der blev accepteret ved stikprøvekontrollen, kan returneres til partiet, og
- næste stikprøvetagning foretages efter yderligere 6 års opsætningsperiode.

# 5. PERIODISK TOTALKONTROL

Alle elmålerne hjemtages periodisk og individuelt senest 6 år efter, at de er sat op.

Før de hjemtagne elmålere genopsættes i samme eller nye målerinstallationer, skal elmålerne reverificeres, hvilket medfører, at de skal overholde nøjagtighedskravene til nye målere.

# 6. PERMANENT OVERVÅGNING

For at en målerinstallation kan overvåges permanent, kræves både en hoved- og en kontrolmåler. Ved fjernaflæsning af både hoved- og kontrolmåler skal værdierne sammenlignes mindst én gang om måneden, dog anbefales hyppigere sammenligning. Hvis der hentes data én gang i døgnet, anbefales det således at foretage sammenligningen hver dag i forbindelse med kontrollen af de hjemtagne data. Hvis der ikke anvendes fjernaflæsning, aflæses de to målere samtidigt minimum én gang årligt.

Hvis netvirksomheden anvender to ens målere af samme fabrikat eller type og med samme alder, skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren hjemtages til kontrol senest 6 år efter, at den er sat op. Efter yderligere 6 år nedtages den anden måler til kontrol. Der vil således være maksimalt 12 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

Anvender netvirksomheden derimod to målere af forskelligt fabrikat eller type eller to ens målere med væsentligt forskellig alder, skal enten hovedmåleren eller kontrolmåleren hjemtages til kontrol senest 10 år efter, at den er sat op. Efter yderligere 10 år nedtages den anden måler til kontrol. Der vil således være maksimalt 20 år mellem hver hjemtagning af hovedmåleren og kontrolmåleren.

Ved overskridelse af en acceptabel fejlvisning mellem hoved- og kontrolmåler svarende til den ringeste klasse af de to målere, skal målerinstallationen inkl. elmålerne undersøges nærmere. Under lav belastning kan forskellen mellem de to måleres visning godt overstige en størrelse, der svarer til den ringeste klasse. En sådan kortvarig overskridelse af den acceptable fejlvisning kan normalt accepteres, såfremt den kan forklares og dokumenteres.

Er hovedmåleren eksempelvis af nøjagtighedsklasse C og kontrolmåleren af nøjagtighedsklasse B, må afvigelsen mellem de to målere højst være 1,0 %. Disse retningslinjer er ikke teoretisk baseret, men valgt ud fra et operationelt synspunkt.

Før hjemtagne elmålere genopsættes i samme eller nye målerinstallationer, skal de reverificeres.

I installationer, hvor spændingsmålekredsen ikke er dubleret, skal spændingsfaldet kontrolleres og kredsen efterses periodisk inden for en 5-årig driftsperiode. Kredsen betragtes som værende dubleret i tilfælde, hvor der anvendes én primær vikling og to sekundære viklinger på spændingstransformeren.

# 7. KONTROLMULIGHEDER VIA FJERNAFLÆSNINGSSYSTEMER

Langt de fleste af de nye elmålere, der er blevet installeret siden MID [Ref. 3] trådte i kraft eller vil blive installeret i de kommende år, vil være fjernaflæste. Det giver netvirksomheden en mulighed for at overvåge elmåleren på en række måder, som ikke er mulige med manuelt aflæste elmålere.

## 7.1. ELMÅLERENS INDBYGGEDE KONTROLFUNKTIONER

De forskellige målerfabrikater har hver især nogle kontrolfunktioner og giver en fejlmelding, hvis en afvigelse detekteres.

Desuden kan svigtende kommunikation til elmåleren også skyldes fejl i måleren.

Disse muligheder for at overvåge måleren bør naturligvis udnyttes, og der bør følges op på de modtagne fejlmeldinger.

## 7.2. KONTROL AF HJEMTAGNE DATA

Det vil ikke ud fra en kontrol af hjemtagne måleværdier være muligt at detektere små afvigelser fra den målenøjagtighed, elmåleren skal overholde. Men timeforbrugene kan gennemgås for meget afvigende værdier:

- Perioder uden forbrug selv om spændingen ikke har været afbrudt
- Perioder med meget højt forbrug, i nærheden af eller over den maksimale belastning for installationen
- Markante ændringer i forbrug over længere perioder (måned eller kvartal)
- Forbrugsmønster (døgnprofil), der er unormalt for kunden.

De tre førstnævnte kontroller er enkle at implementere i et hjemtagningssystem, og denne mulighed bør derfor udnyttes af netvirksomheden.

Vurderingen af forbrugsmønsteret er betydeligt vanskeligere, da der kan være en lang række forhold, der giver en naturlig ændring i forbrugsmønsteret: Ændrede arbejdstider, ændringer i husstandens størrelse, installation af nye apparater, lange ferier eller andet fravær fra boligen m.m. Det vil derfor kræve et stort erfaringsmateriale, før det kan afgøres, om et givet forbrugsmønster er unormalt.

# 8. REFERENCER


Ref. 1: ”Leveringsbestemmelser – Net (Netbenyttelsesaftalen)”, Dansk Energi, maj 2014

Ref. 2: Bekendtgørelse nr. 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug, som ændret ved bekendtgørelse nr. 814 af 28. juli 2008 og bekendtgørelse nr. 344 af 30. marts 2010

Ref. 3: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter

Ref. 4: DS/ISO 5479:2004 ”Statistisk fortolkning af data – Test for afvigelse fra normalfordelingen”

Ref. 5: DS/ISO 3951:2007, del 1-3 ”Procedurer for stikprøveinspektion ved måling med kontinuert variation”

Ref. 6: DS/ISO 2859-1 +Cor. 1:2001 ”Metoder for stikprøveinspektion ved alternativ variation - Del 1: Puljer af stikprøveplaner opstillet efter kvalitetsniveau for godkendelse (AQL) for inspektion af partier i fortløbende rækker”

Ref. 7: DS/EN 50470-3:2007 ”Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 3: Særlige krav - Statiske målere til måling af aktiv energi (klasse A, B og C)”

Ref. 8: MV 07.51-3, udgave 2 af 2. maj 2014 ”Måleteknisk vejledning. Elmålere. Kontrolsystem for MID-godkendte elmålere i drift”

Ref. 9: DEFU TR 357, 3. udgave, 2000 ”Baggrundsrapport til DEFUs TR 353, TR 355 og TR 356”

Ref. 10: DEFU TR 354, 3. udgave, 2000 ”Verifikation af elmålere”

Ref. 11: DEFU TR 353, 7. udgave, 2014 ”Måleinstallationer for transformermåling (lav- og højspænding)”

Ref. 12: DEFU TR 354-1, 1. udgave, 2004 ”Verifikation af elmålere”

Ref. 13: DEFU TR 355, 5. udgave, 2015 ”Kontrolsystem for idriftværende elmålere”

Ref. 14: DS/ISO 2859-2:1992 ”Metoder for stikprøveinspektion ved måling med alternativ variation - Del 2: Stikprøveplaner opstillet efter utilfredsstillende kvalitet (LQ) for inspektion af enkeltstående partier”

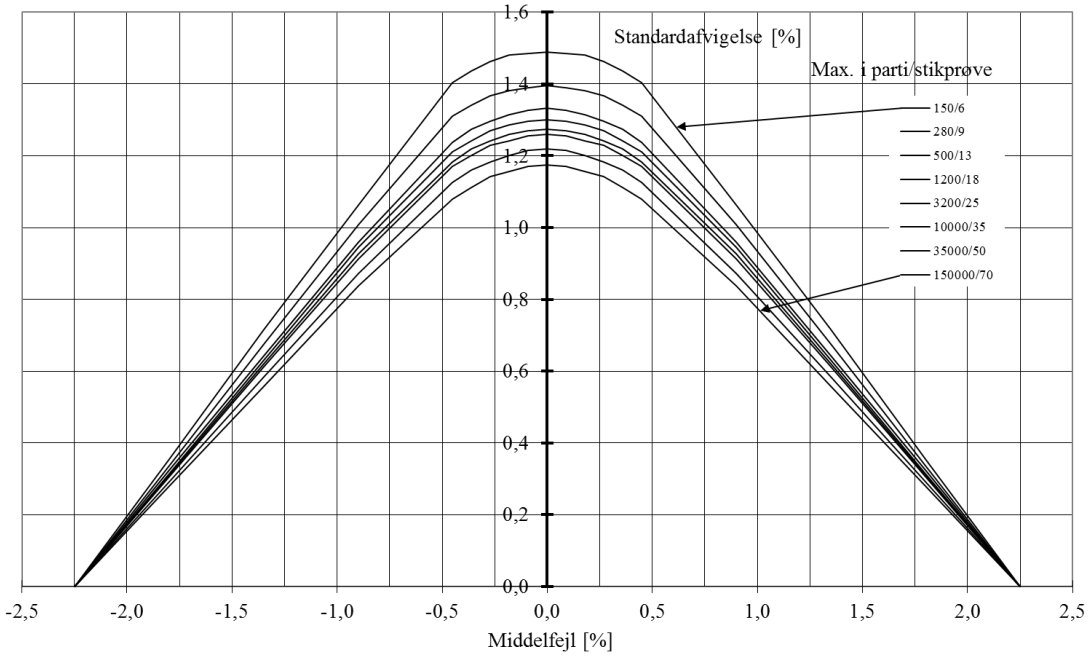
# Appendiks A ACCEPTKURVER FOR DIREKTE TILSLUTTEDE ELMÅLERE

Figurerne i dette appendiks refererer til direkte tilsluttede elmålere af klasse B. Der er for alle figurer anvendt AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I.

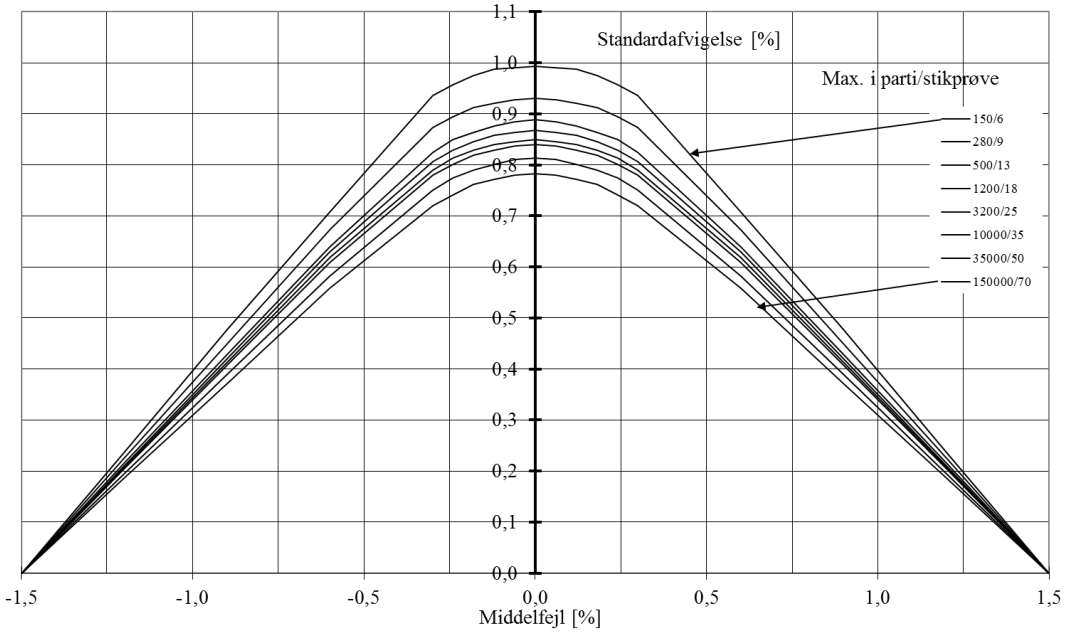
Afskæringsværdierne på x-aksen for acceptkurverne er baseret på de acceptable fejlvisninger, som skal overholdes, for at målerne kan forblive opsat i henholdsvis 6 og 3 år, jf. tabel A.1.

**Tabel A.1 Acceptable fejlvisninger for klasse B elmålere.**

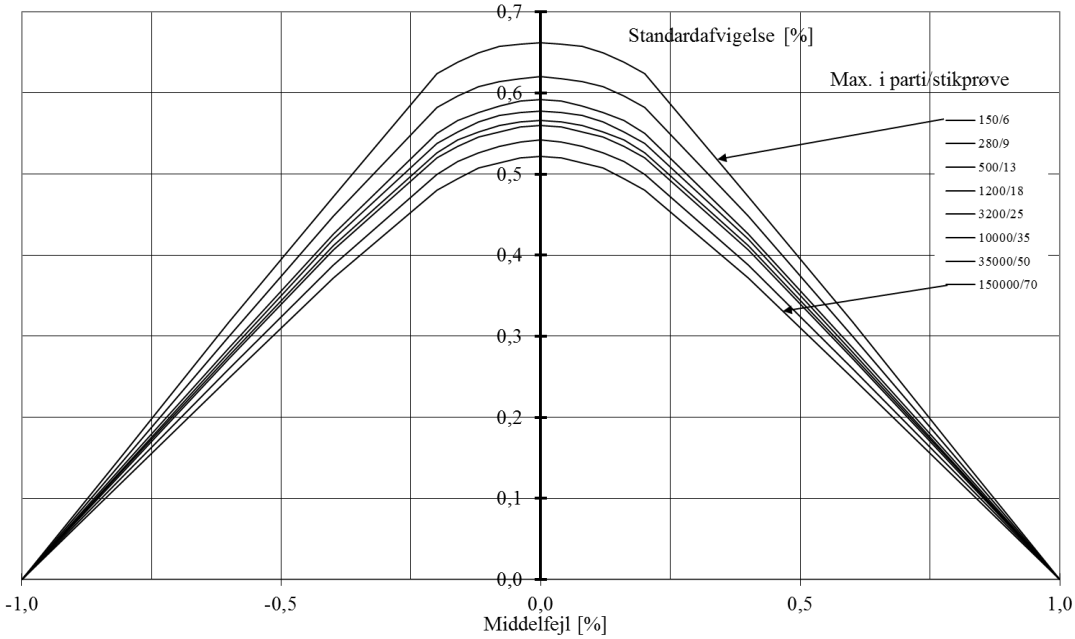
| Målepunkt | Acceptable fejlvisninger i ± % | |
|---|---|---|
| | Klasse B | |
| | 6 år | 3 år |
| **a) $0{,}5 \cdot I_{tr}$** | 1,5 | 2,25 |
| **b) $10 \cdot I_{tr}$** | 1,0 | 1,5 |




**Figur A.1 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, nøjagtighedsklasse B, for målepunktet a ($0{,}5 \cdot I_{tr}$) og tilladelig fejlvisning på ± 2,25 % (3 års opsætningsperiode).**




**Figur A.2 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse B ved tilladelig fejlvisning på ± 1,5 % for målepunktet a ($0{,}5 \cdot I_{tr}$, 6 års opsætningsperiode) og b ($10 \cdot I_{tr}$, 3 års opsætningsperiode)**




**Figur A.3 Acceptkurver for direkte tilsluttede elmålere, klasse B, for målepunktet b ($10 \cdot I_{tr}$) ved tilladelig fejlvisning på ± 1.0 % (6 års opsætningsperiode).**

# Appendiks B ACCEPTKURVER FOR MÅLERINSTALLATIONER MED STRØMTRANSFORMERE

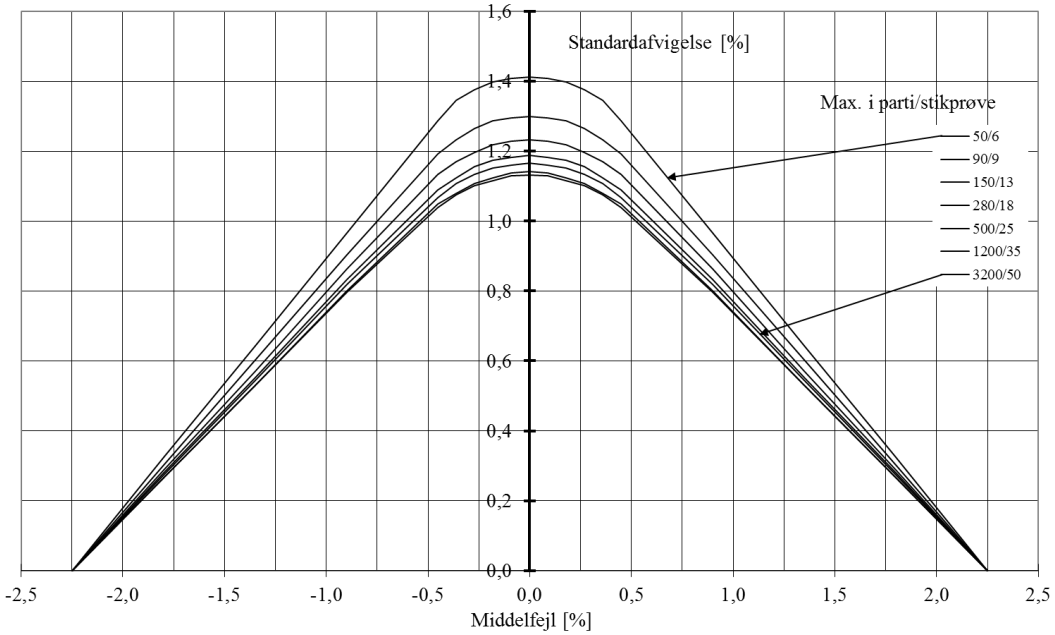
Figurerne i dette appendiks refererer til elmålere af klasse B med tilsluttede strømtransformere. Der er for alle figurer anvendt AQL = 1,5 % og inspektionsniveau II.

Der er ikke medtaget acceptkurver for stikprøvekontrol af elmålere i klasse C, da det vurderes, at der er for få målere af denne type i drift, til at stikprøvekontrol vil blive taget i anvendelse. Hvis stikprøvekontrol af klasse C elmålere skulle vise sig at blive aktuelt, kan attributstikprøvning anvendes.

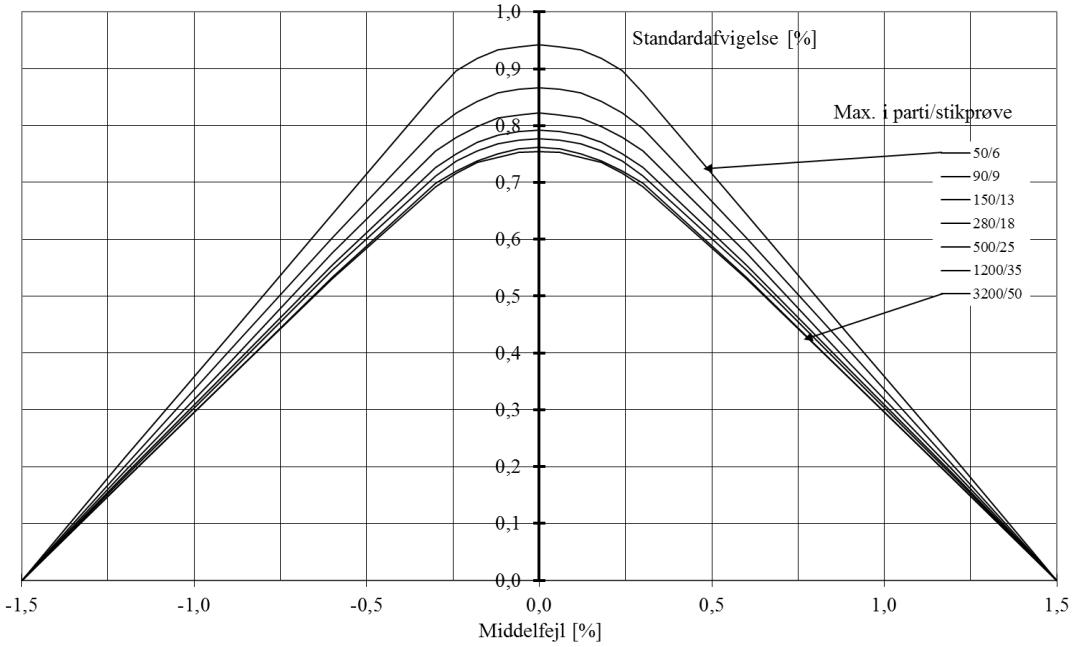
Afskæringsværdierne på x-aksen for acceptkurverne er baseret på de acceptable fejlvisninger, som skal overholdes, for at målerne kan forblive opsat i henholdsvis 6 og 3 år, jf. tabel B.1.

**Tabel B.1 Acceptable fejlvisninger for klasse B elmålere med strømtransformere.**

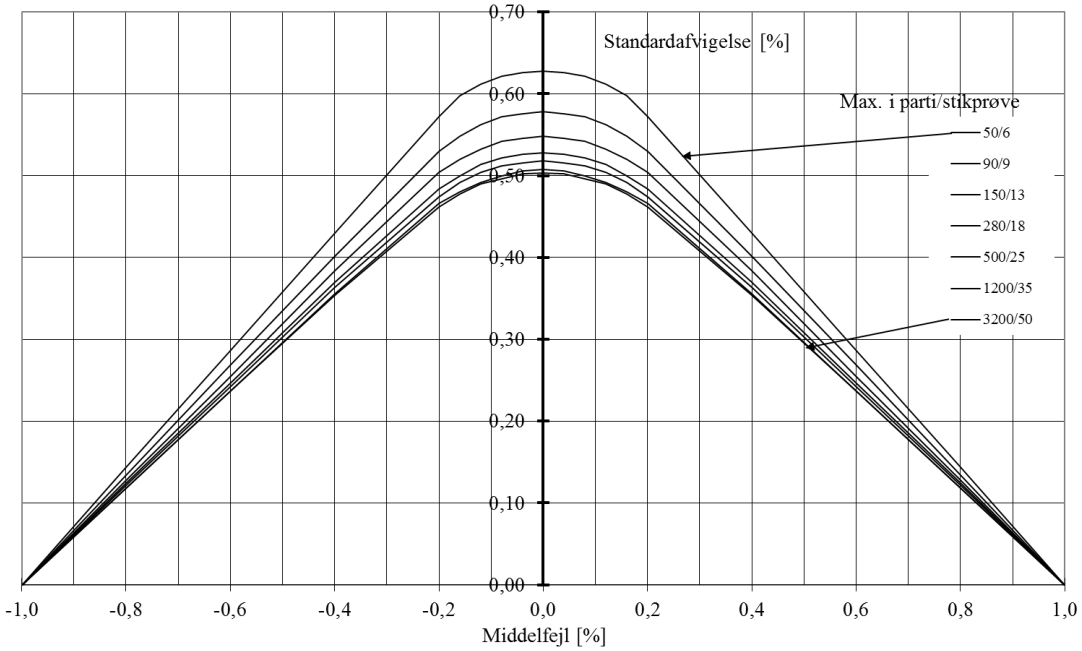
| Målepunkt | Acceptable fejlvisninger i ± % | |
|---|---|---|
| | Elmålere med strømtransformere, klasse B | |
| | 6 år | 3 år |
| a) $0{,}025 \cdot I_n$ | 1,5 | 2,25 |
| b) $I_n$ | 1 | 1,5 |




**Figur B.1 Acceptkurver for elmålere af klasse B i målerinstallationer med transformere for målepunktet a ($0{,}025 \cdot I_n$) ved tilladelig fejlvisning på ± 2,25 % (3 års opsætningsperiode).**




**Figur B.2 Acceptkurver for elmålere af klasse B i målerinstallationer med transformere ved tilladelig fejlvisning på ± 1,5 % for målepunktet a (0,025·$I_n$, 6 års opsætningsperiode) og b ($I_n$, 3 års opsætningsperiode).**




**Figur B.3 Acceptkurver for elmålere af klasse B i målerinstallationer med transformere for målepunktet b ($I_n$) ved maksimalt tilladelig fejlvisning på ± 1,0 % (6 års opsætningsperiode).**

# Appendiks C OPERATIONSKARAKTERISTIKKER

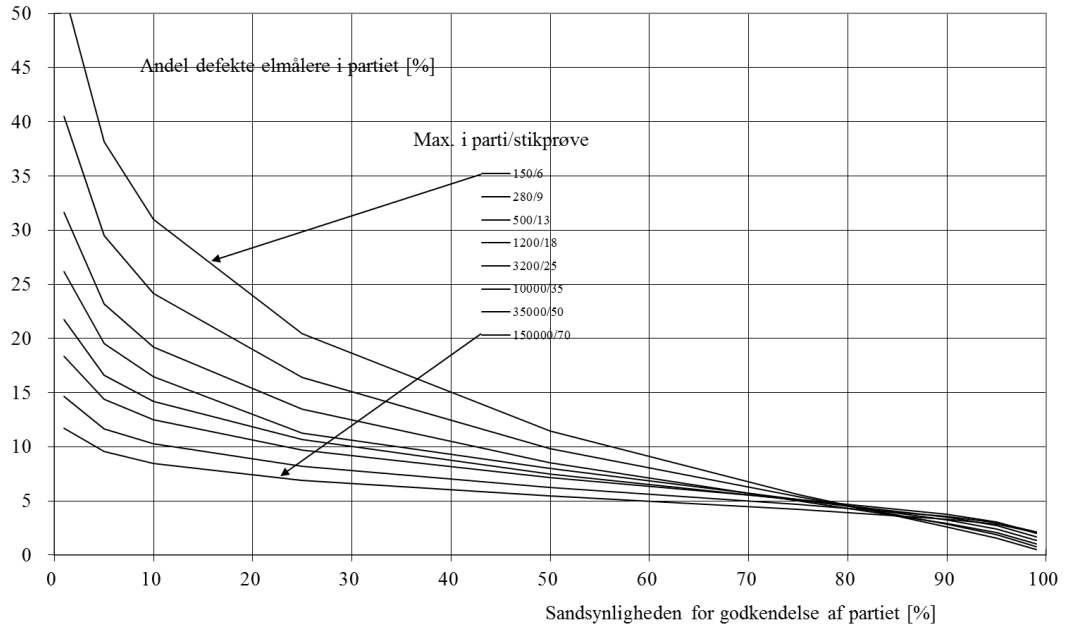
Figurerne (operationskarakteristikkerne) i dette appendiks beskriver sandsynligheden for at godkende et parti som funktion af andelen af defekte elmålere i partiet. Da der er en entydig sammenhæng mellem partistørrelse og stikprøvestørrelse, kan dette udtrykkes som funktion af stikprøvestørrelsen.

Kurverne gælder for henholdsvis direkte tilsluttede elmålere og for elmålere placeret i målerinstallationer med strømtransformere, svarende til de i kapitel 4 valgte stikprøvninger.

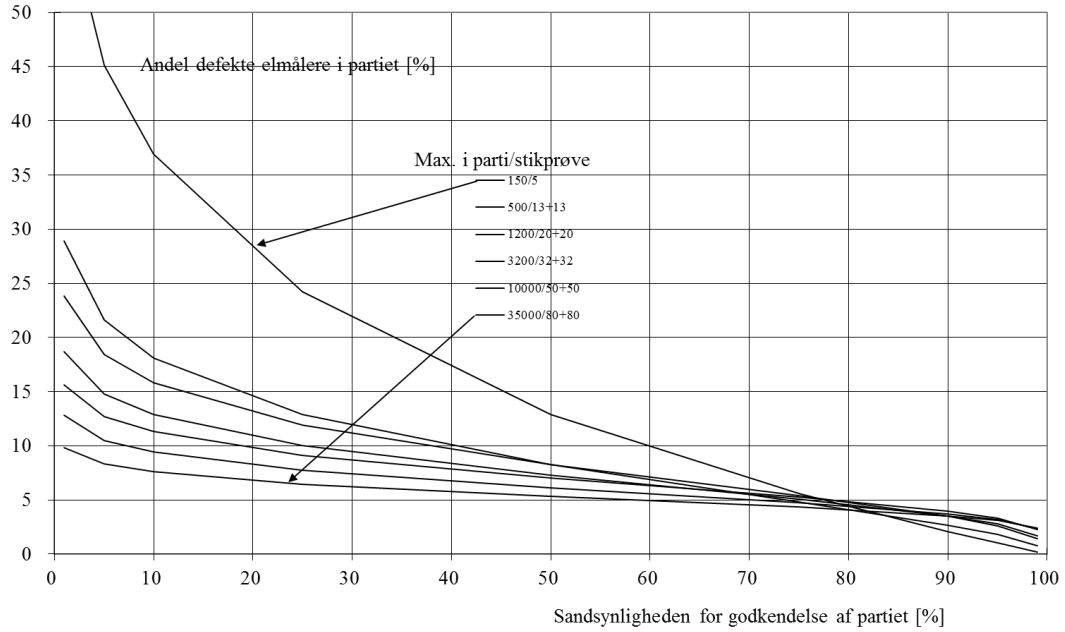
Sandsynligheden for godkendelse af et givet parti er stort set uafhængig af dets samlede antal elmålere, når blot dette er væsentligt større end stikprøvestørrelsen (minimum ca. fem gange).

Der er ikke behov for kurverne ved stikprøvningernes praktiske gennemførelse. De er kun vist til illustration af, at der er en vis risiko for forkastelse af et parti med kvalitetsniveau bedre end AQL og en vis risiko for godkendelse af et parti med et dårligere kvalitetsniveau.

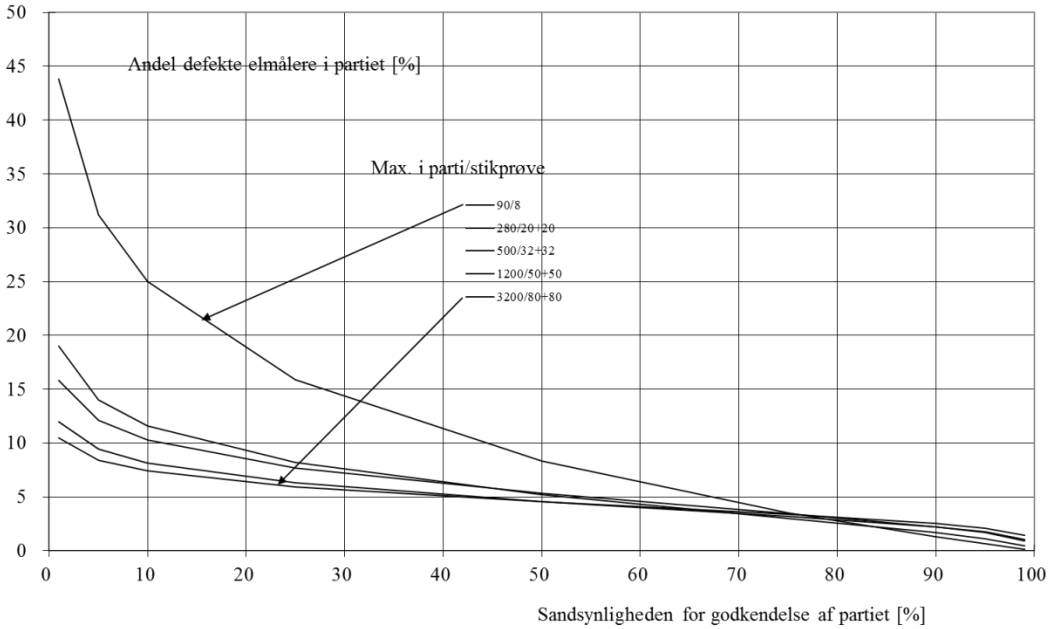
Operationskarakteristikkerne for inspektion ved variable viser principielt kun sandsynligheden for, at et parti godkendes på ét af de to afgørende kriterier: Fejlen ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ (hhv. $0{,}025 \cdot I_n$) eller ved $10 \cdot I_{tr}$ (hhv. $I_n$). Et parti godkendes imidlertid først, når fejlen er godkendt på begge kriterier. De resulterende operationskarakteristikker, dvs. sammenhængen mellem antal elmålere med én eller flere for store fejl og sandsynligheden for godkendelse på begge kriterier, bliver dog stort set lig med de viste kurver, når et enkelt af de to kriterier dominerer i partiet, eller når fejlene ved $0{,}5 \cdot I_{tr}$ og $10 \cdot I_{tr}$ (hhv. $0{,}025 \cdot I_n$ og $I_n$) er stærkt korrelerede ("følges ad").




**Figur C.1 Operationskarakteristikker for direkte tilsluttede elmålere for inspektion ved variable. AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I.**




**Figur C.2 Operationskarakteristikker for direkte tilsluttede elmålere for inspektion ved attributter. AQL = 2,5 % og inspektionsniveau I. Kurven 150/5 gælder for etplans stikprøvning, mens de øvrige kurver gælder for toplans stikprøvning.**




**Figur C.3 Operationskarakteristikker for elmålere i målerinstallationer med transformere for inspektion ved attributter. AQL = 1,5 % og inspektionsniveau II. Kurven 90/8 gælder for etplans stikprøvning, mens de øvrige kurver gælder for toplans stikprøvning.**

# Appendiks D GRAFISK METODE TIL KONTROL AF NORMAL-FORDELING

En grafisk metode til kontrol af, om måleresultaterne er normalfordelte, er beskrevet i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4].

I denne metode sorteres de fundne målefejl $x_1$, $x_2$,…. $x_n$ efter størrelse med den laveste (mest negative) først.

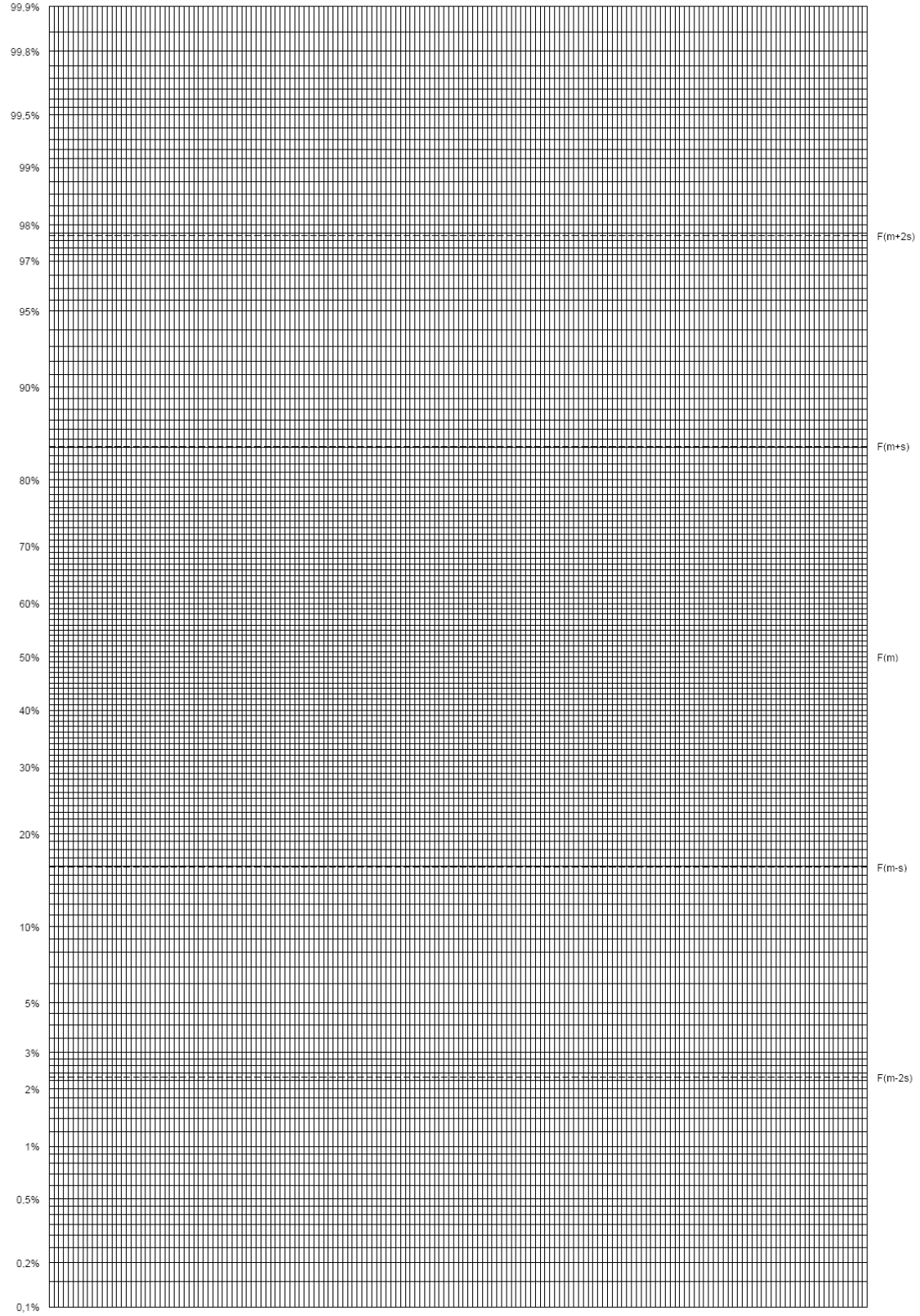
For hver observeret målefejl, $x_k$, hvor k=1, 2, 3,…, n, beregnes værdien, $P_k$, af den kumulative fordelingsfunktion:

$$P_k = 100\frac{k-0{,}375}{n+0{,}25}\% \quad \text{hvor k=1, 2,.., n}$$

Punkterne ($x_k$, $P_k$) afbildes derefter på normalfordelingspapir (se næste side).

Hvis punkterne grupperer sig tæt omkring en ret linje, kan måleværdierne antages at være normalfordelte.

Metoden giver ikke noget præcist mål for, hvor godt måleværdierne passer med antagelsen om normalfordeling. Hvis den grafiske metode efterlader tvivl om, hvorvidt resultaterne er normalfordelte, må man derfor tage én af de andre metoder i DS/ISO 5479:2004 [Ref. 4] i anvendelse.




**Figur D.1 Normalfordelingspapir**

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

TR 356, 4. udgave
Februar 2014

# Kontrolmetoder på målestedet

Rapportens 1. udgave fra 1995 blev rekvireret af Fællesudvalget vedr. Måleteknik og blev udarbejdet af Målerkontroludvalget med følgende medlemmer:

| | |
|---|---|
| Hans Dahlin | NVE |
| Lars Hosbjerg | MEF |
| Thor Gerner Nielsen | NESA |
| Niels Toftensberg | NESA |
| John Maltesen | BHHH (formand) |
| Preben Jørgensen | DEFU (sekretær) |

Rapportens 2. , 3. og 4. udgaver er anbefalet af Dansk Energis Elmåleteknikudvalg og er udarbejdet og revideret af ad hoc-arbejdsgrupper med følgende medlemmer:

| | | |
|---|---|---|
| Andrei Munk Klarup | NVE | (2. udgave) |
| Lars Hosbjerg | EnergiMidt | (2., 3. og 4. udgave) |
| Henrik Vikelgaard | NESA | (2. udgave) |
| Hans Peter Elmer | Eltra | (2. udgave) |
| Ole Graabæk | Elkraft System | (2. udgave) |
| Carsten Strunge | DEFU | (sekretær, 2. udgave) |
| John Maltesen | NRGi | (3. og 4. udgave) |
| Leif Hansen | SEAS-NVE | (3. og 4. udgave) |
| Jesper Keincke | SEAS-NVE | (3. og 4. udgave) |
| Klaus Kargaard Jensen | DONG Energy | (3. og 4. udgave) |
| Preben Høj Larsen | Energinet.dk | (3. udgave) |
| David Victor Tackie | Dansk Energi | (3. udgave) |
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi | (sekretær, 3. og 4. udgave) |

---


**DEFU rapport:** TR356

**Klasse:** 1

**Rekvirent:** Dansk Energi - Net

**Dato for udgivelse:** 27. februar 2014

**Sag:** 7050


© DEFU 2014

## RESUMÉ

Rapporten beskriver retningslinjer for kontrolmetoder af måleinstallationen hos kunden. Alternative muligheder for udførelse af vejledende kontrolmåling gennemgås såvel som forholdsregler i tilfælde af mistanke om fejl i måleinstallationen.

Rapporten henvender sig til elselskaberne i Danmark og primært til personale, der har at gøre med kontrolmetoder hos kunden.

Rapporten beskæftiger sig med retningslinjer frem til og med visningen på elmåleren. Retningslinjer for dataoverførsler og tarifudstyr i forbindelse med overførsel af måleværdier behandles ikke i rapporten.

Udgangspunktet for rapporten er, at måleinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når måletolerancen[1] ikke er større end ± 4%, jf. det af Dansk Energi udarbejdede forslag til leveringsbetingelser.

[1] Generelt i håndbogen Elmåling kaldes forskellen på den korrekte visning og den faktiske visning for "fejlvisning" svarende til måletolerance.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resumé** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Indledning** ..... **5**

*1.1. Rapportens opbygning* ..... *5*

**2. Symbolliste og betegnelser** ..... **6**

**3. Kontrol af måleinstallation** ..... **8**

*3.1. Kontrol - hvornår ?* ..... *8*

*3.2. Kontroludstyr* ..... *8*

**4. Måleinstallationer med direkte tilsluttede elmålere** ..... **10**

*4.1. Generelt* ..... *10*

*4.2. Målepunkter og fejlbestemmelse* ..... *10*

*4.3. Hjemtagning af elmåler* ..... *13*

**5. Lavspændingstransformerinstallation** ..... **14**

*5.1. Generelt* ..... *14*

*5.2. Vejledende kontrolmåling* ..... *14*

*5.3. Kontrol af komponenter enkeltvis* ..... *18*

**6. Højspændingsmåleinstallation** ..... **21**

**7. Referenceliste** ..... **22**

# 1. INDLEDNING

I nærværende rapport beskrives retningslinjer for, hvordan en vejledende kontrol kan udføres hos en kunde, samt forholdsregler i tilfælde af mistanke om fejl i måleinstallationen.

Kontrolmetoden for direkte målere bygger i princippet på to målepunkter a) og b) og et beregnet gennemsnit af disse c). Målepunkterne a) og b) er for en MID-godkendt måler henholdsvis $0{,}5 \cdot I_{tr}$ og $10 \cdot I_{tr}$, mens de for ikke-MID-godkendte målere er henholdsvis 5 % af basisstrømmen, $I_b$, og 100 % af $I_b$. For gennemsnittet er der taget udgangspunkt i en maksimal fejlvisning på ± 4 %, jf. [Ref. 1].

Da metoderne til kontrol af MID-godkendte og ikke-MID-godkendte målere er de samme, er det i rapporten valgt kun at beskrive kontrol af ikke-MID-godkendte målere.

Ved hjælp af vejledende kontrolmålinger vurderes en eventuel fejlvisning. Hvis man ikke er tilfreds med den vejledende kontrolmåling, må komponenterne i den samlede måleinstallation verificeres.

Ved anvendelse af en seriemåler benyttes den målte energi fra henholdsvis elmåler i installationen og seriemåleren til vurdering af en eventuel fejlvisning.

Al håndtering af måleinstallationer forudsættes foretaget af fagteknisk personale.

## 1.1. RAPPORTENS OPBYGNING

Kapitel 3 beskriver generelle forhold omkring kontrol af måleinstallationer og de enkelte muligheder for valg af kontrolmetode.

Kapitel 4 omhandler måleinstallationer med direkte tilsluttede elmålere (0,4 kV), kapitel 5 omhandler lavspændingstransformerinstallationer (under 1 kV) og kapitel 6 omhandler højspændingsmåleinstallationer (over 1 kV).

## 2. SYMBOLLISTE OG BETEGNELSER

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Elafregning** | Betalingen for den leverede elektriske energi. |
| **Energimåling** | Den elektriske energimængde i kWh, der ligger til grund for elafregningen. |
| **Nye måleinstallationer** | Ved nye måleinstallationer forstås måleinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997. |
| **Eksisterende måleinstallationer** | Ved eksisterende måleinstallationer forstås måleinstallationer idriftsat før 1. januar 1997. |
| **Hovedmåler** | En elmåler der anvendes til afregning. Ved måleinstallationer, hvor der ikke anvendes hoved- og kontrolmåler, betegnes hovedmåleren blot som elmåleren. |
| **Kontrolmåler** | En elmåler der anvendes til kontrol af hovedmåleren i en lav- eller højspændingsmåleinstallation. |
| **Byrde** | Betegnelsen for belastningen på sekundærsiden af en strøm- eller spændingstransformer, Byrden angives i VA ved en given effektfaktor, cos β, samt enten en given sekundær mærkestrøm ved strømtransformere eller en given sekundær mærkespænding ved spændingstransformere. |
| **cos β** | Effektfaktoren på strøm- eller spændingstransformerens belastning (byrde). |
| **cos φ** | Effektfaktoren for det forbrug, der måles. |
| **Lavspænding** | Spændingsniveauer på 0,4 kV op til og med 1 kV. |
| **Højspænding** | Spændingsniveauer over 1 kV. |
| **Måleledning** | Forbindelse mellem en strøm- eller spændingstransformer og en elmåler. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Måleinstallation** | Alle installationer og komponenter som er nødvendige for at kunne foretage en energimåling. |
| **Prøveprotokol** | En udskrift, der dokumenterer, at en strømtransformer overholder de gældende krav i IEC 61869-2 (tidligere IEC 60044-1 og IEC 185), eller at en spændingstransformer opfylder de tilsvarende krav i IEC 61869-3 (tidligere IEC 60044-2 og IEC 186). Dvs. at omsætnings- og vinkelfejl er dokumenteret for forskellige byrder og ved forskellige værdier på primærsiden. |
| **Kontroludstyr** | Det udstyr, som anvendes til at udføre målekontrollen i den pågældende måleinstallation. |
| **Seriemåler** | En måler placeret i serie med den måler, den skal kontrollere, og hvorigennem samme strøm løber. |
| **Målepunkt** | Måling ved en bestemt målebetingelse, hvor elmåleren bliver kontrolleret, som ved en kalibrering. Målebetingelsen er afhængig af elmåleren i måleinstallationen. |
| **$f_m$** | Den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for "seriemåleren" ved henholdsvis 5 % og 100 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne i måleinstallationen. |
| **$f_{afl}$** | Aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen. Beregnes udfra, $tol_{sm,}$ $tol_{serie}$ og $E_{serie}$. Se afsnit 4.2. |
| **$f_{kor}$** | Korrektion for spændingstransformerens omsætningsfejl. Sættes lig spændingstransformernes klasse i %. |
| **$tol_{serie}$** | Aflæsningstolerancen for seriemåleren. |
| **$tol_m$** | Aflæsningstolerancen for elmåleren i måleinstallationen. |
| **$E_{serie}$** | Fremgangen i kWh for seriemåleren. |

# 3. KONTROL AF MÅLEINSTALLATION

## 3.1. KONTROL - HVORNÅR ?

Ved kundeklager eller mistanke om fejl i det registrerede elforbrug (energimåling), foretages en analyse. Denne analyse går ud på at afdække eventuelle aflæsningsfejl, tælleværksfejl og lignende. Såfremt denne analyse ikke afslører fejl, anbefales der foretaget en vejledende kontrolmåling svarende til en af de i afsnit 4.2 eller 5.2 beskrevne metoder.

Ved mistanke om fejlfunktion, eller hvis resultatet fra den vejledende kontrolmåling er uacceptabelt, underkastes måleinstallationen en omfattende gennemgang jf. afsnit 4.3 eller afsnit 5.3.

Kontrol af højspændingsmåleinstallationer er beskrevet i kapitel 6.

Fejlvisningen defineres som et gennemsnit af målte fejlvisninger i udvalgte målepunkter, som er fastlagt i TR 355 [Ref. 2] og TR 355-1 [Ref. 3].

## 3.2. KONTROLUDSTYR

Målinger skal foretages med kontroludstyr indstillet til det samme antal faser, som der er faser i den målte installation.

Ved en vejledende kontrolmåling af måleinstallationen anvendes en verificeret måleudrustning. Følgende kan f.eks. benyttes:

1) **Seriemåler**, en elektronisk elmåler med en decimal på visningen af den målte energi. Det anbefales at udarbejde en tabel over aflæsningsnøjagtigheden svarende til forskellige elmålere (dvs. forskellige $I_b$). Seriemåleren skal mindst være af samme klasse som den kontrollerede måleinstallation.
2) **Kontroludstyr med medbragt belastning[2].** Måleinstallationen kontrolleres ved hjælp af 2 målepunkter, disse målepunkter er baseret på elmåleren i måleinstallationen. Dermed vil elmåleren blive kontrolleret i de samme målepunkter, som ved en kalibrering. Kontroludstyret aftaster elmåleren optisk. Udstyret benyttes typisk kun til kontrol af direkte tilsluttede elmålere.
3) **Kontroludstyr uden medbragt belastning.** Måleinstallationen kontrolleres ved hjælp af 1 målepunkt, hvor målepunktet er bestemt af den aktuelle belastning. Kontroludstyret aftaster elmåleren optisk. Udstyret benyttes både ved direkte tilsluttede elmålere og i lavspændingstranformerinstallationer, og udstyret kan benyttes med eller uden brug af strømtænger.

[2] En belastning er i denne henseende et udstyr, f.eks. en strøm- og spændingsgenerator, som simulerer en belastning.

Det transportable udstyr med tilhørende ledningsforbindelser skal anvendes i henhold til fabrikantens anvisninger.

Udstyr til vejledende kontrolmåling inklusive eventuelle strømtænger skal kontrolleres mindst hvert år, og der bør korrigeres for dets fejl i de enkelte tilfælde. Ved kontrol skal fejlvisningerne noteres i en prøvejournal.

Hvor der til kontroludstyret benyttes strømtænger, skal disse være fast parret med kontroludstyret (dvs. fase for fase) og kalibreres sammen. Strømtængerne skal behandles varsomt, og kontaktfladerne skal holdes rengjorte.

Elmålere til seriemåling skal verificeres af et akkrediteret elmålerlaboratorium.

# 4. MÅLEINSTALLATIONER MED DIREKTE TILSLUTTEDE ELMÅLERE

## 4.1. GENERELT

Det følgende vedrører måleinstallationer med direkte tilsluttede elmålere, dvs. installationer uden strøm- og spændingstransformere.

## 4.2. MÅLEPUNKTER OG FEJLBESTEMMELSE

**Seriemåler**

Der måles ved et normalt elforbrug, og den vejledende fejlvisning beregnes ud fra elmåleren i måleinstallationen og seriemåleren. Seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen aflæses med størst mulig nøjagtighed.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol jf. afsnit 4.3, hvis den samlede fejlvisning bestemt ved seriemåleren ligger uden for intervallet

$$\pm(4\,\% - f_{afl} - f_m)$$

hvor

- $f_m$ defineres som den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for seriemåleren ved henholdsvis $0{,}05 \cdot I_b$ og $I_b$ for elmåleren i måleinstallationen.
- $f_{afl}$ er aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen og kan beregnes efter

$$f_{afl} = \frac{2 \cdot (tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\,\%}{E_{serie}}$$

hvor $E_{serie}$ er fremgangen i kWh for seriemåleren, $tol_{serie}$ er aflæsningstolerancen for seriemåleren, og $tol_m$ er aflæsningstolerancen for elmåleren i måleinstallationen. Aflæsningstolerancerne vurderes i hvert enkelt tilfælde svarende til den anvendte seriemåler og elmåleren placeret i måleinstallationen.

**Eksempel 1**

Der anvendes en elektronisk seriemåler med én decimal på visningen, hvor det skønnes at aflæsningstolerancen pr. aflæsning er 0,05 kWh. Elmåleren i måleinstallationen, som skal kontrolleres, har ingen faste nuller, og det skønnes at aflæsningstolerancen pr. aflæsning er 0,5 kWh.

I seriemålerens kalibreringscertifikat findes værdierne for de målte fejlvisninger for henholdsvis $0{,}05 \cdot I_b$ og $I_b$, disse er på -0,8 % og 0,2 %. Seriemålerens fejlvisning (numerisk værdi) bliver derfor

$$f_m = \left| \frac{-0{,}8\% + 0{,}2\%}{2} \right| = 0{,}3\%$$

I den periode, hvori seriemåleren har været placeret i måleinstallationen, har der været en fremgang for seriemåleren på 125 kWh, og for elmåleren i måleinstallationen har der været en fremgang på 128 kWh. Den samlede aflæsningsnøjagtighed beregnes derfor til

$$f_{afl} = \frac{2 \cdot (tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\ \%}{E_{serie}} = \frac{2(0{,}05\ kWh + 0{,}5\ kWh) \cdot 100\ \%}{125\ kWh} = 0{,}88\ \%$$

Fejlvisningen i % bliver

$$f = \frac{128\ kWh - 125\ kWh}{125\ kWh} \cdot 100\ \% = 2{,}4\ \%$$

Den tilladelige fejlvisning beregnes til

$$\pm (4\ \% - 0{,}88\ \% - 0{,}3\ \%) = \pm\ 2{,}82\ \%$$

Idet fejlvisningen på 2,4 % ligger inden for den tilladelige fejlvisning på 2,82 %, accepteres måleinstallationen.

**Kontroludstyr med transportabelt belastningsudstyr**

Måleinstallationens vejledende fejlvisning forsøges bestemt ved hjælp af to målepunkter (benævnt a og b) og et gennemsnit af disse (benævnt c), se tabel 4.2.1. Der regnes med fortegn i forbindelse med den vejledende fejlbestemmelse[3]. Hver af de tre fejlvisninger (målepunkterne a og b samt gennemsnittet) danner grundlag for godkendelse af måleinstallationen.

[3] Defineret som

$$f = \frac{E_m - E_{udstyr}}{E_{udstyr}} \cdot 100\%$$

hvor $E_m$ og $E_{udstyr}$ er henholdsvis elmålerens og kontroludstyrets visninger.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol jf. afsnit 4.3, hvis en af målepunkternes vejledende fejlvisninger ligger uden for de viste fejlgrænser i tabel 4.2.1.

| Målepunkt | Strøm[4] | Fejlgrænse |
|---|---|---|
| **a** | ca. $0{,}05 \cdot I_b$ | $\pm$ (6 % -$\lvert f_{m,a} \rvert$) |
| **b** | ca. $I_b$ | $\pm$ (5 % - $\lvert f_{m,b} \rvert$) |
| **c** | - | $\pm$ (4 % - $f_{m,c}$) |

*Tabel 4.2.1 Acceptable fejlgrænser for trefaset kontroludstyr med transportabelt belastningsudstyr. Hvor*

- *$f_{m,a}$ er kontroludstyrets fejlvisning ved $\cos\varphi = 1$ og $0{,}05 \cdot I_b$ for elmåleren.*
- *$f_{m,a}$ er kontroludstyrets fejlvisning ved $\cos\varphi = 1$ og $I_b$ for elmåleren.*
- *$f_{m,c}$ er den numeriske værdi af gennemsnittet af $f_{m,a}$ og $f_{m,b}$.*

**Eksempel 2**

Givet en måleinstallation med en klasse 2 elmåler. I prøvningsjournalen er anført følgende fejlvisninger ved $\cos\varphi = 1$ for kontroludstyret inklusive strømtænger:

- a) ved $0{,}05 \cdot I_b$ måles en fejlvisning på -0,7 %.
- b) ved $I_b$ måles en fejlvisning på 0,5 %.

Hermed beregnes følgende acceptable fejlgrænser:

- a) ved $0{,}05 \cdot I_b$ : 6 % - 0,7 % = 5,3 %.
- b) ved $I_b$: 5 % - 0,5 % = 4,5 %.
- c) gennemsnit: 4 % - |-0,7 % + 0,5 %|/2 = 3,9 %.

Følgende er målt i måleinstallationen:

- a) ved $0{,}05 \cdot I_b$ måles en vejledende fejlvisning på 4,5 %.
- b) ved $I_b$ måles en vejledende fejlvisning på -3,5 %.
- c) gennemsnit: (4,5 % - 3,5 %)/2 = 0,5 %.

Idet de målte værdier for henholdsvis målepunkt a), b) og c) er mindre end fejlgrænserne, er måleinstallationen i orden jf. den vejledende kontrolmåling.

**Kontroludstyr uden transportabelt belastningsudstyr**

Måleinstallationens vejledende fejlvisning forsøges bestemt ved hjælp af et målepunkt, hvor belastningsstrømmen i den mindst belastede fase er større end 5 % af elmålerens basisstrøm.

[4] For strømmen er der angivet ca. værdier, idet det i praksis kan være vanskeligt at opnå de ønskede værdier.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol jf. afsnit 4.3, hvis den vejledende fejlvisning ligger uden for intervallet

$$\pm(4\,\% - f_m)$$

hvor $f_m$ er den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for det trefasede kontroludstyr ved henholdsvis $0{,}05 \cdot I_b$ og $I_b$ for elmåleren i måleinstallationen.

**Eksempel 3**

Givet en måleinstallation med en klasse 2 elmåler. I prøvningsjournalen er anført følgende fejlvisninger ved cosφ = 1 for kontroludstyret inklusive strømtænger:

- a) ved $0{,}05 \cdot I_b$ måles en fejlvisning på -0,7 %.
- b) ved $I_b$ måles en fejlvisning på 0,5 %.

Dette svarer helt til det anførte under eksempel 1. Hermed beregnes:

$$f_m = \left| \frac{-0{,}7\,\% + 0{,}5\,\%}{2} \right| = 0{,}1\,\%$$

I måleinstallationen er der målt en fejlvisning på 2,8 %, og ingen fasestrømme var under 5 % af $I_b$. Idet den målte fejlvisning ligger inden for intervallet

$$\pm(4\,\% - 0{,}1\,\%) = \pm 3{,}9\,\%$$

anses måleinstallationen for at være i orden.

### 4.3. HJEMTAGNING AF ELMÅLER

Den hjemtagne elmåler kan prøves på et akkrediteret elmålerlaboratorium, hvis kunden ønsker det. Elmåleren afprøves som beskrevet i TR 355 [Ref. 2] (for MID-elmålere TR 355-1 [Ref. 3]), og elmåleren undersøges for mekanisk beskaffenhed.

Grundlaget for en eventuel korrektion af afregningen skal være en bestemmelse af elmålerens fejlvisning ved brug af en verificeret måleudrustning.

# 5. LAVSPÆNDINGSTRANSFORMERINSTALLATION

## 5.1. GENERELT

Det følgende vedrører lavspændingstransformerinstallationer (op til og med 1 kV) med elmålere, der benytter strøm- og eventuelt spændingstransformere.

For lavspændingsinstallationer med direkte tilsluttede elmålere henvises til kapitel 4.

## 5.2. VEJLEDENDE KONTROLMÅLING

Ved en vejledende kontrolmåling på stedet forstås, at der ved hjælp af transportabelt udstyr på stedet foretages en vejledende bestemmelse af den samlede måleinstallations fejlvisning. En sådan vejledende bestemmelse anbefales før en eventuel hjemtagning af komponenter.

Der skelnes mellem følgende to typer:
1) En vejledende primær kontrolmåling (se afsnit 5.2.2).
2) En vejledende sekundær kontrolmåling (se afsnit 5.2.3).

Ved vejledende kontrolmåling foretrækkes, hvis det er muligt, en primær kontrolmåling fremfor en sekundær kontrolmåling.

Ved måleinstallationer, hvor der anvendes spændingstransformere, kan de sekundære spændinger anvendes til det transportable udstyr.

### 5.2.1. Referencebetingelser

Inden målingen skal man ved inspektion sikre sig:

1. At strømtransformerne ikke er beskadigede. I tvivlstilfælde skal strømtransformerne kontrolleres i henhold til IEC 61869-2 [Ref. 5] (tidligere IEC 60044-1 og IEC 185) med tilføjelsen i afsnit 5.3.1, side 19. Ved sekundær måling forsøges omsætningsforholdet kontrolleret.
2. At eventuelle spændingstransformere ikke er beskadigede. I tvivlstilfælde skal spændingstransformerne testes i henhold til IEC 61869-3 [Ref. 6] (tidligere IEC 60044-2 og IEC 186) med tilføjelsen i afsnit 5.3.1, side 19. Den sekundære spænding verificeres ved måling.
3. Hvis man benytter samme tilslutningspunkt for spændingerne til elmåleren og til kontroludstyret, skal man sikre sig, at det relative spændingsfald fra skinnen eller sekundærsiden af spændingstransformere til elmåleren (til elafregning) er mindre end 0,1 %. Da spændingsfaldet hermed kontrolleres, ses der i de følgende fejlbestemmelser bort fra denne ubetydelige fejl.

Under målingen skal man sikre sig, at følgende betingelser er opfyldt:

1. Cosφ for belastningen skal ligge inden for området 0,8 induktiv til 0,8 kapacitiv.
2. Fasestrømmene skal være større end, hvad der svarer til 5 % af strømtransformernes mærkestrømme. Det gælder dog ikke ved brug af seriemåler.
3. Byrden i sekundærkredsen af strømtransformerne og spændingstransformerne må ikke overskride mærkebyrden.

### 5.2.2. Vejledende primær kontrolmåling

De primære fasestrømme måles med strømtænger. Hvis der er placeret ekstra strømtransformere i målesektionen, og de er af samme klasse eller bedre end strømtransformerne til elmåleren, kan disse også anvendes.

**Målepunkter og fejlbestemmelse**

**Udstyr med "seriemåler"**
Ved denne kontrolmåling monteres en elektronisk elmåler på stedet. Her benyttes strømtænger, der passer til seriemåleren. Hvis der er placeret et ekstra sæt strømtransformere i måleinstallationen, bør disse benyttes.

I lavspændingstransformerinstallationer med spændingstransformere skal der beregnes en korrektion for omsætningsfejlene, idet $f_{kor}$ sættes lig spændingstransformernes klasse i %.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol, jf. afsnit 5.3, hvis den samlede fejlvisning bestemt ved seriemåleren ligger uden for intervallet

$$\pm(4\,\% - f_{kor} - f_{afl} - f_m)$$

hvor

- $f_{kor}$ er korrektionen for spændingstransformerens omsætningsfejl, som sættes lig spændingstransformerens klasse i %.
- $f_m$ er den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for "seriemåleren" ved henholdsvis 5 % og 100 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne i måleinstallationen.
- $f_{afl}$ er aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen og kan beregnes efter

$$f_{afl} = \frac{2 \cdot (tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\,\%}{E_{serie}}$$

hvor $E_{serie}$ er fremgangen i kWh for seriemåleren, $tol_{serie}$ er aflæsningstolerancen for seriemåleren, og $tol_m$ er aflæsningstolerancen for elmåleren i måleinstallationen.

Som eksempel på anvendelse henvises til eksempel 1. Dog skal man være opmærksom på, at der skal medtages korrektionen $f_{kor}$.

**Kontroludstyr**
Måleinstallationens vejledende fejlvisning forsøges bestemt ved hjælp af et målepunkt.

Det anbefales at hjemtage elmåleren, strøm- og eventuelt spændingstransformere til kontrol, jf. afsnit 5.3, hvis en af målepunkternes vejledende fejlvisninger efter korrektion ligger uden for intervallet

$\pm (4\ \% - f_{kor} - f_m)$

hvor $f_m$ defineres som den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for det trefasede kontroludstyr ved henholdsvis 5 % og 100 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne i måleinstallationen.

**Eksempel 4**
Givet en måleinstallation med en klasse 1 elmåler, klasse 0,5 strømtransformere og klasse 0,5 spændingstransformere. I prøvningsjournalen er anført følgende fejlvisninger ved cosφ = 1 for kontroludstyret inklusiv strømtænger:

- a) ved 5 % mærkestrøm måles en fejlvisning på -0,7 %.
- b) ved 100 % mærkestrøm måles en fejlvisning på 0,5 %.

Hermed beregnes følgende acceptable fejlgrænser:

$$4\ \% - 0{,}5\ \% - \frac{|-0{,}7\ \% + 0{,}5\ \%|}{2} = \quad 4\ \% - 0{,}5\ \% - 0{,}1\ \% = 3{,}4\ \%$$

Der blev i måleinstallationen målt en vejledende fejlvisning på 2,5 %, og under målingen var ingen af faserne under 5 % af strømtransformernes sekundære mærkestrømme. Idet den målte værdi er mindre end fejlgrænsen på 3,4 %, er måleinstallationen i orden.

### 5.2.3. Vejledende sekundær kontrolmåling

Her indsættes kontroludstyret i strømtransformernes **sekundære kreds**. Det transportable udstyr med tilhørende ledningsforbindelser skal anvendes i henhold til fabrikantens anvisninger.

Der skal beregnes en korrektion for de strømtransformere, der indgår i lavspændingstransformerinstallationen. Er der endvidere spændingstransformere, skal der også tages hensyn til disse ved beregningen af korrektionen, $f_{kor}$, svarende til det viste i tabellen nedenfor. Denne størrelse anvendes senere.

| | |
|---|---|
| **+ Omsætningsfejl for strømtransformer, i %** | ***F*[5]** |
| **+ Omsætningsfejl for spændingstransformer, i %** | Klasse[6] |
| **= Fejlvisning efter korrektion = $f_{kor}$** | |

**Tabel 5.1 Beregning af korrektionen $f_{kor}$.**

Værdier af *F* for forskellige strømtransformerklasser er angivet i tabel 5.2.

| **Klasse** | **0,1** | **0,2** | **0,5** | **1** | **0,2 S** | **0,5 S** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***F*[5], %** | 0,25 | 0,475 | 1,0 | 2,0 | 0,275 | 0,625 |

**Tabel 5.2 Værdier af *F* til brug i tabel 5.1.**

### Målepunkter og fejlbestemmelse

#### Udstyr med seriemåler

Ved denne kontrolmåling monteres en elmåler i serie på stedet. Her benyttes samme strøm- og spændingstransformere, som der anvendes til elmåleren i installationen.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol, jf. afsnit 5.3, hvis den samlede fejlvisning bestemt ved seriemåleren ligger uden for intervallet

$$\pm(4\,\% - f_{kor} - f_{afl} - f_m)$$

hvor

- $f_{kor}$ er korrektionen for spændingstransformerens omsætningsfejl, som sættes lig spændingstransformerens klasse i %.

[5] Værdierne for *F* er beregnet som gennemsnittet af de tilladelige omsætningsfejl ved henholdsvis 5 % og 100 % af mærkestrømmen.
[6] Her benyttes klassen for spændingstransformerne.

- $f_m$ er den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for seriemåleren ved henholdsvis 5 % og 100 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne i måleinstallationen.
- $f_{afl}$ er aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen og kan beregnes efter

$$f_{afl} = \frac{2 \cdot (tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\ \%}{E_{serie}}$$

hvor $E_{serie}$ er fremgangen i kWh for seriemåleren, $tol_{serie}$ er aflæsningstolerancen for seriemåleren, og $tol_m$ er aflæsningstolerancen for elmåleren i måleinstallationen.

Som eksempel på anvendelse henvises til eksempel 1. Dog skal man være opmærksom på, at der skal medtages korrektionen $f_{kor}$.

**Kontroludstyr**

Måleinstallationens vejledende fejlvisning forsøges bestemt ved hjælp af et målepunkt.

Det anbefales at hjemtage elmåleren, strøm- og eventuelt spændingstransformere til kontrol, jf. afsnit 5.3, hvis en af målepunkternes vejledende fejlvisninger efter korrektion ligger uden for intervallet

$\pm (4\ \% - f_{kor} - f_m)$

hvor $f_m$ defineres som den numeriske værdi af gennemsnittet af de målte fejlvisninger for det trefasede kontroludstyr ved henholdsvis 5 % og 100 % af mærkestrømmen for strømtransformerne.

## 5.3. KONTROL AF KOMPONENTER ENKELTVIS

### 5.3.1. Usikkerhedsgrænser for strøm- og spændingstransformere

Den enkelte måletransformer skal overholde kravene i standarderne IEC 61869-2 [Ref. 5] (tidligere IEC 60044-1 og IEC 185) for strømtransformere og IEC 61869-3 [Ref. 6] (tidligere IEC 60044-2 og IEC186) for induktive spændingstransformere.

Grænsen for omsætningsfejl for en strømtransformer af en bestemt klasse fremgår af tabel 5.3. S-klasserne når deres "mærkeusikkerhed" ved 20 % af den nominelle strøm, mens de øvrige klasser når deres "mærkeusikkerhed" ved 100 %.

| Klasse | ± procent omsætningsfejl ved procentdel af nominel strøm (jf. IEC 61869-2 tabel 201 og 202) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 % | 5 % | 20 % | 100 % | 120 % |
| **0,1** | | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| **0,2 S** | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| **0,2** | | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 |
| **0,5 S** | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| **0,5** | | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 |

**Tabel 5.3 Krav i IEC 61869-2 til omsætningsfejl for strømtransformere.**

For induktive spændingstransformere følger spændingsfejlen i procent klassen, dvs. en klasse 0,2 spændingstransformer skal have en fejlgrænse på ± 0,2 %. Dette gælder jf. IEC 61869-3 [Ref. 6] ved spændinger fra 80 % til 120 % af mærkespændingen, og ved en byrde på:

- 0 % til 100 % af mærkebyrden og cosβ = 1 for spændingstransformere i byrdeserie I
- 25 % til 100 % af mærkebyrden og cosβ = 0,8 for spændingstransformere i byrdeserie II.

### 5.3.2. Tilføjelse til IEC 61869-2 og IEC 61869-3

For måleinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997 er det forudsat, at strømtransformerne overholder kravene i IEC 61869-2 (tidligere IEC 60044-1) med følgende tilføjelse: *fejlgrænserne må ikke overskrides, når sekundærbyrden ligger mellem 1 VA og mærkebyrden, jf. TR 353* [Ref. 4].

Og tilsvarende at spændingstransformerne overholder kravene i IEC 61869-3 med følgende tilføjelse: *fejlgrænserne må ikke overskrides, når sekundærbyrden ligger mellem 1 VA og mærkebyrden, jf. TR 353* [Ref. 4]. Dette krav er overholdt for spændingstransformere tilhørende byrdeserie I i IEC 61869-3.

### 5.3.3. Procedure

Ved kontrol af komponenterne i måleinstallationen enkeltvis skal der foretages følgende procedure i rækkefølge, indtil fejlen eventuelt er fundet:

1. Nødvendige forbindelser mellem de enkelte komponenter kontrolleres.
2. Der foretages en kontrolmåling til bestemmelse af det relative spændingsfald mellem skinnen eller sekundærsiden af spændingstransformerne og elmåleren.

3. Elmåleren demonteres og afprøves svarende til det beskrevne i TR 355 [Ref. 2] (For MID-elmålere TR 355-1 [Ref. 3]).
4. Strømtransformerne demonteres og afprøves for, om de overholder de stillede krav til fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl i henhold til IEC 61869-2 med tilføjelsen på side 19 i nærværende rapport. Der skal anvendes udstyr, der kan foretage kontrol svarende til det definerede i IEC 61869-2.
5. Spændingstransformerne demonteres og afprøves for, om de overholder de stillede krav til fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl i henhold til IEC 61869-3 med tilføjelsen på side 19 i nærværende rapport. Der skal anvendes udstyr, der kan foretage kontrol svarende til det definerede i IEC 61869-3.

Hvis følgende forhold er opfyldt, betragtes måleinstallationen for fejlfri:

1. De nødvendige ledningsforbindelser er i orden.
2. Det relative spændingsfald i måleledningen fra skinnen eller sekundærsiden af spændingstransformerne og elmåleren er mindre end eller lig med 0,1 % af den sekundære mærkefasespænding. Det samlede spændingsfald inklusive klemmer m.v. må ikke overstige 0,2 %.
3. Elmåleren kan godkendes svarende til det beskrevne i TR 355 [Ref. 2] eller TR 355-1 [Ref. 3].
4. Strømtransformerne overholder kravene i IEC 61869-2 med tilføjelsen på side 19.
5. Spændingstransformerne overholder kravene i IEC 61869-3 med tilføjelsen på side 19.

# 6. HØJSPÆNDINGSMÅLEINSTALLATION

Det følgende vedrører højspændingsmåleinstallationer (over 1 kV) med elmålere, der benytter strøm- og spændingstransformere.

I forbindelse med udskiftning af en elmåler foretages visuel kontrol af måleinstallationen.

Ved kundeklager eller mistanke til det registrerede elforbrug (energimåling) foretages en analyse. Denne analyse går ud på at afdække eventuelle aflæsningsfejl, tælleværksfejl og lignende. Såfremt denne analyse ikke afslører fejl, anbefales det at foretage en vejledende kontrolmåling efter den i afsnit 5.2.3 beskrevne metode.

Ved mistanke om fejlfunktion, eller hvis resultatet fra den vejledende kontrolmåling er uacceptabelt, underkastes højspændingsmåleinstallationen en omfattende gennemgang af komponenterne enkeltvis.

Den måleansvarlige skal kunne udføre en minimum dokumentation af højspændings-måleinstallationen som beskrevet i TR 353, kapitel 8 [Ref. 4].

Kunden skal give nødvendig adgang til anlæg.

# 7. REFERENCELISTE

Ref. 1: Leveringsbestemmelser – Net (Netbenyttelsesaftalen)
http://www.danskenergi.dk/AndreSider/~/link.aspx?_id=48F3633E5E9D42B79B3BCD384D75FBC7&_z=z

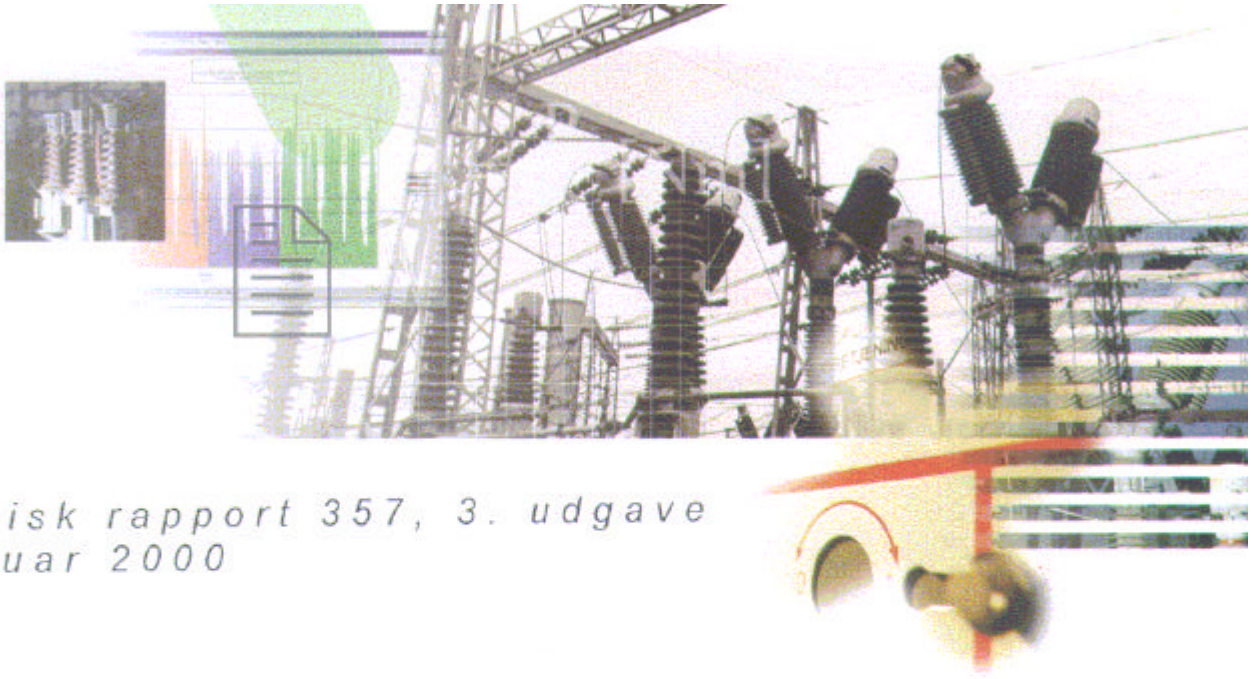
Ref. 2: TR 355, 4. udgave, "Kontrolsystem for idriftværende elmålere", DEFU, februar 2014

Ref. 3: TR 355-1, 1. udgave, "Kontrolsystem for idriftværende MID elmålere", DEFU, februar 2014

Ref. 4: TR 353, 7. udgave, "Måleinstallationer for transformermåling", DEFU, februar 2014

Ref. 5: IEC 61869-2 Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers, 2012-09

Ref. 6: IEC 61869-3 Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers, 2011-07



Teknisk rapport 357, 3. udgave
Februar 2000

# Baggrundsrapport til DEFUs TR 353, TR 354, TR 355 og TR 356

**DEFU**
Postboks 259
DTU/Bygning 325
2800 Lyngby

Tlf.: 45 88 14 00
Fax: 45 93 12 88
E-mail: info@defu.dk
www.defu.dk

defu

**Rapporten er udarbejdet og revideret af en ad hoc arbejdsgruppe med følgende medlemmer:**

| | |
|---|---|
| Hans Dahlin | NVE |
| Lars Hosbjerg | MEF |
| Niels Toftensberg | NESA |
| John Maltesen | Energi Horsens (formand) |
| Hans Peter Elmer | I/S Eltra (3. udg.) |
| Preben Jørgensen | DEFU (sekretær 1. og 2. udg.) |
| Anders Vikkelsø | DEFU (sekretær 3. udg.) |

**DEFU teknisk rapport:** 357, 3. udgave

**Klasse:** 1

**Rekvirent:** Elmåleteknikudvalget

**Dato for udgivelse:** 24. februar 2000

**Sag:** 227

© DEFU 2000, 3. udgave

# Resumé

Formålet med denne tekniske rapport er at beskrive baggrunden for og begrunde indholdet i de 2 DEFU tekniske rapporter vedrørende elmålere:

- DEFUs TR 354: Indgangskontrol af nye og istandsatte elmålere.
- DEFUs TR 355: Kontrolsystem for idriftværende elmålere.

Endvidere er formålet at give yderligere teori vedrørende elmåling, idet der ikke findes en enkelt samlet fremstilling, der behandler dette område, samt at beskrive resultaterne fra en undersøgelse af 93 gamle strømtransformere.

Rapporten henvender sig til elselskaberne i Danmark, og specielt til de der vil have uddybende forklaringer til de tekniske DEFU rapporter 353, 354, 355 og 356 samt vil vide noget mere om teorien bag ved elmåling.

DEFU, den 12. oktober 1995

I 2. udgave er der foretaget en række rettelser og tilføjelser, sådan at den harmonerer med Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997 *Bekendtgørelse om kontrol med elmålere, der anvendes til måling af elforbrug* samt tilhørende meddelelser.

Endvidere er der medtaget to nye kapitler:

- Kapitel 12 omkring måleusikkerheden for en målerinstallation, som har betydning for valgte komponenter i TR 353, og
- Kapitel 13 omkring acceptable fejlvisninger i forbindelse med stikprøvekontrol, som har betydning for TR 355.

Til gengæld er der fjernet de to kapitler omkring henholdsvis TR 354 og TR 355, og kommentarerne er medtaget i de respektive tekniske rapporter. Endelig kan det nævnes at IEC 44-1 fra 1996 erstatter den tidligere IEC 185.

DEFU, den 25. september 1997

I 3. udgave er der foretaget en række mindre rettelser i overensstemmelse med ændringerne i TR 354 og TR 355. Det drejer sig primært om implementeringen af IEC 1036:1996, hvori der, for transformertilsluttede elmålere, er foretaget væsentlige ændringer i forhold til tidligere standarder.

DEFU, den 24. februar 2000

# Indholdsfortegnelse

**Resumé** ..... **3**

**1. Indledning** ..... **7**
1.1. Rapportens opbygning ..... 8

**2. Symbolliste og betegnelser** ..... **9**

**3. Lovgivning** ..... **12**

**4. Standardisering** ..... **14**

**5. Strømtransformere (baseret på IEC 44-1)** ..... **16**
5.1. Indledning ..... 16
5.2. Definitioner ..... 16
5.3. Fejlgrænser ..... 17

**6. Spændingstransformere (baseret på IEC 60044-2)** ..... **19**
6.1. Indledning ..... 19
6.2. Definitioner ..... 19
6.3. Fejlgrænser ..... 20

**7. Fejlkilder ved elmåling** ..... **22**

**8. Målefejl ved enfaset effektmåling** ..... **24**
8.1. Udledninger ..... 24
8.2. Tilnærmet udtryk for målefejlen ..... 27

**9. Målefejl ved elmåling** ..... **29**
9.1. Målefejl ved enfaset elmåling ..... 29
9.2. Målefejl ved trefasede elmålinger ..... 30
9.3. Målefejl ved Aron-kobling ..... 31

**10. Måleusikkerheden for en målerinstallation** ..... **34**

**11. Acceptable fejlvisninger for elmålere i forbindelse med stikprøvekontrol** ..... **43**

**12. Undersøgelse af gamle strømtransformere** ..... **49**

**Referencer** ..... **51**

**Bilag 1: De 93 undersøgte strømtransformere** ..... **53**

**Bilag 2: Omsætningsfejl ved 100%'s belastning** ..... **55**

**Bilag 3: Vinkelfejl ved 100%'s belastning** ..... **57**

**Bilag 4: Omsætningsfejl ved 5%'s belastning** ..... **59**

**Bilag 5: Vinkelfejl ved 5%'s belastning** ..... **61**

**Bilag 6: Eksempler på fejlkurver for elmålere .....63**

**Bilag 7: Acceptable fejlvisninger mellem hoved- og kontrolmåler, anvendt i TR 355, 1. og 2. udgave .....67**

# 1. Indledning

Rapporterne TR 353, TR 354[1], TR 355[2] og TR 356 udgør tilsammen et system, der har til formål at sikre et acceptabelt kvalitetsniveau for elmålere, der anvendes i måler-installationer til afregning af aktiv energi fra en elleverandør til en forbruger. Det være sig i forbindelse med

- krav til målerinstallationer (TR 353),
- verifikation af elmålere (TR 354),
- kontrolsystem for idriftværende elmålere (TR 355) og
- udførelse af kontrol hos forbrugeren (TR 356).

I arbejdet er der gået ud fra dels:

1. at den enkelte elmåler overholder Erhvervsfremme Styrelsens krav jf. bekendtgørelse af den 23. januar 1997, og dels
2. at målerinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når fejlvisningen ikke er større end ± 4 % jf. de af Danske Elværkers Forenings udarbejdede forslag til leveringsbetingelser[3].

[1] TR 354 er oprindeligt baseret på TR 312. A*cceptprøvning af nye og istandsatte klasse 2 elmålere for direkte tilslutning*. November 1992. I forhold til TR 312 er TR 354 generaliseret til at omhandle alle elmålerklasser.

[2] TR 355 er oprindeligt baseret på TR 313. *Kontrolsystem for idriftværende direkte tilsluttede elmålere*. November 1992. I forhold til TR 313 er TR 355 generaliseret til at omhandle alle elmålerklasser.

[3] Det er antaget, at nøjagtighedsmålet skal opfattes på den måde, at den enkelte forbruger skal afregnes med en usikkerhed inden for intervallet ± 4 %, hvor usikkerheden på energimålingen defineres som et gennemsnit af fejlvisningerne ved to målepunkter, tilsvarende jf. Danske Elværkers Forenings udarbejdede forslag til leveringsbetingelser.

Endvidere er der gået ud fra at fejlene for en direkte tilsluttet elmåler i drift ikke må overstige ±6 % ved 5 % basisstrøm og ±5 % ved 100 % basisstrøm, og målt ved cosφ = 1. Disse grænser er dobbelt så store som de, der stilles til nye klasse 2 elmålere af Ferraristypen ved førstegangsverifikation jf. Erhvervs-fremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997 *Bekendtgørelse om kontrol med elmålere, der anvendes til måling af elforbrug* i de respektive punkter. Kravet harmonerer med svensk lov, der for idriftværende elmålere kræver max. ±6 % ved 5 % basisstrøm og ±5 % ved 10 % basisstrøm og opefter.

## 1.1. Rapportens opbygning

Kapitel 3 og 4 giver nogle kommentarer vedrørende lovgivning og standardisering.

Kapitel 5 og 6 er en kort oversættelse af dele fra henholdsvis IEC 44-1 (tidligere IEC 185) og IEC 60044-2 (tidligere IEC 186), der vedrører henholdsvis krav til strøm- og spændingstransformere.

Kapitel 7 opremser fejlkilder i forbindelse med en elmåling. Kapitel 8 giver teorien for den enfasede effektfejl. Dette er fundamentet for teorien for fejl ved en elmåling, som behandles i kapitel 9.

Kapitel 10 beskriver måleusikkerheden for en målerinstallation, dels som den maksimale måleusikkerhed, dels ved hjælp af konfidensintervaller. Disse betragtninger har dannet basis for de beskrevne valg i TR 353.

Kapitel 11 beskriver de acceptable fejlvisninger i forbindelse med stikprøvekontrol af idriftværende elmålere, og som har dannet basis for valgte acceptable fejlvisninger i TR 354.

Kapitel 12 giver en vurdering af en undersøgelse af 93 gamle strømtransformere.

Endelig afsluttes med en referenceliste, som kan danne udgangspunkt for videre studier.

# 2. Symbolliste og betegnelser

| | |
|---|---|
| $F$ | Den relative målefejl for den samlede målerinstallation. |
| $F_m$ | Den relative målefejl for elmåleren (eller i situationer, hvor er der tale om effektmåling, den relative målefejl for wattmeteret angives normal i % |
| $F_i$ | Omsætningsfejl for strømtransformer angives normal i %. |
| $F_u$ | Omsætningsfejl for spændingstransformer angives normal i %. |
| $d_i$ | Vinkelfejl for strømtransformeren angives normal i centiradianer. |
| $d_u$ | Vinkelfejl for spændingstransformeren angives normal i centiradianer. |
| $e$ | Det relative spændingsfaldet mellem spændingstransformeren til elmåleren i forhold til spændingstransformerens fasespænding angives normal i %. |
| $k_i$ | er støtransformerens nominelle omsætningsforhold, |
| $I_P$ | er den aktuelle primærstrøm (i effektiværdi), |
| $I_S$ | er den aktuelle sekundærstrøm (i effektiværdi) givet $I_P$ og under påvirkning af måleudstyr. |
| $k_u$ | er spændingsformerens nominelle omsætningsforhold, |
| $U_P$ | er den aktuelle primære spænding, |
| $U_S$ | er den aktuelle sekundære spænding givet $U_P$ og under påvirkning af måleudstyr. |
| $P_m$ | Den effekt som wattmeteret registrerer. |
| $P$ | Den virkelige effekt der ønskes målt. |
| $E_m$ | Den energi som elmåleren registrerer. |
| $E$ | Den virkelige energi der ønskes målt. |

| | |
|---|---|
| Elafregning | Betalingen for den leverede elektriske energi. |
| Energimåling | Den elektriske energimængde i kWh, der ligger til grund for elafregningen. |
| Nye målerinstallationer | Ved nye målerinstallationer forstås målerinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997. |
| Eksisterende målerinstallationer | Ved eksisterende målerinstallationer forstås målerinstallationer idriftsat før 1. januar 1997. |

| | |
|---|---|
| Hovedmåler | En elmåler der anvendes til afregning. Ved målerinstallationer, hvor der ikke anvendes hoved- og kontrolmåler, betegnes hovedmåleren blot som elmåleren. |
| Kontrolmåler | En elmåler der anvendes til kontrol af hovedmåleren i lav- eller højspændingstransformerinstallation. |
| Basisstrøm $I_b$ [4] | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt. Bemærk at basisstrøm anvendes både for Ferraris- og elektroniske elmålere for klasserne 2, 1 og 0.5 (klasse 0.5 gælder kun for Ferrarismålere). For elmålere, godkendt i hht. reference 24, anvendes betegnelsen $I_b$ kun når de er direkte tilsluttet. |
| Mærkestrøm $I_n$ [4] | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt i overensstemmelse med relevante strømtransformere. Bemærk at mærkestrøm kun anvendes for elmålere, der tilsluttes via transformer. |
| Målekerne | Ved målekerne forstås den kerne på en strømtransformer, der anvendes til energimåling. |
| Målevikling | Ved målevikling forstås den målevikling (underforstået den sekundære vikling) på en spændingstransformer, der anvendes til energimåling. |
| Byrde | Betegnelsen for belastningen på sekundærsiden af en strøm- eller spændingstransformer, der angives i VA ved en given effektfaktor cosβ, samt enten en given sekundær mærkestrøm ved strømtransformer eller en given sekundær mærkespænding ved spændingstransformer. |
| cosβ | Effektfaktoren på strøm- eller spændingstransformerens belastning (byrde). |
| Lavspænding | Spændingsniveauer på 0,4 kV op til og med 1 kV. |
| Højspænding | Spændingsniveauer over 1 kV. |
| Måleledning | Forbindelse mellem en strøm- eller spændingstransformer og en elmåler. |
| Målerinstallation | Alle installationer og komponenter nødvendige for at kunne foretage en energimåling. |
| Prøveprotokol | En udskrift, der dokumenterer, at en strømtransformer overholder de gældende krav i enten IEC 44-1 (tidligere IEC 185)eller at en spændingstransformer de tilsvarende krav i IEC 60044-2 (tidligere IEC 186). Dvs. at omsætnings- og vinkelfejl er dokumenteret for forskelle byrder og ved forskellige værdier på primærsiden. |
| Målefejl | Ved målefejlen for den samlede målerinstallation forstås den aktuelle målefejl givet ved de aktuelle målefejl fra henholdsvis elmåler, strøm- og spændingstransformer samt spændingsfaldet mellem spændingstransformerne og elmåleren. |

[4] Definitionerne af strømmene $I_b$ og $I_n$ er ændret i forhold til tidligere udgaver af rapporten for at opnå en mere stringent definition af de to størrelser.

| | |
|---|---|
| Måleusikkerhed | Ved måleusikkerheden for den samlede målerinstallation forstås et interval indenfor hvilket at målefejlen vil befinde sig med en vis sandsynlighed. Dette kan enten defineres svarende til den maksimale måleusikkerhed eller ved hjælp af et konfidensinterval. |
| Den maksimale måleusikkerhed | Den maksimale måleusikkerhed, som er en teoretisk størrelse, defineres som den målefejl der fås ved at antage, at de enkelte fejl fra komponenter optræder mest muligt uheldigt. |
| Grænseværdi | Herved forstås en værdi som skal være overholdt. |
| Konfidensinterval | Ved et konfidensinterval forstås et interval, der med en vis sandsynlighed indeholder den ukendte parameterværdi. |
| Verifikation | Herved forstås de operationer, som omfatter en identifikation, undersøgelse, kalibrering og mærkning/plombering af elmåleren og som konstaterer og bekræfter, at elmåleren opfylder forskriftsmæssige krav specielt angående målenøjagtighed. |
| Førstegangsverifikation | Herved forstås en verifikation af en elmåler, som ikke har været verificeret før. |
| Reverifikation | Herved forstås en verifikation, der kommer efter en førstegangsverifikation. |
| Kalibrering | Ved kalibrering af et måleinstrument forstås den fremgangsmåde, der under fastlagte betingelser kan vise, hvilken forskel der er mellem værdierne på instrumentet og de tilsvarende kendte, korrekte værdier. Svarende til det der foretages i forbindelse med bestemmelse af nøjagtighederne for målepunkterne 4 til og med 9 i DEFUs TR 354. |

# 3. Lovgivning

Den 1. februar 1997 blev der indført tekniske og metrologiske (måletekniske) krav i forbindelse med afregning af elektrisk energi fra en elleverandør til en forbruger med Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997 samt tilhørende meddelelser. Alt i alt kom Erhvervsfremme Styrelsen med følgende:

1. *Bekendtgørelse om kontrol med elmålere, der anvendes til måling af elforbrug*. Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997.
2. *Elmålere. Kontrolsystem for elmålere i drift.* Måletekniks direktiv, vejledning fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 1. februar 1997.
3. *Bemyndigede laboratoriers brug af underentreprenører i forbindelse med verifikation af måleinstrumenter*. Måletekniks meddelelse fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 3. februar 1997.
4. *Nye bestemmelse for elmålere der benyttes til måling af elektricitet i afregningsøjemål*. Måletekniks meddelelse fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 5. februar 1997.

Endvidere blev i samme omgang EU-direktivet 76/891/EØF[5]: "Rådets direktiv om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om elektricitetsmålere" implementerer i den danske lovgivning. Dette direktiv vedrører EØF-typegodkendelse, førstegangsverifikation, EØF-stempling og EØF-mærkning, som findes som bilag 2 til ovennævnte bekendtgørelse under 1). Dette direktiv vedrører kun klasse 2 Ferrarismålere, hvorimod alle andre elmålere (elektroniske og ikke klasse 2 Ferrarismålere) er henvist til internationale standarder.

På europæisk plan arbejdes med et udkast til et EU-direktiv, som pt. benævnes MID/1. Der forventes et færdigt udkast ultimo 1997, som ministerrådet skal behandle efterfølgende sandsynligvis i løbet af 1998. Dette direktiv bliver et generelt måleteknisk direktiv, som bl.a. også vil indeholde krav vedrørende elmålere.

Tabel 3.1 giver en oversigt over lande, som har lovmæssige krav inden for elmåling. Man bemærker, at for direkte tilsluttede elmålere er det kun Norge som ikke har noget krav pt. Derimod vedrørende højspændingsmålere er billede mere differentieret.

[5] Direktivet blev oprindeligt ikke implementeret i dansk lovgivning, idet Danmark den 15. september 1982 blev fritaget herfor ved en EU-dom.

I Norge er man pt. ved at udarbejde en rapport, som kommer til at omhandle i princippet alle forhold vedrørende elmåling, og som indholdsmæssigt kommer til at mine lidt om håndbogen Elmåling. Endvidere overvejer man i Norge kontrolordninger[6] vedrørende:

- Krav til typegodkendte elmålere
- Førstegangsverifikation af elmålere på akkrediterede laboratorier
- Opfølgningskontrol af Justervesenet i samarbejde med branchen.

I Sverige har man i 1996 udgivet SEF rapporten *Krav, råd och rekommendationer om mätning och avräkning för den reformerade elmarknaden.* Rapporten, der er udarbejdet af den svenske elbranche, omhandler:

- Anvisninger på klassevalg for målekomponenter (elmålere, strømtransformere, spændingstransformere mm.).
- Belyser kvaliteten for indsamlinger af måledata.
- Formulerer regler for førstegangsverifikationer samt prøvningsbehov.

Endvidere har man i Sverige etableret fælles stikprøvekontrol af elmålere, som udføres af SEF med ekspertbistand fra SP.

*Tabel 3.1. Lovmæssige forhold inden for elmåling i nogle lande (bl.a. baseret på data fra Nilsson [ref. 38])*

| | Direkte tilsluttede elmålere | Højspændingsmålere |
|---|---|---|
| Belgien | ja | nej |
| Danmark | ja | ja |
| Finland | ja | nej |
| Norge | nej | nej |
| Schweiz | ja | ja |
| Storbritannien | ja | ja |
| Sverige | ja | nej |
| Tyskland | ja | ja |
| Østrig | ja | ja |

[6] I Norge er det Justervesenet der er den ansvarlige myndighed inden for elmåling.

# 4. Standardisering

Der findes en række internationale standarder som vedrører indgangskontrol og typegodkendelse af elmålere. Disse standarder kan ved første øjekast godt virke lidt uoverskuelige og forvirrende, idet der ikke er foretaget generaliseringer af standarderne, men udarbejdet nye standarder i takt med behovet.

Grundlaget vedrørende elmålere findes i en række IEC standarder, hvoraf de fleste er ophøjet til europæiske standarder, og som har betegnelsen EN som præfiks. For IEC 514, IEC 521, IEC 687, IEC 1036 og IEC 1358 findes disse ophøjet som europæisk standarder med henholdsvis numrene EN 60514, EN 60521, EN 60687, EN 61036 og EN 61358, sådan at indholdet i EN standarderne er identiske med IEC standarderne. Endvidere findes også med Dansk Standard præfisk, dvs. som DS/EN 60514, DS/EN 60521, DS/EN 60687, DS/EN 61036 og DS/EN 61358.

De listede standarder vedrørende elmålere kan inddeles i:

- Typegodkendelser (også benævnt produktstandarder), nemlig IEC 521, IEC 687 og IEC 1036. Disse standarder omhandler, hvilke krav der stilles i forbindelse med en typegodkendelse af en elmåler. Disse standarder omhandler forskellige klasser og typer (Ferraris- eller elektroniske elmålere) af elmålere. Dette kan opfattes på den måde, at man har valgt ikke at generalisere IEC 521 til at omhandle flere klasser og typer af elmålere, men i stedet har man valgt at udarbejde nye standarder i takt med behovet. Selv om der er små forskelligheder, minder disse produktstandarder indholdsmæssigt meget om hinanden.
- Verifikationer (også benævnt indgangskontroller eller acceptkontrol), nemlig IEC 514 og IEC 1358. Disse standarder omhandler, hvordan et parti indkøbte elmålere kan kontrolleres, således at ikke alle elmålere skal undersøges grundigt, men alligevel på en sådan måde, at der opnås et passende kvalitetsniveau. IEC 514 omhandler klasse 2 elmålere (Ferraris) og IEC 1358 omhandler klasse 1 og 2 elektroniske elmålere, derimod findes der ikke standarder for elektroniske elmålere af klasse 0.2S og 0.5S samt Ferrarismålere af klasse 0.5 og 1. For de klasser, hvor der ikke findes standarder, er værdierne baseret på eksisterende standarder.

Tabel 4.1 forsøger at give et overblik over IEC standarder, som omhandler elmålere.

*Tabel 4.1. Eksempler på anvendelse af IEC standarderne*

| | Typegod-kendelse | Verifikation | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Metode | Tolerance | Referencebe-tingelser |
| Ferraris kl. 2[1)] | IEC 521 | IEC 514 | IEC 514 | IEC 514 |
| Ferraris kl. 1 og 0.5 | IEC 521 | 2) | IEC 521 | IEC 521 |
| Elektronisk kl. 2 og 1 | IEC 1036: 1990 | IEC 1358 | IEC 1358 | IEC 1358 |
| Elektronisk kl. 2 og 1 | IEC 1036: 1996 | IEC 1358 | IEC 1358 3) | IEC 1358 |
| Elektronisk kl. 0.5S og 0.2S | IEC 687 | 4) | IEC 687 | IEC 1358 |

*1) Dog skal der jf. Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse anvendes EU-direktivet 76/891/EØF, men de nævnte IEC 514 og IEC 521 kan betragtes som nyere versioner i forhold til EU-direktivet 76/891/EØF.*

*2) IEC 514 kan anvendes.*

*3) For de transformertilsluttede elmålere er der følgende afvigelser fra IEC 1358, idet denne standard kun omhandler direkte tilsluttede elmålere:*

*4) Ved prøvning 3: "Start" anvendes for kl. 1 0,002⁄ $I_n$ og for kl. 2 0,003⁄ $I_n$.*

*5) Ved prøvning 4: "Nøjagtighed" anvendes for både kl. 1og 2 strømmen 0,02⁄ $I_n$ i stedet for 0,05⁄ $I_n$.*

*6) De øvrige verifikationstests for transformertilsluttede elmålere kan udføres i hht. IEC 1358.*

*4) IEC 1358 kan anvendes.*

# 5. Strømtransformere (baseret på IEC 44-1)

## 5.1. Indledning

En strømtransformer er i princippet en transformer, hvis primærvikling gennemløbes af den strøm, der ønskes målt, og hvis sekundærvikling kortsluttes gennem måleinstrumentet (f.eks. en elmåler).

En strømtransformer er ikke ideel i driftssituationer, idet den er behæftet med henholdsvis en omsætnings- og vinkelfejl. For en given strømtransformer afhænger disse fejl af:

- Aktuel primærstrøm i forhold til mærkestrømmen.
- Aktuel byrde i forhold til mærkebyrde.
- Fremmedfelter fra aktive nabokomponenter.
- Placeringen af strømtransformerne i forhold til hinanden.

Dette kapitel beskriver nogle af de forhold, der har betydning i forbindelse med anvendelse af strømtransformere til afregningsforhold. Der er medtaget relevante ting fra IEC 44-1, specielt fra kapitlerne 1 og 2.

## 5.2. Definitioner

Standard værdier for primære mærkestrømme er:
**10** - 12,5 - **15** - **20** - 25 - **30** - 40 - **50** - 60 - **75** A

og multipla af 10 heraf. De fortrukne værdier er fremhævet.

Standard værdierne for sekundærmærkestrømme er:
1 - 2 - 5 A
hvor 5 A er den foretrukne.

Standardværdier for mærkebyrder er:
2,5 - 5,0 - 10 - 30 VA

Strømtransformerens nøjagtighed angives ved dens klasse, og nøjagtighedsklassen angiver den højeste tilladte procentvise omsætningsfejl ved mærkestrømme. Standard nøjagtighedsklasserne for strømtransformere til måleformål er:
0.5S - 0.2S - 0.1 - 0.2 - 0.5 - 1 - 3 - 5

For klasserne 0.1 - 0.2 - 0.5 og 1 må omsætnings- og vinkelfejlen ved mærkefrekvenser ikke overstige værdierne i tabel 5.1 og 5.2 for alle byrder mellem 25 % til 100 % af mærkebyrden (dog ikke mindre end 1 VA). Det vil sige, for en typisk byrde på 15 VA gælder kravet for 3,75 VA til og med 15 VA.

Ved udskiftning af en Ferrarismåler til en elektronisk elmåler bliver byrden på strømtransformerne typisk mindre. Derfor har arbejdsgruppen anbefalet, at nye strømtransformere efter 1. januar 1997 skal overholde gældende krav til IEC 44-1 med følgende tilføjelse:
*Fejlgrænserne vedr. omsætnings- og vinkelfejl i tabel IV og IV A i IEC 44-1 må ikke overskrides, når sekundærbyrden antager hvilken som helst værdi mellem 1 VA og mærkebyrden.*

Dette krav svarer til, hvad man kræver i Sverige.

Klasserne 0.5S og 0.2S, der svarer til klasserne 0.5 og 0.2, men som holder nøjagtighedskravene for et udvidet måleområde (dvs. mindre værdier af primærstrømme), anvendes specielt til afregningsformål. I IEC 44-1 angives for disse klasser kun sekundære mærkestrømme på 5 A.

I Danmark findes ofte klasse 0.5 i ældre installationer, og i mange nye målerinstallationer monteres klasse 0.2S.

## 5.3. Fejlgrænser

En strømtransformers afvigelse fra en ideel strømtransformer karakteriseres ved henholdsvis en omsætnings- og en vinkelfejl. Disse vil i det følgende blive defineret.

Strømtransformerens omsætningsfejl i procent er givet ved, se IEC 44-1 §3.10:

$$\frac{k_i \cdot I_s - I_p}{I_p} \cdot 100[\%] \qquad \textbf{(5.1)}$$

I hel tal defineres omsætningsfejlen ved:

$$f_i = \frac{k_i \cdot I_s - I_p}{I_p} \qquad \textbf{(5.2)}$$

hvor:

$k_i$ er stømtransformerens nominelle omsætningsforhold ($k_i = I_P/I_S$),
$I_P$ er den aktuelle primærstrøm (i effektiværdi),
$I_S$ er den aktuelle sekundærstrøm (i effektiværdi) givet $I_P$ og under påvirkning af måleudstyr.

Strømtransformerens vinkelfejl, $d_i$, udtrykker forskellen mellem den primære og sekundære fasestrømvektorer, hvor retningen af vektorerne vælges sådan, at vinkelfejlen er nul for en perfekt strømtransformer. $d_i$ er positiv, hvis fasevektoren svarende til $I_S$ kommer tidsmæssig før fasevektoren til $I_P$. Vinkelfejlen angives normalt i minutter (1/60 grader) eller i centiradianer.

I tabel 5.1 og 5.2 er de tilladte målefejl, svarende til de forskellige klasser vist. I følge IEC 44-1 skal strømtransformernes målefejl ligge indenfor de viste værdier i tabellerne for alle byrder mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden (dog ikke mindre end 1 VA).

*Tabel 5.1. Fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl. Værdierne er hentet fra IEC 44-1 af 1997*

| Nøjagtigheds-klasse | ±Omsætningsfejlen i % ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | | ±Vinkelfejlen ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Minutter | | | | Centiradianer | | | |
| | 5 | 20 | 100 | 120 | 5 | 20 | 100 | 120 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 15 | 8 | 5 | 5 | 0,45 | 0,24 | 0,15 | 0,15 |
| 0,2 | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 30 | 15 | 10 | 10 | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 |
| 0,5 | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 90 | 45 | 30 | 30 | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 |
| 1,0 | 3,0 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 180 | 90 | 60 | 60 | 5,4 | 2,7 | 1,8 | 1,8 |

*Tabel 5.2. Fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl for strømtransformere til specielle anvendelser. Denne tabel er kun anvendelig for strømtransformere med sekundære nominelle strømme på 5 A. Værdierne er hentet fra IEC 44-1 af 1997*

| Nøjagtigheds-klasse | ±Omsætningsfejlen i % ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | | | ±Vinkelfejlen ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Minutter | | | | | Centiradianer | | | | |
| | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| 0,2 S | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 30 | 15 | 10 | 10 | 10 | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 0,5 S | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 90 | 45 | 30 | 30 | 30 | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

# 6. Spændingstransformere (baseret på IEC 60044-2)

## 6.1. Indledning

En spændingstransformer tilsluttes med primærviklingen til den spænding, der ønskes målt, og sekundærviklingen sluttes til måleinstrumentet (f.eks. en elmåler). Da det tilkoblede instrument har en stor impedans, kan spændingstransformeren betragtes som en transformer i tomgang.

En spændingstransformer er ikke ideel i driftssituationer, idet den er behæftet med henholdsvis en omsætnings- og vinkelfejl. For en given spændingstransformer afhænger disse målefejl af:

- Aktuel primærspænding i forhold til mærkespænding.
- Aktuel byrde i forhold til mærkebyrde.

Dette kapitel beskriver nogle af de forhold, der har betydning i forbindelse med anvendelse af spændingstransformere til afregningsforhold. Der er medtaget relevante ting fra IEC 60044-2 (tidligere IEC 186), specielt fra kapitlerne 1 og 2.

## 6.2. Definitioner

Standard værdier for primære mærkespændinger er lig med den nominelle netspænding divideret med $\sqrt{3}$ Det vil sige bl.a.

$0{,}69/\sqrt{3}$ kV, $10/\sqrt{3}$ kV, $15/\sqrt{3}$ kV og $20/\sqrt{3}$ kV

Sekundærspændingen for viklinger koblet i stjerne vælges enten til $100/\sqrt{3}$ V eller $110/\sqrt{3}$ V. Sekundærspændingen for viklinger koblet i åben trekant vælges tilsvarende 100/3 V eller 110/3 V.

Standard værdier for mærkebyrder ved cosβ=0,8 (induktiv) er:

**10**, 15, **25**, 30, **50**, 75, **100**, 150, **200**, 300, 400, **500** VA

De fremhævede værdier er foretrukne.

Spændingstransformerens nøjagtighed angives ved dens klasse, og nøjagtighedsklassen angiver den højeste tilladte procentvise omsætningsfejl ved mærkeværdier. Standard nøjagtighedsklasserne for spændingstransformere til måleformål er:
0.1 - 0.2 - 0.5 - 1 - 3

For klasserne må omsætnings- og vinkelfejlen ikke overstige værdierne i tabel 6.l.

Ved udskiftning af en Ferrarismåler til en elektronisk elmåler bliver byrden på spændingstransformerne typisk mindre. Derfor har arbejdsgruppen anbefalet, at nye spændingstransformere efter 1. januar 1997 skal overholde gældende krav til IEC 60044-2 med følgende tilføjelse:

*Fejlgrænserne vedr. omsætnings- og vinkelfejl i tabel V i IEC 60044-2 må ikke overskrides, når sekundærbyrden antager hvilken som helst værdi mellem 1 VA og mærkebyrden.*

Dette krav svarer til, hvad man kræver i Sverige.

## 6.3. Fejlgrænser

Idet en spændingstransformer i en målerinstallation ikke er ideel optræder der henholdsvis en omsætnings- og en vinkelfejl. Disse vil i det følgende blive defineret.

Spændingstransformeren omsætningsfejl i procent er givet ved, se IEC 60044-2 §4.12:

$$\frac{k_u \cdot U_s - U_p}{U_p} \cdot 100[\%] \qquad \textbf{(6.1)}$$

I hel tal defineres omsætningsfejlen ved:

$$f_u = \frac{k_u \cdot U_s - U_p}{U_p} \qquad \textbf{(6.2)}$$

hvor:

$k_u$ er spændingsformerens nominelle omsætningsforhold ($k_u = U_P/U_S$),
$U_P$ er den aktuelle primære spænding,
$U_S$ er den aktuelle sekundære spænding givet $U_P$ og under påvirkning af måleudstyr.

Spændingsformerens vinkelfejl, $d_u$, udtrykker forskellen mellem den primære og sekundære fasespændingsvektorer, hvor retningen af vektorerne vælges sådan, at $d_u$ er positiv, hvis fasevektoren svarende til $U_S$ kommer tidsmæssig før fasevektoren til $U_P$. Vinkelfejlen angives normalt i minutter (1/60 grader) eller i centiradianer
I tabel 6.l er de tilladte målefejl, svarende til de forskellige klasser vist. I følge IEC 60044-2 skal spændingstransformerens målefejl ligge indenfor de viste værdier i tabellen for alle byrder mellem 25 % og 100 % af mærkebyrden, og for primærspændinger mellem 80 % og 120 % af mærkespændingen. Det vil sige for en typisk byrde på 30 VA, gælder kravet for 7,5 VA til og med 30 VA.

*Tabel 6.1. Fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl. Værdierne er hentet fra IEC 60044-2 af 1997*

| Nøjagtig-hedsklasse | ± Omsætningsfejlen i % | ± Vinkelfejlen | |
|---|---|---|---|
| | | Minutter | Centiradianer |
| 0,1 | 0,1 | 5 | 0,15 |
| 0,2 | 0,2 | 10 | 0,3 |
| 0,5 | 0,5 | 20 | 0,6 |
| 1 | 1 | 40 | 1,2 |
| 3 | 3 | ingen krav | ingen krav |

.

# 7. Fejlkilder ved elmåling

Formålet med dette kapitel er at give et overblik over fejlkilder ved elmåling (energimåling), hvor der anvendes elmålere, strømtransformere, spændingstransformere og forbindelser mellem disse. Direkte tilsluttede elmålere behandles ikke.

Generelt er der følgende elementer, der bidrager til den samlede målefejl ved en energimåling:

1. Omsætningsfejl og vinkelfejl for strømtransformeren.
2. Omsætningsfejl og vinkelfejl for spændingstransformeren.
3. Spændingsfald fra spændingstransformer til elmåler.
4. Elmålerens fejl.
5. Effektfaktoren for belastningen (hos kunden).
6. Monteringsfejl.
7. Aflæsningsfejl.

**Vedr. 1:** Målefejlene for strømtransformeren er afhængig af:

- Den klasse, der er valgt. Betydningen af klassen vedr. omsætnings- og vinkelfejl kan ses i kapitel 7.
- Primærstrømmen.
- Byrden, det vil sige belastningen i sekundærkredsen på strømtransformeren. Normalt taler man om byrder målt i VA.
- Fremmedfelter, det vil sige felter fra aktive nabokomponenter, der påvirker strømtransformerens omsætnings- og vinkelfejl. Allerede ved strømme omkring 1000 A kan der opstå problemer, hvis strømtransformeren placeres tæt på en aktiv naboskinne. Der kan også opstå problemer, hvis placeringen af strømtransformerne er uhensigtsmæssig i målesektionen.

**Vedr. 2:** Målefejlene for spændingstransformeren er afhængig af:

- Den valgte klasse.
- Primærspændinger.
- Byrden.

**Vedr. 5:** For en given målerinstallation afhænger den samlede målefejl af belastningens effektfaktor, udtrykt ved belastningens tanφ, der igen kan udtrykkes ved belastningens cosφ.

**Vedr. 6:** Monteringsfejl er der mange muligheder for, og det vil føre for vidt at nævne dem alle. Punktet er alligevel medtaget, idet man kan være i en situation, hvor målerinstallationen tilsyneladende ser fornuftig ud, men der er en fejlmontering, der kan være svær at identificere.

**Vedr. 7:** Endelig er der mulighed for aflæsningsfejl enten ved:

- manuel aflæsningsfejl direkte på elmåleren eller
- fejl i forbindelse med fjernoverførsel af værdier.
- Omsætningsfejl, f.eks. ved at der er noteret et andet omsætningsforhold end det rent faktiske.

# 8. Målefejl ved enfaset effektmåling

Formålet med følgende er at beskrive den samlede målefejl ved en enfaset effektmåling, hvor der anvendes strøm- og spændingstransformere samt et wattmeter. Det vil blive vist, at den samlede målefejl kan udtrykkes ved:

$$f \approx f_m - e + f_u + f_i + (d_i - d_u)\tan j \qquad \textbf{(8.1)}$$

hvor:

$f_m$ er wattmeterets målefejl.
$e$ er det relative spændingsfald fra spændingstransformeren til wattmeteret.
$f_u$ er omsætningsfejlen på spændingstransformeren.
$f_i$ er omsætningsfejlen på strømtransformeren.
$d_u$ er vinkelfejlen på spændingstransformeren.
$d_i$ er vinkelfejlen på strømtransformeren.
$j$ er fasevinklen for belastningen.

I lavspændingsinstallationer, hvor man ikke anvender spændingstransformere, kan man reducere formel (8.l) til:

$$f \approx f_m + f_i + d_i \tan j \qquad \textbf{(8.2)}$$

Dimensionsmæssigt anvendes for alle indgående størrelser den relative fejl[7] i procent eller for vinkelfejl i centiradianer (dvs. 100 dele radianer).

## 8.1. Udledninger

Den effekt der ønskes målt, er givet ved

$$P = U_P \cdot I_P \cdot \cos j \qquad \textbf{(8.3)}$$

Hvis der ses bort fra spændingsfaldet fra spændingstransformeren til wattmeteret, og wattmeteret er ideelt måles følgende, se definitionerne på fig. 8.1:

$$P_m' = U_S \cdot I_S \cdot \cos(j - d_i + d_u) = U_S \cdot I_S \cos(j - (d_i - d_u)) \qquad \textbf{(8.4)}$$

[7] Ved den relative fejl i % forstås:
{"målt værdi" - "sand værdi"}/{"sand værdi"}*100%

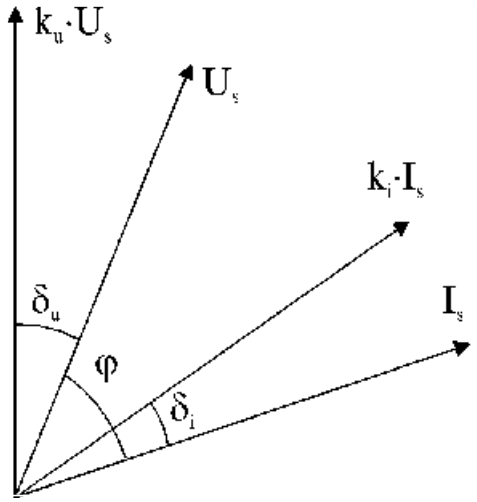



*Fig. 8.1. Vektordiagram. Indeks S står for sekundærsiden, og vektorerne for $k_i \times I_s$ og $k_u \times U_s$ svarer til værdier på primærsiden af henholdsvis strøm- og spændingsformeren.*

På baggrund af den målte værdi $P_m$ er det ofte almindelig at estimere den ønskede effekt $P$ ved

$$P = k_i \cdot k_u \cdot P_m \qquad \textbf{(8.5)}$$

hvor $k_i$ og $k_u$ er henholdsvis det nominelle omsætningsforhold for strøm- og spændingstransformeren.

Der vil nu blive taget hensyn til at wattmeteret ikke er ideelt, og at der er et spændingsfald fra spændingstransformeren til wattmeteret. Den relative fejl for wattmeteret defineres ved

$$f_m = \frac{P_m - P'_m}{P'_m} \Rightarrow P_m = (1 + f_m) P'_m \qquad \textbf{(8.6)}$$

hvor $P_m$ er det wattmeteret registrerer og $P'_m$ er den virkelige effekt som wattmeteret skulle registrere. Idet $U'_s$ angiver spændingen ved wattmeteret og $U_s$ angiver spændingstransformerens sekundærspænding, kan det relative spændingsfald defineres ved

$$e = \frac{U_S - U'_S}{U_S} \Rightarrow U'_S = (1 - e) U_S \qquad \textbf{(8.7)}$$

Der ses bort fra fasedrejning af spændingen i tilledninger, idet induktansen i forhold til resistansen vil være ubetydelig mellem spændingstransformeren og wattmeteret. Derfor i udtrykket for den målte effekt skal $U_s$ erstattes med *(1-e)*$U_s$. Den målte effekt kan derfor udtrykkes ved:

$$P_m = P'_m (1 + f_m) = (1 + f_m)(1 - e) U_S I_S \cdot \cos(j - (d_i - d_u)) \qquad \textbf{(8.8)}$$

Idet omsætningsfejlene for henholdsvis strøm- og spændingstransformerne er defineret ved:

$$f_i = \frac{k_i \cdot I_s - I_p}{I_p} \text{ og } \quad f_u = \frac{k_u \cdot U_s - U_p}{U_p} \tag{8.9}$$

har man

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{k_i}{1+f_1} \text{ og } \quad \frac{U_p}{U_s} = \frac{k_u}{1+f_u} \tag{8.10}$$

Ved at udnytte dette kan man udtrykke den ønskede effekt som funktion af den målte effekt, nemlig[5]:

$$P = \frac{P}{P_m} \cdot P_m = \frac{U_P \cdot I_P \cdot \cos j}{(1+f_m)(1-e)U_S \cdot I_S \cdot \cos(j-(d_i - d_u))} \cdot P_m \tag{8.11}$$

$$= \frac{k_i \cdot k_u \cdot P_m}{(1+f_m)(1-e)(1+f_i)(1+f_u) \cdot (\cos(d_i - d_u) + \sin(d_i - d_u)\tan j)}$$

Derfor, vil man begå en fejl, hvis man kun ganger $k_u$ og $k_i$ på den målte værdi $P_m$ med wattmeteret. Men med kendskab til omsætningsfejlene og vinkelfejlene for henholdsvis strøm- og spændingstransformeren, målefejlen for wattmeteret, det relative spændingsfald mellem spændingstransformeren og wattmeteret samt tanφ for belastningen, kan den ønskede værdi $P$ beregnes eksakt. I praksis er det svært at holde rede på både omsætningsfejlene og vinkelfejlene, idet det kræver at man på forhånd har tabellagt værdier for omsætningsfejlene og vinkelfejlene som funktion af den aktuelle driftsform af strømtransformeren.

Nu defineres den samlede relative fejl ved

$$f = \frac{k_i \cdot k_u \cdot P_m - P}{P} \quad \Rightarrow \quad P = \frac{k_i \cdot k_u \cdot P_m}{1+f} \tag{8.12}$$

svarende til forskellen mellem den målte effekt (ganget med de to omsætningsforhold) og den virkelige effekt i forhold til den virkelige effekt. Man får derfor

$$f = (1+f_m)(1-e)(1+f_i) \\ (1+f_u)(\cos(d_i - d_u) + \sin(d_i - d_u)\tan j) - 1 \tag{8.13}$$

[5] Her er det udnyttet at cos(x - y) = cosx cosy + sin x sin y .

## 8.2. Tilnærmet udtryk for målefejlen

Det eksakte udtryk for *f* er ikke "særlig" pænt, der vil derfor i det følgende blive givet et tilnærmet udtryk. Det udnyttes, at:

$$|f_m| << 1,\ |e| << 1,\ |f_i| << 1,\ |f_u| << 1,\ \text{og}\ |d_i - d_u| << 1 \qquad \textbf{(8.14)}$$

sådan at man med rimelighed kan anvende følgende udtryk[6]:

$$\begin{aligned} f &\approx (1+f_m)(1-e)(1+f_i)(1+f_u)\cdot(1+(d_i-d_u)\tan j)-1 \\ &\approx (1+f_m-e+f_i+f_u+(d_i-d_u)\tan j)-1 \qquad \textbf{(8.15)} \\ &= f_m-e+f_i+f_u+(d_i-d_u)\tan j \end{aligned}$$

Læg mærke til minusfortegnet til *e*. Når *f* er positiv betyder det, at der er en positiv fejl, sådan at den målte værdi (inkl. de to omsætningsforhold) er større end den virkelige effekt. Minustegnet foran *e*. skyldes at spændingen er lavere ved wattmeteret end ved spændingstransformeren, sådan at det bidrager til en negativ fejl, sådan at den målte værdi er mindre end den virkelige effekt.

For at illustrere at de anvendte tilnærmelser er rimelige, betragtes et eksempel, hvor man har givet følgende størrelser[8]:

$$f_m = 2\ \%,\ f_u = 0{,}5\ \%,\ f_i = 0{,}5\ \%,\ e = 0$$
$$d_u = -0{,}6\ centirad.,\ d_i = 0{,}9\ centirad\ \text{og}\ \tan j = 0{,}75$$

Med den eksakte formel får man:

$$f = (1+0{,}02)(1+0{,}005)^2(\cos(0{,}015)+\sin(0{,}015)\cdot 0{,}75)-1 \approx 4{,}17\%$$

Derimod med den tilnærmede formel får man:

---

[6] Det er udnyttet at (1 + x)( 1 + y) ≈ 1 + x + y, cos x ≈ 1 og sin x ≈ x, når |x|<<1.

[8] Omregning fra vinkelfejl i minutter til centiradianer foretages med faktoren:

$$\frac{1^\circ}{60\,\text{min}}\cdot\frac{p\cdot\text{rad}}{180^\circ}\cdot\frac{100\cdot\text{centirad}}{\text{rad}}=\frac{p\cdot\text{centirad}}{108\text{min}}$$

Eksempelvis med *d* = 30 min. fås

$$d=\frac{p\cdot\text{centirad}}{108\text{min}}\cdot 30\,\text{min}=0{,}87\cdot\text{centirad}$$

$$f \approx 2\% + 0{,}5\% + 0{,}5\% + (0{,}9 - (-0{,}6))centirad \cdot 0{,}75 \approx 4{,}13\%$$

Forskellen er her ubetydelig. hvilket vil være tilfældet i langt de fleste praktiske situationer. Derfor i langt de fleste tilfælde kan benyttes det tilnærmede udtryk.

Derfor, hvis der skal korrigeres for målefejlen for henholdsvis strøm- og spændingstransformere samt for wattmeteret, skal man beregne den samlede målefejl *f* enten ved hjælp af det eksakte udtryk (8.13) eller det tilnærmede udtryk (8.15). Herefter foretages en korrektion ved hjælp af formel (8.12).

I lavspændingsinstallationer, hvor man ikke anvender spændingstransformere, kan udtrykket overfor simplificeres til at man får den samlede målefejl tilnærmet udtrykt ved:

$$f \approx f_m + f_i + d_i \tan j \qquad \textbf{(8.16)}$$

Dette ses ved at sætte $d_u = 0,\ f_u = 1,\ e = 0$ og $k_u = 1$ i (8.15).

# 9. Målefejl ved elmåling

I dette kapitel generaliseres teorien for målefejl ved enfaset effektmåling til at gælde for målefejl ved elmåling (energimåling).

I afsnit 8.1 behandles teorien for den samlede målefejl ved enfaset elmåling, hvor der anvendes elmåler samt strøm- og spændingstransformere. I de efterfølgende afsnit generaliseres til henholdsvis tre- og tofaset elmålinger.

## 9.1. Målefejl ved enfaset elmåling

Kapitel 9 beskæftigede sig med fejlen ved en effektmåling, og betragter derfor kun en øjebliksituation. Ved en elmåling er det derimod nødvendigt at betragte en periode. Det følgende kan derfor betragtes som en generalisering i forhold til kapitel 8.

I kapitel 8 blev det vist at den virkelige enfasede effekt, $P$, kan udtrykkes ved den målte enfasede effekt, $P_m$, på følgende måde:

$$P = \frac{k_i \cdot k_u \cdot P_m}{1+f} \qquad \textbf{(9.1)}$$

hvor den samlede fejl kan udtrykkes ved:

$$f \approx f_m - e + f_i + f_u + (d_i - d_u)\tan j \qquad \textbf{(9.2)}$$

Hvis forholdene kan betragtes konstante over en periode, kan (9.1) generaliseres til at gælde for en energimåling, sådan at den virkelige energi $E$, kan udtrykkes ved den målte energi $E_m$, på følgende måde

$$E = \frac{k_i \cdot k_u \cdot E_m}{1+f} \qquad \textbf{(9.3)}$$

I praksis vil belastningen variere, sådan at den samlede fejl ikke vil være konstant. Det er dog overordentligt svært at tage hensyn til denne afhængighed i praksis, og der ses derfor normalt bort fra denne variation. Derfor kan den samlede målefejl tilnærmet udtrykkes ved[9]:

[9] En mere præcis udledning fås ved at betragte henholdsvis den energi der ønskes målt, *E(t)*, og den energi elmåleren måler (uden der er taget hensyn til spændingsfald), $E'_m(t)$, nemlig

$$E(t) = \int_0^t P(t)dt = \int_0^t U_P(t) \cdot I_P(t) \cdot \cos(j\,(t))dt$$
$$E'_m(t) = \int_0^t P'_m(t)dt = \int_0^t U_S(t) \cdot I_S(t) \cdot \cos\{j\,(t) - (d_i(t) - d_u(t))\}dt$$

$$f \approx f_m - e + f_i + f_u + (d_i - d_u)\tan j \qquad \textbf{(9.4)}$$

hvor:

| | |
|---|---|
| $f_m$ | er elmålerens målefejl (enfasede målefejl). |
| ε | er det relative spændingsfald fra spændingstransformeren til elmåleren |
| $f_u$ | er omsætningsfejlen på spændingstransformeren. |
| $f_i$ | er omsætningsfejlen på strømtransformeren. |
| $d_u$ | er vinkelfejlen på spændingstransformeren. |
| $d_i$ | er vinkelfejlen på strømtransformeren. |
| $j$ | er fasevinklen mellem strøm og spænding i primærbelastningen. |

Men estimering af målefejlen $f$ gælder kun for tidsperioder, hvor man kan betragte strøm, spænding og tanφ for belastningen som konstante.

I mange situationer er man blot interesseret i den værst tænkelige fejl, hvor der også tages hensyn til at fortegnene er "uheldige". Man kan derfor i disse situationer bruge følgende formel:

$$f \approx f_m + e + f_i + f_u + (d_i + d_u)\tan j \qquad \textbf{(9.5)}$$

hvor de indgående størrelser skal være positive, idet der ikke regnes med fortegn.

I lavspændingsinstallationer, hvor man ikke anvender spændingstransformere, kan man reducere formel (9.1) til:

$$f \approx f_m + f_i + d_i \tan j \qquad \textbf{(9.6)}$$

Dette ses ved at sætte $d_u = 0,\ f_u = 0,\ e = 0$ og $k_n = 1$ i (9.4).

## 9.2. Målefejl ved trefasede elmålinger

Trefasede elmålere svarer i princippet til tre gange enfaset energimålinger, og man kan derfor generalisere det forgående til at gælde for trefasede energimålinger. Den energi, man ønsker at måle, $E_{1,2,3}$, kan udtrykkes ved den energi, man rent faktisk måler, dvs. ved

$$E_{1,2,3} = k_i \cdot k_u \cdot \left\{ \frac{E_{m1}}{1+f_1} + \frac{E_{m2}}{1+f_2} + \frac{E_{m3}}{1+f_3} \right\} \qquad \textbf{(9.7)}$$

Hvor:

| | |
|---|---|
| $E_{m1}$, $E_{m2}$, $E_{m3}$ | Er energimålingen svarende til hver fase. |
| $f_1$, $f_2$, $f_3$ | Er den samlede målefejl svarende til hver fase. |
| $K_i$ | Er det nominelle omsætningsforhold for strømtransformeren |
| $k_u$ | Er det nominelle omsætningsforhold for spændingstransformeren. |

Der regnes med samme mærkeomsætning for henholdsvis de tre strømtransformere og de tre spændingstransformere. Idet fejlene som oftest er relativt små i forhold til den målte energi, kan man i stedet for (9.7) benytte tilnærmelsen[10]

$$E_{1,2,3} \approx k_i \cdot k_u \cdot \{E_{m1}(1- f_1) + E_{m2}(1- f_2) + E_{m3}(1- f_3)\} \quad \textbf{(9.8)}$$

En elmåler viser ikke energien i de enkelte faser hver for sig, men giver værdien for den samlede energi for de tre faser, sådan at:

$$E_{m1,2,3} = E_{m1} + E_{m2} + E_{m3} \quad \textbf{(9.9)}$$

Man får derfor[11]

$$\begin{aligned} E_{1,2,3} &\approx k_i \cdot k_u \cdot E_{m1,2,3} - k_i \cdot k_u \cdot (E_{m1} \cdot f_1 + E_{m2} \cdot f_2 + E_{m3} \cdot f_3) \\ &\approx k_i \cdot k_u \cdot E_{m1,2,3}(1- f_{1,2,3}) \end{aligned} \quad \textbf{(9.10)}$$

hvor:

$f_{1,2,3} = (f_1 + f_2 + f_3) / 3$ og

$f_k = f_{mk} - e_k + f_{uk} + f_{ik} + (d_{ik} - d_{uk}) \tan j_k$ for faserne k = 1, 2, 3

Derfor, den samlede trefasede målefejl beregnes ved at beregne de samlede målefejl for de tre faser hver for sig, og derefter tage gennemsnittet. Bemærk at elmålerens målefejl indgår i udtrykket for $f_k$, men antages samme målefejl på elmåleren i de tre faser og samme relative spændingsfald i de tre faser, dvs.

$$f_{m1} = f_{m2} = f_{m3} = f_m \text{ og } e_1 = e_2 = e_3 = e \quad \textbf{(9.11)}$$

sådan at man derimod kan skrive:

$f_{1,2,3} = f_m - e + (f_1 + f_2 + f_3) / 3$ og

$f_k = f_{uk} + f_{ik} + (d_{ik} - d_{uk}) \tan j_k$ for faserne k = 1, 2, 3

## 9.3. Målefejl ved Aron-kobling

I et trefasesystem uden nulleder kan den trefasede energi måles ved hjælp af to enfasede målinger ved den såkaldte Aron-kobling. Man skal dog være opmærksom på, at en eventuelt nulkomponent i strømmen, fremkaldt af en usymmetri i nettet, f.eks. en jordfejl, kan give fejl i målingen, idet nulkomponenten går retur i jorden (eller en eventuelt jordtråd). Dette princip behandles i det følgende.

---

[10] Det er udnyttet, at 1/(1+x)≈1-x når |x| << 1.

[11] Det er udnyttet, at når $x_1 \approx x_2 \approx x_3$, gælder approksimationen:

$$y_1 \cdot x_1 + y_2 \cdot x_2 + y_3 \cdot x_3 \approx (y_1 + y_2 + y_3)(x_1 + x_2 + x_3) / 3$$

Tofasede elmålere svarer i princippet til to gange enfaset energimålinger, og man kan derfor generalisere det viste i afsnit 9.2 til at gælde for tofasede energimålinger. Den energi man ønsker at måle, kan udtrykkes ved den energi man rent faktisk måler, dvs. ved

$$E_{1,3} \approx k_i \cdot k_u (E_{m1}(1-f_1) + E_{m3}(1-f_3))\sqrt{3}/2 \qquad \textbf{(9.12)}$$

Hvor:

| | |
|---|---|
| $E_{m1}$ og $E_{m3}$ | Er energimålingen svarende til fase R og T[12]. |
| $E_{1,3}$ | Er energimålingen svarende til systemet. |
| $f_1$ og $f_3$ | Er den samlede målefejl svarende til fase R og T. |
| $k_i$ | Er det nominelle omsætningsforhold for strømtransformeren |
| $k_u$ | Er det nominelle omsætningsforhold for spændingstransformeren. |

Der skal ganges med faktoren[13] $\sqrt{3}/2$, fordi der måles på to faser, og der anvendes yderspænding i stedet for fasespænding som ved trefaset måling. Der er også regnet med den samme mærkeomsætning for henholdsvis de to strømtransformere og de to spændingstransformere, der benyttes i forbindelse med målingen. Der er situationer, hvor der benyttes 3 spændingstransformere, og hvor der til målingen anvendes to gange 2 faser.

Elmåleren viser ikke energien i de to faser hver for sig, men giver værdien for den samlede energi, sådan at:

$$E_{m1,3} = (E_{m1} + E_{m3})\sqrt{3}/2 \qquad \textbf{(9.13)}$$

Man får derfor[14]:

$$\begin{aligned} E_{1,3} &\approx k_i \cdot k_u \cdot E_{m1,3} - k_i \cdot k_u (E_{m1} \cdot f_1 + E_{m3} \cdot f_3)\sqrt{3}/2 \\ &\approx k_i \cdot k_u \cdot E_{m1,3}(1-f_{1,3}) \end{aligned} \qquad \textbf{(9.14)}$$

hvor:

$f_{1,3} = (f_1 + f_3)/2$ og

$f_k = f_{mk} - e_k + f_{uk} + f_{ik} + (d_{ik} - d_{uk}) \tan j_k$ for faserne k = 1 og 3

---

[12] Dette er dog ikke helt korrekt, idet spændingen til målingen tages fra to faser.

[13] Ses ved, at trefaset effektmåling er givet ved

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f$$

og tofaset effektmåling (for tre faser) er givet ved

$$P = k \cdot 2(\sqrt{3}U_f) \cdot I_f \Rightarrow k = \sqrt{3}/2.$$

[14] Det er udnyttet, at når $x_1 \approx x_2$, gælder approksimationen:

$$y_1 \cdot x_1 + y_2 \cdot x_2 \approx (y_1 + y_2)(x_1 + x_2)/2$$

På tilsvarende måde som i afsnit 9.2 kan der indføres en værdi for henholdsvis spændingsfald mellem spændingstransformer og elmåler samt en værdi for den tofasede elmåler.

# 10. Måleusikkerheden for en målerinstallation

Formålet med det følgende er at diskutere og give eksempler på den samlede måleusikkerhed for en fejlfri målerinstallation under referencebetingelser. Der tages hensyn til fejl fra:

- elmåler
- strømtransformere
- spændingstransformere og
- det relative spændingsfald fra spændingstransformere til elmålere, hvorimod belastningen antages værende kendt og konstant under den betragtede periode, dvs. herunder konstant cosφ.

I de følgende afsnit beskrives først anvendte forudsætninger, dernæst beskrives den maksimale måleusikkerhed, og endelig beskrives måleusikkerheden ved hjælp af konfidensintervaller.

Begge metoder er medtaget i det følgende, idet de hver især har sine fordele og ulemper. Ved anvendelse af den maksimale usikkerhed kan man være sikker på, at fejlen ikke vil være større i praksis, hvorimod ulempen er, at dette skøn kan være rigeligt stort i forhold til, hvad der måtte opleves i praksis. Anvendelse af konfidensintervaller kræver at man specificerer med hvilken sandsynlighed den usikre parameter skal repræsenteres, og deraf vil påvirke resultatet, til gengæld vil usikkerheden ofte ligge tættere på, hvad man måtte opleve i praksis. Det er derfor en smagssag, hvilken metode der skal anvendes. Endelig er der en vis sammenhæng mellem resultaterne fra disse to metoder til at betragte måleusikkerheden, der er derfor til sidst i dette kapitel medtaget en tabel, der viser forholdet mellem den maksimale fejl og spredningen, svarende til en dækningsfaktor.

## Forudsætninger

Den samlede målefejl for en målerinstallation kan tilnærmelsesvis udtrykkes ved:

$$f \approx f_m - e + f_i + f_u + (d_i - d_u)\tan j \qquad \textbf{(10.1)}$$

hvor:

$f_m$ er elmålerens målefejl.
ε er det relative spændingsfald fra spændingstransformeren til energimåleren
$f_u$ er omsætningsfejlen på spændingstransformeren.
$f_i$ er omsætningsfejlen på strømtransformeren.
$d_u$ er vinkelfejlen på spændingstransformeren.
$d_i$ er vinkelfejlen på strømtransformeren.
$j$ er fasevinklen mellem strøm og spænding i primærbelastningen.

Dimensionsmæssigt anvendes for alle indgående størrelser den relative fejl[15] i procent eller for vinkelfejl i centiradianer (dvs. 100 dele radianer).

I (10.1) er der taget hensyn til betydningen af fortegnene, og det er antaget at belastningen er symmetrisk samt at målefejlene er identiske i faserne. Formel (10.1) udtrykker derfor den aktuelle samlede målefejl, dvs. med fuldstændig kendskab til fejlene på de enkelte komponenter.

Endvidere anvendes følgende forudsætninger i forbindelse med de viste eksempler på måleusikkerhed i de følgende afsnit:

- Der er regnet med en balanceret belastning, og som er konstant over den betragtede periode.
- Det er antaget at de enkelte fejl er ens i de tre faser, sådan at formel (10.2) gælder for den trefasede elmåling.
- Der er regnet med at de enkelte fejl fra komponenter optræder uheldigt, sådan at den samlede fejl bliver værst tænkelig.
- Ved cosφ = 0,8 og cosφ = 0,9 induktiv er der for elmålerne regnet med fejlgrænser svarende til fejlgrænserne i IEC standarderne for cosφ = 0,5 induktiv, dvs. fejlgrænsen er vurderet op efter, og den virkelige fejlgrænse vil derfor sandsynligvis være mindre i praksis. Det må forventes, at fejlgrænsen vil ligge et sted imellem fejlgrænserne svarende til henholdsvis cosφ = 1 og cosφ = 0,5 induktiv.
- Der er regnet med mærkestrømme på 5 A for strømtransformerne.
- For kl. 2, 1 og 0.5 elmåler er der regnet med en $I_b$ på 1 A og en $I_{max}$ på 6 A. Når strømtransformerens primærstrøm er 5 % af mærkeværdier, er det tilsvarende antaget at strømmen i elmåleren er 25 % af basis strømmen for elmåleren etc.
- For kl. 0.5S og 0.2S elmåler er der regnet med en $I_n$ på 5 A og en $I_{max}$ på 6 A.
- Der er regnet med et spændingsfald fra spændingstransformerne til elmåleren på 0,1 % af mærkefasespændingen.

## Den maksimale måleusikkerhed

I nogle situationer er man blot interesseret i den værst tænkelige måleusikkerhed. Dette kan beregnes ved hjælp af formel (10.1), hvor der også tages hensyn til at fortegnene er "uheldige". Man kan derfor i disse situationer benytte formlen

$$f \approx f_m + e + f_i + f_u + (d_i + d_u)\tan j \qquad \textbf{(10.2)}$$

hvor de indgående størrelser skal være positive, idet der ikke regnes med fortegn.

[15] Ved den relative fejl i % forstås:
{"målt værdi" - "sand værdi"}/{"sand værdi"}*100%

Tabel 10.1 viser eksempler på den maksimale måleusikkerhed svarende til de nævnte forudsætninger i tidligere afsnit. Tabellen viser:

- At den maksimale måleusikkerheden vil være 5,4 til 5,6 % for en idriftsat måler-installation før 1. januar 1997 med en cosφ = 0,8 (induktiv ) og 5 %'s belastnings-strømme,
- Og tilsvarende vil den maksimale måleusikkerhed være ca. 4,5 til 4,8 ved cosφ = 0,9 og 5 %'s belastningsstrømme.

Det skal bemærkes, de viste værdier i tabel 10.1 er et udtryk for de værst tænkelige måle-usikkerhed (vel og mærke med fejlfri målerinstallationer og under referencebetingelser) i henhold til gældende standarder. I praksis vil måleusikkerheden være mindre på grund af følgende forhold:

- At fejlene på de enkelte komponenter er bedre end det foreskrevne i gældende stan-darder.
- At fejl fra de enkelte komponenter kan udligne hinanden.

Derfor er måleusikkerheden i næste afsnit defineret ved hjælp af konfidensintervaller.

*Tabel 10.1. Den samlede fejl under værst tænkelige forhold svarende til nogle målepunkter, nemlig ved cosj = 1, cosj = 0,9 og cosj = 0,8 samt ved sekundærstrømme for strømtransformerne på henholdsvis 5 og 100 % af den sekundære mærkestrøm.*

| Type install. 1) | Spændings-niveau 2) | Nøjagtighedsklasse Elmåler | Strøm-transf. | Spænd. transf. | Den maksimale måleusikkerhed i % cos(phi) = 1 v. 5 % | v. 100 % | cos(phi) = 0.9 v. 5 % | v. 100 % | cos(phi) = 0.8 v. 5 % | v. 100 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| før | 0,4 kV | 2 | 0.5 | - | 3.5 | 2.5 | 4.8 | 2.9 | 5.5 | 3.2 |
| før | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 3.1 | 2.1 | 4.7 | 2.8 | 5.6 | 3.2 |
| før | 1 - 30 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 3.1 | 2.1 | 4.7 | 2.8 | 5.6 | 3.2 |
| før | 30 - 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.6 | 1.6 | 4.5 | 2.6 | 5.4 | 3.0 |
| før | over 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.6 | 1.6 | 4.5 | 2.6 | 5.4 | 3.0 |
| efter | 0,4 kV | 1 | 0.2S | - | 1.4 | 1.2 | 1.6 | 1.3 | 1.7 | 1.4 |
| efter 3) | 0,4 kV | 2 | 0.2S | - | 2.4 | 2.2 | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 2.4 |
| efter | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.2S | 0.2 | 1.7 | 1.5 | 2.0 | 1.8 | 2.2 | 2.0 |
| efter | 1 - 30 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 1.4 | 1.8 | 1.6 |
| efter | 30 - 100 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 1.2 | 1.0 | 1.6 | 1.4 | 1.8 | 1.6 |
| efter | over 100 kV | 0.2S | 0.2S | 0.2 | 0.9 | 0.7 | 1.3 | 1.1 | 1.5 | 1.3 |

*1) Opdelt efter henholdsvis idriftsat før og efter 1. januar 1997.*
*2) Hvor der er angivet et interval, er det eksklusive nedre grænser.*
*3) Bemærk at der for 0,4 kV målerinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997 både er vist værdier med klasse 1 og 2 elmåler.*

## Konfidensintervaller

Formålet med den følgende er i forhold til det tidligere afsnit at definere måleusikkerheden som et konfidensinterval.

Ved et konfidensinterval forstås et interval, der med en vis sandsynlighed indeholder den ukendte parameterværdi[16]. Baseret på en konkret analyse kunne konfidensintervallet for eksempel udtrykkes på følgende måde: *Med 95,5 %'s sandsynlighed er målefejlen indenfor intervallet f = ± 2,4 % (hvor 2,4 % blot er valgt som et eksempel).*
I forbindelse med estimeringen af måleusikkerheden på den samlede målerinstallation benyttes følgende antagelser:

[16] I noten *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration* fra EAL-R2, og som findes i udkast, der senere vil erstatte dokumentet *Guidelines for the Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibrations* fra Western European Calibration Cooperation (doc. 19-1990), er nævnt:
*I kalibreringscertifikater skal det fuldstændige måleresultat bestående af estimatet y af målestørrelsen og den dertil svarende usikkerhed U angives på formen (y ± U). Der skal dertil føjes en forklarende anmærkning, som i det generelle tilfælde skal have følgende indhold:*

*Den angivne samlede måleusikkerhed er fastsat som standardmåleusikkerheden multipliceret med dækningsfaktoren k = 2, som for en normalfordeling svarer til en dækningssandsynlighed på ca. 95 %. Standardmåleusikkerheden er fastlagt i overensstemmelse med EAL-R2.*

- Som model anvendes formel (10.1).
- Fasevinklen φ mellem strøm og spænding i primærbelastningen er kendt og konstant i den betragtede periode.
- At $f_m$, ε, $f_u$, $f_i$, $d_u$ og $d_i$ kan beskrives ved hjælp af stokastisk uafhængige rektangulære fordelinger[17]. Denne antagelse beror på, at jf. standarderne vil størrelsen af den ukendte ligger inden for et endeligt interval [a;b] med en sandsynlighed på 100 %. Dette kan også udtrykkes på følgende måde[18]:
- Fejl på elmåler: $U(-f_m; f_m) \Rightarrow s(f_m) = f_m / \sqrt{3}$
  Relative spændingsfald: $U(-e;e) \Rightarrow s(e) = e / \sqrt{3}$
  Omsæt. fejl på strømtransf.: $U(-f_i; f_i) \Rightarrow s(f_i) = f_i / \sqrt{3}$
  Omsæt. fejl på sp. transf.: $U(-f_u; f_u) \Rightarrow s(f_u) = f_u / \sqrt{3}$
  Vinkelfejl på strømtransf.: $U(-d_i;d_i) \Rightarrow s(d_i) = d_i / \sqrt{3}$
  Vinkelfejl på sp. transf.: $U(-d_u;d_u) \Rightarrow s(d_u) = d_u / \sqrt{3}$
- Med forudsætningerne ovenfor antages det, at den resulterende fordeling for, $f$, kan tilnærmes ved hjælp af en normalfordeling. Dette antages at være en god repræsentation, idet der er tale om en summation af 6 rektangulære stokastiske variable.

Her er det antaget at $f_m$, $f_u$, $f_i$, $d_u$ og $d_i$ kan tages direkte fra standarderne for henholdsvis elmåler og måletransformere. Endvidere er det antaget at $e$ svarer til det relative spændingsfald fra spændingstransformerne til elmåler.

Idet det antages at $f$ kan tilnærmes ved hjælp af en normalfordeling, drejer det sig dernæst om at bestemme estimater for dens to parametre, nemlig middelværdien og spredningen benævnt *s(f)*. Estimatet for middelværdien er nul, idet alle de indgående variable har en middelværdi på nul. Spredningen kan ved hjælp af modellen (10.1) beregnes som:

[17] Det er valgt i det følgende både at anvende små betegnelser for henholdsvis stokastiske variable og toleranceværdier, modsat normal praksis.

[18] For en rektangulær fordeling, *XeU(-a;a)*, kan det vises, at spredningen er givet ved

$$s = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$s^2(f) = s^2(f_m) + s^2(e) + s^2(f_i) + s^2(f_u) + [s^2(d_i) + s^2(d_u)]\tan^2(j) \quad \textbf{(10.3)}$$

Og med spredningerne indsat fra ovenfor fås:

$$s(f) = \frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{f_m^2 + e^2 + f_i^2 + f_u^2 + [d_i^2 + d_u^2]\tan^2(j)} \quad \textbf{(10.4)}$$

Derfor udtrykt ved hjælp af konfidensintervaller kan følgende eksempelvis defineres:

1) Med 68,3 %'s sandsynlighed er målefejlen indenfor intervallet
$f = \pm 1 \times s(f)$.

2) Med 95,5 %'s sandsynlighed er målefejlen indenfor intervallet
$f = \pm 2 \times s(f)$.

3) Med 99,7 %'s sandsynlighed er målefejlen indenfor intervallet
$f = \pm 3 \times s(f)$.

4) Med 99,96 %'s sandsynlighed er målefejlen indenfor intervallet
$f = \pm 3{,}5 \times s(f)$.

Læg mærke til, at der ovenfor er tale om at multiplicere den estimerede spredning med henholdsvis 1, 2, 3 og 3,5. Denne faktor benævnes ofte dækningsfaktoren *k*.

Tabel 10.2 viser konfidensintervaller for valg af komponenter svarende til de anvendte i tabel 10.1, hvor der er anvendt en faktor $k = 2$, sådan at den samlede måleusikkerhed er defineres ved at der er 95,5 %'s sandsynlighed for at målefejlen er indenfor ± de viste værdier i %. Eksempelvis viser tabellen:

- at måleusikkerheden vil være 3,2 til 3,7 % for en idriftsat målerinstallation før 1. januar 1997 med en cosφ = 0,8 (induktiv ) og 5 %'s belastningsstrømme,
- og tilsvarende vil den maksimale måleusikkerhed være 2,6 til 3,3 ved cosφ = 0,9 og 5 %'s belastningsstrømme.

*Tabel 10.2. Den samlede måleusikkerhed udtrykt ved hjælp af et 95,5 %'s konfidensinterval svarende til nogle målepunkter, nemlig ved cosj = 1, cosj = 0,9 og cosj = 0,8 samt ved sekundærstrømme for strømtransformerne på henholdsvis 5 og 100 % af den sekundære mærkestrøm.*

| Type install. 1) | Spændings-niveau 2) | Nøjagtighedsklasse Elmåler | Strøm-transf. | Spænd. transf. | **Måleusikkerheden i % (k=2)** cos(phi) = 1 v. 5 % | v. 100 % | cos(phi) = 0.9 v. 5 % | v. 100 % | cos(phi) = 0.8 v. 5 % | v. 100 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| før | 0,4 kV | 2 | 0.5 | - | 2.9 | 2.4 | 3.3 | 2.4 | 3.7 | 2.5 |
| før | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 2.2 | 1.4 | 2.7 | 1.5 | 3.2 | 1.7 |
| før | 1 - 30 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 2.2 | 1.4 | 2.7 | 1.5 | 3.2 | 1.7 |
| før | 30 - 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.9 | 1.0 | 2.6 | 1.4 | 3.2 | 1.6 |
| før | over 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.9 | 1.0 | 2.6 | 1.4 | 3.2 | 1.6 |
| efter | 0,4 kV | 1 | 0.2S | - | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.2 |
| efter 3) | 0,4 kV | 2 | 0.2S | - | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.3 |
| efter | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.2S | 0.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| efter | 1 - 30 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| efter | 30 - 100 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| efter | over 100 kV | 0.2S | 0.2S | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 0.8 | 0.6 |

*1) Opdelt efter henholdsvis idriftsat før og efter 1. januar 1997.*
*2) Hvor der er angivet et interval, er det eksklusive nedre grænser.*
3) *Bemærk at der for 0,4 kV målerinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997 både er vist værdier med klasse 1 og 2 elmåler.*

Tabel 10.2 viser, at værdierne generelt er mindre end de viste maksimale måleusikkerheder i tabel 10.1, hvilket naturligvis også gerne skulle være tilfældet. Figur 10.1 illustrerer normalfordelingen sammenholdt med den maksimale måleusikkerhed og to gange spredningen, hvor der er anvendt værdier svarende til en idriftsat målerinstallation før 1. januar 1997 for 0,4 til 1 kV med cosφ = 0,8 (induktiv ) og 5 %'s belastningsstrømme, og med følgende resultater:

- Maksimal måleusikkerhed lig 5,6 %.
- Spredning lig 1,6 %.
- Måleusikkerhed ved hjælp af et 95,5 %'s konfidensinterval lig 3,2 %.

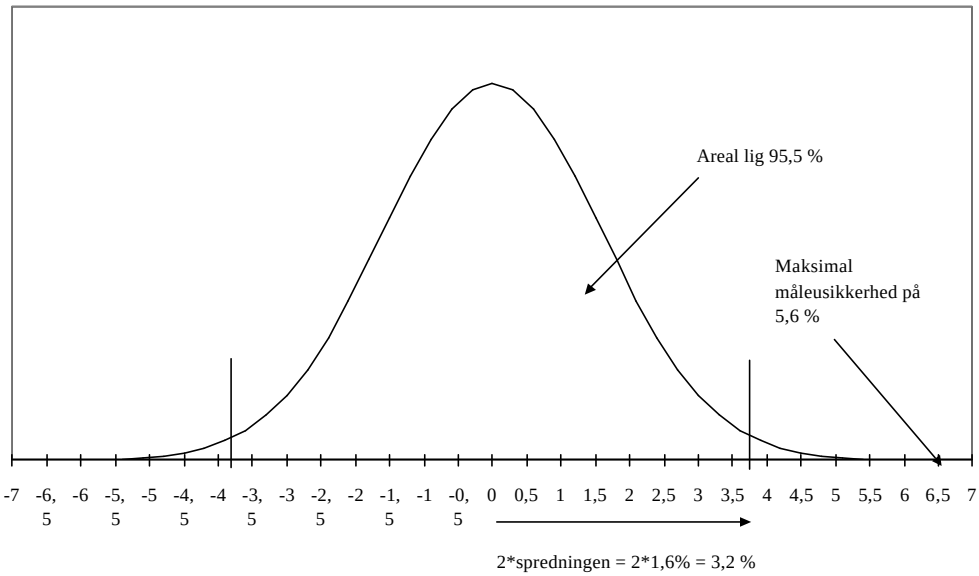



*Fig. 10.1. Illustration af normalfordelingens tæthedsfunktion*[19].

Til yderligere illustration viser tabel 10.3 forholdet mellem den maksimale måleusikkerhed divideret med spredningen, som er et udtryk for med hvilken faktor, at man skal multiplicere spredningen for at der opnås en værdi svarende til den maksimale fejl. Tabellen viser, at der skal ganges med en dækningsfaktor *k* mellem 1,9 % til 4,1 %.

Eksempelvis kan der aflæses følgende fra tabel 10.3 for:

- en 0,4 kV målerinstallation idriftsat efter 1. januar 1997 med kun strømtransformere,
- at der ved en cosφ = 1 og ved sekundærstrømme for strømtransformerne på 100 % skal anvendes en dækningsfaktor *k* = 2. Dette betyder, at de viste måleusikkerheder i henholdsvis tabel 10.1 og tabel 10.2. skal være identiske, hvilket er tilfældet.

Generelt viser tabel 10.3, at for de målepunkter, hvor *k* er større end 2 vil måleusikkerheden repræsenteret som under værst tænkelige forhold (tabel 10.1) være støre end de tilsvarende måleusikkerheder repræsenteret ved konfidensintervaller (tabel 10.2), og tilsvarende omvendt for *k* mindre end 2.

[19] Normalfordelings tæthedsfunktion ($N(\mu,\sigma^2)$) med en middelvær $\mu$ og spredningen $\sigma$ er defineret ved

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \exp\left[-½\left(\frac{x-m}{s}\right)^2\right]$$

*Tabel 10.3. Viser den samlede maksimale fejl divideret med spredningen, hvilket svarer til en dækningsfaktor k.*

| Type install. 1) | Spændings-niveau 2) | Nøjagtighedsklasse Elmåler | Strøm-transf. | Spænd. transf. | **Den maksimale måleusikkerhed / spredning** cos(phi) = 1 v. 5 % | cos(phi) = 1 v. 100 % | cos(phi) = 0.9 v. 5 % | cos(phi) = 0.9 v. 100 % | cos(phi) = 0.8 v. 5 % | cos(phi) = 0.8 v. 100 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| før | 0,4 kV | 2 | 0.5 | - | 2.4 | 2.1 | 3.0 | 2.4 | 3.0 | 2.5 |
| før | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 2.9 | 3.0 | 3.5 | 3.7 | 3.5 | 3.8 |
| før | 1 - 30 kV | 1 | 0.5 | 0.5 | 2.9 | 3.0 | 3.5 | 3.7 | 3.5 | 3.8 |
| før | 30 - 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.7 | 3.2 | 3.5 | 3.8 | 3.4 | 3.9 |
| før | over 100 kV | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.7 | 3.2 | 3.5 | 3.8 | 3.4 | 3.9 |
| efter | 0,4 kV | 1 | 0.2S | - | 2.2 | 2.0 | 2.5 | 2.3 | 2.6 | 2.4 |
| efter 3) | 0,4 kV | 2 | 0.2S | - | 2.0 | 1.9 | 2.2 | 2.0 | 2.3 | 2.1 |
| efter | 0,4 - 1 kV | 1 | 0.2S | 0.2 | 2.6 | 2.5 | 3.1 | 2.9 | 3.3 | 3.1 |
| efter | 1 - 30 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 3.1 | 3.0 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 3.6 |
| efter | 30 - 100 kV | 0.5S | 0.2S | 0.2 | 3.1 | 3.0 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 3.6 |
| efter | over 100 kV | 0.2S | 0.2S | 0.2 | 3.2 | 3.4 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.1 |

*1) Opdelt efter henholdsvis idriftsat før og efter 1. januar 1997.*

*2) Hvor der er angivet et interval, er det eksklusive nedre grænser.*

*3) Bemærk at der for 0,4 kV målerinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997 både er vist værdier med klasse 1 og 2 elmåler.*

# 11. Acceptable fejlvisninger for elmålere i forbindelse med stikprøvekontrol

Formålet med dette kapitel er at bestemme acceptable fejlvisninger for elmålere med og uden strømtransformere i forbindelse med stikprøvekontrol af elmålere i drift, svarende til det beskrevne i DEFUs TR 355.

De acceptable fejlvisninger bestemmes sådan, at der både tages hensyn til:

1) at de acceptable fejlvisninger for elmålerne ikke overskrider det dobbelte af de maksimalt tilladelige fejl ved førstegangsverifikation, og sådan
2) at de acceptable fejlvisninger for elmålerne er sådan, at den samlede målerinstallation har en fejlvisning på mindre end eller lig henholdsvis ±6 %, ±5 % og ±4 % svarende til målepunkterne henholdsvis en lille belastning, en stor belastning og en fejlvisning ved gennemsnit af disse to målepunkter.

Ang. 1): Dette svarer til det krævede jf. Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997 *Bekendtgørelse om kontrol med elmålere, der anvendes til måling af elforbrug*.

Ang. 2): Dette svarer til det nævnte i *Elforsyningens Leveringsvilkår. Faneblad 1: Vejledende leveringsbestemmelser* fra Danske Elværkers Forening. 1993.

I det følgende opstilles først kravende svarende til 1), dernæst kravene svarende til 2), og endeligt sammenfattes disse til et sæt krav.

Stikprøvekontrollen er begrænset til kun at omfatte klasse 1 og 2 målere, idet man ofte har relativt få installationer med bedre klasser, og man bør derfor i disse tilfælde anvende permanent overvågning eller periodisk totalkontrol.

## Krav svarende til det dobbelte i forhold til førstegangsverifikation

I tabellen 11.1 er gengivet kravene til førstegangsverifikation for henholdsvis:

- en “lille strøm”, her tolket som $0{,}05 \cdot I_b$ (dvs. 5 %'s basisstrøm) og
- en “stor strøm”, her tolket som $I_b$ (dvs. 100 %'s basisstrøm).

En mere fyldestgørende beskrivelse af disse målepunkter for elmåleren kan ses i DEFUs TR 354. Specielt for klasse 2 er der taget værdier fra side 22 i bilag 2 til Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997.

De acceptable fejlvisninger ud fra det dobbelte i forhold til førstegangsverifikationen fremkommer ved at tage det dobbelte af fejlgrænserne i tabellen 11.1 og herved fremkommer tabel 11.2.

Det skal fremhæves, at der kun er taget hensyn til elmålerens klasse i tabel 11.2, og at fejlbidraget fra eventuelle strømtransformere ikke er medtaget, hvilket betragtes i næste afsnit.

*Tabel 11.1. Prøvning 4 og 5 for klasserne 2 og 1*[20].

| Prøvning | Strøm | cos φ | Målerens fase-antal | Belastningsmåde | Fejlgrænser, ±% Målerklasse | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 2[1)] | 2 | 1 |
| 4 | $0{,}05 \cdot I_b$ | 1 | En- og flerfaset | Symmetrisk | 3 | 2,5 | 1,5 |
| 5 | $I_b$ | 1 | En- og flerfaset | Symmetrisk | 2,5 | 2,0 | 1,0 |

*1) Specielt disse størrelser er hentet fra side 22 i bilag 2 til Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997.*

*Tabel 11.2. Acceptable fejlvisninger baseret alene på det dobbelte i forhold til førstegangsverifikationen.*

| Målepunkt | Strøm | Acceptable fejlvisninger i ± % Målerklasse | |
|---|---|---|---|
| | | 2[1)] | 1 |
| a) | $0{,}05 \cdot I_b$ | 6 | 3 |
| b) | $I_b$ | 5 | 2 |

*1) Specielt disse størrelser er baseret på tilladelige fejl i forbindelse med førstegangsverifikation fra side 22 i bilag 2 til Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997.*

## Krav svarende til de vejledende leveringsbestemmelser

I det følgende bestemmes acceptable fejlvisninger for **målerinstallationer med strømtransformere**, sådan at fejlvisning for den samlede målerinstallation er mindre end eller lig henholdsvis ±6 %, ±5 % og ±4 % svarende til henholdsvis en "lille strøm", en "stor strøm" og en fejlvisning ved gennemsnit af disse to målepunkter. Vedrørende de to målepunkter anvendes følgende tolkninger:

- en "lille strøm" tolkes her som $0{,}05 \cdot I_n$ (dvs. 5 %'s mærkestrøm) på elmåleren, uanset hvilken standard elmåleren er typegodkendt efter, og
- en "stor strøm" tolkes her som en sekundær strøm på 20 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne.

[20] Værdierne er hentet fra DEFUs TR 354.

Disse to målepunkter er valgt sådan, at der tages hensyn til det mest kritiske område for den samlede målerinstallation, som oftest er ved de små belastninger. Og sådan at der tages udgangspunkt i nogle konkrete målepunkt for elmålerne ("lille strøm") og et konkret målepunkt for strømtransformerne ("stor strøm").

Ifølge TR 354 verificeres en transformertilsluttet, elektronisk elmåler klasse 1 og 2 ved $0{,}02 \cdot I_n$. Af praktiske hensyn er det ved stikprøvekontrol imidlertid valgt at fastholde de $0{,}05\ I_n$ i stedet for $0{,}02\ I_n$, da endnu en gruppe ville komplicere kontrollen unødigt.

Der tages i det efterfølgende udgangspunkt i følgende model:

$$f = f_m + f_i + d_i \cdot \tan j \qquad \textbf{(11.1)}$$

hvor:

$f_m$ er fejlen på elmåleren angivet i %.
$f_i$ er omsætningsfejlen på strømtransformerne angivet i %.
$d_i$ er vinkelfejlen for strømtransformerne angivet i centiradianer.
$\varphi$ er fasevinklen mellem strøm og spænding i primærbelastningen.

Der anvendes følgende antagelser:

- Fasevinklen $\varphi$ mellem strøm og spænding i primærbelastningen er kendt og konstant i den betragtede periode.
- $\tan\varphi = 0{,}75$ (svarende til $\cos\varphi = 0{,}8$).
- At $f_m$, $f_i$, og $d_i$ kan beskrives ved hjælp af stokastisk uafhængige rektangulære fordelinger[21]. Denne antagelse beror på, at jf. standarderne vil størrelsen af den ukendte ligger indenfor et endeligt interval [a;b] med en sandsynlighed på 100 %. Dette kan også udtrykkes på følgende måde[22]:
  Fejl på elmåler: $U(-f_m; f_m) \Rightarrow s(f_m) = f_m / \sqrt{3}$
  Omsæt. fejl på strømtransf.: $U(-f_i; f_i) \Rightarrow s(f_i) = f_i / \sqrt{3}$
  Vinkelfejl på strømtransf.: $U(-d_i; d_i) \Rightarrow s(d_i) = d_i / \sqrt{3}$
- Med forudsætningerne ovenfor antages det, at den resulterende fordeling for, $f$, kan tilnærmes ved hjælp af en normalfordeling. Dette antages at være en rimelig repræsentation, idet der er tale om en summation af 3 rektangulære stokastiske variable.

[21] Det er valgt i det følgende både at anvende små betegnelser for henholdsvis stokastiske variable og toleranceværdier, modsat normal praksis.

[22] For en rektangulær fordeling, *XeU(-a;a)*, kan det vises, at spredningen er givet ved

$$s = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Idet det antages, at *f* kan tilnærmes ved hjælp af en normalfordeling, kan spredningen til *f* beregnes ved hjælp af modellen (11.1), hvorved fås:

$$\begin{aligned} s^2(f) &= s^2(f_m) + s^2(f_i) + s^2(d_i)\tan^2(j) \\ &= \{f_m^2 + f_i^2 + d_i^2\tan^2(j)\}/3 \end{aligned} \quad \textbf{(11.2)}$$

Hvilket kan omformes til:

$$f_m^2 = \frac{1}{3}s^2(f) - [f_i^2 + d_i^2\tan^2(j)] \quad \textbf{(11.3)}$$

Dernæst antages at fejlvisningen for den samlede målerinstallation skal ligge indenfor intervallet *[-f;f]*, og at fordelingen for *f* er givet ved en rektangulær fordeling, sådan at spredningen for *f* bliver $f/\sqrt{3}$. Herved kan formel (11.3) udtrykkes ved:

$$f_m = \sqrt{f^2 - [f_i^2 + d_i^2\tan^2(j)]} \quad \textbf{(11.4)}$$

Svarende til målepunktet en "lille strøm" anvendes yderligere antagelserne:

- At fejlvisningen for målerinstallationen skal ligge indenfor intervallet ±6 %.
- At strømtransformerne i målerinstallationen er af klasse 0.5 eller bedre, dvs. at der benyttes værdier fra IEC 44-1 svarende til en klasse 0.5 strømtransformer, selv om der i praksis måtte være placeret bedre strømtransformere.
- At omsætningsfejlen og vinkelfejlen kan tages fra tabel 11.3, svarende til en primær belastningsstrøm på 5 %. Dette betyder at for en strømtransformer med $I_n$ = 5 A, hvilket er normal praksis i Danmark, at den sekundære strøm på strømtransformeren bliver 250 mA.

Med disse antagelser og de tidligere nævnte, skal fejlvisningen på elmåleren opfylde kravet:

$$f_m(\text{"lille belastning"}) \le \sqrt{6^2 - [1{,}5^2 + 2{,}7^2 \cdot 0{,}75^2]} \approx 5{,}4\% \quad \textbf{(11.5)}$$

Dette betyder, at elmåleren ikke må have en fejlvisning større end 5,4 % ved en "lille strøm". Men uanset valget af mærkestrøm for elmåleren[23] tolkes dette som målepunktet $0{,}05 \cdot I_n$.

[23] I DEFUs TR 353 er nævnt: Hvis der i nye målerinstallationer vælges strømtransformere med sekundær mærkestrøm på 5 A, hvilket anbefales, anbefales det at vælge elmålere med:

- Basisstrøm på 1 A og en $I_{max}$ på minimum 6 A for Ferrarismålere (dette af hensyn til elmålerens dynamikområde).
- For elektroniske elmålere vælges et størst muligt dynamikområde tilpasset strømtransformerne.

Tilsvarende til målepunktet en “stor strøm" anvendes antagelserne:

- At fejlvisningen for målerinstallationen skal ligge indenfor intervallet ±5 %.
- At strømtransformeren i målerinstallationen er af klasse 0.5 eller bedre, dvs. at der benyttes værdier fra IEC 44-1 svarende til en klasse 0.5.
- At omsætningsfejlen og vinkelfejlen kan tages fra tabel 11.3, svarende til en primær belastningsstrøm på 20 % af den primære mærkestrøm.
- For elmåleren anvendes acceptable fejlvisninger svarende til målepunktet $I_b$.

Med disse antagelser og de tidligere nævnte, skal fejlvisningen på elmåleren opfylde kravet

$$f_m(\text{"stor belastning"}) \le \sqrt{5^2 - [0{,}75^2 + 1{,}35^2 \cdot 0{,}75^2]} \approx 4{,}8\% \qquad \textbf{(11.6)}$$

Dette betyder, at elmåleren ikke må have en fejlvisning større end 4,8 % ved "stor strøm". Men uanset valget af mærkestrøm for elmåleren tolkes dette som målepunktet $I_n$.

På bilag 6 er der vist nogle eksempler på fejlkurver for elmålere.

*Tabel 11.3. Fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl. Værdierne er hentet fra IEC 44-1*

| Nøjagtighedsklasse | ±Omsætningsfejlen i % ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | ±Vinkelfejlen ved de viste %-værdier af primær mærkestrøm | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Minutter | | | | | Centiradianer | | | |
| | 5 | 20 | 100 | 120 | 5 | 20 | 100 | 120 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 15 | 8 | 5 | 5 | 0,45 | 0,24 | 0,15 | 0,15 |
| 0,2 | 0,75 | 0,35 | 0,2 | 0,2 | 30 | 15 | 10 | 10 | 0,9 | 0,45 | 0,3 | 0,3 |
| 0,5 | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 90 | 45 | 30 | 30 | 2,7 | 1,35 | 0,9 | 0,9 |
| 1,0 | 3,0 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 180 | 90 | 60 | 60 | 5,4 | 2,7 | 1,8 | 1,8 |

## Minimum af de to sæt krav

Hvis man tager de acceptable fejlvisninger i tabel 11.3 og sammenholder disse med henholdsvis:

- $f_m(\text{lille belastning}) \le 5{,}4\%$ og
- $f_m(\text{stor belastning}) \le 4{,}8\%$

fremkommer talværdier som vist i tabel 11.4, som benævnt målepunkterne a) og b). For transformertilsluttede elmålere af klasse 1, er det den dobbelte maksimalt tilladelig fejl ved førstegangsverifikationen, som bliver afgørende.

Specielt for målepunktet c) i tabel 11.3 er der anvendt følgende antagelser:

- At fejlvisningen for målerinstallationen skal ligge indenfor intervallet ±4 %.
- At strømtransformeren i målerinstallationen er af klasse 0.5 eller bedre, dvs. at der benyttes værdier fra IEC 44-1 svarende til en klasse 0.5.
- At omsætningsfejlen og vinkelfejlen kan tages fra tabel 11.3, svarende til en primær belastningsstrøm på 20 % af den primære mærkestrøm.

Og med disse fås for målepunktet c):

$$f_m \leq \sqrt{4^2 - [0{,}75^2 + 1{,}35^2 \cdot 0{,}75^2]} \approx 3{,}8\% \qquad \textbf{(11.6)}$$

Dette betyder, at elmålerens fejlvisning beregnet som et gennemsnit skal være mindre end eller lig med 3,8 %.

*Tabel 11.4. Acceptable fejlvisninger for direkte tilsluttede elmålere og transformermålere (med strømtransformere)*

| | Acceptable fejlvisninger i ± % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Direkte tilslutning | | | Elmålere med strømstransformere | | |
| Målepunkt | Strøm | kl. 2 elmåler | kl. 1 elmåler | Strøm | kl. 2 elmåler | kl. 1 elmåler |
| a) | $0{,}05 \cdot I_b$ | 6 | 3 | $0{,}05 \cdot I_n$ | 5,4 | 3 |
| b) | $I_b$ | 5 | 2 | $I_n$ | 4,8 | 2 |
| c) | - | 4 | 4 | - | 3,8 | 3,8 |

# 12. Undersøgelse af gamle strømtransformere

For at undersøge om gamle strømtransformere med tiden har fået øgede omsætnings- og vinkelfejl, blev 93 gamle strømtransformere indsamlet og undersøgt hos NESA. Mange af de indsamlede strømtransformere fremkom i forbindelse med oprydninger på lagre hos elselskaber, og det var kun et mindre antal, der kom direkte fra en målerinstallation.

På bilag 1 ses en oversigt over de strømtransformere, som indgik i prøven. Cirka halvdelen af disse er fra firmaet LK (I dag HOLEC), og den anden halvdel fra firmaet Max Garre. HOLEC har kunnet angive en tidsperiode for, hvornår de enkelte typer transformere er produceret, og hvoraf det fremgår, at de ældste er fra perioden 1923 til 1956. Resten af strømtransformerne er produceret i perioden 1954 til 1970. Det har desværre ikke muligt fra firmaet Max Garre, at få oplyst noget omkring produktionstidspunktet, men formodentlig er de produceret i samme tidsrum, som de producerede fra HOLEC (LK).

De betragtede strømtransformere er af klassen 0.5 med undtagelse af nr. 84 til og med 88, der er af klassen 0.2. I det følgende er nr. 84 til og med 88, behandlet på sammen måde som klasse 0.5 strømtransformerne.

På bilag 2 til og med 5 er illustreret resultaterne fra undersøgelserne, idet omsætningsfejlene og vinkelfejlene er vist for belastninger med henholdsvis 100 % og 5 % af mærkestrømmen for sekundærsiden af strømtransformerne. Der er foretaget målinger med byrder på henholdsvis 100 % (▲), 25 % (◆) af mærkebyrderne og 1 VA (■).

I tabel 12.1 er vist antallet af overskridelser svarende til prøvepunkter med 5 % og 100 % af mærkestrømmene og med forskellige byrder på sekundærsiden af strømtransformerne.

*Tabel 12.1. Antal overskridelser svarende til prøvepunkterne.*

| | Byrde | $I_n$ = 5 % | kl. 0.5 grænse | $I_n$ = 100 % | kl. 0.5 grænse |
|---|---|---|---|---|---|
| Vinkelfejl | 1 VA | 0 | 90' | 1 (*2 | 30' |
| | 25 % | 0 | 90' | 0 | 30' |
| | 100 % | 0 | 90' | 0 | 30' |
| Omsætningsfejl | 1 VA | 0 | 1,5% | 7 (*3 | 0,5% |
| | 25 % | 0 | 1,5% | 0 | 0,5% |
| | 100 % | 3 (*1 | 1,5% | 3 (*4 | 0,5% |

*(*1 nr. 41, 45, 91*
*(*2 nr. 41*
*(*3 nr. 46, 47, 51, 67, 70, 89, 93 (meget små overskridelser)*
*(*4 nr. 41, 45, 88*

I det følgende opgøres antallet af strømtransformere, som ikke kunne overholde kravene til vinkel- og omsætningsfejl jf. IEC 44-1[24]:

- Vedrørende kravene til vinkelfejl overholdt alle strømtransformerne kravene i IEC 44-1
- Vedrørende kravene til omsætningsfejl overholdt alle strømtransformerne kravene i IEC 44-1 ved byrder på 25 % af mærkebyrderne. Ved mærkebyrder på 100 % var der tre strømtransformere, der ikke overholdt kravene ved $I_n$ = 5 %, og tre strømtransformere, der ikke overholdt kravene ved $I_n$ = 100 %. De to af strømtransformerne var de samme.

Med de betragtede målepunkter var der således i alt 4 strømtransformere, der ikke kunne overholde kravene i IEC 44-1.

For det ekstra målepunkt 1 VA, var der i alt 8 strømtransformere, der ikke kunne overholde nøjagtighedskravet ved $I_n$ = 100 %. Det skal dog fremhæves, at overskridelserne var beskedne.

At enkelte transformere adskiller sig fra mængden, kan meget vel skyldes den håndtering nogle af strømtransformerne har været udsat for efter nedtagningen, idet ingen af de strømtransformere der er nedtaget, er blevet nedtaget med det for øje, at de skulle indgå i en undersøgelse som den overfor beskrevne. Montørerne kan derfor meget vel have behandlet strømtransformerne, som om de skulle kasseres.

På baggrund af resultater fra ovenstående undersøgelse er der ikke noget, der tyder på, at gamle strømtransformere i målerinstallationer har ændret omsætnings- og vinkelfejl væsentligt med tiden.

[24] Endvidere skal man være opmærksom på, at de dengang monterede strømtransformere skulle leve op til andre krav end de nuværende i IEC 44-1, hvor man benyttede andre målepunkter. Eksempelvis benyttede man 10 %'s $I_n$ i IEC 185 fra 1966.

# Referencer


1. *Bekendtgørelse om kontrol med elmålere, der anvendes til måling af elforbrug*. Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 54 af den 23. januar 1997.
2. *Elmålere. Kontrolsystem for elmålere i drift.* Måleteknisk direktiv. Vejledning fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 1. februar 1997.
3. *Bemyndigede laboratoriers brug af underentreprenører i forbindelse med verifikation af måleinstrumenter.* Måleteknisk meddelelse fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 3. februar 1997.
4. *Nye bestemmelse for elmålere der benyttes til måling af elektricitet i afregningsøjemål.* Måletekniks meddelelse fra Erhvervsfremme Styrelsen af den 5. februar 1997.
5. *Elforsyningens Leveringsvilkår. Faneblad 1: Vejledende leveringsbestemmelser.* Danske Elværkers Forening. 1993.
6. *Retningslinier for kvalitetssikring av måleverdier.* Publikation nr.: 2 1994. EnFO. Energiforsyningens Fellesorganisajon. Norge. En ny version findes i udkast foråret 1997.
7. *Krav, råd och rekommendationer om mätning och avräkning för den reformerade elmarknaden.* SEF 1996. Svenska Elverksföreningen.
8. *Acceptprøvning af nye og istandsatte klasse 2 elmålere for direkte tilslutning.* DEFU TR 312. November 1992.
9. *Kontrolsystem for idriftværende direkte tilsluttede elmålere.* DEFU TR 313. November 1992.
10. *Målerinstallationer for transformermåling.* DEFU TR 353. Oktober 1995.
11. *Indgangskontrol af nye og istandsatte elmålere.* DEFU TR 354. Oktober 1995.
12. *Kontrolsystem for idriftværende elmålere.* DEFU TR 355. Oktober 1995.
13. *Kontrolmetoder hos forbrugeren.* DEFU TR 356. Oktober 1995.
14. *Målerinstallationer for transformermåling.* DEFU TR 353, 2. udgave. September 1997.
15. *Verifikation af elmålere.* DEFU TR 354, 2. udgave. September 1997.
16. *Kontrolsystem for idriftværende elmålere.* DEFU TR 355, 2. udgave. September 1997.
17. *Kontrolprocedurer for målesektioner.* Jysk-fynsk ERFA-gruppe. Udkast 1992.
18. IEC 44-1. *Instrument transformers - Part 1: Current transformers.* 1996. (Erstatter tidligere IEC 185. *Current transformers.* Second edition 1987).
19. IEC 60044-2. *Instrument transformers - Part 2: Inductive voltage transformers.* 1997. (Erstatter tidligere IEC 186. *Voltage transformers.* Second edition 1987).
20. IEC 338. *Telemetering for consumption and demand.* First edition 1970.
21. IEC 514. *Acceptance inspection of Class 2 alternating-current watthour meters.* 1975

22. IEC 521. *Class 0.5, 1 and 2 alternating-current watt-hour meters.* 1988.

*23.* IEC 687. *Alternating current static watt-hour meters for active energy (class 0.2S and 0.5S). 1992*

24. IEC 1036. *Alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 1 and 2).* l996. (Erstatter versionen IEC 1036:1990, se reference 39).

25. IEC 1358. *Acceptance inspection for direct connected alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 1 and 2).* 1996.

26. ISO 3951. *Sampling procedures and chart for inspection by variables for percent nonconformning.* 1989.

27. ISO 2859-1. *Sampling procedures for inspection by attributes. Part 1: Sampling plans indexed by acceptable quality level (AQL) for lot-by-lot inspection.* 1989.

28. VAST. *Mättransformatorer - utredning om anpassning till moderna reläskydd och elmätare.* Juni 1990

29. *Retningslinier for kvalitetssikring av måleverdier.* Publikation nr.: 2 1994. Energiforsyningens Fellesorganisajon. Norge.

30. DEFU-rekommandation nr. 15. *Tekniske bestemmelser for 10-20 kV pladekapslede fordelingsanlæg til 50-60 kV transformerstationer.* Marts 1990.

31. DEFU-rekommandation nr. 17. *Tekniske bestemmelser for apparater til 50-60 kV stationsanlæg.* Januar 1993.

32. DEFU-rekommandation nr. 20. *Tekniske bestemmelser for apparater til 132-150 kV udendørs stationsanlæg.* Maj 1993.

33. *Husholdningsmålere. Retningslinjer for kvalitetskrav, montering og kontrollrutiner.* Publikasjon nr. 383 - 1991. NOR ENERGI. Norges Energiverkforbund.

34. *Krav på Mätning och Avräkning. Huvudrapport.* Elforsk Rapport 94:9. 1994 Sverige.

35. *Krav på Mätning och Avräkning. Appendix.* Elforsk Rapport 94:9. 1994 Sverige.

36. EU-direktiv 82/621/EØF. *Kommissionens direktiv af 1. juli 1982 om tilpasning af Rådets direktiv 76/891/EØF om indbyrdes tilnærmelse af mellemsstaternes lovgivning om elektricitetsmålere.* Dette EU-direktiv erstattes sandsynligvis af et nyt EU-direktiv, idet der arbejdes med et udkast til EU-direktiv, som pt. benævnes METRO/6/95.

37. EU-direktiv 76/891/EØF. *Kommissionens direktiv af 4. november 1976 om indbyrdes tilnærmelse af medlemstaternes lovgivning om elektricitetsmålere.*

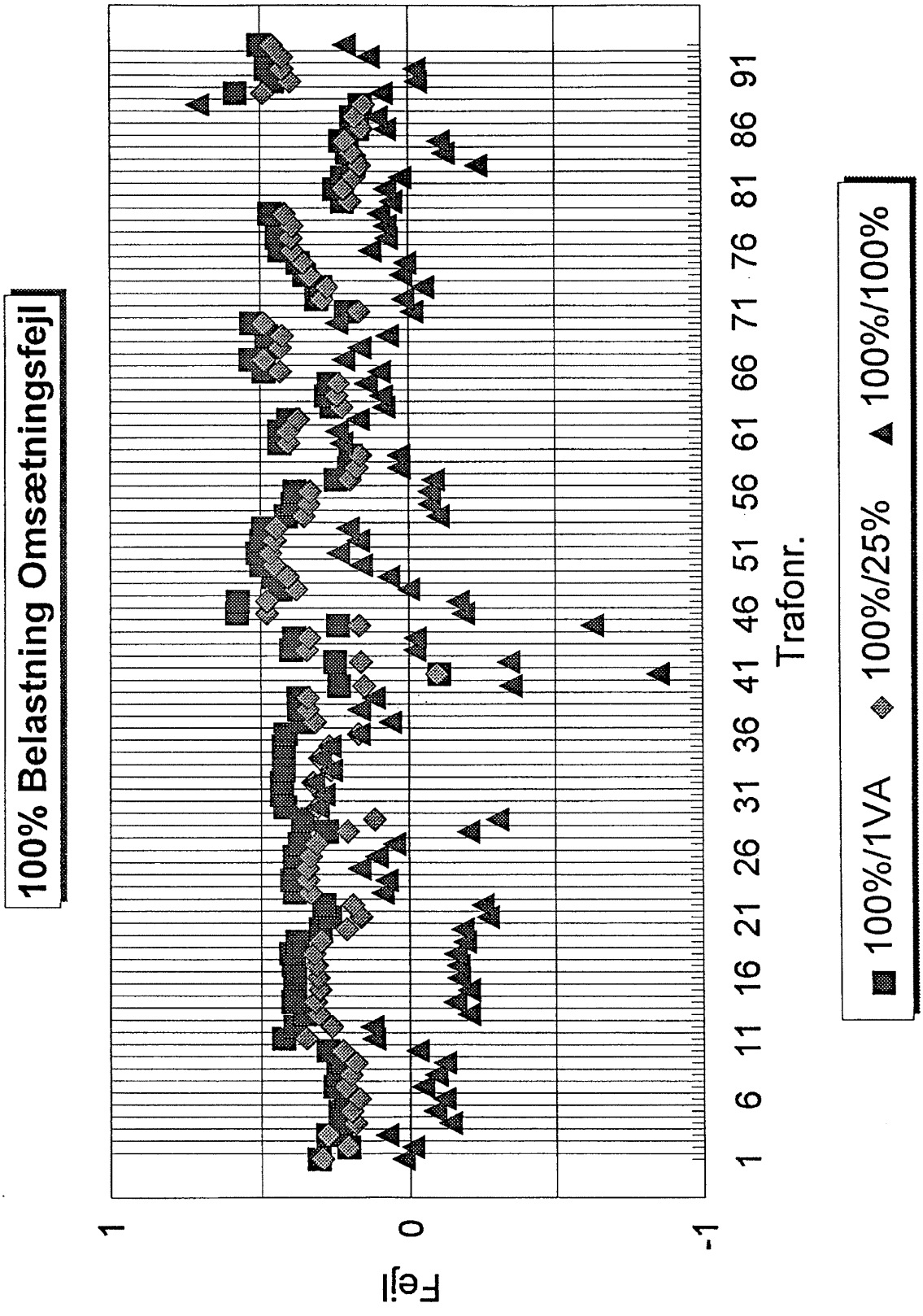
38. *EU's regler och krav på mätteknik och elavräkning - idag och i framtiden.* Håkan Nilsson. Mätteknik och elavräkning. Stenungssund 30. - 31. maj 1995.

39. IEC 1036. *Alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 1 and 2).* 1990.

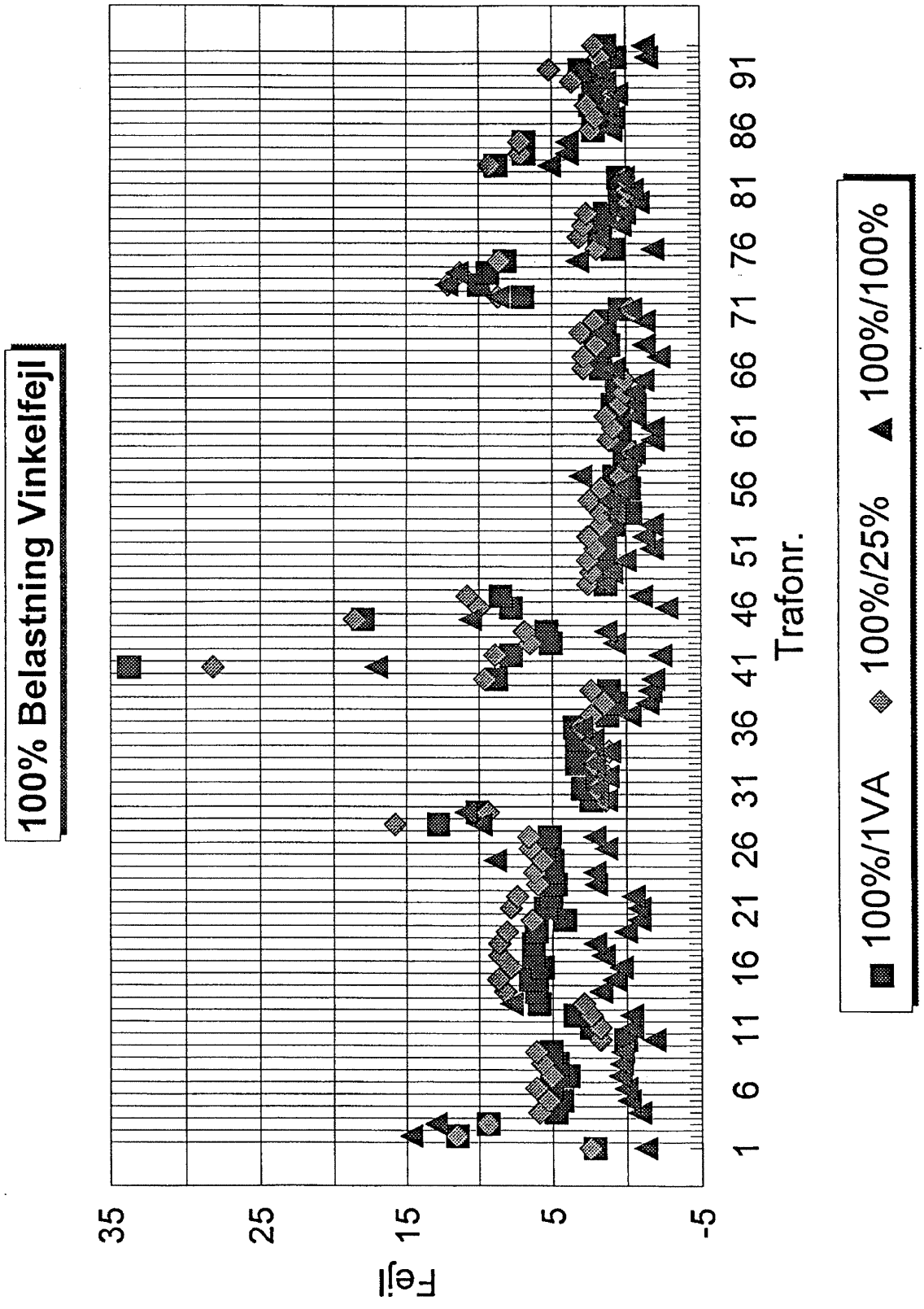
# Bilag 1: De 93 undersøgte strømtransformere

| Trafonr. | Fabrikat | Type | Årgang | Ip/Is | Normbyrde | Klasse | Bemærkninger | Diverse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | LK | HF | 55-68 | 300/5 | 5.0 | 0.5 | Nr. 362132 | |
| 2 | LK | HF | 55-68 | 200/5 | 2.5 | 0.5 | Nr. 281861 | |
| 3 | LK | HF | 55-68 | 200/5 | 2.5 | 0.5 | Nr. 293154 | |
| 4 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231530 | |
| 5 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231529 | |
| 6 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231527 | |
| 7 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231528 | |
| 8 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231526 | |
| 9 | Max Garre | G33 | ? | 400/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 231531 | |
| 10 | Max Garre | LGK | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 231183 | |
| 11 | Max Garre | MG2 | 1983 | 1000/5 | 20.0 | 0.5 | Nr. 83/336726 | |
| 12 | Max Garre | MG2 | 1983 | 1000/5 | 20.0 | 0.5 | Nr. 83/336725 | |
| 13 | Max Garre | MG2 | 1983 | 1000/5 | 20.0 | 0.5 | Nr. 83/336722 | |
| 14 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272739 | |
| 15 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272736 | |
| 16 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272734 | |
| 17 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272735 | |
| 18 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272738 | |
| 19 | Max Garre | LG2 | ? | 400/5 | 10.0 | 0.5 | Nr. 272737 | |
| 20 | Max Garre | LG2 | ? | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 272745 | |
| 21 | Max Garre | LG2 | ? | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 272744 | |
| 22 | Max Garre | LG2 | ? | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 272741 | |
| 23 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 72/7 | |
| 24 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 74/37 | |
| 25 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 74/37 | |
| 26 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 74/37 | |
| 27 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 74/11 | |
| 28 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 74/37 | |
| 29 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 20.0 | 0.5 | Nr. 72/24 | Trafo overbelastet |
| 30 | Max Garre | LG2 | 1979 | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 950307 | |
| 31 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 272748 | |
| 32 | Max Garre | LG2 | 1979 | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 950308 | |
| 33 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 272749 | |
| 34 | Max Garre | LG2 | 1979 | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 950306 | |
| 35 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 272752 | |
| 36 | Max Garre | LG2 | ? | 1000/5 | 25.0 | 0.5 | Nr. 272753 | |
| 37 | LK | HF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 190967 | |
| 38 | LK | HF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 190966 | |
| 39 | LK | HF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 190968 | |
| 40 | Max Garre | VG | ? | 150/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 091778 | |
| 41 | Max Garre | VG | ? | 150/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 091776 | 25% af Normbyrde er 1,87 |
| 42 | Max Garre | VG | ? | 150/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 091777 | |
| 43 | Max Garre | VGT | ? | 300/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 224060 | |
| 44 | Max Garre | VGT | ? | 300/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 224058 | |
| 45 | Max Garre | VG | ? | 200/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 47692 | |
| 46 | Max Garre | VGT | ? | 200/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 221105 | |
| 47 | Max Garre | VGT | ? | 200/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 221089 | |
| 48 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 313958 | |
| 49 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 313925 | |
| 50 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 313940 | |
| 51 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 326103 | |
| 52 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 324340 | |
| 53 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 326079 | |
| 54 | LK | GF2C | 54-70 | 400/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 331416 | |
| 55 | LK | GF2C | 54-70 | 400/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 327268 | |
| 56 | LK | GF2C | 54-70 | 400/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 328661 | |
| 57 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 326233 | |
| 58 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 321447 | |
| 59 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 321460 | |
| 60 | LK | GF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 312025 | |
| 61 | LK | GF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 307434 | |
| 62 | LK | GF2C | 54-70 | 600/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 312071 | |
| 63 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 320131 | |
| 64 | LK | HF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 191712 | |
| 65 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 320132 | |
| 66 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 324294 | |
| 67 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 304465 | |
| 68 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 303917 | |
| 69 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 324352 | |
| 70 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 322449 | |
| 71 | LK | HF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 185699 | |
| 72 | LK | LO | 23-56 | 300/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 45169 | |
| 73 | LK | LO | 23-56 | 300/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 45170 | |
| 74 | LK | LO | 23-56 | 300/5 | 7.5 | 0.5 | Nr. 45134 | |
| 75 | LK | HF | 55-68 | 400/5 | 5.0 | 0.5 | Nr. 259840 | |
| 76 | LK | HF3 | 60-68 | 500/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 242997 | |
| 77 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 186255 | |
| 78 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 188422 | |
| 79 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 188459 | |
| 80 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 340577 | |
| 81 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 340610 | |
| 82 | LK | GF2C | 54-70 | 1000/5 | 30.0 | 0.5 | Nr. 340582 | |
| 83 | Max Garre | VGT | ? | 200/5 | 5.0 | 0.5 | Nr. 072 | |
| 84 | Max Garre | VGT | ? | 200/5 | 5.0 | 0.2 | Nr. 0072 | |
| 85 | Max Garre | VGT | ? | 200/5 | 5.0 | 0.2 | Nr. 00072 | |
| 86 | Max Garre | S40 | ? | 1000/5 | 7.5 | 0.2 | Nr. 079793 | |
| 87 | Max Garre | S40 | ? | 1000/5 | 7.5 | 0.2 | Nr. 088710 | |
| 88 | Max Garre | S40 | ? | 1000/5 | 7.5 | 0.2 | Nr. 079802 | |
| 89 | LK | GF2C | 54-70 | 500/5 | 20 | 0.5 | Nr. 180038 | |
| 90 | LK | GF2C | 54-70 | 500/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 182221 | |
| 91 | LK | GF2C | 54-70 | 500/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 182231 | |
| 92 | LK | GF2C | 54-70 | 500/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 182250 | |
| 93 | LK | BF2C | 54-70 | 200/5 | 15.0 | 0.5 | Nr. 326045 | |

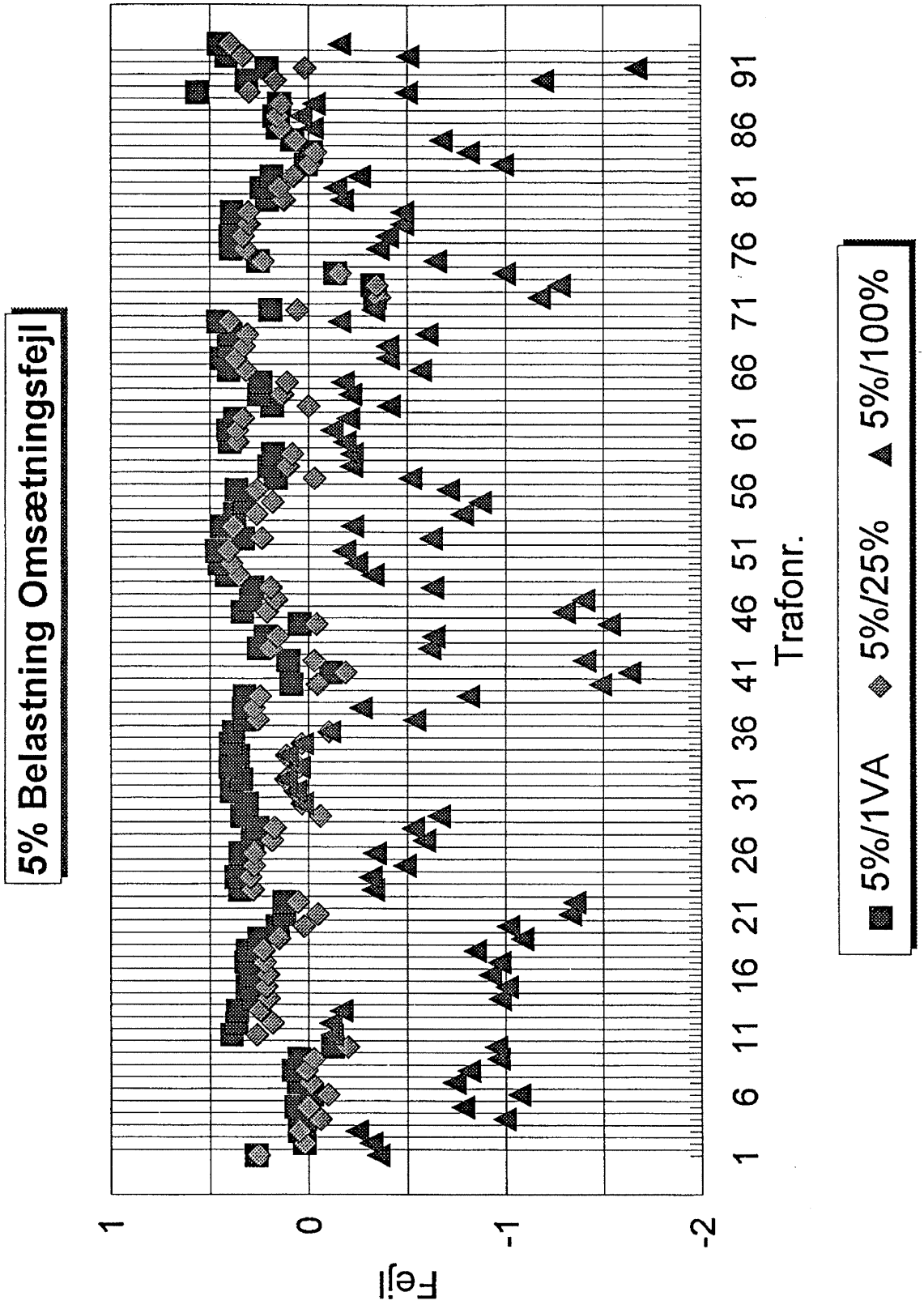
# Bilag 2: Omsætningsfejl ved 100%'s belastning



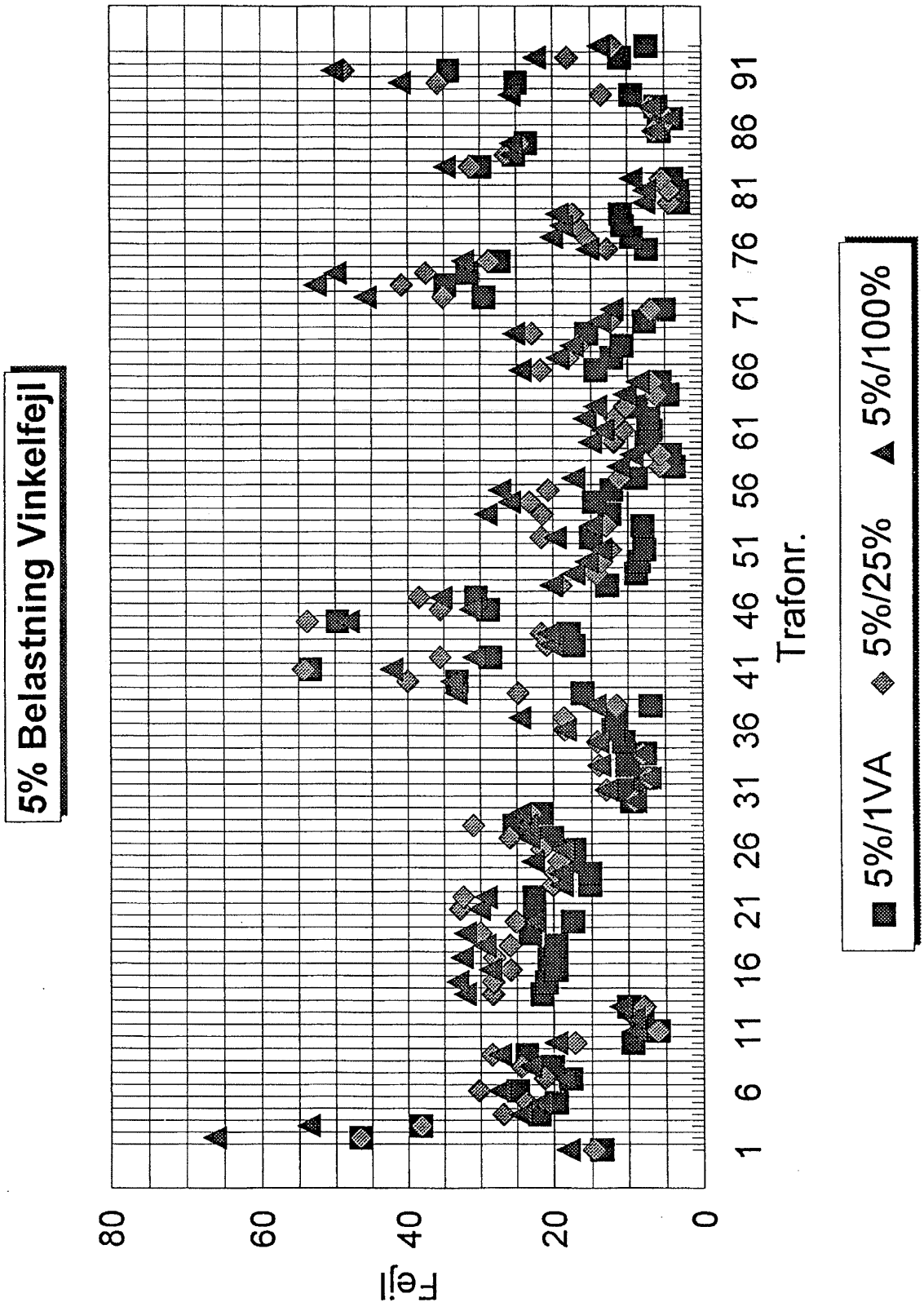
# Bilag 3: Vinkelfejl ved 100%'s belastning



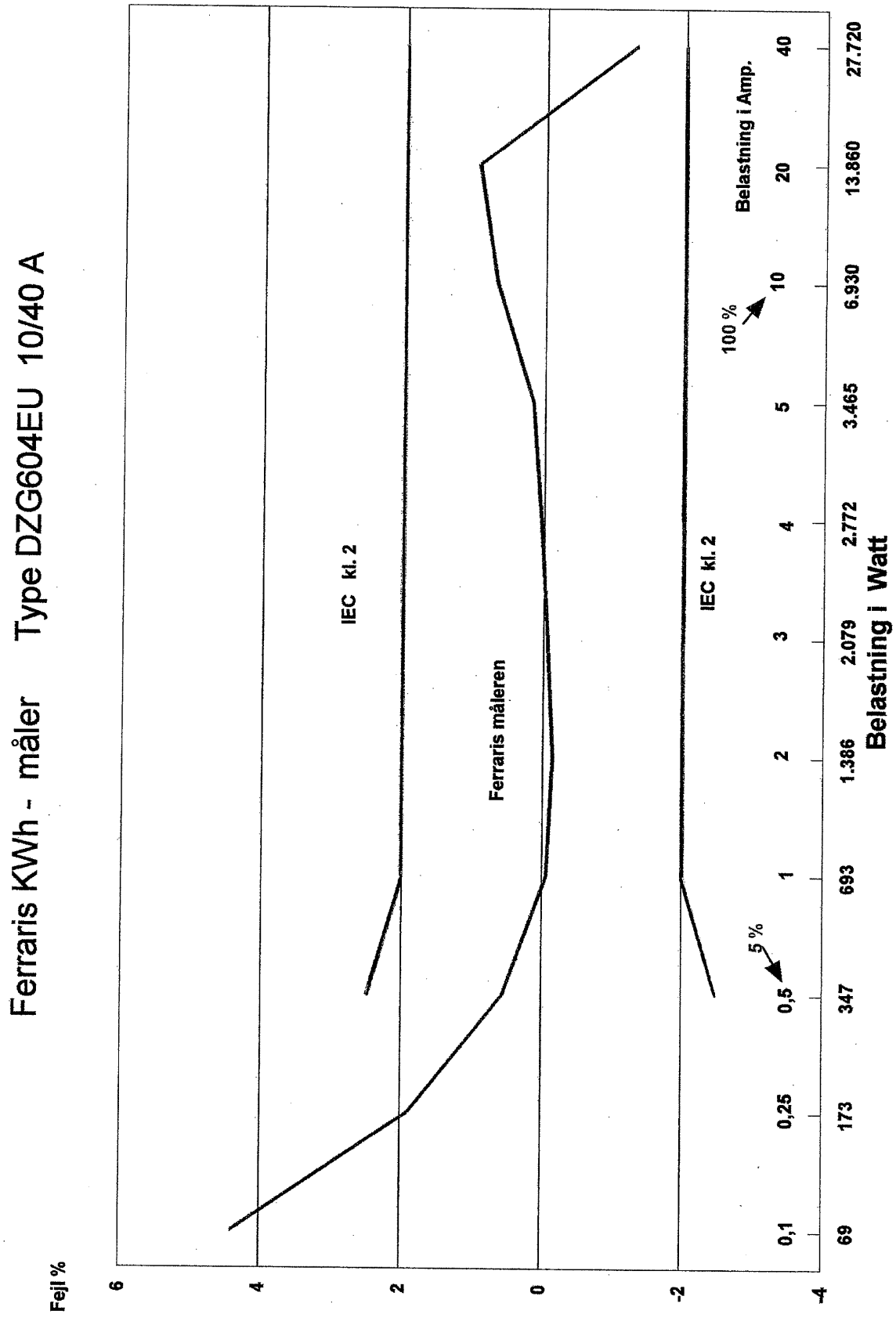
# Bilag 4: Omsætningsfejl ved 5%'s belastning

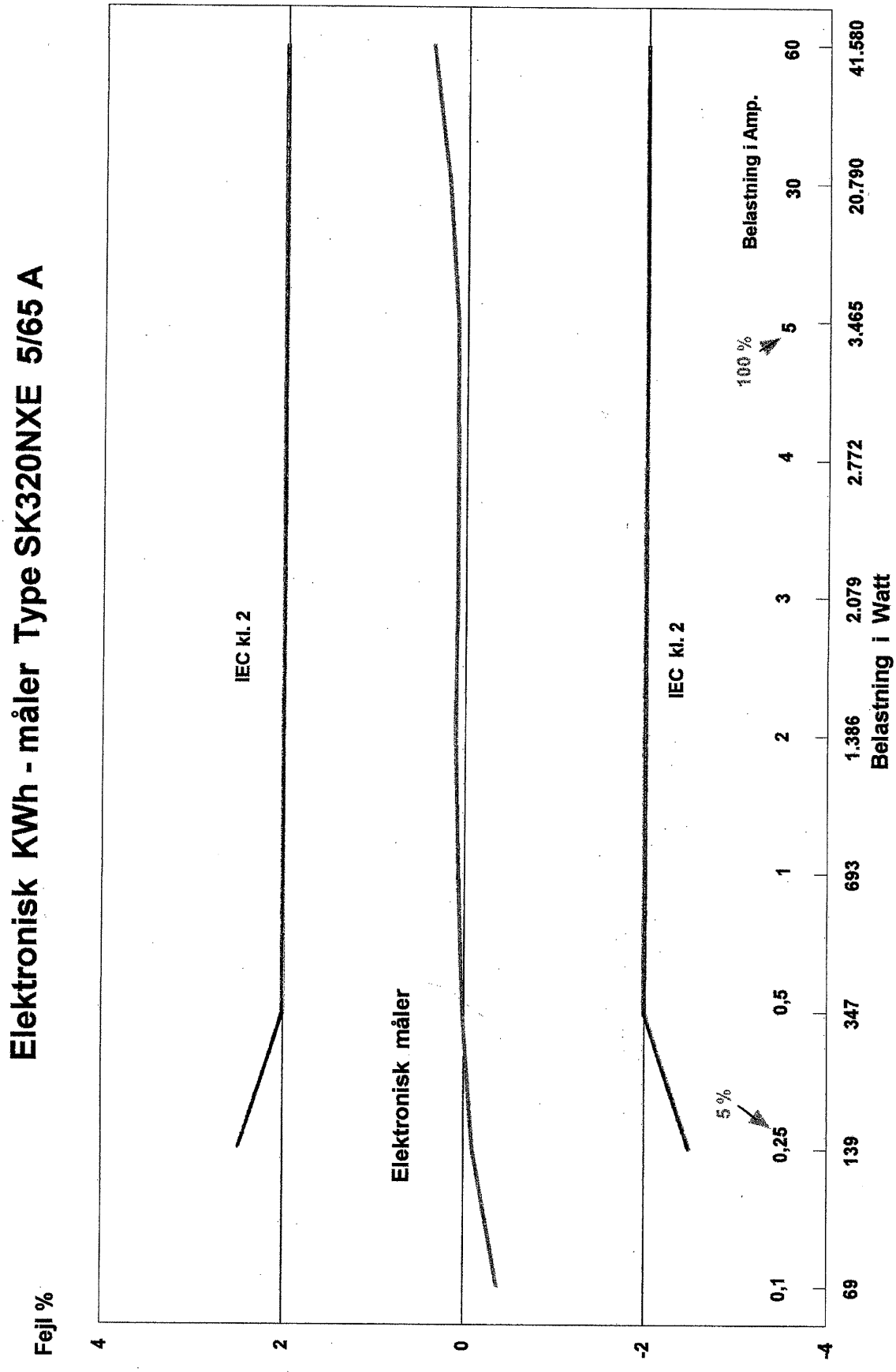


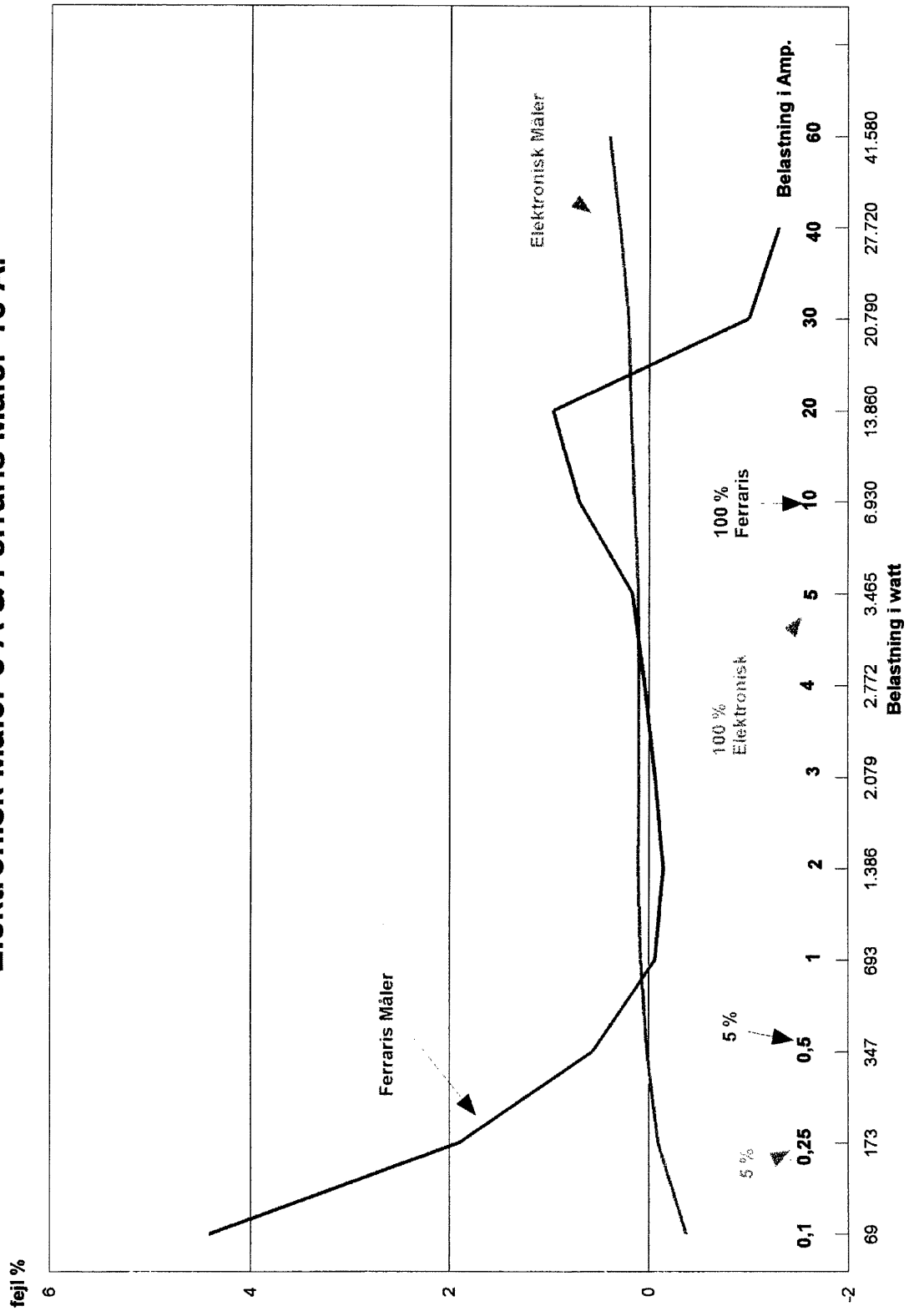
# Bilag 5: Vinkelfejl ved 5%'s belastning



# Bilag 6: Eksempler på fejlkurver for elmålere




Elektronisk KWh - måler Type SK320NXE 5/65 A
Fejl %
4
2
0
-2
-4
IEC kl. 2
Elektronisk måler
IEC kl. 2
5 %
100 %
0,1
0,25
0,5
1
2
3
4
5
Belastning i Amp.
69
139
347
693
1.386
2.079
2.772
3.465
20.790
41.580
Belastning i Watt


Elektronisk Måler 5 A & Ferraris Måler 10 A.
fejl %
6
4
2
0
-2
Ferraris Måler
Elektronisk Måler
5 %
100 %
Elektronisk
100 %
Ferraris
0,1
0,25
0,5
1
2
3
4
5
10
20
30
40
60
69
173
347
693
1.386
2.079
2.772
3.465
6.930
13.860
20.790
27.720
41.580
Belastning i watt
Belastning i Amp.

# Bilag 7: Acceptable fejlvisninger mellem hoved- og kontrolmåler, anvendt i TR 355, 1. og 2. udgave

I 1. og 2. udgave af TR 355, afsnit 6 om permanent overvågning blev der anvendt meget detaljerede skemaer ved fastlæggelsen af den størst acceptable fejlvisning mellem hoved- og kontrolmåler. Dette viste sig imidlertid ikke at være operativt, hvorfor den acceptable fejlvisning blev ændret til at være summen af de to måleres klasser. Da man ikke har ønsket at slette de gamle værdier fuldstændigt, er de placeret i dette bilag.

De acceptable fejlvisninger i tabel B.7.1 til B.7.4 er beregnet som et minimum af følgende to krav:

*2)* Mindre end det dobbelte i forhold til førstegangsverifikation af elmåleren.
*3)* $f \le 4\% - F_1 \cdot 0{,}5 \cdot (f_{i,5\%} + f_{i,100\%}) - F_2 \cdot f_u$

Vedr. 1) anvendes følgende acceptable fejlvisninger 6 %, 3 %, 2 %, 2 % og 0,8 % for henholdsvis klasserne 2, 1, 0.5, 0.5S og 0.2S, svarende til det dobbelte i forhold til kravene ved førstegangsverifikation for målepunkterne henholdsvis $0{,}05I_b$ og $0{,}01I_n$. Se også DEFUs TR 354.
Vedr. 2) er $F_1 = 2$ ved målerinstallationer der anvender adskilte strømtransformere til hoved- og kontrolmåler, og $F_1 = 1$ ved målerinstallationer der anvender samme strømtransformere til hoved- og kontrolmåler. Tilsvarende gælder for $F_2$. $f_{i,5\%}$ og $f_{i,100\%}$ er henholdsvis omsætningsfejlen for strømtransformerne ved 5 % og 100 % sekundær mærkestrøm. $f_u$ er omsætningsfejlen for spændingstransformeren.

*Tabel B.7.1. Acceptable fejlvisninger for **klasse 2** elmålere.*

| Type målerinstallation | Spændings-transformere klasse | Acceptable fejlvisninger i % strømtransformer klasse 0.5 | 0.2 | 0.5S | 0.2S |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) og med kun strømtransformere | - | 3.0 | 3.5 | 3.4 | 3.7 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 2.5 | 3.0 | 2.9 | 3.2 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 2.8 | 3.3 | 3.2 | 3.5 |
| 2) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 3.1 | 2.8 | 3.5 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.5 | 2.6 | 2.3 | 3.0 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.8 | 2.9 | 2.6 | 3.3 |
| 3) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 3.1 | 2.8 | 3.5 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.0 | 2.1 | 1.8 | 2.5 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.6 | 2.7 | 2.4 | 3.1 |

*1) Målerinstallationer der anvender samme strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
*2) Målerinstallationer der anvender adskilte strømtransformere men samme spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
*3) Målerinstallationer der anvender adskilte strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

*Tabel B.7.2. Acceptable fejlvisninger for **klasse 1** elmålere.*

| Type målerinstallation | Spændings-transformere klasse | Acceptable fejlvisninger i % strømtransformer klasse 0.5 | 0.2 | 0.5S | 0.2S |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) og med kun strømtransformere | - | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 2.5 | 3.0 | 2.9 | 3.0 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 2) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 3.0 | 2.8 | 3.0 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.5 | 2.6 | 2.3 | 3.0 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.8 | 2.9 | 2.6 | 3.0 |
| 3) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 3.0 | 2.8 | 3.0 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.0 | 2.1 | 1.8 | 2.5 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.6 | 2.7 | 2.4 | 3.0 |

*1) Målerinstallationer der anvender samme strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
*2) Målerinstallationer der anvender adskilte strømtransformere men samme spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
3) *Målerinstallationer der anvender adskilte strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

*Tabel B.7.3. Acceptable fejlvisninger for **klasse 0.5 og 0.5S** elmålere.*

| Type målerinstallation | Spændings-transformere klasse | Acceptable fejlvisninger i % strømtransformer klasse 0.5 | 0.2 | 0.5S | 0.2S |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 2) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 3) og med kun strømtransformere | - | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 1.8 | 2.0 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

*1) Målerinstallationer der anvender samme strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
*2) Målerinstallationer der anvender adskilte strømtransformere men samme spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*
*3) Målerinstallationer der anvender adskilte strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

*Tabel B.7.4. Acceptable fejlvisninger for **klasse 0.2S** elmålere.*

| Type målerinstallation | Spændings-transformere klasse | Acceptable fejlvisninger i % strømtransformer klasse 0.5 | 0.2 | 0.5S | 0.2S |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) og med kun strømtransformere | - | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 1) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2) og med kun strømtransformere | - | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 2) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 3) og med kun strømtransformere | - | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 3) og med strøm- og spændingstransf. | 0.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

*1) Målerinstallationer der anvender samme strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

*2) Målerinstallationer der anvender adskilte strømtransformere men samme spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

*3) Målerinstallationer der anvender adskilte strøm- og spændingstransformere til hoved- og kontrolmåler.*

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

RA 436, 3. udgave
Februar 2014

# Fjernaflæsning af elmålere

**Rapporten er udarbejdet af arbejdsgrupper under Elmåleteknikudvalget. Arbejdsgrupperne havde følgende medlemmer:**

| | | |
|---|---|---|
| Aage Harboe | ENV | (1. udgave) |
| Henning Buchardt | NVE | (1. udgave) |
| Henrik Vikelgård | NESA A/S | (1. udgave) |
| John Maltesen | Energi Horsens | (1., 2. og 3. udgave) |
| Anders Vikkelsø | DEFU | (sekretær, 1. udgave) |
| Carsten Strunge | DEFU | (sekretær, færdiggørelse 1. udg.) |
| Leif Hansen | SEAS-NVE | (2. udgave) |
| Jesper Keincke | SEAS-NVE | (2. udgave) |
| Anders Færk | SEAS-NVE | (3. udgave) |
| Lars Hosbjerg | EnergiMidt | (2. og 3. udgave) |
| Klaus Kargaard Jensen | DONG Energy | (2. og 3. udgave) |
| Preben Høj Larsen | Energinet.dk | (2. udgave) |
| David Victor Tackie | Dansk Energi | (sekretær, 2. udgave) |
| Hans Jørgen Jørgensen | Dansk Energi | (2. udgave, sekretær 3. udg.) |

---


| | |
|---|---|
| **DEFU rapport:** | RA436 |
| **Klasse:** | 1 |
| **Rekvirent:** | Dansk Energi - Net |
| **Dato for udgivelse:** | 27. februar 2014 |
| **Sag:** | 7050 |


© DEFU 2014

## RESUME

Rapporten indeholder krav og anbefalinger for fjernaflæsning af elmålere i forbindelse med afregning. Formålet er at sikre en tilstrækkelig høj nøjagtighed for de data, der hentes hjem til den centrale database og senere danner grundlag for afregning. Der er opstillet krav til elmålerens impulser, kontrol af målepunkter, både ved idriftsættelse og løbende, samt krav til datatransmissionen herunder kontrollen og mærkningen af data, der skal videregives til systemoperatøren. Endelig indeholder rapporten krav til det anvendte datafangstsystem, som står for fjernaflæsning, databehandling, eksport og lagring af måledata. Der er så vidt muligt fokuseret på de overordnede forhold, som har generel gyldighed uanset valg af teknologi. Konkrete anbefalinger vedrørende valg af teknologi er undgået, medmindre valget har afgørende indflydelse på nøjagtigheden af data.

Rapporten henvender sig til personer med ansvar for måling af elektrisk energi. Rapporten kan benyttes af personer i afdelinger for kontrol af elmålere, afdelinger for målerinstallation og vedligehold af elmålere samt afdelinger, som varetager fjernaflæsning.

Rapporten er en del af DEFUs rapportsamling ”Elmåling”, der indeholder retningslinier for direkte og transformertilsluttede elmålere, verifikation af elmålere, kontrol af elmålere i drift, kontrolmetoder hos forbrugerne og endelig fjernaflæsning af elmålere.

DEFU, den 24. februar 2000

**2. udgave**

I 2. udgave af rapporten er der foretaget ajourføringer af tekst og henvisninger. De dele af rapporten, som tidligere beskrev datasikkerhed og –kvalitet i forbindelse med fjernaflæsning, er erstattet af henvisninger til RA 535.

Dansk Energi, den 28. marts 2012

**3. udgave**

I 3. udgave er der kun foretaget ajourføringer af henvisninger og referencer.

Dansk Energi, den 27. februar 2014

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resume** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Indledning** ..... **5**

**2. Opsamling af data fra elmåleren** ..... **7**

*2.1. Krav til dataopsamlingsudstyr (data-logger)* ..... *7*

*2.2. Krav til antal impulser fra elmåleren* ..... *8*

*2.3. Kontrol af impulser fra elmåleren* ..... *12*

*2.4. Etablering af nyt fjernaflæsningspunkt* ..... *13*

*2.5. Kontrol af idriftværende målepunkter* ..... *15*

**3. Datatransmission** ..... **17**

*3.1. Datasikkerhed og enhedsidentifikation* ..... *17*

*3.2. Kontrol af data og mærkning* ..... *17*

*3.3. Håndtering af driftsforstyrrelser* ..... *18*

**4. Datafangstsystemet** ..... **19**

*4.1. Kontrol ved ændringer i datafangstsystemet* ..... *19*

*4.2. Ejerskab og videregivelse af måledata* ..... *19*

*4.3. Lagring af data* ..... *20*

*4.4. Referenceur og tidskæde* ..... *20*

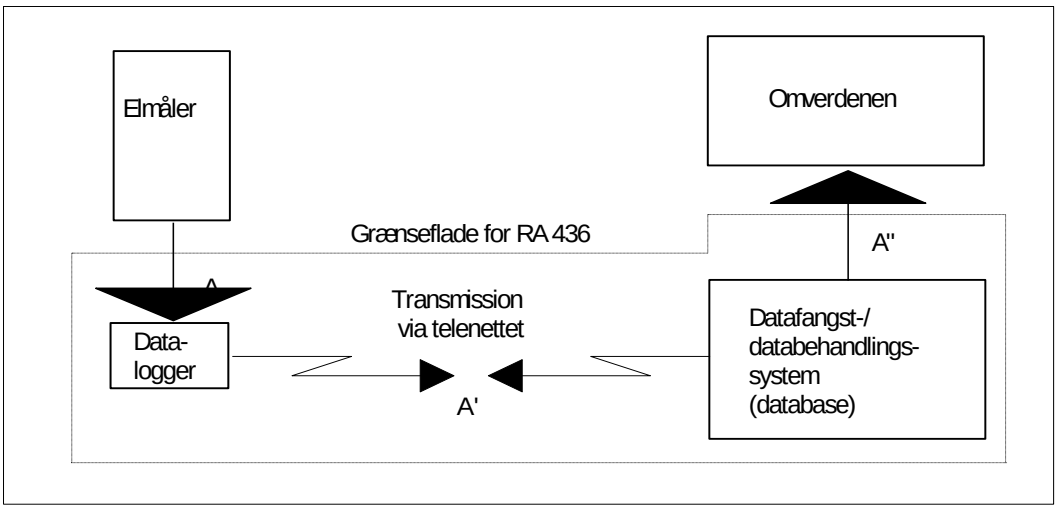
*4.5. Skift mellem normaltid og sommertid* ..... *21*

**5. Referenceliste** ..... **22**

# 1. INDLEDNING

Denne rapport har til formål at beskrive de forhold, som skal og bør tages i betragtning, når data fra en afregningsmåler fjernaflæses fra centralt hold for efterfølgende at lagres i en central database. De beskrevne krav og retningslinjer skal ses som en del af netselskabernes generelle kvalitetssikring af måledata, fra de registreres i kWh-måleren, til der foreligger en regning hos kunden. Det skal indledningsvis understreges, at det altid er elmålerens verificerede tælleværk (display eller mekanisk tælleværk), der er juridisk bindende. Hvis der skulle vise sig en forskel mellem de fjernaflæste værdier og målerens faktiske tælleværk, er det således altid sidstnævnte, der er gældende.

Rapporten beskæftiger sig med data, fra de forlader elmåleren og sendes til den lokale dataopsamlingsenhed (data-loggeren), og frem til de i en modificeret form (f.eks. som kvartersværdier) er tilgængelige for omverdenen i datafangstsystemets database. Figur 1.1 viser en elmåler, der løbende sender impulser A til en data-logger. Disse impulser samles f.eks. i et antal kvarters- eller halvtimesværdier. Data benævnes nu A'. Data hentes periodisk hjem til datafangst-/databehandlingssystemet, hvor de valideres, og den videre behandling pågår (A' → A''), således at data kan anvendes af omverdenen, f.eks. i forbindelse med afregning.




**Figur 1.1**. **Principskitse over rapportens gyldighedsområde.**

Elmåler og data-logger opfattes i denne sammenhæng som to selvstændige enheder, selv om de principielt godt kan være bygget ind i samme kasse og derved fremstå som én enhed.

Denne rapport er en del af håndbogen "Elmåling".

Rapporten udgør ét af fire elementer i kvalitetssikringen af elmålingsdata fra måling til anvendelse. De fire elementer er som følger:

1. Krav til elmålere og måletransformere. TR 353 til TR 357 (Håndbogen ”Elmåling”).
2. Fjernaflæsning af elmålere, RA 436 (nærværende rapport)
3. Levering af data til den systemansvarlige. Retningslinjer givet af Energinet.dk.
4. Afregning overfor kunden. Sikres via beskrivelser i det enkelte selskabs kvalitets-styringssystem.

Beskrivelser af specifikke teknologier, herunder fordele og ulemper, er så vidt muligt undgået i denne rapport, idet de beskrevne krav og retningslinjer gerne skulle have en forholdsvis lang gyldighed.

De kontrolsystemer, der opstilles i denne rapport, sikrer ikke, at elmåleren registrerer det korrekte antal kWh. En sådan kontrol dækkes enten med en statistisk stikprøvekontrol, permanent overvågning eller ved periodisk totalkontrol. Se TR 355 [Ref. 3]. og TR 355-1 [Ref. 14].

# 2. OPSAMLING AF DATA FRA ELMÅLEREN

I dette kapitel gennemgås de krav, der stilles for at opnå en tilstrækkelig nøjagtighed for elmålingsdata, der fjernaflæses. De anførte krav gælder generelt, uanset om dataopsamlingsenheden (dataloggeren) er integreret i elmåleren, eller der er tale om to selvstændige enheder. Enkelte krav er dog primært aktuelle for målerinstallationer, hvor elmåleren og dataopsamlingsenheden er adskilt.

## 2.1. KRAV TIL DATAOPSAMLINGSUDSTYR (DATA-LOGGER)

Det anvendte dataopsamlingsudstyr skal kunne modtage pulser fra elmåleren, genereret i.h.t. standarderne DIN 43 864 [Ref. 7] eller IEC 62053-31 [Ref. 8]. Ifølge disse standarder skal dataopsamlingsudstyr kunne modtage impulser med en frekvens på maksimum 16,67 Hz svarende til, at hver puls har en varighed på mindst 60 ms, med 30 ms til hhv. ON og OFF stadiet. Af de 60 ms må stig- og faldtid højest udgøre 10 ms hver.

Impulserne har i.h.t. DIN 43 864 og IEC 62053-31 følgende elektriske karakteristika (DIN 43 864 anvender kun klasse A):

| Parametre | Klasse A impulser | Klasse B impulser |
|---|---|---|
| **Maksimal spænding** | 27 V dc | 15 V dc |
| **Maks. strøm i ON tilstand** | 27 mA | 15 mA |
| **Min. strøm i ON tilstand** | 10 mA | 2 mA |
| **Maks. strøm i OFF tilstand** | 2 mA | 0,15 mA |

**Tabel 2.1 . Elektriske karakteristika for impulser.**

Klasse A impulserne anvendes ved overførsel over længere afstand, mens klasse B impulser anvendes over kortere afstand og ved behov for et lille effektforbrug.

Data lagres som kvartersværdier (15 min.), halvtimesværdier (30 min.) eller heltimesværdier (60 min.). Det anvendte udstyr skal dog som minimum kunne håndtere kvartersværdier, uanset hvilken af ovenstående tre muligheder der benyttes. Efterfølgende benævnes disse perioder med målt energi generelt som kvartersværdier.

Det anbefales at anvende dataopsamlingsudstyr, som kan lagre data som kvartersværdier for minimum 2 hele uger uden aflæsning. Denne anbefaling skal ses som en sikring af data i tilfælde af langvarige afbrydelser af transmissionsmediet. Se endvidere afsnit 4.3.

Tidsstemplingen af den enkelte kvartersværdi i dataopsamlingsudstyr skal ske med en nøjagtighed på ± 7 sekunder. Da de fleste målerinstallationer aflæses én gang i døgnet, betyder dette krav, at fejlen højest må være ± 7 sekunder pr. døgn. Se endvidere afsnit 3.2.

Ved aflæsning af data skal det være muligt at skelne mellem intet forbrug/ingen produktion, hvor det registrerede forbrug er 0, og en afbrydelse af registreringsudstyret (dataloggeren), f.eks. som følge af en afbrydelse af spændingen til enheden.

## 2.2. KRAV TIL ANTAL IMPULSER FRA ELMÅLEREN

### 2.2.1. Mindste acceptable antal impulser

Ved valg af elmåler bør man sikre sig, at elmåleren afgiver tilstrækkeligt med impulser per periode, sådan at man opnår en tilstrækkelig nøjagtighed. En tilstrækkelig nøjagtighed opnås, hvis følgende betingelser er opfyldt for elmåleren:

$$R > \frac{N(T) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max}} \text{ for direkte tilsluttede elmålere} \quad \textbf{(2.1)}$$

$$R > \frac{N(T) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{nom} \cdot 1{,}2} \text{ for transformertilsluttede elmålere} \quad \textbf{(2.2)}$$

Betydningen af symbolerne er vist i tabel 2.2, og kravene til *N(T)* er vist i tabel 2.3. Bemærk, at impulskonstanten er udtrykt i imp/kWh.

Endelig skal man sikre sig, at antallet af impulser per periode ikke overstiger, hvad det øvrige registreringsudstyr er beregnet til.

| Symbol | Enhed | Forklaring |
|---|---|---|
| ***U*** | V | Yderspænding |
| $I_{max}$ | A | Maksimal fasestrøm for elmåleren |
| $I_{nom}$ | A | Nominel primær fasestrøm |
| ***T*** | minutter | Registreringsperiode |
| ***r*** | kWh/imp | Impulskonstant |
| ***R*** | imp/kWh | Impulskonstant |
| ***N(T)*** | imp/h | Impulser per time (ved *T*) |

**Tabel 2.2. Symbolforklaring.**

| Elmåler-klasse | Maks. unøjagtighed ved $0{,}3 \cdot P_{max}$ | Minimalt antal impulser per time ved $P_{max}$ og forskellige registreringsperioder i minutter. N(T) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 60 min | 30 min | 15 min | 10 min |
| **0.2 S**[1] | 0,12 % | 2.778 | 5.556 | 11.111 | 16.667 |
| **0.5 (0.5 S)** | 0,3 % | 1.111 | 2.222 | 4.444 | 6.667 |
| **1** | 0,6 % | 556 | 1.111 | 2.222 | 3.333 |
| **2** | 1,2 % | 278 | 556 | 1.111 | 1.667 |

**Tabel 2.3. Krav til impulser[2].**

**Eksempel 1:**
Givet en klasse 2 elmåler (direkte tilsluttet) med: U = 400 V, $I_{max}$ = 60 A og T = 30 min. Kravet til målerkonstanten bliver derfor:

$$R > \frac{N(T) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max}} = \frac{556\ \text{imp/h} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 60A} \approx 13{,}38\ \text{imp/kWh}$$

eller

$$r = \frac{1}{R} < \frac{1}{13{,}38} \approx 0{,}0748\ \ \text{kWh/imp}$$

**Eksempel 2:**
Givet en klasse 1 elmåler (med tilsluttede strømtransformere) med: U = 400 V, $I_{nom}$ = 300 A[3] og T = 15 min. Kravet til målerkonstanten bliver derfor:

$$R > \frac{N(T) \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{nom} \cdot 1{,}2} = \frac{2222\ \text{imp/h} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 300A \cdot 1{,}2} \approx 8{,}91\ \text{imp/kWh}$$

eller

$$r = \frac{1}{R} < \frac{1}{8{,}91} \approx 0{,}112\ \ \text{kWh/imp}$$

Bemærk i dette eksempel, at R er angivet i forhold til det "sande" energiflow målt på strømtransformerens primærside.

[1] Værdierne for klasse 0.2 S er udregnet ved ekstrapolation i forhold til de andre klasser, idet værdierne ikke er specificeret i IEC 60338 [Ref. 10].

[2] De maksimale unøjagtigheder ved $0{,}3 \cdot P_{max}$ er hentet fra IEC 60338 [Ref. 10], og værdierne svarende til de viste registreringsperioder er beregnet ud fra disse. Eksempelvis med en klasse 1 elmåler og en registreringsperiode på 30 min. beregnes det minimale antal impulser per time ved $P_{max}$ som

$$\frac{100\% \cdot 60\text{min/h}}{0{,}6\% \cdot 0{,}3 \cdot 30\text{min}} \approx 1.111\text{imp/time}$$

[3] Der er regnet med, at omsætningsforholdet på strømtransformerne er 300/5 (dvs. at 300 A primær fasestrøm svarer til 5 A på sekundærsiden). Med 20 % overbelastning (faktor 1,2) giver det en maksimal fasestrøm på sekundærsiden på 6 A, hvilket passer til en såkaldt 1/6 elmåler (dvs. $I_n$ = 1A og $I_{max}$ = 6 A).

### 2.2.2. Største antal impulser

I forrige afsnit blev kravene for det mindste antal acceptable impulser for en målerinstallation fastsat ud fra kendskabet til den maksimale belastning. Antallet af impulser pr. kWh skal være tilstrækkeligt stort til at sikre den nødvendige nøjagtighed på målingerne.

Der er imidlertid også en øvre grænse for, hvor mange impulser pr. kWh det er hensigtsmæssigt at anvende. Dette afsnit indeholder ikke egentlige grænser for det største antal impulser, men derimod metoder til fastsættelse af det størst mulige antal ved en given maksimalbelastning.

Ved store belastninger kan det give problemer, hvis antallet af impulser pr. kWh er sat for højt, da elmåleren ikke kan nå at aflevere det ønskede antal pga. impulsernes tidsmæssige længde[4].

I.h.t. DIN 43 864 [Ref. 7] eller IEC 62053-31 [Ref. 8] er den største frekvens for afsendelse af impulser fra en elmåler fastsat til 16,67 Hz (imp/s), dvs. en impulslængde på mindst 60 ms. En elmåler kan imidlertid sagtens operere med længere impulser, eksempelvis 100 ms (10 Hz) og dermed en mindre frekvens (dvs. færre impulser pr. sekund).

Hvor stort et antal impulser, der kan anvendes, afhænger af den konkrete målerinstallation. Det er først og fremmest selve elmåleren og dernæst dataopsamlingsenheden, der sætter grænsen. I mange moderne elmålere er det imidlertid muligt at anvende et meget stort antal impulser pr. kWh. Det er i disse målere vigtigt, at impulstallet vælges under hensyntagen til dataopsamlingsenheden og den faktiske belastning.

**Direkte tilslutning**

**Eksempel:**
En direkte tilsluttet elmåler er indstillet til at give 1000 imp/kWh.

Med den størst mulige impulsfrekvens (16,67 imp/s) tager det 60 s at overføre 1000 impulser fra elmåleren til dataloggeren. Det betyder, at der højst kan registreres 15 kWh pr. kvarter, svarende til en kontinuerlig belastningsstrøm på 86,6 A ved 400 V.

Maksimumbelastningen for denne målerinstallation må således ikke overstige 86 A. Dette vil i de fleste tilfælde med direkte tilslutning være tilstrækkeligt. Hvis elmåleren derimod anvender en impulslængde på 100 ms, vil den maksimale belastningsstrøm være begrænset til 52 A, hvilket i højere grad kan udgøre et problem. Problemet vil kunne løses ved at vælge et mindre antal impulser pr. kWh.

[4] Denne tidsmæssige længde ($t_{imp}$ ) er tiden for selve impulsen og den efterfølgende pause (ON og OFF). $t_{imp}$ opfattes i denne rapport som den reciprokke impulsfrekvens ($t_{imp} = 1/f_{imp}$.). Se også håndbogens afsnit 2 om direkte tilsluttede elmålere.

Den maksimale belastningsstrøm, baseret på det aktuelle antal impulser og deres længde, kan bestemmes ved:

$$I_{max} = \frac{3600\ \text{sek/h}}{R \cdot t_{imp}} \cdot \frac{1}{U \cdot \sqrt{3}} \cdot 1000\ \text{[A]} \qquad \textbf{(2.3)}$$

hvor

R: Antal impulser pr. kWh

$t_{imp}$: Varigheden af den enkelte impuls i sekunder, f.eks. 0,06 s/imp. En impuls opfattes som et elektrisk signal bestående af en ON-del og en OFF-del. $t_{imp}$ skal være lig den reciprokke impulsfrekvens, $t_{imp} = 1/ f_{imp}$. [5]

$f_{imp}$: Antallet af impulser pr. sekund.

U: Yderspændingen i V

Tilsvarende kan det maksimale antal impulser $R_{max}$, baseret på den maksimale belastningsstrøm og impulslængden, bestemmes ved:

$$R_{max} = \frac{3600\ \text{sek/h}}{t_{imp}} \cdot \frac{1}{U \cdot \sqrt{3} \cdot I_{max}} \cdot 1000\ \text{[imp./kWh]} \qquad \textbf{(2.4)}$$

For $I_{max}$ = 80 A, U = 400 V og $t_{imp}$ = 0,1 s/imp. fås $R_{max}$ = 649,5 imp/kWh. I dette tilfælde vil 600 imp/kWh være et fornuftigt valg, hvis det vel at mærke er nødvendigt med mange pulser pr. kWh.

**Transformertilslutning**

**Eksempel:**
En elmåler er tilsluttet via en 300/5 A strømtransformer.

I denne situation er der ikke problemer med et stort antal impulser. Ved en belastning på 300 A vil 207,8 kWh (400 V) forbruges i løbet af 60 minutter, men pga. strømtransformerens omsætningsforhold passerer kun 3,5 kWh elmåleren. Hvis U = 400 V og $t_{imp}$ = 0,1 s/imp, kan elmåleren levere op til 10392 imp/$kWh_{sekundær}$ uden at der bliver problemer med at aflevere impulserne kontinuert, dvs. uden forsinkelse. Man skal huske på, at impulstallet i forhold til det sande energiforbrug (på transformerens primærside) er lig

$$(10392\ \text{imp/kWh}_{\text{sekundær}})/\ 60\ =\ 173{,}2\ \text{imp/kWh}_{\text{primær}} \qquad \textbf{(2.5)}$$

[5] Dette er særligt vigtigt, hvis impulserne leveres i "pakker" inden for det enkelte sekund. F.eks. sender nogle elmålere eksempelvis 5 impulser i løbet af 360 ms efterfulgt af en pause på 640 ms. I dette tilfælde er $t_{imp} = 1/f_{imp} = 1/(5\ \text{imp/s}) = 0{,}2$ s/imp.

Når der anvendes strøm- og spændingstransformere, kan det største tilladelige antal impulser pr. kWh fra elmåleren øges med en faktor svarende til omsætningsforholdene. Det største tilladelige antal impulser pr. $kWh_{sekundær}$ bestemmes ved:

$$R_{max,trf.} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{3600\ sek/h}{t_{imp}} \cdot \frac{1}{U \cdot \sqrt{3} \cdot I_{maxp}} \cdot 1000\ \ [imp/kWh_{sekundær}] \qquad \textbf{(2.6)}$$

hvor

$\alpha$: Omsætningsforholdet for strømtransformerne, f.eks. 60 ved 300/5 A.

$\beta$: Omsætningsforholdet for spændingstransformerne, f.eks. 100 ved 10.000/100 V. $\beta$ sættes til 1, hvis der ikke anvendes spændingstransformer.

U: Linjespændingen i volt. Hvis der indgår en spændingstransformer, benyttes primærspændingen.

$I_{max,p}$: Den maksimale belastningsstrøm i ampere på strømtransformerens primærside.

Undlades faktorerne $\alpha$ og $\beta$ i formel (2.6) findes i stedet det største tilladelige antal impulser i forhold til det sande energiflow på primærsiden af måletransformerne ($imp/kWh_{primær}$).

### 2.2.3. Afsendelse af impulser fra elmåleren

Overføring af impulser fra en elmåler til en dataopsamlingsenhed skal altid foregå i real tid. Det kan som udgangspunkt ikke accepteres, at impulserne bliver samlet i såkaldte pakker og leveret, efter forbruget har fundet sted, f.eks. i det næste kvarter. Problemet med "forsinkede" impulser kan enten opstå som følge af et for stort antal impulser pr. kWh, eller det kan være et spørgsmål om design af elmålerens impulsgenerator. En mindre ubetydelig forsinkelse på 2-3 sekunder, som følge af elmålerens og dataopsamlingsenhedens behandling af impulserne, må dog accepteres.

Visse elmålere venter med at sende impulserne, indtil der er registreret 1 kWh. Dette har imidlertid kun betydning, hvis dataopsamlingsenheden registrerer værdier mindre end 1 kWh. Hvis der er behov for en så detaljeret registrering, skal der vælges en elmåler uden forsinkelse af impulserne.

## 2.3. KONTROL AF IMPULSER FRA ELMÅLEREN

Ifølge TR 354 [Ref. 2] afsnit 5.7.2 skal impulsudgangene for elmålere, som anvendes til fjernaflæsningsformål, kontrolleres. Kontrollen skal ske i forbindelse med førstegangs- eller re-verifikation af elmåleren, og den udføres ved $I_{max}$. Metoden kan enten baseres på bestemmelse af fejlen i forhold til det verificerede tælleværk eller på kontrol af antallet af impulser, når en given korrekt energimængde løber gennem måleren.

### 2.4. ETABLERING AF NYT FJERNAFLÆSNINGSPUNKT

Ved oprettelse af et nyt fjernaflæst målepunkt eller ved ændringer i en eksisterende målerinstallation, dvs. opsætning af en ny måler eller nyt dataopsamlingsudstyr (datalogger), og ved ændring af software, skal det kontrolleres, at de hjemtagne data stemmer overens med elmålerens fremgang over en given periode.

Når det nye/ændrede fjernaflæste målepunkt er etableret og sat i drift, gennemføres nedenstående kontrolprocedure:

1. Elmålerens tælleværk aflæses sammen med dato, klokkeslæt og en eventuel omregningsfaktor, hvis måleren ikke har sand visning.

2. Efter en driftsperiode på mindst 30 dage aflæses elmålerens tælleværk igen med angivelse af dato og klokkeslæt. Perioden på 30 dage er fastsat ud fra en forudsætning om hjemhentning af data vha. fjernaflæsning én gang i døgnet.

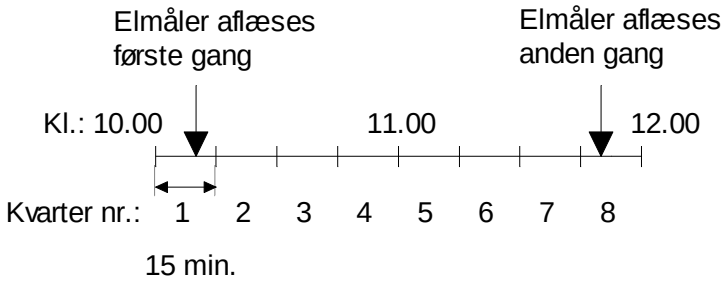
3. Forskellen mellem de to aflæsninger af elmåleren sammenholdes nu med de hjemtagne og godkendte kvartersværdier fra datafangstsystemets database for den pågældende periode. Hvis afvigelsen er større end 0,2 %, skal årsagen undersøges nærmere, dokumenteres og så vidt muligt elimineres. Herefter gentages punkt 1 til 3, indtil afvigelsen er mindre end 0,2 %, eller der opnås en rimelig sikkerhed for, at den kan tilskrives et usædvanligt forbrugsmønster eller over-/underskud af energi fra det første eller sidste kvarter i perioden. Ved sammenligningen af aflæsningerne og de fjernaflæste kvartersværdier skal der være det samme antal kvarterer mellem de to fjernaflæste værdier og de to manuelt aflæste værdier. Det sikres derved, at afvigelsen, som følge af aflæsningstidspunktet, ikke overstiger en energi svarende til indholdet i én kvartersværdi.

Fjernaflæses et målepunkt mindre end én gang i døgnet, f.eks. én gang om måneden, kontrolleres de hjemtagne data efter den første fjernaflæsning med den manuelt aflæste fremgang på elmåleren. Kontrollen foretages dog tidligst efter 30 dage og gentages 2 gange med tilfredsstillende resultat. Hvis afvigelsen er større end 0,2 %, gennemføres proceduren som beskrevet i punkt 3, dvs. årsagen til afvigelsen undersøges og elimineres efterfulgt af en kontrol.

Afvigelsen mellem de fjernaflæste kvartersværdier og aflæsningerne af elmålerens tælleværk kan deles op i to dele.

- For det første kan der være en regulær fejl mellem de to størrelser for energiforbruget/-produktionen. Årsagen til denne fejl skal findes i tolerancer i elmålerens tælleværk og i genereringen af impulserne. Denne fejl bør være konstant.

- For det andet vil der, når aflæste værdier fra elmålerens verificerede tælleværk sammenlignes med kvartersværdier baseret på impulser, altid være en risiko for, at der er for meget eller for lidt energi i det første og det sidste kvarter, alt efter aflæsningstidspunkterne, og hvilke kvarterer der sættes til at være først og sidst. Dette er ikke en egentlig målefejl, men et udtryk for, at man medregner energi forbrugt i en anden periode, eller at man ikke får det hele med. I nogle fjernaflæsningssystemer kan der ved aflæsning korrigeres for dette, mens man i andre selv må foretage en vurdering. Princippet i problemstillingen er illustreret i figur 2.1.




**Figur 2.1. Eksempel på aflæsningstidspunkter**

Figur 2.1 viser et tænkt eksempel, hvor en elmåler aflæses kl. 10.10 og igen kl. 11.50. Spørgsmålet er nu, hvilke kvartersværdier der skal sammenlignes. Sammenlignes elmåleraflæsningerne med den registrerede energi fra samtlige kvarter fra 1 til 8, er der for meget energi i kvartersværdierne. Undlades kvarterene 1 og 8, er der for lidt energi i kvartersværdierne. I det konkrete eksempel går der 6,67 kvarter mellem de to aflæsninger. Ved at sammenligne forskellen mellem de to aflæste værdier med energiindholdet af kvarter 1 til og med 7 (i alt 7 kvarter) opnås den mindst mulige afvigelse som følge af aflæsningstidspunktet.

Nedenstående eksempel har til formål at illustrere, hvor stor en del af den samlede energimængde over en given periode der kan være registreret i en kvartersværdi som eksempelvis det første eller det sidste kvarter.

**Eksempel:**

En 500 kW vindmølle producerer 120.000 kWh i løbet af 30 dage.

Forestiller man sig en situation, hvor vindmøllen kører med fuld produktion i lige netop det første eller det sidste kvarter, svarer det til et energiindhold på 125 kWh pr. kvarter.

Energien i ét kvarter med fuld produktion udgør her: (125 kWh/120.000 kWh)·100 % = 0,10 %

Afvigelsen som følge af problematikken vedr. første og sidste kvarter er således mindre end eller lig 0,10 %.

## 2.5. KONTROL AF IDRIFTVÆRENDE MÅLEPUNKTER

### 2.5.1. Installationer med fjernaflæsning af en enkelt elmåler

Den løbende kontrol af idriftværende, fjernaflæste målepunkter gennemføres som en periodisk kontrol af hver enkelt enhed.

I målerinstallationer med fjernaflæsning og et forbrug/en produktion større end eller lig 1 GWh/år skal der foretages kontrolaflæsning af elmåleren mindst én gang om året. Det enkelte selskab kan selv fastsætte en større aflæsningsfrekvens. Forskellen mellem den manuelt aflæste og den fjernaflæste energi må kun udgøre 1 ‰ (0,1%). I dette tilfælde vil fejlen som følge af problematikken vedr. første og sidste kvartersværdi være ubetydelig. Hvis fejlen er større end 1 ‰, skal årsagen undersøges nærmere og rettes. En afvigelse større end 1 ‰ kan ofte forklares med særlige forhold som eksempelvis et usædvanligt lavt forbrug i den betragtede periode. Bemærk, hvis der anvendes hoved- og kontrolmåler henvises til afsnit 2.5.2.

I målerinstallationer med fjernaflæsning, som har et forbrug/en produktion mindre end 1 GWh/år, skal elmålerens tællerstand aflæses mindst én gang hvert 3. år. Forskellen i tællerstanden mellem to aflæsninger sammenlignes med de hjemtagne kvartersværdier for den tilsvarende periode. Forskellen mellem de to størrelser må højest være 1 ‰. Hvis dette krav ikke opfyldes, benyttes samme fremgangsmåde som beskrevet i forrige afsnit.

Det enkelte selskab skal etablere et system, der sikrer, at ovenstående kontrol fungerer. Med systemet skal det være muligt at se de aflæsninger, der er blevet foretaget, fremgangen i forhold til sidste aflæsning, den fjernaflæste energi i den tilsvarende periode, den beregnede afvigelse og en beskrivelse af eventuelle korrigerende handlinger.

I takt med udbredelsen af nye elmålere, hvor det er muligt at aflæse det verificerede tælleværk og ændre alle parametre via seriel kommunikation uden brug af impulser, er det ikke nødvendigt med løbende kontrolaflæsninger af elmåleren. Det forudsættes dog, at målerinstallationen er underlagt periodisk totalkontrol i henhold til TR 355 [Ref. 3] eller TR 355-1 [Ref. 14].

Hvis der i den samme målerinstallation anvendes seriel kommunikation (seriel overførsel af verificeret tælleværk fra elmåler til datafangstsystem) sammen med impulser, skal kontrollen af de impulsgenererede kvartersværdier ske mindst én gang om måneden. Den størst acceptable afvigelse mellem tælleværk og kvartersværdier er fastsat til 0,2 %. Også i denne type målerinstallationer kan aflæsning af elmåleren i selve installationen undlades, såfremt der anvendes periodisk totalkontrol.

### 2.5.2. Installationer med fjernaflæsning af hoved- og kontrolmåler

I målerinstallationer, hvor der anvendes fjernaflæste hoved- og kontrolmålere, skal de fjernaflæste kvartersværdier fra de to målere sammenlignes mindst én gang om måneden. Hvis der hentes data én gang i døgnet, anbefales det dog at foretage sammenligningen hver dag i forbindelse med kontrollen af de hjemtagne data.
Den maksimale, acceptable afvigelse mellem fjernaflæste kvartersværdier fra hhv. hoved- og kontrolmåleren er en værdi svarende til den ringeste målerklasse. Hvis hovedmåleren er af klasse 0,2 S og kontrolmåleren af klasse 0,5 S, må den maksimale afvigelse således være 0,5 %.

Ved overskridelse af den acceptable fejlvisning skal målerinstallationen inkl. elmålerne undersøges nærmere. Under lav belastning kan forskellen mellem de to måleres visning godt overstige en størrelse, der svarer til den ringeste klasse. En sådan kortvarig overskridelse af den acceptable fejlvisning kan normalt accepteres, såfremt den kan forklares og dokumenteres.

De her angivne krav til kontrol af målerinstallationer med fjernaflæsning af hoved- og kontrolmåler svarer til beskrivelsen i afsnit 6 om ”Permanent overvågning” i TR 355 [Ref. 3] eller TR 355-1 [Ref. 14].

# 3. DATATRANSMISSION

I de følgende underafsnit beskrives en række forhold, som har betydning for hjemtagningen af data fra en datalogger til et centralt datafangstsystem. De anførte krav skal opfattes som forhold, der som minimum skal være i orden, for at man har et tilfredsstillende fjernaflæsningssystem. Der er imidlertid ikke tale om en fyldestgørende beskrivelse af alle de tekniske og praktiske forhold, man skal være opmærksom på ved etablering af fjernaflæsning. Kapitlet beskæftiger sig ikke med protokoller eller medier for datatransmission. Der er dog taget udgangspunkt i transmission via et telefonsystem (fastnet eller mobilt).

## 3.1. DATASIKKERHED OG ENHEDSIDENTIFIKATION

Disse punkter er beskrevet i RA 535 [Ref. 6].

## 3.2. KONTROL AF DATA OG MÆRKNING

I forbindelse med datatransmission og lagring i datafangstsystemet skal der ske en kontrol af data, dvs. de registrerede kvartersværdier. Denne kontrol tager udgangspunkt i tiden, idet en nøjagtig tidssynkronisering mellem målinger og den "rigtige" tid er afgørende for datas nøjagtighed og dermed deres brugbarhed.

Kravet til nøjagtigheden i tidsangivelsen er ± 7 sekunder i forhold til GMT[6] + 1 time (benævnes efterfølgende "dansk normaltid"). Det anbefales altid at stille uret i dataopsamlingsenheden, når data aflæses. Man skal i den forbindelse huske på, at jo længere intervaller der er mellem hver aflæsning, jo større krav må der stilles til nøjagtigheden af uret i dataopsamlingsenheden, f.eks. kan et ur, som skrider 2 sek. pr. døgn, godt anvendes til døgnaflæsning, men ikke til ugeaflæsning.

I forbindelse med aflæsningen af data fra dataopsamlingsenheden foretager datafangstsystemet følgende kontrol og eventuelle korrigerende handlinger:

1. **Tidsfejlen er mindre end eller lig 7 sekunder**
   Uret i dataopsamlingsenheden bør stilles. Data godkendes uden nogen form for mærkning.
2. **Tidsfejlen er mellem 7 og 30 sekunder**
   Uret i dataopsamlingsenheden skal stilles. Data godkendes automatisk uden nogen form for mærkning. Det anføres automatisk i en revisionslog, at tiden blev korrigeret, og hvad tidsfejlen var.
3. **Tidsfejlen er større end 30 sekunder.**
   Uret i dataopsamlingsenheden stilles automatisk eller manuelt efter eget valg. Ved meget store tidsfejl kan det være systemuret, der går forkert, og i så fald er det uhensigtsmæssigt, hvis tiden i samtlige dataloggere korrigeres automatisk.

[6] Greenwich Mean Time

I denne fejlsituation skal data mærkes for manuel kontrol, og hændelsen noteres i revisionsloggen. Data kontrolleres efterfølgende manuelt. Hvis det vurderes, at der ikke kan skaffes mere præcise data for det pågældende målepunkt, godkendes data med mærkning som manuelt godkendte, og det anføres i revisionsloggen, at data er godkendt og af hvem.

Grænsen på 30 sekunder er valgt ud fra kravene i WELMEC guide 11.2 [Ref. 11].

Hvis tidsfejlen for et givet målepunkt er mellem 7 og 30 sekunder ved to på hinanden følgende aflæsninger, bør målepunktet underkastes en nærmere undersøgelse.

I forbindelse med kontrollen af data skal der være en klar mærkning af data i tilfælde af afbrydelser i registreringen, så disse tilfælde ikke forveksles med intet forbrug/ ingen produktion, hvor det registrerede forbrug er 0. I det sidstnævnte tilfælde kan data godkendes og sendes videre, mens forbruget/produktionen må vurderes manuelt, hvis registreringen har været afbrudt.

Alle typer af dataopsamlingsenheder anvender statusfelter i forbindelse med registreringen. Indholdet af disse statusfelter skal overføres og lagres i datafangstsystemets database, da de kan indeholde vigtige informationer.

Det anbefales, at de hjemtagne kvartersværdier kontrolleres op mod nogle maksimums- og minimumsgrænser, der fastsættes af det enkelte selskab ud fra kendskabet til forbrugsmønsteret i den pågældende målerinstallation (baseret på tidligere målinger eller forbrugerkategori). Da denne kontrol ikke egner sig til alle typer af forbrugsdata, f.eks. ikke ved stærkt varierende forbrug, kan man også vælge at foretage en kontrol i forhold til sidste års forbrug. Disse kontroller er selvfølgelig kun vejledende, men de sikrer, at markante fejl opdages i tide. Hvis et sæt data overskrider de indstillede kontrolgrænser, skal der udføres manuel kontrol. Systemet noterer endvidere i revisionsloggen, at der er opdaget en afvigelse, som skal undersøges. Data som skal kontrolleres manuelt, håndteres på samme måde som beskrevet under tidsfejl over 30 sekunder.

### 3.3. HÅNDTERING AF DRIFTSFORSTYRRELSER

Ingen transmissionsmedier er fuldstændigt driftssikre. Man må forvente, at der kan forekomme afbrydelser af kortere eller længere varighed. I tilfælde af afbrydelser, f.eks. af telefonnettet, som varer mere end et par dage, anbefales det så vidt muligt at etablere en alternativ transmissionsvej, forudsat at der er væsentligt behov for døgnaflæsning. En sådan alternativ transmissionsvej kan eksempelvis sikres via mobiltelefonnettet. Alle selskaber skal have en procedure, der sikrer, at data ikke går tabt i tilfælde af en længerevarende afbrydelse af transmissionsmediet. Det anbefales under alle omstændigheder at anvende dataopsamlingsudstyr, som er i stand til at lagre måledata for minimum 2 uger, før en aflæsning bliver nødvendig.

# 4. DATAFANGSTSYSTEMET

## 4.1. KONTROL VED ÆNDRINGER I DATAFANGSTSYSTEMET

Hvis et nyt datafangstsystem tages i brug, eller der sker ændringer i softwaren i det eksisterende anlæg, herunder også almindelige opdateringer af software, skal det ved et passende antal stikprøver kontrolleres, at data, som sendes videre til en afregningsfil, er identiske med de data, som hentes ind og valideres via fjernaflæsningssystemet. Antallet af stikprøver afhænger af det antal forskellige filer, som systemet kan levere til sine brugere.

## 4.2. EJERSKAB OG VIDEREGIVELSE AF MÅLEDATA

Det er primært elforsyningsloven [Ref. 12] og persondataloven [Ref. 13], der lægger rammerne for behandling af måledata.

Ifølge elforsyningsloven skal netvirksomhederne iagttage fortrolighed om kommercielt fortrolige oplysninger. Det gælder alle former for oplysninger, som kan bruges i kommercielle relationer. Netvirksomhederne har pligt til at give brugere af nettet de oplysninger, der er en forudsætning for at bruge nettet. Netvirksomhederne skal desuden stille data til rådighed for ministeren og Energistyrelsen.

Elforsyningsloven siger således ikke så meget om håndtering af data. Det er i stedet beskrevet i persondataloven.

Persondataloven vedrører fysiske personer - i modsætning til virksomheder. Det er ikke afgørende, om der er tale om en eller flere fysiske personer. Det afgørende er om de data, man registrerer, kan henføres til en eller flere fysiske personer. Altså at man ud fra de data kan identificere personer - og ikke virksomheder/selskaber/erhvervsdrivende.

Hvis måledata kan relateres til en bestemt fysisk person (eller nogle få personer), er måledata omfattet af de beskyttelsesmekanismer, som ligger i persondataloven. Det er tilfældet for data fra størstedelen af målerne.

Den helt centrale bestemmelse i persondataloven siger følgende:

> "Indsamling af oplysninger skal ske til udtrykkeligt angivne og saglige formål, og senere behandling må ikke være uforenelig med disse formål. Senere behandling af oplysninger, der alene sker i historisk, statistisk eller videnskabeligt øjemed, anses ikke for uforenelig med de formål, hvortil oplysningerne er indsamlet."

Der gælder endvidere, at

> ”Oplysninger, som behandles, skal være relevante og tilstrækkelige og ikke omfatte mere, end hvad der kræves til opfyldelse af de formål, hvortil oplysningerne indsamles, og de formål, hvortil oplysningerne senere behandles.”

og

> ”Indsamlede oplysninger må ikke opbevares på en måde, der giver mulighed for at identificere den registrerede i et længere tidsrum end det, der er nødvendigt af hensyn til de formål, hvortil oplysningerne behandles.”

Registrering, systematisering, videregivelse mv. af oplysninger må kun ske, hvis man har den berørte persons samtykke, eller hvis

> " ...behandlingen er nødvendig af hensyn til opfyldelsen af en aftale, som den registrerede er part i, eller af hensyn til gennemførelse af foranstaltninger, der træffes på den registreredes anmodning forud for indgåelsen af en sådan aftale."

Disse regler gælder, uanset om man måler på timebasis eller på måneds- eller årsbasis.

Det er derfor vigtigt, at man i forbindelse med installation af fjernaflæste målere informerer kunden om, hvad data tænkes brugt til udover til afregning. Det vil også være hensigtsmæssigt at få kundens samtykke til disse anvendelser.

Måledata, som vedrører virksomheder, er ikke omfattet af persondataloven. Men kommercielt fortrolige oplysninger skal behandles fortroligt.

### 4.3. LAGRING AF DATA

Ifølge Dansk Energis forslag til leveringsbestemmelser kapitel 6 [Ref. 9] skal selskabet kunne gå 5 år tilbage, efter en fejl er opdaget. Det betyder, at fjernaflæste, validerede data skal lagres i mindst 5 år, efter forbruget har fundet sted. Hjemtagne data for de sidste 6 uger skal altid være umiddelbart tilgængelige i systemet.

### 4.4. REFERENCEUR OG TIDSKÆDE

Til brug ved justering af urene i de mange dataopsamlingsenheder skal der benyttes et referenceur, som er kalibreret i forhold til et anerkendt atomur. Der skal foreligge dokumentation for denne reference. Referenceuret skal være tilsluttet datafangstsystemet, så den korrekte tid automatisk sættes i systemet.

Det centrale datafangstsystem skal anvende et radiostyret ur som reference, da der med denne urtype opnås den største nøjagtighed i forhold til den korrekte danske normaltid. Et såkaldt ”Frankfurt-ur”, der modtager et DCF77 signal, er et eksempel på et brugbart referenceur. Der bør vælges et ur af en så god kvalitet, at det kan fortsætte med at gå korrekt i en periode, selv om radiosignalet udebliver eller er forvrænget og derfor må forkastes.

I de enkelte dataopsamlingsenheder kan man vælge at lade uret være styret af et kvartskrystal. Med moderne kvartsure er det muligt at opnå en stor nøjagtighed. Man kan alternativt anvende 50 Hz netfrekvensen, men her må der påregnes en noget større unøjagtighed. Kravet er i begge tilfælde, at urets drift ikke overstiger 7 sekunder mellem hver aflæsning, hvilket kan være svært at opnå på døgnbasis, hvis netfrekvensen anvendes.

I forbindelse med vurdering af usikkerheden på tidsangivelsen skal man være opmærksom på computersystemers manglende tidstrohed. Når softwaren, som varetager fjernaflæsning af data og korrektion af tid i dataopsamlingsenhederne, sender den faktiske tid til en given enhed, er der en vis forsinkelse, før uret ude i enheden rent faktisk er justeret. Denne tidsforsinkelse kan der korrigeres for, men der er under alle omstændigheder tale om et skøn og dermed et bidrag til den tidsmæssige usikkerhed. Størrelsen af tidsforsinkelsen afhænger af det konkrete system.

### 4.5. SKIFT MELLEM NORMALTID OG SOMMERTID

Skift fra dansk normaltid til sommertid og omvendt bør altid foregå i datafangstsystemet. Al databehandling i øvrigt varetages også af det centrale system.

Det anbefales at lagre alle data i dansk normaltid, dvs. uden sommertid, ligesom de enkelte dataopsamlingsenheder også anvender dansk normaltid. Justeringen til sommertid (”urtid” [7]) foretages af datafangstsystemet, og først når data eksporteres videre til andre brugere, f.eks. til afregning. Ved eksport af data til andre afdelinger, systemer eller lignende skal det så vidt muligt fremgå, hvilken tid data angives i, dvs. urtid eller dansk normaltid.

Hvis det er muligt at aflæse lagrede data i dataopsamlingsenhederne i de enkelte målerinstallationer, skal det over for kunden fremgå på en mærkat eller lignende, at data, dvs. kvartersværdierne, er opgivet i dansk normaltid uden hensyntagen til sommertid.

[7] ”Urtid” er inklusiv sommertid til forskel fra begrebet ”dansk normaltid”.

## 5. REFERENCELISTE


Ref. 1: DEFU TR 353, 7. udgave, *Målerinstallationer for transformermåling (lav- og højspænding)*, DEFU, februar 2014.

Ref. 2: DEFU TR 354, 3. udgave, *Verifikation af elmålere*, februar 2000.

Ref. 3: DEFU TR 355, 4. udgave, *Kontrolsystem for idriftværende elmålere*, DEFU, februar 2014.

Ref. 4: DEFU TR 356, 4. udgave, *Kontrolmetoder hos forbrugeren*, DEFU, februar 2014.

Ref. 5: DEFU TR 357, 3. udgave, *Baggrundsrapport til DEFUs TR 353, 354, 355 og 356 (TR 357)*, DEFU, september 1999.

Ref. 6: DEFU RA 535, 3. udgave, *Datakvalitet og –sikkerhed ved fjernaflæsning af elmålere*, januar 2012.

Ref. 7: DIN 43864, Stromschnittstelle für die Impulsübertragung zwischen Impulsgeberzähler und Tarifgerät, september 1986.

Ref. 8: IEC 62053-31, Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Pulse output devices for electromechanical and electronic meters (two wires only), First edition 1998-01.

Ref. 9: Leveringsbestemmelser – Net (Netbenyttelsesaftalen) http://www.danskenergi.dk/AndreSider/~/link.aspx?_id=48F3633E5E9D42B79B3BCD384D75FBC7&_z=z

Ref. 10: IEC 60338, *Telemetering for consumption and demand*, First edition 1970.

Ref. 11: WELMEC Guide 11.2 Guideline on time depending consumption measurements for billing purposes (interval metering) http://www.welmec.org/latest/guides/112.html

Ref. 12: Elforsyningsloven, https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=132074

Ref. 13: Persondataloven, https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=828

Ref. 14: DEFU TR 355-1, 1. udgave *Kontrolsystem for idriftværende MID elmålere*, februar 2014.

DANSK ENERGI

DEFU RAPPORT

RA 544, 5. udgave
Marts 2015

# Indgangskontrol for MID elmålere

**Rapporten er udarbejdet af:** Louise Jakobsen
Henrik Weldingh
Hans Jørgen Jørgensen

**DEFU rapport:** RA544

**Klasse:** 1

**Rekvirent:** Dansk Energi - Net

**Dato for udgivelse:** 13. marts 2015

**Sag:** 7050

© DEFU 2015

## RESUME

Nærværende rapport omhandler indgangskontrol for elmålere, som er godkendt efter EU´s direktiv om måleinstrumenter (MID), og som derfor ikke skal have en national dansk godkendelse eller verificeres af et dansk akkrediteret laboratorium.

Et netselskab, der indgår i en kontrakt om indkøb af et stort antal elmålere, har dog et behov for at sikre sig, at kvaliteten af målerleverancen er, som den bør være, og en indgangskontrol af målerne kan dække dette behov.

Rapporten beskriver de overvejelser køberen bør gøre sig i forbindelse med specifikationen af indgangskontrollen og giver anbefalinger med hensyn til valg af stikprøveplan og testprogram.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

**Resume** ..... **3**

**Indholdsfortegnelse** ..... **4**

**1. Konklusion** ..... **6**

**2. Indledning** ..... **7**

**3. Prøvebetingelser** ..... **9**

**4. Anbefalede stikprøveplaner** ..... **10**

*4.1. Overvejelser vedrørende partistørrelser og leverancer* ..... *10*

*4.2. Valg af stikprøveprincip* ..... *10*

*4.3. Praktisk eksempel* ..... *12*

**5. Leveranceparti** ..... **15**

**6. Stikprøveplan** ..... **16**

*6.1. Parametre* ..... *16*

*6.2. Inspektion* ..... *18*

*6.3. Inspektion af fortløbende rækker* ..... *19*

*6.4. Enkeltstående inspektion* ..... *23*

*6.5. 100 % inspektion* ..... *24*

**7. Prøvning** ..... **25**

*7.1. Udtagning af målere til stikprøve* ..... *25*

*7.2. Testprogram* ..... *25*

*7.3. Målere udtaget til stikprøve* ..... *30*

**8. Valg af stikprøveplan** ..... **31**

**9. Godkendelse og forkastelse** ..... **33**

*9.1. Afvigende enhed* ..... *33*

*9.2. Godkendelse* ..... *33*

*9.3. Forkastelse* ..... *33*

**10. Symbolliste og definitioner** ..... **35**

**11. Referenceliste** ..... **38**

**Appendiks A Akkreditering og akkrediteringsordninger ..... 39**

**Appendiks B Købskontrakt ..... 40**

**Appendiks C Stikprøveplaner ..... 42**

*C.1. Fortløbende rækker ..... 42*

*C.2. Enkeltstående inspektion ..... 49*

*C.3. 100 % inspektion ..... 53*

*C.4. Eksempler på godkendelse og forkastelse ..... 53*

# 1. KONKLUSION

Til indgangskontrol af et større parti MID-målere anbefales det at benytte stikprøveinspektion under anvendelse af attributmetoden. Attributmetoden indebærer, at man kun vurderer, om et givet krav er overholdt, mens størrelsen af en eventuel afvigelse fra kravet ikke indgår i vurderingen af prøveresultatet. Denne metode er også foreskrevet i MID til brug i forbindelse med verifikation af målerne.

Er der kun tale om et mindre antal målere, f.eks. indkøbt som supplement til en tidligere ordre, må man foretage 100 % inspektion, hvis man vil have sikkerhed for kvaliteten af leverancen. Det styktal, hvorunder stikprøver ikke længere giver mening, ligger i området 25-80 stk.

Det er op til køberen (netselskabet) at specificere, hvilket testprogram der skal anvendes i indgangskontrollen. Et forslag til testprogram er givet i rapporten. Det er afgørende for valget af stikprøveplaner, om der i dette testprogram indgår såkaldt kritiske test, dvs. test af egenskaber, som man ikke kan tillade nogen afvigelser fra. Det kan f.eks. være test med relation til person- eller brandrisiko.

I forbindelse med kritiske test betyder blot én afvigende enhed i stikprøven, at partiet er forkastet. Der er derfor ikke mulighed for at lave såkaldt toplansprøvning, hvor man udtager en mindre stikprøve i første omgang og yderligere en stikprøve, hvis ikke resultatet af første prøve var sikker godkendelse eller sikker forkastelse.

For ikke-kritiske test må toplansprøvning anbefales. Det reducerer antallet af målere, der skal udtages til prøvning, og dermed også omkostningerne ved prøvningen.

En yderligere reduktion i antallet af prøver kan opnås ved at benytte princippet om inspektion af partier i fortløbende rækker. Her betragtes en række delleverancer (mindst 10) som dele af en kontinuert produktion, og der kan derfor slækkes lidt på prøvningen af den enkelte delleverance. Det medfører imidlertid en risiko for, at man først et stykke henne i rækken af leverancer finder ud af, at det generelle kvalitetsniveau ikke er som ønsket, og at man derfor kan blive nødt til at nedtage allerede opsatte målere. Da den mulige besparelse i antallet af prøver først viser sig ved et stort antal delleverancer, anbefales det i nærværende rapport ikke at benytte princippet om fortløbende rækker, men i stedet at betragte hver delleverance som et enkeltstående parti.

Muligheden for overspringelse af kontrollen af enkelte partier er også kort omtalt i rapporten, men metoden kræver et så godt kendskab til fabrikantens produktion og kvalitetskontrol, at det kun sjældent vil kunne komme på tale.

Det er af afgørende betydning, at testprogram, valg af stikprøveplan og konsekvenserne af prøverne er aftalt mellem køber og sælger og nedskrevet i købskontrakten. Hvad skal der ske med partier, der ikke bliver godkendt, og hvordan fordeles de omkostninger, der følger af en manglende godkendelse? I rapporten er der derfor også medtaget en kort oversigt over de forhold, man bør huske at medtage i kontrakten.

## 2. INDLEDNING

EU´s direktiv om måleinstrumenter (MID), direktiv 2004/22/EF [Ref. 1], blev gennemført i Danmark ved bekendtgørelse nr. 436/2006 [Ref. 2] og blev udsendt i en ny udgave i 2014.

Måleinstrumentdirektivet ensretter kravene for blandt andet elmålere. Princippet er, at en måler godkendt efter direktivet i ét land, og dermed mærket med CEM, kan opsættes i ethvert andet EØF land uden yderligere godkendelse. Den nationale godkendelsesordning bortfalder med MID, så målerne udelukkende skal leve op til ét fælles europæisk direktiv. I Danmark betyder indførelsen af MID således, at elmålere, omfattet af direktivet, ikke længere skal have en national dansk godkendelse eller skal verificeres af et dansk akkrediteret laboratorium, før de tages i brug.

På elmålersiden omfatter direktivet målere til husholdning, erhverv og let industri, og gælder for alle nye (nyudviklede) målere, som fabrikanten har CEM-mærket efter 1. oktober 2006. CEM mærkningen er udtryk for opfyldelsen af såvel de sikkerhedsmæssige krav som de funktionsmæssige og metrologiske krav.

Det er fabrikanten af den CEM-mærkede elmåler, der står inde for, at produktet opfylder betingelserne for mærkningen. Han garanterer for, at der, både under fremstilling og under brug, er fokus på, at produktet overholder MID´s minimumskrav til de måletekniske egenskaber samt en række andre relevante EU direktiver. Fabrikanten afgør selv, hvordan han vil dokumentere, at produktet overholder kravene. CEM-mærkningen er således udtryk for tillid til fabrikantens gode intentioner. Dog indgår der i betingelserne for at opnå en CEM-mærkning, at et notificeret organ (notified body), efter fabrikantens eget valg, foretager en overensstemmelsesvurdering. Det notificerede organ udpeges af den relevante nationale myndighed, i Danmark således Sikkerhedsstyrelsen.

Fabrikanten kan vælge mellem tre forskellige principper for denne overensstemmelsesvurdering gående fra, at den bemyndigede organisation foretager en typeprøve efterfulgt af en overensstemmelsesvurdering til, at det notificerede organ baserer godkendelsen på en gennemgang af fabrikantens generelle niveau og kvalitetssikringsrutiner, herunder i særlig grad på udvikling, produktkvalitet og produktion.

CEM-mærkning kan i et vist omfang opfattes som en gentlemanaftale mellem myndigheder og erhvervsliv. Det kan enten bevare, sænke eller højne kvalitetsniveauet hos fabrikanten. I alle tilfælde betyder indførelsen af MID en reduktion af kontrollen med den enkelte måler. Det kan derfor ikke afvises, at kvaliteten af elmålere kommer under pres.
Der er erfaringer for, at fejl er fundet i forbindelse med den obligatoriske verifikation af målere til opsætning i Danmark, selvom det var målere, der i princippet skulle kunne sættes direkte op. Nedtagning af nyligt installerede målere er en bekostelig affære, og en indgangskontrol vil være en fornuftig økonomisk investering.

Det er en stor fordel, hvis den indgangskontrol, der foretages for MID elmålere i Danmark, foretages efter ensartede principper. Nærværende rapport har til formål at formulere disse principper. Rapportens valg af principper og parametre bygger på tilsvarende valg i forskrifterne i MID og i de tilsvarende harmoniserede standarder.

## 3. PRØVEBETINGELSER

Det er køber, dvs. netselskabet, der har størst interesse i udførelsen af indgangskontrollen og resultatet heraf. En aftale om indgangskontrol bør derfor indgå i kontrakten mellem køber og sælger.

Den ideelle indgangskontrol ville være en afprøvning af samtlige enheder, men det er både for dyrt og for tidskrævende, når der er tale om store styktal. I stedet må man basere kontrollen på en stikprøve

Stikprøven skal enten udtages af netselskabet selv eller af en institution, der er akkrediteret til stikprøvetagning, jævnfør nedenfor.

Det laboratorium, der udfører prøvningen, skal på samme måde være akkrediteret til at gennemføre stikprøvekontrollen herunder at gennemføre verifikation af nøjagtighedsklasserne A, B og C for MID målere.

Akkrediteringen skal enten være under DANAK eller under en anden national organisation, hvis akkreditering er anerkendt af det Europæiske akkrediterings samarbejde EA eller af det internationale akkrediteringssamarbejde ILAC, jævnfør Appendiks A.

Køber skal sikre sig, at akkrediteringen er som beskrevet, og at den omfatter de relevante standarder.

# 4. ANBEFALEDE STIKPRØVEPLANER

I det følgende gives en kort beskrivelse af de principper for stikprøvetagning, der vurderes at være bedst egnede til anvendelse i forbindelse med indgangskontrollen. En mere detaljeret beskrivelse gives i de følgende afsnit i rapporten, og henvisninger til disse afsnit er medtaget i den korte gennemgang.

Afsnit 10 indeholder desuden en oversigt over definitioner af en række begreber og nogle af de anvendte symboler.

## 4.1. OVERVEJELSER VEDRØRENDE PARTISTØRRELSER OG LEVERANCER

Inden stikprøvningen indledes, skal nedenstående pkt. 1 til 4 være fastlagt. Når først leverancerne er startet, skal enhver ændring af principperne betragtes som at starte helt forfra på proceduren.

1. Partiets og leverancepartiets størrelse, jf. afsnit 5
2. Er der forhold ved produktionspartierne i forhold til pkt. 1 der bør tages i betragtning?
3. Er der specifikke forhold mellem springene i stikprøvestørrelserne og leverancepartierne, der bør tages i betragtning/aftales?
4. Fastlæggelse/valg af stikprøveprincipper mv.

## 4.2. VALG AF STIKPRØVEPRINCIP

For større partier foreligger der to muligheder, afhængig af hvordan man betragter partiet, jf. afsnit 0:

1. Enkeltstående partier
2. Fortløbende rækker.

I begge tilfælde anbefales toplansprøvning, hvor det er muligt. Ved toplansprøvning udtager man en ny stikprøve, hvis resultatet af den første stikprøve ikke er en klar godkendelse eller forkastelse af partiet, se afsnit 6.3.

Toplansprøvning kan imidlertid ikke anvendes i de tilfælde, hvor der er tale om en kritisk test, f.eks. en test af personsikkerhedsmæssig art. Her er godkendelsestallet 0, dvs. der tillades ikke nogen afvigende målere i stikprøven. De stikprøveplaner, man kan anvende i disse tilfælde, er angivet i afsnit 6.1.1. I det følgende er det antaget, at der ikke indgår kritiske test i indgangskontrollen.

Er der tale om et lille parti, er man nødt til at foretage inspektion af samtlige målere, hvis man vil være sikker på kvaliteten. Er det gennemsnitlige antal fejlbehæftede målere f.eks. 1 % og er partistørrelsen 50 stk., vil der i gennemsnit kun være en fejlbehæftet måler i hvert andet parti. En stikprøve vil derfor i dette tilfælde ikke kunne give en tilstrækkelig god vurdering af kvalitetsniveauet.

Da 100 % inspektion indebærer en betydelig meromkostning, må man for små partier overveje, om man f.eks. på grundlag af sine tidligere erfaringer med samme målertype eller leverandør kan acceptere den risiko, der ligger i at installere målerne uden at udføre indgangskontrol.

### 4.2.1. Enkeltstående partier

Denne metode anvendes som hovedregel.

Hvert leveranceparti betragtes her isoleret som ét parti. Det enkelte parti kasseres eller accepteres derfor, uden at det påvirker de efterfølgende partier.

Det kan dog være aftalt med sælger, at der i tilfælde af kassation skal ske ændringer i kontrollen af de efterfølgende partier.

### 4.2.2. Fortløbende rækker

I specielle tilfælde med lange serier, hvor fabrikationsomstændighederne berettiger til at opfatte alle de enkelte målere som hørende til samme population, kan man betragte hele leverancen som ét sammenhængende parti, selv om den består af en række leverancepartier.

Der foretages stikprøve på hvert af leverancepartierne, men konsekvensen af en godkendelse eller en forkastelse af det enkelte parti afhænger af resultatet af de foregående og efterfølgende stikprøver. En given leverance, omfattende alle leverancepartier, vil således først blive endelig godkendt langt henne i leverancen, men man risikerer også, at den bliver kasseret sent, og at man derfor må nedtage allerede opsatte elmålere.

Metoden forudsætter, at der ikke er nogen trend i kvaliteten af målerne i løbet af leveringstiden, ellers kan den give helt uønskede resultater.

Resultaterne af de enkelte stikprøver påvirker størrelsen af de efterfølgende stikprøver. Man starter med normal inspektion, hvor stikprøvestørrelsen er den samme som for enkeltstående partier. Viser en række på hinanden følgende stikprøver, at kvaliteten er god, kan man gå over til reduceret inspektion og mindre stikprøvestørrelser.

Hvis et parti består alle stikprøver, skal man imidlertid have mange delleverancer med reduceret inspektion, før det totale antal prøver for hele leverancen bliver lavere ved denne metode end ved at betragte hvert leveranceparti som enkeltstående.

Princippet i hele stikprøveforløbet fremgår af figur 6.4, side 21. Det fremgår heraf, at det kræves mindst 7 kasserede leverancepartier, før hele partiet er kasseret. De bør naturligvis ikke udgøre en betydelig del af hele leverancen. Metoden forudsætter derfor et betydeligt antal delleverancer. I denne rapport anbefales, at antallet mindst skal være 50.

Der findes også procedurer for helt at springe kontrollen af delpartier over, se afsnit 6.3.2. Det må imidlertid understreges, at dette kræver, at køber godkender produktionsmetoden og kvalitetskontrollen af denne. En godkendelse der kræver så meget information om produktionen, at det forekommer unødvendigt overhovedet at ville udføre indgangskontrol, hvis køber er i besiddelse af så store mængder information om fabrikationen og kvalitetskontrollen.

### 4.3. PRAKTISK EKSEMPEL

I dette afsnit gennemgås de vurderinger, der skal foretages, i et tænkt eksempel med indkøb af 50.000 målere over 2 år.

Vurderingen er opdelt i de punkter, der er nævnt i afsnit 4.1:

1. Partiets og leverancepartiernes størrelse.
2. Er der forhold ved produktionspartierne i forhold hertil, der bør tages i betragtning?
3. Er der specifikke forhold mellem springene i stikprøvestørrelserne og leverancepartierne, der bør tages i betragtning/aftales?
4. Fastlæggelse/valg af stikprøveprincipper mv.

**1. Partiets og leverancepartiernes størrelse**
Partistørrelse: 50.000
Leverance: 2.000 én gang pr. måned over 25 leverancer.

**2. Specielle forhold mellem produktionspartier og leverancepartier**
Der er ikke specielle forhold omkring produktionspartier, der skal betragtes.

**3. Spring i stikprøvestørrelser og leverancepartier**
Leverancepartistørrelsen er ikke nær ved et spring i stikprøvetabellernes partistørrelser, jf. Appendiks C. Der er derfor intet hensyn, der skal tages i den forbindelse.

**4. Valg af stikprøveprincip**
I tabel 4.1og tabel 4.2 er stikprøvestørrelserne m.v. ved de to metoder sat op for forskellige størrelser af leverancepartier. Den aktuelle størrelse er markeret med rød.

Parametrene for stikprøveplanerne er en AQL værdi på 1 % for inspektion efter fortløbende rækker og en LQ værdi på 5 % for stikprøven efter enkeltstående partier. Disse parametre er nærmere beskrevet i afsnit 6.1.3. Der er valgt toplansprøvning.

| | Leverance-parti | Antal lev. – partier | Normal inspektion | | | Reduceret inspektion | | | Antal prøver i alt | Andel af parti % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Antal stik-prøver | Stik-prøve | Prøvet i alt, normal | Antal stik-prøver | Stik-prøve | Prøvet i alt, reduc. | | |
| **Fortløbende rækker** | 500 | 100 | 10 | 32 | 320 | 90 | 20 | 1800 | 2120 | 4,24 |
| | 1000 | 50 | 10 | 50 | 500 | 40 | 32 | 1280 | 1780 | 3,56 |
| | **2000** | **25** | **10** | **80** | **800** | **15** | **50** | **750** | **1550** | **3,10** |
| | 5000 | 10 | 10 | 125 | 1250 | 0 | | 0 | 1250 | 2,50 |
| **Enkelt-stående partier** | 500 | 100 | | 50 | | | | | 5000 | 10,00 |
| | 1000 | 50 | | 50 | | | | | 2500 | 5,00 |
| | **2000** | **25** | | **80** | | | | | **2000** | **4,00** |
| | 5000 | 10 | | 125 | | | | | 1250 | 2,50 |
| | 10000 | 5 | | 125 | | | | | 625 | 1,25 |
| | 25000 | 2 | | 200 | | | | | 400 | 0,80 |
| | 50000 | 1 | | 200 | | | | | 200 | 0,40 |

**Tabel 4.1 Stikprøveomfang under forudsætning af, at alle prøver består ved første stikprøve. De aktuelle stikprøveplaner er markeret med rød skrift.**

Det ses, at gevinsten ved at anvende reglerne for fortløbende rækker i dette tilfælde er en reduktion af det samlede antal prøver med 450 (1550 mod 2000 ved enkeltstående partier), under forudsætning af, at alle stikprøver består.

Til gengæld for den mulige besparelse i antallet af prøver medfører inspektion af fortløbende rækker en risiko for, at man sent - efter at de første delleverancer er sat op - må kassere hele partiet og derfor må nedtage disse målere.

Det er i eksemplet antaget, at der ikke fra fabrikanten foreligger nogen information, der taler for at vælge enten det ene eller det andet princip. Tages det i betragtning, at leverancen sker over relativt lang tid, 2 år, må det derfor anbefales at vælge princippet om enkeltstående partier.

| Samlet partistørrelse: 50.000 stk. | | Totalt antal stk. prøvet | |
|---|---|---|---|
| **Antal leverance-partier** | **Leverancepartiernes størrelse** | **Fortløbende rækker** | **Enkeltstående partier** |
| **1** | 50.000 | | 200 |
| **2** | 25.000 | | 400 |
| **5** | 10.000 | | 625 |
| **10** | 5.000 | 1250 | 1250 |
| **25** | **2.000** | **1550** | **2000** |
| **50** | 1.000 | 1780 | 2500 |
| **100** | 500 | 2120 | 5000 |

**Tabel 4.2 Stikprøveomfang under forudsætning af, at alle stikprøver består.**

## 5. LEVERANCEPARTI

Et parti kan bestå af ét samlet parti eller flere mindre leverancepartier beroende på kontrakten. Opdelingen af et parti i leverancepartier kan f.eks. være pr. forsendelse eller en anden naturlig måde. I princippet skal denne opdeling være kendt inden den første leverance (og dermed den første kontrol), for at man kan vælge den bedst egnede stikprøveplan. I nærværende rapport beskrives alle former for delpartier som leverancepartier.

Et samlet partis størrelse skal vurderes på baggrund af fabrikantens kvalitetssikring, produktionsforhold og -metoder, størrelse af produktionspartier samt leveringstider.

I et parti skal de enkelte målere (i princippet) være identiske i konstruktion og komponenter, produktionsmetoden skal være ensartet osv. Medmindre andet er aftalt, kan det være acceptabelt med forskellige fabrikater af komponenter, underleverandører af undersamlinger o.l. inden for samme parti. Ved køb af partier omfattende flere leverancepartier bør sådanne forhold overvejes og evt. diskuteres med sælger.

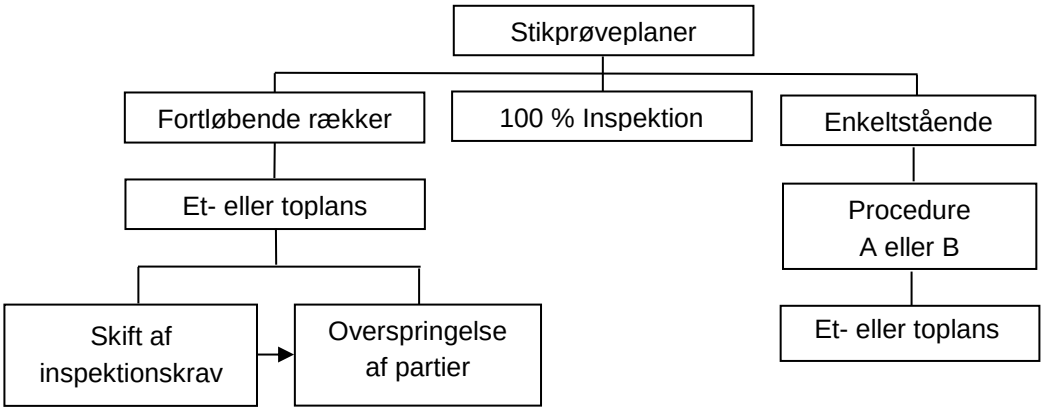
Ved et parti bestående af flere leverancepartier kan stikprøverne udtages fra de løbende leverancer. Leveringsperioden for det samlede parti bør afgøres, inden stikprøvekontrollen igangsættes, så følgerne ved en evt. forkastelse af en stikprøve allerede er afgjort.

Om et parti bør godkendes, afgøres ud fra resultatet af de gennemførte stikprøveplaner.

# 6. STIKPRØVEPLAN

En stikprøveplan omfatter regler for stikprøveudtagelse og -størrelse og for de tilhørende godkendelseskriterier. Stikprøveplanerne i nærværende rapport er valgt efter attributmetoden, hvor forkastelse eller godkendelse af en stikprøve baseres direkte på en optælling af antallet af emner med for stor fejlvisning eller anden afvigelse fra kravene. Det er også den metode, MID angiver for stikprøveplaner for verifikation af MID elmålere [Ref. 1].

Figur 6.1 viser de stikprøveplaner, der kan vælges ved indgangskontrol af MID elmålere. Disse muligheder vil blive beskrevet i de følgende afsnit.




**Figur 6.1 Stikprøveplaner for MID elmålere.**

## 6.1. PARAMETRE

Før man kan vælge en stikprøveplan, skal man fastlægge et antal parametre til godkendelseskriterier. I de følgende gennemgås parametrene, der indgår i attributmetoden.

### 6.1.1. Kritiske og ikke kritiske test

Test deles op i kritiske og ikke kritiske test. Det er selve testens art, der skal tages stilling til. Forskellen mellem kritiske og ikke kritisk test er, at godkendelsestallet (Ac), dvs. det tilladte antal afvigende enheder i stikprøven, er nul ved kritiske test uanset stikprøvestørrelsen. Ved kritiske test kan der kun vælges mellem følgende stikprøveplaner:

- Inspektion af fortløbende rækker - etplansprøvning.
- Enkeltstående inspektion - procedure A - etplansprøvning.
- 100 % inspektion.

Generelt kan test opdeles i grupper som:

- Personsikkerhed, herunder test som kan indikere mulighed for varmgang/brand.
- Funktioner (display, hukommelse, fjernaflæsning, afbryder, tælleværk).
- Nøjagtighed.
- Mekaniske og visuelle test.
- Lovgivning (mærkning).

En opdeling af kritiske og ikke kritiske test kunne være, at kritiske test er test af personsikkerhed, evt. også mekaniske test, mens de resterende test er ikke kritiske test.

Hvis testprogrammet indeholder både kritiske og ikke kritiske test, bør stikprøveplanen følge ovennævnte stikprøveplaner for kritiske test, eller testprogrammet kan opdeles i to: et for kritiske test og et for ikke kritiske test (uddybes i afsnit 7).

### 6.1.2. Afvigende enhed

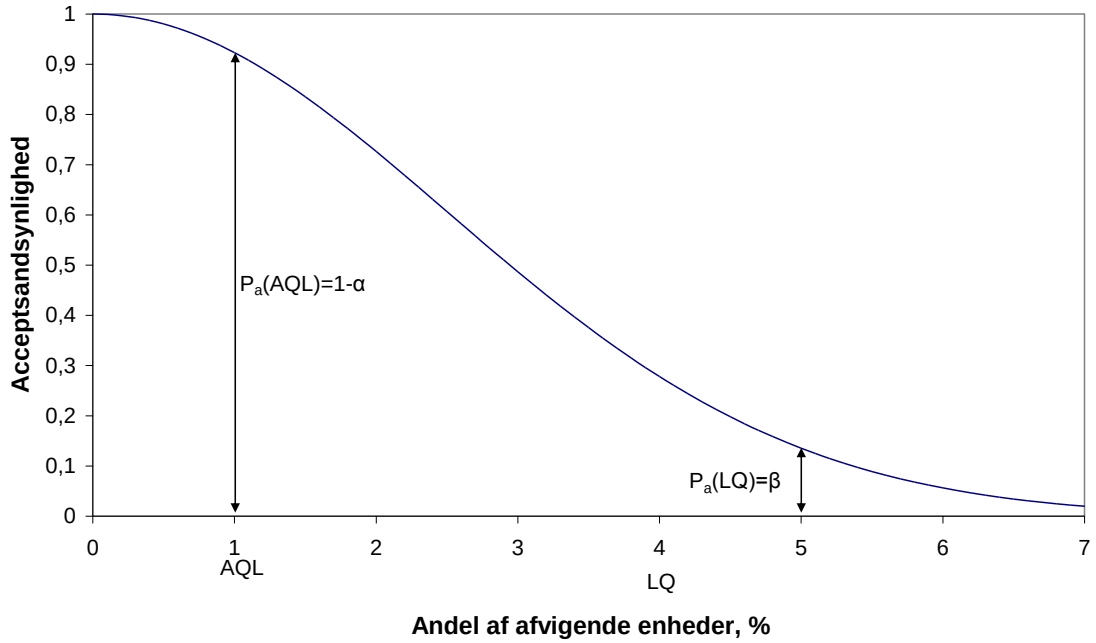
Enhver måler med en fejl eller afvigelse kaldes en afvigende enhed. Afvigelserne klassificeres som kritiske eller ikke kritiske afhængig af de sikkerhedsmæssige, målemæssige og brugsmæssige konsekvenser. Det er på forhånd fastlagt, hvad der giver ikke kritisk hhv. kritisk afvigende enheder, jævnfør afsnit 9.1.

- En ikke kritisk afvigende enhed er acceptabel, så længe AQL grænsen ikke er overskredet. (Eksempel: Prøvninger af nøjagtighed klassificeres som ikke kritisk test).
- En kritisk afvigende enhed er uacceptabel og blot én enhed fører til kassation af stikprøven. (Eksempel: Isolationstest klassificeres som kritisk test).

### 6.1.3. OC-kurve og kvalitetsniveauer

Til en stikprøveplan er knyttet en såkaldt OC-kurve (OC = Operating Characteristic). En OC-kurve er en grafisk afbildning af sandsynligheden, $P_a$, for at godkende stikprøven som funktion af partiets kvalitet, beskrevet ved andelen af afvigende enheder. Et eksempel på en sådan OC-kurve er skitseret i figur 6.2.

OC kurven er karakteriseret ved to kvalitetsniveauer, AQL og LQ, og de tilhørende acceptsandsynligheder $P_a$(AQL) og $P_a$(LQ).




**Figur 6.2 OC-kurve for en stikprøveplan med angivelse af AQL og LQ.**

AQL (Acceptance Quality Level) er det ønskede kvalitetsniveau, dvs. hvor stor en del fejlramte elmålere man vil acceptere for stadig at godkende partiet. Det kvalitetsniveau, som køberen er (må være) tilfreds med, og som fabrikanten mener at kunne levere. AQL angives i % og bruges som indgangsparameter til tabeller for stikprøveplaner efter DS/ISO 2859-1 [Ref. 6]. I nærværende rapport er det valgt at lade AQL = 1 % i de tilfælde, hvor AQL er indgangsværdien. Det er den samme værdi, som MID anvender i reglerne for overensstemmelsesvurderinger.

LQ (Limiting Quality) er det utilfredsstillende kvalitetsniveau, dvs. at partiet ved stikprøveinspektion skal have en lille sandsynlighed for godkendelse. LQ angives lige som AQL i % og bruges som indgangsparameter til tabeller for stikprøveplaner efter DS/ISO 2859-2 [Ref. 7]. I nærværende rapport er LQ valgt til at være 5 % i de tilfælde, hvor LQ er indgangsværdien.

$P_a$(AQL) og $P_a$(LQ) afhænger begge af den aktuelle stikprøveplan. Jo større andel stikprøven udgør af det samlede parti, desto stejlere bliver OC-kurven, hvilket både giver en større værdi af $P_a$(AQL) og en mindre værdi af $P_a$(LQ). De faktiske værdier for en given stikprøveplan kan findes i standarderne [Ref. 6 og Ref. 7].

## 6.2. INSPEKTION

Inspektion er at måle, undersøge, prøve eller kontrollere en eller flere egenskaber ved et produkt og sammenligne resultaterne med de specificerede krav for at fastslå, om de overholdes.

Inspektion for MID elmålere kan, som tidligere vist i figur 6.1, inddeles i tre grupper:

- Inspektion af fortløbende rækker
- Enkeltstående inspektion
- 100 % inspektion.

### 6.2.1. Fortløbende rækker

Stikprøvekontrollen foretages af hvert enkelt leveranceparti. Hvert parti kan bestå eller blive forkastet, men først efter et givet antal dumpede leverancepartier bliver det samlede parti forkastet, ligesom det i princippet først er godkendt efter et vist antal godkendte leverancepartier.

Udgangspunktet for forkastelse eller godkendelse er inspektionskravene (normal, skærpet, reduceret), der såvel angiver størrelsen af stikprøven som kriterier for dens accept. Ved et nyt parti starter man typisk med normal inspektion.

Ved normal inspektion skal kontrollen således afbrydes, hvis 5 leverancepartier ud af det samlede parti forkastes. Kontrollen kan genoptages med skærpet inspektion på de resterende leverancepartier, hvis fabrikanten forbedrer kvaliteten på disse. I modsat fald er hele leverancepartiet forkastet.

Proceduren for fortløbende rækker bruges, når partiet er stort, og der ikke er grund til at antage, at det ene leveranceparti afviger systematisk fra det andet bortset fra uundgåelige tilfældige variationer.

### 6.2.2. Enkeltstående inspektion

Ved enkeltstående leverancepartier godkendes/kasseres hvert enkelt leveranceparti for sig. Leverancepartierne ses altså som enkeltstående (isolerede), og resultaterne fra de forskellige leverancepartier er uafhængige af hinanden.

Proceduren for enkeltstående partier skal altid bruges, når inspektionskrav og regler for fortløbende rækker ikke naturligt kan anvendes, hvis f.eks. et samlet parti kun består af 4 delpartier, eller hvis der f.eks. er grund til at antage, at de enkelte leverancepartiers egenskaber systematisk er forskellige.

Også ved et større antal leverancepartier taler meget dog for at anvende enkeltstående inspektion, som beskrevet i afsnit 4.

### 6.2.3. 100 % inspektion

Ved 100 % inspektion prøves hele partiet. Dette kommer på tale,

- hvis partiet er meget lille, dvs. mindre end den mindst angivne stikprøvestørrelse i den valgte stikprøveplan
- hvis der findes kritiske afvigende enheder før eller under prøvningen
- hvis resultatet af prøvningerne viser, at partiet ikke lever op til den krævede kvalitet
- hvis køber vurderer, at inspektion af hele partiet er nødvendig.

### 6.2.4. Inspektionsniveau

En parameter, der benyttes i forbindelse med valg af stikprøvestørrelsen. Der er 3 inspektionsniveauer I, II og III. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen osv. Derudover er der 4 specielle niveauer S-1, S-2, S-3 og S-4. Disse niveauer bruges, når der ved små stikprøvestørrelser kan tolereres større stikprøverisici. Tabeller over inspektionsniveauer findes i DS/ISO 2859-1 tabel 1 og 2 [Ref. 6].

Generelt bruges inspektionsniveau II jf. fx DS/EN 62058-11 [Ref. 5], og det er derfor også valgt her. Inspektionsniveau II er udtryk for, at elmålere ikke anses som meget kritiske komponenter, f.eks. i person- eller forsyningssikkerhedsmæssig henseende, men at deres korrekte funktion alligevel er meget vigtig.

## 6.3. INSPEKTION AF FORTLØBENDE RÆKKER

Ved inspektion af fortløbende rækker vælges stikprøven ud fra attributmetoden (også kaldet ”alternativ variation” jf. afsnit 10). Forkastelse eller godkendelse af en stikprøve er baseret på en direkte optælling af antallet af elmålere med for stor fejlvisning eller anden afvigelse fra kravene.

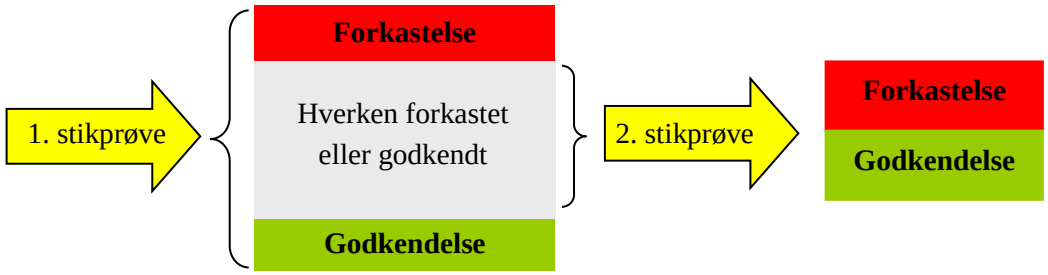
Metoden er uafhængig af fejlenes statistiske fordeling. Der kan vælges mellem et- og toplansprøvning.

Ved etplansprøvning udtages kun én stikprøve, og ud fra denne afgøres det, om partiet skal forkastes eller godkendes.

Ved toplansprøvning udtages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet. Det vil sige, at man efter den første stikprøve ikke kan afgøre, om partiet skal forkastes eller godkendes.

Konklusionen af første stikprøve kan være:

1. Godkendelse, dvs. tilstrækkeligt få fejlbehæftede elmålere.
2. Forkastelse, dvs. tilstrækkeligt mange fejlbehæftede elmålere.
3. Udførelse af endnu en stikprøve, da antallet af fejlbehæftede elmålere ligger mellem de ovennævnte. Anden stikprøve giver den endelige konklusion.




**Figur 6.3 Principskitse af toplansprøvning.**

Ved den anden prøve i toplansprøvning skal elmålerne udtages fra den resterende del af partiet. Elmålere fra første stikprøve kan således ikke indgå i anden stikprøve.

Nærværende rapport anbefaler toplansprøvning ved ikke kritiske test, da stikprøvestørrelsen ved første prøve er ca. 30 % mindre. Oftest nås konklusionen allerede ved 1. stikprøve, og arbejdsbyrden vil i så fald være mindre.

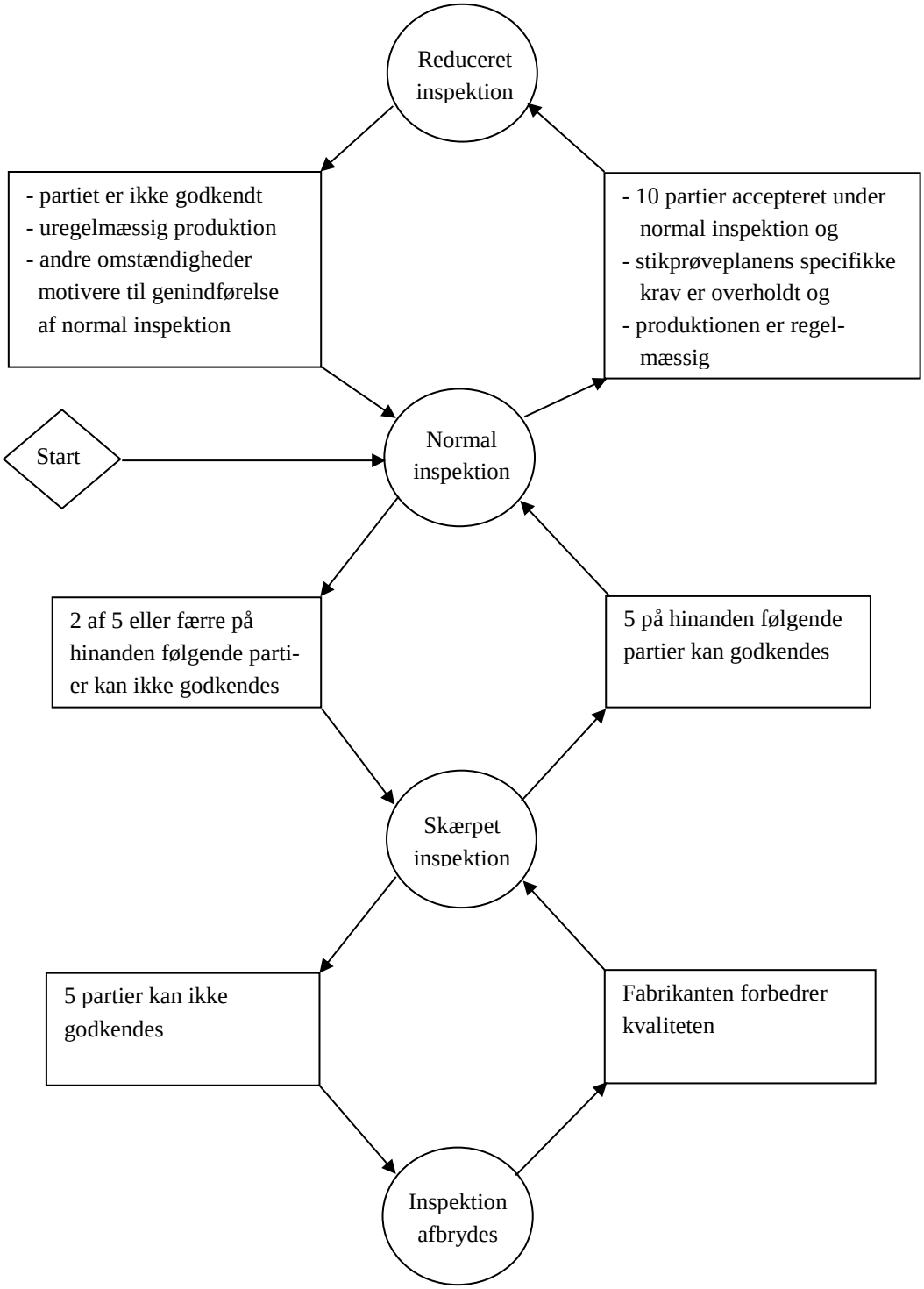
Stikprøvestørrelsen afgøres af størrelsen af leverancepartierne. Derfor kan det forekomme, at den samlede mængde af målere, der skal kontrolleres, vil blive mindre, hvis et parti deles op i f.eks. fire leverancepartier i stedet for tre.

### 6.3.1. Inspektionskrav

Inspektionskravene angiver kriterierne for forkastelse og godkendelse af inspektion i fortløbende rækker for det samlede parti. Hvert inspektionsniveau deles op i 3 inspektionskrav afhængig af resultatet af de foregående stikprøver.

- Normal
  Sikrer fabrikanten stor sandsynlighed for godkendelse, når et udfald er bedre end AQL-værdien.

- Reduceret
  Stikprøvestørrelsen mindskes i forhold til normal inspektion, mens kriterierne for godkendelse og forkastelse øges. Derved accepteres et højere fejlniveau.
- Skærpet
  Stikprøvestørrelsen er den samme som ved normal inspektion, men godkendelseskriteriet skærpes.




**Figur 6.4 Skift af inspektionskrav.**

For indgangskontrol vælges som udgangspunkt normal inspektion, men inspektionskravet kan ændres som vist i figur 6.4. Her starter man i normal inspektion og fortsætter med det, indtil en af betingelserne for at skifte niveau (beskrevet i de rektangulære bokse) er opfyldt. Figuren stammer fra DS/ISO 2859-1.

Man skifter således f.eks. fra normal til skærpet inspektion, når 2 af 5 eller færre på hinanden følgende partier ikke kan godkendes. Og man skifter først tilbage til normal inspektion, når 5 på hinanden følgende partier er godkendt.

### 6.3.2. Overspringelse af partier

Hvis der efter kontrol af 10 partier under normal eller reduceret inspektion ikke er blevet forkastet noget parti, kan man vælge at springe nogle stikprøvekontroller over, jf. DS/ISO 2859-3 [Ref. 8]. Men det må kun ske, hvis:

- Partiet er i inspiceret i fortløbende rækker
- Alle leverancepartierne kan antages at være af samme kvalitet, og der er grund til at tro, at de leverancepartier, som ikke kontrolleres, er af samme kvalitet. Elmålerne skal være af stabil konstruktion.
- Der ikke er forekommet kritiske afvigende enheder.
- Eventuel toplansprøvning er foretaget under normal inspektion.
- Der ikke er noget leveranceparti, som har undergået skærpet inspektion
- De kontrollerede partier er kontrolleret i inspektionsniveau II eller III.

Kritiske test med godkendelsestal nul må ikke springes over.

Udover ovenstående punkter stilles der jf. ISO 2859-3 [Ref. 8] særlige krav til fabrikanten:

- Fabrikanten skal have implementeret og vedligeholdt et kontrolsystem for kvalitet og designændringer. Det forudsættes, at systemet indeholder kontrol af hvert produceret parti, og at resultaterne heraf gemmes.
- Fabrikanten skal ligeledes have oprettet et system, der er egnet til at opfange og rette ændringer i kvalitetsniveauet og overvåge procesændringer, som kan påvirke kvaliteten. Fabrikanten skal udvise ansvarlighed og forståelse for anvendte standarder, systemer og fulgte procedurer.
- Fabrikanten må ikke have konstateret nogen ændringer, som kan have påvirket kvalitetsniveauet.

Elmålerne skal jf. ISO 2859-3 [Ref. 8] være produceret kontinuerligt i en specificeret produktionsperiode og med en specificeret produktionsfrekvens, før overspringelse af stikprøvekontrol kan accepteres. Både perioden og produktionsfrekvensen bør specificeres i en aftale mellem sælger og køber. Hvis perioden ikke er specificeret, er den 6 måneder jf. [Ref. 8].

ISO 2859-3 angiver ikke et præcist tal for den mindste produktionsfrekvens, og det er derfor op til køber og sælger at fastsætte denne værdi, fx som et mindste antal målere produceret pr. dag eller pr. uge.

Elmålere produceret til andre købere kan blive betragtet som en del af den kontinuerlige produktion, hvis sælger og køber er enige om dette. Kvaliteten af produktionen skal fastholde AQL værdien eller bedre i en periode aftalt mellem sælger og køber. Er perioden ikke specificeret, er den 6 måneder jf. [Ref. 8].

Overspringelse af partier afgøres vha. et kvalifikationsscoresystem. 20 på hinanden følgende partier skal give en kvalifikationsscore på 50. Et eksempel kan være etplansprøvning ved normal inspektion:

Regler for udregning af kvalifikation til overspringelse af et parti ved godkendelsestal Ac = 2:

- Leverancepartiet er godkendt uden afvigende enheder: læg 5 til kvalifikationsregnskabet
- Leverancepartiet er godkendt med én afvigende enhed: læg 3 til kvalifikationsregnskabet
- Alle andre tilfælde: nulstil kvalifikationsregnskabet

Overspringelse kan eventuelt bruges i stedet for reduceret inspektion, hvis det er mest økonomisk, og hvis kravene til overspringelse af stikprøvekontrol kan opfyldes.

### 6.4. ENKELTSTÅENDE INSPEKTION

Der findes to procedurer inden for enkeltstående inspektion:

- A: når både fabrikant og køber anser partiet som enkeltstående (isoleret).
- B: når fabrikanten anser partiet som led i en række af partier, mens køber anser partiet modtaget som enkeltstående.

Procedure A indeholder planer med godkendelsestal (Ac) nul. Ved procedure A er både køberens og fabrikantens risiko baseret på tilfældig udvælgelse fra et enkeltstående parti. Købers risiko er sandsynligheden for at få godkendt et parti, der har en andel af afvigende enheder, som svarer til LQ, mens sælgers (fabrikantens) risiko er sandsynligheden for at få forkastet et parti med en andel af afvigende enheder svarende til AQL. De to risici er benævnt henholdsvis β og α i figur 6.2

I procedure B er planer med godkendelsestal nul udeladt og erstattet med 100 % inspektion. Beregningen af køberens risiko er baseret på tilfældig udvælgelse fra et enkeltstående parti, mens beregningen af fabrikantens risiko er valgt ud fra fortløbende rækker.

Valget mellem procedure A og B bestemmes således af, hvorvidt køber ønsker at bruge planer med godkendelsestal nul.

Der kan både under procedure A og B vælges mellem et- og toplansprøvning. I afsnit 6.3 (side 19) gennemgås et- og toplansprøvning. Denne gennemgang gælder ligeledes for et- og toplansprøvning ved enkeltstående partier.

### 6.5. 100 % INSPEKTION

Ved 100 % inspektion accepteres partiet, hvis følgende betingelser er opfyldt [Ref, 5]:

- Der er ingen kritisk afvigende enheder.
- Antallet af målere med afvigende enheder overstiger ikke antallet givet i tabel c.13 i Appendiks C.3.
- Det samlede antal af afvigelser (kontrolpunkter) for hver enkelt måler overstiger ikke det dobbelte af det antal, der er angivet i tabel c.13.

I Appendiks C gennemgås stikprøveplaner, der kan bruges ved MID målere under fortløbende, enkeltstående og 100 % inspektion.

# 7. PRØVNING

I det følgende beskrives de prøvninger, indgangskontrollen omfatter. Vejledning i valg af stikprøveplan findes i afsnit 8.

## 7.1. UDTAGNING AF MÅLERE TIL STIKPRØVE

Målerne til stikprøven skal udtages ved simpel og tilfældig udvælgelse. Alle målere i partiet skal have samme sandsynlighed for at blive udtaget. Tilfældigtalstabel eller tilfældigtalsgenerator benyttes.

Elmålere, der har gennemgået indgangskontrol og er blevet installeret, kan sidenhen indgå i stikprøver på lige vilkår med resten af stikprøvens elmålere.

## 7.2. TESTPROGRAM

Tabel 7.1 viser det prøvningsforløb, der anbefales til MID elmålere. Prøvningsforløbet skelner mellem målere med mekanisk display og LCD-display. De enkelte test beskrives nærmere i afsnit 7.2.2 - 7.2.9.

Der skal i testprogrammet bruges det angivne antal målere i stikprøvestørrelsen samt, uafhængigt af stikprøvestørrelsen, 4 ekstra målere til mekanisk test.

Bemærk, at de målere, hvis fabriksplombe brydes under test, ikke må installeres, medmindre de bliver verificeret af fabrikanten.

| Testprogram | Mekanisk display | Antal målere i testen | LCD-display | Antal målere i testen |
|---|---|---|---|---|
| **Mærkning** | X | 1 måler fra stikprøven | X | 1 måler fra stikprøven |
| **LCD-display I** | - | | X | Stikprøven + 4 målere der skal gennemgå terminaltest |
| **Terminaltest** | X | 4 målere udover stikprøven[1)] | X | 4 målere udover stikprøven[1)] |
| **Mekanisk test** | X | De 4 målere fra terminaltesten | X | De 4 målere fra terminaltesten |
| **Forvarmning** | X | Stikprøven[2)] + de 4 fra terminaltesten | X | Stikprøven[2)] + de 4 fra terminaltesten |
| **Tælleværkskontrol** | X | Elmålehåndbogen TR 354 afsnit 5.7 | | |
| **Nøjagtighedstest** | X | Som ved forvarmning | X | Som ved forvarmning |
| **LCD-display II** | - | | X | De målere der har gennemgået nøjagtighedstest + de 4 fra terminaltesten |
| **Visuel undersøgelse** | X | 8 målere[3)]:<br>4 fra terminaltesten<br>4 fra nøjagtighedstesten[4)] | X | 8 målere[3)]:<br>4 fra terminaltesten<br>4 fra nøjagtighedstesten[4)] |

[1)] Antallet er fast og uafhængigt af stikprøvestørrelse og –plan. Målerne, der har gennemgået terminaltesten, skal kunne identificeres bagefter.
[2)] Inkl. den måler der har gennemgået mærkningskontrol.
[3)] Antallet er fast og uafhængigt af stikprøvestørrelse og –plan.
[4)] Ikke de 4 der har gennemgået terminaltesten.

**Tabel 7.1 Testprogram**

### 7.2.1. Ekstra test

Udover ovenstående testprogram bør det vurderes, om der er behov for yderligere test. Målerne kan have specielle funktioner eller konstruktioner, der gør det nødvendigt at teste disse. I nedenstående skema ses eksempler på test, der kan være nødvendige. Test eller testmetoder, der ikke er beskrevet i nærværende rapport, men vurderes påkrævet i de enkelte tilfælde, bør udføres uanset anbefalingerne i nærværende rapport. Ligeledes bør usikkerhed om f.eks. personsikkerhed altid føre til kontrol af denne.

| Funktion | Testbeskrivelse |
|---|---|
| **Fjernaflæsning** | - |
| **Hukommelse** | - |
| **Afbrydefunktion** | - |
| **Sikkerhed** | TR 354 afsnit 5.3 [Ref. 13] |

**Tabel 7.2 Forslag til eventuelle ekstra test.**

### *7.2.2.* Kappe

Såfremt det er muligt, skal elmålerne have kappen påsat, når prøvningerne gennemføres. Ofte vil fjernelse af kappen medføre brydning af verifikationsplomben. Målere med brudt verifikationsplombe må ikke installeres efter prøvningen. Hvis montering af måleren kræver fjernelse af dele af kappen, skal den del fjernes, men det vil normalt kunne ske under installationsplomben, og uden at verifikationsplomben brydes.

### 7.2.3. Mærkning

En måler fra stikprøven udtages for kontrol af korrekt mærkning.

Mærkningen af elmåleren skal følge kravene i MID [Ref. 1]. Desuden skal software-versionen kunne aflæses på måleren jf. WELMEC Guide 11.1 [Ref. 11].

Ved ukorrekt mærkning skal sælger bringe mærkningen i orden.

### 7.2.4. Kontrol af display

Elmålere med LCD-display bør kontrolleres for displayfejl, både i starten af testforløbet og efter prøvning af nøjagtigheden.

LCD-display test I: Før den mekaniske test og/eller prøvning af nøjagtighed monteres elmåleren med mærkespænding og –strøm. Det kontrolleres, at displayet kan aflæses. Hvis elmåleren har en indbygget kontroltest udføres denne.

LCD-display test II: Efter prøvning af nøjagtighed udføres samme kontrol som ved LCD-display test I.

Hvis der findes fejl på displayene, sammenlignes de målere, der har undergået mekanisk test, med dem, som ikke har. Det vurderes, om den mekaniske test har påvirket målernes display.

### 7.2.5. Terminaltest

Denne test gennemføres på 4 elmålere uafhængigt af partiets størrelse. De 4 målere udvælges tilfældigt fra hele stikprøven og skal kunne identificeres efter endt prøvning.

Terminalprøvningen skal udføres efter DS/EN 60947-1, afsnit 8.2.4.2 [Ref. 12].

Alle 4 elmålere skal bestå testen. Hvis en måler dumper, stoppes stikprøvekontrollen, indtil terminalen er forbedret.

### 7.2.6. Mekanisk test

Den mekaniske prøvning skal udføres efter terminalprøvningen og på de samme 4 elmålere, som er brugt i terminalprøvningen.

Den mekaniske test skal udføres efter EN 50470-1 afsnit 5.2.2.2 Shock test [Ref. 9]. Resultatet af den mekaniske test skal først undersøges, når målerne har gennemgået de øvrige test i test-programmet (nøjagtighed og display).

Alle 4 elmålere skal bestå testen.

### 7.2.7. Forvarmning

Inden nøjagtighedstesten gennemføres, skal hver enkelt elmåler være forvarmet tilstrækkeligt længe til, at termisk stabilitet er opnået.

Nærværende rapport anbefaler 30 min. til forvarmning, da der erfaringsmæssigt er opnået termisk stabilitet for alle type elmålere efter 30 minutter.

### 7.2.8. Nøjagtighed

Nøjagtighedstesten skal gennemføres i overensstemmelse med EN 50470-3 tabel 12 [Ref. 10] ved strømværdier svarende til nedenstående tabel. Ekstra prøver kan aftales.

| Teststrøm | | Maksimal tolerance, % | | |
|---|---|---|---|---|
| **Transformermålere** | **Direkte tilsluttede elmålere** | **A** | **B** | **C** |
| 2,5 % af $I_n$ | $0{,}5 \cdot I_{tr}$ | ± 2,5 | ±1,5 | ± 1,0 |
| 100 % af $I_n$ | $10 \cdot I_{tr}$ | ± 2,0 | ±1,0 | ± 0,5 |
| $I_{maks}$ | $I_{maks}$ | ± 2,0 | ±1,0 | ± 0,5 |
| Strømmen skal måles ved cos φ = 1, symmetrisk i antallet af faser, som måleren er godkendt til, og ved referenceværdier for spænding, frekvens og temperatur [Ref. 9 og Ref. 10]. | | | | |

**Tabel 7.3 Målepunkter og tolerancegrænser for prøvning af nøjagtighed.**

### 7.2.9. Visuel undersøgelse

8 målere skal kontrolleres for tegn på skader. 4, der både har gennemgået den mekaniske test samt test af nøjagtighed, og 4, der har gennemgået nøjagtighedstesten.

Bemærk, at målere, der har gennemgået den visuelle undersøgelse, ikke må installeres, medmindre de bliver verificeret af fabrikanten.

I den visuelle undersøgelse gennemses elmåleren først for udvendige fejl. Dernæst åbnes måleren, så komponenter og print mm. kan gennemgås visuelt. Det vil sige, at kappen tages af, eventuelle. fabriksplomber brydes, og eventuelle skruer, der samler måleren, fjernes.

Visuelle fejl kan være løse ledninger eller komponenter, løsthængende display og lignende. Alt som umiddelbart bør vække undren.

Ved fundne fejl sammenlignes de 4 målere, der har gennemgået den mekaniske test, med de 4 målere, der ikke har gennemgået denne test, og det fastslås, om fejlene kan skyldes den mekaniske test.

Ved tegn på skader skal de opdeles i kritiske afvigende enheder og ikke kritiske afvigende enheder. I afsnit 9 ”Godkendelse og forkastelse” defineres kritiske og ikke kritiske afvigende enheder, og det videre forløb beskrives.

Årsagen til kritiske såvel som ikke kritiske skader skal undersøges og dokumenteres, jf. afsnit 9.

### 7.3. MÅLERE UDTAGET TIL STIKPRØVE

Målere, der ikke har gennemgået den visuelle undersøgelse, kan installeres, hvis de opfylder kravene til godkendelse, se afsnit 9.

Målere, der har gennemgået den visuelle undersøgelse, må som nævnt ikke installeres, medmindre de bliver verificeret af fabrikanten efter testen, uanset om de har bestået eller er dumpet.

# 8. VALG AF STIKPRØVEPLAN

Dette afsnit gennemgår, hvilke overvejelser og vurderinger man skal igennem for at vælge en stikprøveplan. Følgende foreslås:

1. Valg af partistørrelse og opdeling af leverance
2. Valg af test. Heraf kritiske og ikke kritiske test.
3. Valg af kritiske og ikke kritiske afvigelser
4. Valg af konsekvens ved forkastelse
5. Valg af stikprøveplan

**1. Valg af partistørrelse og opdeling af leverance**
Et parti kan bestå af ét samlet parti eller flere mindre leverancepartier jf. afsnit 5. Det er vigtigt at kende partiets størrelse og antallet af evt. leverancepartier, før en stikprøveplan besluttes.

**2. Valg af test. Heraf kritiske og ikke kritiske test.**
Et testprogram skal besluttes, og det skal afgøres, om de enkelte test er kritiske eller ikke kritiske test. Som udgangspunkt kan testprogrammet på side 26 og evt. tillægstest beskrevet på side 27 anvendes.

Hvis en test vurderes som værende kritisk, er godkendelsestallet (Ac) nul, og der kan kun vælges mellem følgende stikprøveplaner jf. afsnit 6:

- Inspektion af fortløbende rækker, etplansprøvning, Ac = 0
- Enkeltstående inspektion, procedure A, Ac = 0
- 100 % inspektion

**3. Valg af kritiske og ikke kritiske afvigelser**
Det er vigtigt at definere kritiske og ikke kritiske afvigelser, før typen af stikprøveplan vælges. Når først en stikprøveplan er valgt, og én stikprøvekontrol er fortaget, kan der ikke vælges om.

**4. Valg af konsekvens ved forkastelse**
Som beskrevet i afsnit 9 bør konsekvenserne ved forkastelse afgøres, inden stikprøvekontrollen igangsættes. De værst tænkelige tilfælde bør udtænkes, og konsekvenserne af alle tænkelige situationer besluttes og nedskrives, således at evt. diskussioner om omgåelse af de vedtagne konsekvenser så vidt muligt undgås. Hvis der er truffet beslutning om udskiftning af installerede målere ved forkastelse, før stikprøven udføres, skal der holdes fast i denne beslutning efter udførelsen af stikprøven.

**5. Valg af stikprøveplan**
Når alle de ovenstående punkter er tænkt igennem, er man klar til at vælge stikprøveplan. Tabel 8.1 viser, hvilke stikprøveplaner der kan vælges mellem ved de kritiske og ikke kritiske test. 100 % inspektion kan altid anvendes og skal anvendes i de tilfælde, hvor antallet af målere i partiet er mindre end det mindste antal opgivet i de enkelte stikprøveplanstabeller. Desuden skal 100 % inspektion anvendes, hvis et eller flere af punkterne specificeret i afsnit 5.2.3 er opfyldt.

| Test | Stikprøveplan | Tabel |
|---|---|---|
| **Ikke kritisk** | Inspektion af fortløbende rækker, etplans, AQL = 1 % *) | C.2<br>C.3<br>C.4 |
| | Inspektion af fortløbende rækker, toplans, AQL = 1 % | C.5<br>C.6<br>C.7 |
| | Enkeltstående inspektion, et- eller toplans, procedure A, LQ = 5,0 % | C.9<br>C.10 |
| | Enkeltstående inspektion, et- eller toplans, procedure B, LQ = 5,0 % | C.11<br>C.12 |
| | Enkeltstående inspektion, procedure A, Ac = 0 | C.8 |
| **Kritisk** | Inspektion af fortløbende rækker, etplans, Ac = 0 | C.1 |
| | Enkeltstående inspektion, procedure A, Ac = 0 | C.8 |
| | 100 % Inspektion | C.13 |
| *) Afsnit 6.1 definerer AQL og LQ og begrunder de valgte parametre. | | |

**Tabel 8.1 Parametre for valg af stikprøveplan.**

# 9. GODKENDELSE OG FORKASTELSE

## 9.1. AFVIGENDE ENHED

Der skal på forhånd være en aftale mellem køber og sælger om, hvilke afvigende enheder der er kritiske, og hvilke der ikke er.

Det er svært at være meget specifik på et tidspunkt, hvor en konkret afvigende enhed ikke er dukket op, ligesom det er en vurderingssag, hvilke afvigende enheder man vil betragte som kritiske og hvilke ikke.

Generelt kan man opdele afvigende enheder i fire typer:

- afvigende enhed med personsikkerhedsmæssige konsekvenser, herunder afvigende enhed der kan føre til varmgang/brand.
- afvigende enhed, hvor måleren mister information om forbruget.
- afvigende enhed, hvor den tilladte måletolerance er overskredet.
- alle andre afvigende enheder.

Om en afvigende enhed er kritisk eller ikke kritisk, skal vurderes ud fra det konkrete tilfælde. En opdeling kunne være, at de to første fejltyper er kritiske, mens de to sidste ikke er kritiske.

## 9.2. GODKENDELSE

Hvis godkendelseskriterierne for den valgte stikprøveplan er opfyldt, godkendes partiet.

For partier i fortløbende rækker skal det samlede parti opfylde godkendelseskriteriet. Det vil sige, at udfaldene af de enkelte leverancepartier bedømmes samlet, og først ved denne bedømmelse godkendes eller forkastes hele partiet. Ved 100 % kontrol og enkeltstående partier afgør de enkelte stikprøver udfaldet.

Selv om et parti godkendes, skal enhver fejlramt eller på anden måde afvigende måler vurderes med henblik på forkastelse. Fundne elmålere med afvigelser skal vurderes, uanset om de er med i stikprøven eller ej.

Hvis den afvigende enhed er kritisk, bør elmåleren repareres eller forkastes og erstattes af en ny elmåler. Ved en ikke kritisk afvigende enhed kan elmåleren opsættes eller istandsættes/repareres.

## 9.3. FORKASTELSE

Hvis et parti forkastes pga. kritiske afvigende enheder (jævnfør afsnit 9.1), skal eventuelle installerede målere nedtages, uanset om de kommer fra et delparti, som blev godkendt.

Hvis et parti forkastes pga. ikke kritiske afvigende enheder, kan én eller flere af følgende procedurer følges:

- Købskontrakten følges, idet der her er taget højde for forkastelsesproblematikken, f.eks. i form af en prisnedsættelse.
- Det undersøges, om partier med fejl har fælles faktorer, således at det er muligt at dele partiet op i mindre delpartier efter objektive kriterier og på en sådan måde, at de fejlramte målere alle har et logisk tilhørsforhold til samme delparti.
- Der udføres 100 % kontrol på de forkastede partier eller udvalgte prøvninger.
- Målerne repareres og nye stikprøveplaner gennemføres.
- Resultatet diskuteres mellem køber og sælger.
- Der vedtages stikprøvekontrol på målerne efter et bestemt antal år.
- Mængden af fejl eller konsekvenserne heraf er tilsammen så alvorlige, at hele partiet forkastes, og de installerede målere udskiftes.

## 10. SYMBOLLISTE OG DEFINITIONER

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Køber** | Netselskabet |
| **Fabrikant** | Virksomhed der producerer elmålerne. En underleverandør til dele af elmålerne eller en virksomhed, der køber et parti målere hos en fabrikant og videresælger den til netselskabet, anses ikke for at være fabrikant. |
| **Sælger** | Den virksomhed som netselskabet indgår kontrakt med om levering af et parti elmålere. Det kan være elmålerfabrikanten selv eller en anden leverandør (virksomhed der indgås kontrakt med om levering og/eller installation af et parti elmålere). |
| **Underleverandør** | Leverandør der leverer dele til fabrikantens elmåler. |
| **Parterne** | Køber (netselskabet) og sælger |
| **Parti** | Den samlede mængde målere aftalt i kontrakten mellem sælger og netselskab. Et parti kan alt efter kontraktens indhold bestå af ét samlet parti eller flere mindre leverancepartier.<br>I forbindelse med kontrakter, der løber over lang tid, og hvor afgrænsning af et parti ikke er klar, bør det specificeres i kontrakten, hvordan partiet opfattes, og dermed, hvilken art af indgangskontrol der foretages. |
| **Nøjagtighedsklasse** | MID målere har tre nøjagtighedsklasser for elmålere, A, B, og C. De refererer til den maksimalt tilladelige fejl (MPE, Maximum Permissible Error), der skal opfattes som målerens maksimale fejl under indflydelse af såvel den intrinse (indre) målefejl som af de forstyrrende faktorer af lang virkning.<br>Princippet i angivelsen af fejl afviger fra det, der er gældende for målere efter ”de gamle regler”, men stort set svarer A, B og C til de gamle klasser 2, 1 og 0,5 S. |
| **Husholdning** | Privat, ikke erhvervsmæssigt forbrug af el. |
| **Erhverv** | Enhver form for professionel beskæftigelse. Elforbrug fra en virksomhed i hjemmet (f. eks frisørsalon, tegnestue osv.) anses for erhverv. |
| **Let industri** | Industri er produktionsvirksomhed. I Danmark kategoriseres målere til installationssystemspændinger under 1 kV som let industri [Ref. 3]. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Attributmetoden, også kaldet kontrol ved alternativ variation** | Baserer forkastelse eller godkendelse af en stikprøve direkte på en optælling af antallet af emner med for stor fejlvisning. Størrelsen af den enkelte fejlvisning angives ikke. Kaldes i MID for ”inspektion ved alternativ måling”. |
| **Godkendelsestallet (Ac)** | Benyttes til at afgøre, om partiet skal godkendes eller forkastes. Hvis antallet af afvigende enheder i stikprøven er mindre end eller lig med godkendelsestallet, godkendes partiet. Hvis antallet af afvigende enheder er større, forkastes partiet. |
| **AQL (Acceptance Quality Limit)** | AQL er det tilfredsstillende kvalitetsniveau, dvs. hvor stor en andel af fejlramte elmålere, køber kan acceptere i et parti.<br>AQL angives i % og bruges som indgangsparameter til tabeller for stikprøveplaner i henhold til DS/ISO 2859-1.<br>Til AQL-værdien knyttes desuden en acceptsandsynlighed, $P_a$(AQL), som for den aktuelle stikprøveplan angiver, hvor stor sandsynligheden er for at godkende et parti målere, hvori andelen af fejlramte målere rent faktisk er lig AQL. |
| **LQ (Limiting Quality)** | LQ er det utilfredsstillende kvalitetsniveau, angivet i %. Værdien af LQ er større end AQL.<br>LQ benyttes som indgangsparameter til tabeller for stikprøveplaner i henhold til DS/ISO 2859-2.<br>Ligesom til AQL er der til LQ knyttet en acceptsandsynlighed, $P_a$(LQ), som for den aktuelle stikprøveplan angiver, hvor stor sandsynligheden er for at godkende et parti målere, hvori andelen af fejlramte målere rent faktisk er LQ. |
| **Etplansprøvning** | Der udtages kun én stikprøve, og ud fra denne afgøres, om gruppen skal forkastes eller godkendes. |
| **Toplansprøvning** | Der udtages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet. |
| **Inspektionsniveau** | En parameter, der benyttes i DS/ISO 2859, og som bestemmer størrelsen af stikprøven. Normalt anvendes inspektionsniveau II. Sammenlignet hermed giver inspektionsniveau I ca. halvt så store stikprøvestørrelser og inspektionsniveau III dobbelt så store stikprøver. |
| **Afvigende enhed** | En enhed med fejl eller afvigelser, der medfører, at enheden ikke opfylder købers krav. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Kritisk test** | Test af en egenskab, der vurderes så vigtig, at der kun må vælges stikprøveplaner med godkendelsestal nul. Derved bliver risikoen for at godkende partier indeholdende målere med fejl af den type, der testes for, meget lille. |
| **Ikke kritisk test** | Test hvor man accepterer en større risiko for at godkende partier indeholdende afvigende enheder. |
| **Stikprøve** | Den mængde af målere der udtages til prøvning. |
| **$I_n$** | Den specificerede referencestrøm, som en transformerdreven måler er konstrueret til. |
| **$I_{maks}$** | Den højeste strømværdi, hvor fejlen ligger inden for de maksimalt tilladelige fejl. |
| **$I_{min}$** | Den strømværdi, over hvilken fejlen ligger inden for de maksimalt tilladelige fejl. |
| **$I_{tr}$** | Eng: Transition current. For strømme større end denne og op til $I_{maks}$, er grænsen for den maksimalt tilladelige fejl lavest. |

# 11. REFERENCELISTE


Ref. 1: Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=DA

Ref. 2: Sikkerhedsstyrelsens bek. nr. 436 af 16. maj 2006 (Bekendtgørelse om ikrafttræden af EF-direktiv om måleinstrumenter (MID) og om udpegning af notificerede organer) https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27290

Ref. 3: Måleteknisk direktiv - vejledning MDIR 07.51-2, udg. 1, 6. oktober 2006 https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=124807

Ref. 4: DS/EN 62058-31:2010 Elmålingsudstyr (ac) - Godkendelseskontrol – Del 31: Særlige krav for statiske målere til aktiv energi (klasse 0,2 S, 0,5 S, 1 og 2)

Ref. 5: DS/EN 62058-11:2010 Elmålingsudstyr (ac) - Godkendelseskontrol – Del 11: Generelle metoder for godkendelseskontrol

Ref. 6: DS/ISO 2859-1+Cor.1:2001 Metoder for stikprøveinspektion ved alternativ variation - Del 1: Puljer af stikprøveplaner opstillet efter kvalitetsniveau for godkendelse (AQL) for inspektion af partier i fortløbende rækker

Ref. 7: DS/ISO 2859-2 Metoder for stikprøveinspektion ved måling med alternativ variation - Del 2: Stikprøveplaner opstillet efter utilfredsstillende kvalitet (LQ) for inspektion af enkeltstående partier

Ref. 8: DS/ISO 2859-3 Metoder for stikprøveinspektion ved måling med alternativ variation - Del 3: Procedurer for overspringelse af på hinanden følgende partier

Ref. 9: DS/EN 50470-1:2007 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 1: Særlige krav, prøvninger og prøvningsbetingelser - Måleudstyr (klasseindeks A, B og C)

Ref. 10: DS/EN 50470-3:2007 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 3: Særlige krav - Statiske målere til måling af aktiv energi (klasse A, B og C)

Ref. 11: WELMEC Guide 11.1. Measurements Instruments Directive 2004/22/EC, Common Application for Utility Meters, januar 2014 http://www.welmec.org/latest/guides/111.html

Ref. 12: DS/EN 60947-1:2007 Koblingsudstyr for lavspænding - Del 1: Generelle regler

Ref. 13: TR 354, 3. udgave, Verifikation af elmålere, DEFU, februar 2000

# Appendiks A AKKREDITERING OG AKKREDITERINGSORDNINGER

Akkrediteringsprocessen er en uafhængig bedømmelse af en virksomheds kompetence og evne til at udføre en bestemt opgave i overensstemmelse med givne specifikationer. Krav til akkrediterede virksomheder er fastlagt i internationale standarder. Akkrediteringen udføres af et nationalt organ, i Danmark af DANAK.

Et laboratorium, der er akkrediteret af DANAK, bedømmes løbende på teknisk kompetence og uvildighed på det aktuelle område, ligesom der foretages en præstationsprøvning og en vurdering af laboratoriets kvalitetssystem. Kravene til et akkrediteret laboratorium er formuleret i DS/EN ISO/IEC 17025, DS/EN ISO 15189 og i EA´s retningsliner, samt i en række (nationale) tekniske forskrifter, udstedt af DANAK.

Andre lande har tilsvarende akkrediteringsorganer. Inden for Europa foregår der et samarbejde om gensidig anerkendelse af ordningerne i organisationen EA, European cooperation for Accreditation.

Et nationalt akkrediteringsorgan kan blive omfattet af EA´s gensidige accept af akkrediteringsordninger under forudsætning af, at dets regler, organisation, uafhængighed m.v. er i overensstemmelse med EA´s krav.

Organisationen ILAC, International Laboratory Accreditation Cooperation arbejder på samme måde, men på internationalt niveau. ILAC er tæt forbundet med OIML, den internationale organisation for legal metrologi. Et nationalt akkrediteringsorgan kan således opnå anerkendelse af sin akkrediteringsordning af ILAC, hvilket i princippet betyder, at akkrediteringen accepteres af alle de lande, der deltager i ILAC samarbejdet.

For kravene til laboratoriet i nærværende rapport gælder altså:

- Laboratoriet skal være akkrediteret til at udføre de relevante opgaver af det nationale akkrediteringsorgan.
- Hvis det ikke er DANAK, skal akkrediteringsorganet være accepteret af, dvs. deltage i, den Europæiske gensidige anerkendelse under EA eller af den gensidige internationale anerkendelse under ILAC

# Appendiks B KØBSKONTRAKT

Rapporten giver i de enkelte afsnit en række forslag til forhold vedrørende indgangskontrol, der bør være indeholdt i købsaftalen. I dette appendiks er alle de nævnte forslag samlet.

## Udførelse af indgangskontrol

Indgangskontrol og valget af stikprøveplaner bør indskrives i købskontrakten, så parterne er enige herom.

Hvis det vurderes, at fabrikantens kvalitetssystem og afgangskontrol skal erstatte indgangskontrollen, bør dette indgå i kontrakten sammen med en beskrivelse af konsekvenserne. Beskrivelsen skal give afklaringer på ansvarsområder og konsekvenserne af fejl. (Se evt. forslag under 9.1 Afvigende enhed).

Det bør fremgå af kontrakten, hvor stor en mængde fejlramte målere der må forekomme, før evt. aftalte konsekvenser træder i kraft.

## Variationer inden for samme parti

Hvis der er forskellige fabrikater af komponenter, underleverandører af undersamlinger o.l. inden for samme parti, og hvis disse forskelligheder logisk kan opdele partiet i forkastede og godkendte leverancepartier, bør disse forskelligheder i produktionen af målerne om muligt beskrives i kontrakten.

### Afvigende enheder

Kontrakten bør tage stilling til:

- Hvilke afvigende enheder er kritiske og hvilke er ikke (se evt. afsnit 9.1).
- Hvornår er mængden af ikke kritiske afvigende enheder så stor, at partiet forkastes, prisen nedsættes osv.
- Hvad er konsekvensen ved forkastelse af et eller flere partier:
  - Forholdsmæssigt afslag i købesummen (prisen).
  - Inspektion af hele partiet.
  - Reparation af de forkastede målere (hvem betaler omkostningerne?).
  - Ombytning til nye målere (hvem betaler de nye målere og en evt. ny indgangskontrol?).
  - Udskiftning af installerede målere (hvem skal betale, og hvor lang må tidshorisonten være?)

**Overspringelse af partier**

Hvis der er valgt en stikprøveplan for partier i fortløbende rækker, og partiet er så stort, at overspringelse af partier kan blive muligt, skal sælger stå inde for følgende:

- Fabrikanten skal have implementeret og vedligeholdt et kontrolsystem for kvalitet og designændringer. Systemet skal indeholde kontrol af hvert produceret parti, og resultaterne heraf skal gemmes.
- Fabrikanten skal have et system i drift, der
    - opfanger og retter ændringer i kvalitetsniveauet, og
    - overvåger procesændringer, som kan påvirke kvaliteten. Fabrikanten skal udvise ansvarlighed og forståelse for anvendte standarder, systemer og fulgte procedurer.
- Elmålerne skal være produceret kontinuerligt i en specificeret produktionsperiode med et specificeret interval. (Elmålere produceret til andre købere betragtes kun som en del af den kontinuerlige produktion, hvis fabrikant og køber er enige om dette).
- Kvaliteten af produktionen skal fastholde AQL-værdien eller være bedre i en periode aftalt af fabrikant og køber.

**Test**

Sælger bør godkende testprogrammet for indgangskontrollen, hvis denne indgår i købskontrakten.

**Forhandlinger**

Ved forkastelse af enkeltstående inspektion bør stikprøveplaner for kommende partier magen til det forkastede (gen)forhandles.

# Appendiks C STIKPRØVEPLANER

## C.1. FORTLØBENDE RÆKKER

### C.1.1. KRITISK TEST – GODKENDELSESTAL AC = 0

Ved kritiske test ved inspektion af fortløbende rækker ved etplansprøvning efter attributmetoden ved inspektionsniveau II og et godkendelsestal (Ac) på 0 bruges Tabel C.1.

| Antal målere i partiet | Normal inspektion | Skærpet inspektion | Reduceret inspektion |
|---|---|---|---|
| | Stikprøvestørrelse | Stikprøvestørrelse | Stikprøvestørrelse |
| 51-90 | 13 | 20 | 5 |
| 91-150 | 20 | 32 | 8 |
| 151-280 | 32 | 50 | 13 |
| 281-500 | 50 | 80 | 20 |
| 501-1200 | 80 | 125 | 32 |
| 1201-3200 | 125 | 200 | 50 |
| 3201-10000 | 200 | 315 | 80 |
| 10001-35000 | 315 | 500 | 125 |
| 35001-150000 | 500 | 800 | 200 |
| 150001-500000 | 800 | 1250 | 315 |

**Tabel C.1 Godkendelsestal Ac = 0.**

Stikprøvestørrelsen er den samme som for ikke kritisk test. Ved skærpet og reduceret inspektion er stikprøvestørrelsen henholdsvis øget og mindsket.

### C.1.2. IKKE KRITISK TEST - ETPLANSPRØVNING - AQL = 1 %

Ved ikke kritisk test og inspektion af fortløbende rækker ved etplansprøvning efter attributmetoden ved inspektionsniveau II og AQL = 1 % bruges Tabel C.2 - Tabel C.4 for henholdsvis normal, skærpet og reduceret inspektion.

| Normal inspektion | | | |
|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Stikprøvestørrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **51-90** | 13 | 0 | 1 |
| **91-150** | 20 | 0 | 1 |
| **151-280** | 32 | 1 | 2 |
| **281-500** | 50 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 80 | 2 | 3 |
| **1201-3200** | 125 | 3 | 4 |
| **3201-10000** | 200 | 5 | 6 |
| **10001-35000** | 315 | 7 | 8 |
| **35001-150000** | 500 | 10 | 11 |
| **150001-500000** | 800 | 14 | 15 |

**Tabel C.2 Normal inspektion.**

| Skærpet inspektion | | | |
|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Stikprøvestørrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **51-90** | 13 | 0 | 1 |
| **91-150** | 20 | 0 | 1 |
| **151-280** | 32 | 1 | 2 |
| **281-500** | 50 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 80 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 125 | 2 | 3 |
| **3201-10000** | 200 | 3 | 4 |
| **10001-35000** | 315 | 5 | 6 |
| **35001-150000** | 500 | 8 | 9 |
| **150001-500000** | 800 | 12 | 13 |

**Tabel C.3 Skærpet inspektion.**

| Reduceret inspektion | | | |
|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Stikprøvestørrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **51-90** | 5 | 0 | 1 |
| **91-150** | 8 | 0 | 1 |
| **151-280** | 13 | 1 | 2 |
| **281-500** | 20 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 32 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 50 | 2 | 3 |
| **3201-10000** | 80 | 3 | 4 |
| **10001-35000** | 125 | 5 | 6 |
| **35001-150000** | 200 | 6 | 7 |
| **150001-500000** | 315 | 8 | 9 |

**Tabel C.4 Reduceret inspektion.**

### C.1.3. IKKE KRITISK TEST - TOPLANSPRØVNING – AQL = 1 %

Ved inspektion af fortløbende rækker ved toplansprøvning efter attributmetoden, inspektionsniveau II, og AQL = 1 % bruges Tabel C.5 - Tabel C.7 for henholdsvis normal, skærpet og reduceret inspektion. Godkendelses- og forkastelsestallene angivet i rækkerne for 2. stikprøve gælder for det samlede resultat af 1. og 2. stikprøve.

| Normal inspektion | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Prøve** | **Stikprøve-størrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **281-500** | 1. | 32 | 0 | 2 |
| | 2. | 32 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 1. | 50 | 0 | 3 |
| | 2. | 50 | 3 | 4 |
| **1201-3200** | 1. | 80 | 1 | 3 |
| | 2. | 80 | 4 | 5 |
| **3201-10000** | 1. | 125 | 2 | 5 |
| | 2. | 125 | 6 | 7 |
| **10001-35000** | 1. | 200 | 3 | 6 |
| | 2. | 200 | 9 | 10 |
| **35001-150000** | 1. | 315 | 5 | 9 |
| | 2. | 315 | 12 | 13 |
| **150001-500000** | 1. | 500 | 7 | 11 |
| | 2. | 500 | 18 | 19 |

**Tabel C.5 Normal inspektion.**

| Skærpet inspektion | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Prøve** | **Stikprøve-størrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **281-500** | 1. | 32 | 0 | 2 |
| | 2. | 32 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 1. | 50 | 0 | 2 |
| | 2. | 50 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 1. | 80 | 0 | 3 |
| | 2. | 80 | 3 | 4 |
| **3201-10000** | 1. | 125 | 1 | 3 |
| | 2. | 125 | 4 | 5 |
| **10001-35000** | 1. | 200 | 2 | 5 |
| | 2. | 200 | 6 | 7 |
| **35001-150000** | 1. | 315 | 4 | 7 |
| | 2. | 315 | 10 | 11 |
| **150001-500000** | 1. | 500 | 6 | 10 |
| | 2. | 500 | 15 | 16 |

**Tabel C.6 Skærpet inspektion.**

| Reduceret inspektion | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Antal elmålere i partiet** | **Prøve** | **Stikprøve-størrelse** | **Godkendelse, max. antal med for stor fejl** | **Forkastelse, min. antal med for stor fejl** |
| **281-500** | 1. | 20 | 0 | 2 |
| | 2. | 20 | 1 | 2 |
| **501-1200** | 1. | 32 | 0 | 3 |
| | 2. | 32 | 3 | 4 |
| **1201-3200** | 1. | 50 | 1 | 3 |
| | 2. | 50 | 4 | 5 |
| **3201-10000** | 1. | 80 | 2 | 4 |
| | 2. | 80 | 5 | 6 |
| **10001-35000** | 1. | 125 | 3 | 6 |
| | 2. | 125 | 7 | 8 |
| **35001-150000** | 1. | 200 | 4 | 7 |
| | 2. | 200 | 10 | 11 |
| **150001-500000** | 1. | 315 | 5 | 9 |
| | 2. | 315 | 12 | 13 |

**Tabel C.7 Reduceret inspektion.**

## C.2. ENKELTSTÅENDE INSPEKTION

I de følgende afsnit gennemgås de stikprøveplaner, der kan bruges for MID målere under enkeltstående inspektion.

### C.2.1. KRITISK TEST – GODKENDELSESTAL AC = 0

Ved kritisk test ved enkeltstående inspektion ved etplansprøvning efter attributmetoden ved inspektionsniveau II og et godkendelsestal (Ac) på 0 Tabel C.8.

| Antal elmålere i partiet | Stikprøvestørrelse | Godkendelsestal, Ac |
|---|---|---|
| 26-50 | 28 | 0 |
| 51-90 | 34 | 0 |
| 91-150 | 38 | 0 |
| 151-280 | 42 | 0 |
| 281-500 | 50 | 0 |
| 501-1200 | 80 | 0 |
| 1201-3200 | 125 | 0 |
| 3201-10000 | 200 | 0 |
| 10001-35000 | 315 | 0 |
| 35001-150000 | 500 | 0 |
| 150001-500000 | 500 | 0 |

**Tabel C.8 Procedure A, Ac=0.**

### C.2.2. IKKE KRITISK TEST – UTILFREDSSTILLENDE KVALITETSNIVEAU LQ = 5 % - PROCEDURE A

Ved ikke kritisk test ved enkeltstående inspektion og etplansprøvning efter attributmetoden ved inspektionsniveau II, procedure A, bruges Tabel C.9.

Ved etplansprøvning er der ikke noget interval mellem det antal afvigende enheder, der fører til henholdsvis godkendelse og forkastelse, men for bedre at kunne sammenligne med de efterfølgende tabeller, er både godkendelses- og forkastelsestal medtaget i Tabel C.9.

| Antal elmålere i partiet | Stikprøvestørrelse | Godkendelse, max. antal med for stor fejl | Forkastelse, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|
| **51-90** | 34 | 0 | 1 |
| **91-150** | 38 | 0 | 1 |
| **151-280** | 42 | 0 | 1 |
| **281-500** | 50 | 0 | 1 |
| **501-1200** | 80 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 125 | 3 | 4 |
| **3201-10000** | 200 | 5 | 6 |
| **10001-35000** | 315 | 10 | 11 |
| **35001-150000** | 500 | 18 | 19 |
| **150001-500000** | 500 | 18 | 19 |

**Tabel C.9 Etplansprøvning, procedure A, LQ = 5,0 %.**

Ved toplansprøvning bruges samme stikprøvestørrelse i 1. og 2. plan, se Tabel C.10. Godkendelses- og forkastelsestallene angivet i rækkerne for 2. stikprøve gælder for det samlede resultat af 1. og 2. stikprøve.

| Antal elmålere i partiet | Prøve | Stikprøve-størrelse | Godkendelse, max. antal med for stor fejl | Forkastelse, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| **81-1200** | 1. | 50 | 0 | 2 |
| | 2. | 50 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 1. | 80 | 1 | 4 |
| | 2. | 80 | 4 | 5 |
| **3201-10000** | 1. | 125 | 2 | 5 |
| | 2. | 125 | 6 | 7 |
| **> 10000** | 1. | 200 | 5 | 9 |
| | 2. | 200 | 12 | 13 |

**Tabel C.10 Toplansprøvning, procedure A, LQ = 5,0 %.**

### C.2.3. IKKE KRITISK TEST – UTILFREDSSTILLENDE KVALITETSNIVEAU LQ = 5 % - PROCEDURE B

Ved ikke kritisk test ved enkeltstående inspektion og etplansprøvning efter attributmetoden ved inspektionsniveau II, procedure B, bruges Tabel C.11.

| Antal elmålere i partiet | Stikprøvestørrelse | Godkendelsestal, Ac |
|---|---|---|
| **81-1200** | 80 | 1 |
| **1201-3200** | 125 | 3 |
| **3201-10000** | 200 | 5 |
| **> 10000** | 315 | 10 |

**Tabel C.11 Etplansprøvning, procedure B, LQ = 5,0 %.**

Ved toplansprøvning bruges samme stikprøvestørrelse i 1. og 2. plan, se Tabel C.12. Godkendelses- og forkastelsestallene angivet i rækkerne for 2. stikprøve gælder for det samlede resultat af 1. og 2. stikprøve. Tabel C.12 er identisk med Tabel C.10 for toplansprøvning efter procedure A, da OC-kurverne for de to procedurer er ens, når godkendelsestallet er større end 0.

| Antal elmålere i partiet | Prøve | Stikprøve-størrelse | Godkendelse, max. antal med for stor fejl | Forkastelse, min. antal med for stor fejl |
|---|---|---|---|---|
| **81-1200** | 1. | 50 | 0 | 2 |
| | 2. | 50 | 1 | 2 |
| **1201-3200** | 1. | 80 | 1 | 4 |
| | 2. | 80 | 4 | 5 |
| **3201-10000** | 1. | 125 | 2 | 5 |
| | 2. | 125 | 6 | 7 |
| **> 10000** | 1. | 200 | 5 | 9 |
| | 2. | 200 | 12 | 13 |

**Tabel C.12 Toplansprøvning, procedure B, LQ = 5,0 %.**

## C.3. 100 % INSPEKTION

Ved 100 % inspektion bruges Tabel C.13.

| Afvigende enhed | Partistørrelse | Godkendelsestal, Ac |
|---|---|---|
| **Kritisk** | Alle partistørrelser | 0 |
| **Ikke kritisk** | 1-49 | 0 |
| | 50-149 | 1 |
| | 150-249 | 2 |
| | 250-349 | 3 |
| | 350-449 | 4 |
| | 450-549 | 5 |
| | 550-649 | 6 |
| | 650-749 | 7 |
| | 750-849 | 8 |
| | 850-949 | 9 |
| | 950-1000 | 10 |

**Tabel C.13 100 % inspektion.**

Ved 100 % inspektion accepteres partiet, hvis følgende betingelser er opfyldt:

- Der er ingen kritisk afvigende enhed.
- Antallet af målere med afvigende enheder overstiger ikke antallet angivet i Tabel C.13
- Det samlede antal af afvigende enheder for hver enkelt måler overstiger ikke det dobbelte af antallet angivet i Tabel C.13.

## C.4. EKSEMPLER PÅ GODKENDELSE OG FORKASTELSE

Formålet med følgende eksempler er at illustrere, hvordan stikprøveplantabellerne bruges i forbindelse med enkeltstående inspektion.

### C.4.1. KRITISK TEST – GODKENDELSESTAL 0

Der anvendes
- enkeltstående inspektion
- etplansprøvning efter attributmetoden
- godkendelsestal (Ac) på 0.

Ved ovenstående parametre bruges Tabel C.8.

Et parti elmålere på 200 målere betragtes. Stikprøvestørrelsen er 42, Ac = 0.

### C.4.2. IKKE KRITISK TEST - TOPLANSPRØVNING MED PROCEDURE A OG LQ=5 %

Der anvendes
- enkeltstående inspektion
- toplansprøvning efter attributmetoden
- inspektionsniveau II
- LQ på 5 %.

Tabel C.10 Toplansprøvning, procedure A, LQ = 5,0 %, benyttes.

**Eksempel 1:**

Et parti elmålere på 500 stk. betragtes.

Der udtages en første stikprøve på 50 stk. En dumper, og partiet er stadig hverken godkendt eller forkastet.

En ny stikprøve udtages, ligeledes på 50 blandt de resterende målere i partiet. Anden gang dumper to elmålere; totalt er 1 + 2 = 3 elmålere dumpet. Ifølge tabellen må kun én elmåler dumpe for begge stikprøver tilsammen. Partiet dumper derfor.

Dette betyder, at proceduren for forkastede elmålere skal iværksættes, se afsnit 9.

**Eksempel 2:**

Et parti elmålere på 1500 stk. betragtes.

Der udtages en stikprøve på 80 stk. To dumper, partiet er stadig hverken godkendt eller forkastet.

En ny stikprøve udtages, ligeledes på 80. Anden gang dumper én elmåler, og totalt er 2 + 1 = 3 elmålere dumpet. Ifølge tabellen må fire elmålere dumpe for begge stikprøver tilsammen, hvilket er opfyldt. Partiet accepteres derfor.

Dette betyder:

- at de afvigende elmålere skal vurderes med hensyn til, om de skal kasseres eller kan repareres
- at de i alt 157 (2 gange 80 minus 3) elmålere, der blev accepteret ved stikprøven, kan returneres til partiet, men skal verificeres af fabrikanten, hvis de har været underkastet en visuel test, hvorunder verifikationsplomben er blevet brudt.

Se proceduren for godkendelse og forkastelse af elmålere afsnit 9.

### C.4.3. 100 % INSPEKTION

Tabel C. 13 benyttes.

100 målere prøves med følgende resultat:

- Der er ingen kritiske afvigende enheder
- Prøvningsresultatet for en måler viser to ikke kritiske afvigende enheder.

Af Tabel C.13 og godkendelsesbetingelserne anført under tabellen ses, at det maksimalt tilladte antal målere med ikke kritiske fejl er Ac = 1. Dette er opfyldt.

Den afvigende måler har to afvigende enheder, hvilket ikke overstiger $2 \cdot Ac = 2$. Den sidste godkendelsesbetingelse er således også opfyldt, hvorfor partiet godkendes.

Hvis måleren havde haft tre ikke kritiske afvigende enheder, ville partiet være blevet forkastet.

# Reglerne for elmåling

## 1. Legal metrologi

Udgangspunktet for behandlingen af energimåling i nærværende håndbog er, at målingerne på den ene eller anden måde udgør basis for betaling. Derved kommer målingerne til at ligge inden for rammerne af, hvad der betegnes som legal metrologi.

Et af kendetegnene for dette område er, at der er mindst to parter, der skal være enige om, at målingerne er korrekte. I det omfang parterne er "professionelle" erhvervsvirksomheder, og værdien af den målte størrelse er betydelig, antager man, at parterne selv har kapacitet til at gennemskue målingens kvalitet. For små virksomheder og privatforbrugere kan man ikke gå ud fra dette, og der vil derfor som oftest være en national lovgivning, der sikrer, at målingen har en passende kvalitet.

For måling af (aktiv) elektrisk energi er forholdet i Danmark således, at Sikkerhedsstyrelsen har fastsat bestemmelser, der sikrer en minimumskvalitet af måling i husholdninger, erhvervsmiljøer og lette industrimiljøer.

Ved måling af større forbrug (transformermålinger af fx store industrikunder) samt elproduktion er det den systemansvarlige virksomhed, Energinet.dk, der fastsætter minimumskravene til målesystemerne.

## 2. EU og internationale regler

Danske virksomheder er kun forpligtigede til at følge de nationale regler, men mange af de nationale regler er indført som følge af EU-direktiver på området.

Et EU-direktiv gælder ikke direkte som national ret i medlemslandene, men medlemslandene skal inden for en tidsfrist angivet i direktivet gennemføre direktivet i national ret.

Direktiver fastlægger som udgangspunkt et mål, der skal nås. Medlemslandene kan derefter i et vist omfang selv bestemme form og midler til gennemførelse af direktivet. I Danmark kan et direktiv for eksempel gennemføres ved en lov eller en bekendtgørelse.

Måleinstrumentdirektivet, MID [Ref. 1], er et eksempel på et direktiv med meget detaljerede bestemmelser, som ikke giver medlemslandene meget råderum i forbindelse med den nationale gennemførelse af direktivet. Der er dog den mulighed, at et land kan fravælge at have nationale regler på et af delområderne i MID og dermed heller ikke behøver at indføre MIDs bestemmelser på dette område i national lovgivning. I Danmark blev MID indført i 2006, og en ny udgave af direktivet blev implementeret ved BEK 313 af 30. marts 2016 [Ref. 2].

MID angiver krav til en række måleinstrumenter, deriblandt elmålere. For elmålere er kravene begrænset til "elforbrugsmålere til anvendelse i husholdninger, erhvervsmiljøer og lette industrimiljøer", men EU-kommissionen har besluttet, at også måling af aftag af elektricitet hører under MID og har givet standardiseringsorganisationerne mandat til at tage højde for det i de harmoniserede standarder. MIDs krav gælder kun for markedsføring og ibrugtagning. Når måleinstrumentet er taget i brug, gælder alene nationale regler (fx om driftskontrol).

For at et måleinstrument omfattet af MID kan markedsføres og tages i brug, skal der foreligge en overensstemmelsesvurdering. En sådan vurdering skal foretages af et bemyndiget organ og kan for elmålere udføres på to måder:

- En typeafprøvning og enten en erklæring om typeoverensstemmelse baseret på kvalitetssikring af produktionen eller en overensstemmelseserklæring baseret på fuld kvalitetssikring plus konstruktionsundersøgelse (MIDs bilag B og D eller H1)
- En typeafprøvning og en erklæring om typeoverensstemmelse baseret på produktverifikation (MIDs bilag B og F)

Den første mulighed er det naturlige valg for elmålerfabrikanter, der – formentlig uden undtagelse – har et kvalitetsstyringssystem.

Selv om MID indeholder en række tekniske krav til elmålerne, er der stadig detaljer, der ikke er præcist beskrevet eller slet ikke er omtalt. WELMEC, der er den europæiske samarbejdsorganisation inden for legal metrologi, diskuterer disse detaljer og udarbejder vejledninger (guides) til fortolkning og praktisk implementering af kravene. WELMECs vejledninger bliver forelagt EUs Udvalg for Måleinstrumenter, og de godkendte vejledninger bliver lagt ud på WELMECs hjemmeside, www.welmec.org.

WELMECs vejledninger er primært til brug i forbindelse med godkendelse af måleinstrumenter, men de indikerer også, hvad man som bruger skal sikre sig er dokumenteret for nye målere.

Den internationale organisation for legal metrologi, OIML, udarbejder også normative dokumenter for måleinstrumenter. Opfyldelsen af dele af disse OIML-dokumenter er i et vist omfang blevet anerkendt af EU som dokumentation for, at væsentlige krav i MID er overholdt. Ulempen ved OIML-dokumenterne er, at de skal dække hele verden og dermed ikke kan skræddersys til MID på samme måde som WELMECs vejledninger.

Elmåling i områder, der ikke er omfattet af MID, skal ske efter de nationale regler, som dog i vidt omfang henviser til internationale standarder.

# 3. Internationale regler

## 3.1 EU direktiver

Flere EU-direktiver har betydning for området elmåling.

Måleinstrumentdirektivet, MID, som er omtalt ovenfor, er det vigtigste af disse direktiver. De væsentlige krav, som elmålere skal opfylde ifølge MID, er angivet i direktivets bilag I samt i bilag V

I direktivet om fælles regler for det indre marked for elektricitet, 2009/72/EF [Ref. 3] er der medtaget et krav vedrørende ”intelligente målersystemer”. I Bilag I i dette direktiv blev det krævet, at medlemslandene senest den 3. september 2012 skulle give en vurdering af ”alle de langsigtede ulemper og fordele for markedet og den enkelte forbruger eller en vurdering af, hvilken form for intelligent målersystem er økonomisk velbegrundet og omkostningseffektiv, og hvilken tidsramme er gennemførlig for deres distribution”.

Fra dansk side var svaret i første omgang (på grundlag af en analyse fra 2009), at det ikke var økonomisk velbegrundet at sænke grænsen for timeaflæsning af kunder. EU-kommissionen blev dog samtidigt informeret om, at denne analyse ville blive opdateret. I 2013 viste nye analyser, at det var økonomisk fornuftigt, og der blev i december 2013

udsendt en bekendtgørelse, der pålægger netselskaberne at installere fjernaflæste elmålere hos alle kunder senest 31. december 2020 [Ref. 18].

Et nyt energieffektivitetsdirektiv, 2012/27/EU [Ref. 21], blev vedtaget i 2012 og er blevet implementeret i medlemslandenes lovgivning i 2014. Samtidig blev det tidligere energieffektivitetsdirektiv ophævet. Det nye direktiv indeholder i artikel 9 nogle krav til fjernaflæste elmålere. De fleste af disse krav er medtaget i BEK 1358 af 3/12/2013 om fjernaflæste elmålere [Ref. 18].

## 3.2 EU-forordninger

En EU-forordning har retsvirkning i alle medlemslande, når den er vedtaget i EU-Parlamentet. Den skal således ikke først implementeres i de enkelte landes lovgivning. Der kan dog også i en forordning være åbnet op for nationale regler på enkelte punkter.

En forordning, der har betydning for håndtering af elmålerdata, er persondataforordningen, som blev vedtaget i starten af 2016. Forordningen vil fra 25. maj 2018 erstatte de nugældende regler i persondataloven fra 1995. Mange af reglerne i persondataforordningen findes også i persondataloven, men persondataforordningen stiller mere præcise krav til bl.a. information af kunder og datasikkerhed og har specielt fokus på profilering af kunder ud fra de registrerede data.

## 3.3 OIML

OIML er den internationale organisation for legal metrologi, se www.oiml.org.

De vigtigste af OIMLs publikationer er ”internationale rekommandationer” og ”dokumenter”. En international rekommandation (i det følgende blot kaldt rekommandation) er tænkt som en model for national eller regional lovgivning vedrørende et måleinstruments metrologiske og tekniske egenskaber. Rekommandationerne beskriver også afprøvningen af instrumenterne og minder således om internationale standarder.

Et OIML-dokument er en informerende tekst, der skal bidrage til at lette og forbedre arbejdet i de metrologiske serviceorganisationer.

Rekommandationen R46 om elmålere til måling af aktiv energi er blevet revideret i 2013, og den nyeste udgave er tilgængelig på OIMLs hjemmeside [Ref. 4]. Blandt øvrige OIML-dokumenter med relation til elmålere kan nævnes D11 om generelle krav til elektroniske måleinstrumenter [Ref. 5] og D31 om generelle krav til softwarestyrede måleinstrumenter [Ref. 6].

## 3.4 WELMEC

WELMEC var oprindelig en forkortelse af Western European Legal MEtrologi Cooperation. Da samarbejdet nu er udvidet til at omfatte en række østeuropæiske lande i takt med optagelsen af disse lande i EU, er ordet Western slettet, men forkortelsen bibeholdt. WELMEC er nærmere beskrevet i [Ref. 20].

WELMECs arbejdsgrupper udarbejder og vedligeholder en række vejledninger (guides), der anvendes af fabrikanter og bemyndigede organer i forbindelse med MID godkendelse. De arbejdsgrupper, der primært er relevante i forbindelse med elmålere, er:

- WG 7 Software
- WG 11 Forsyningsmålere (utility meters).

De vigtigste vejledninger (guides) er:

- Guide 7.2 Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC)
- Guide 11.1 Measuring Instruments Directive 2004/22/EC Common Application for utility meters
- Guide 11.2 Guideline on time depending consumption measurements for billing purposes (interval metering)
- Guide 11.3 Guide for sealing of utility meters
- Guide 11.5 Utility meters and ancillary devices.

Guide 7.2 [Ref. 7] angiver krav til software i måleinstrumenter. Kravene er gradueret efter, hvilken risikoklasse måleinstrumentet er placeret i. Risikoklassen (fra A til F) benyttes til at angive, hvilket niveau man ønsker på beskyttelsen og undersøgelsen af softwaren, samt hvilken overensstemmelse man ønsker mellem softwaren i det afprøvede eksemplar og i senere leverede måleinstrumenter. Elmålere er placeret i risikoklasse C, som angiver et middelniveau i alle tre forhold,
Guiden angiver bl.a., hvilke krav der skal være opfyldt, for at man kan downloade ny software i en elmåler. Man skelner i den forbindelse mellem den legale del af softwaren, som vedrører selve målingen, og den øvrige del af softwaren, som kan varetage andre funktioner. Hvis al software skal kunne downloades, skal elmåleren opfylde Extension D i guiden. Ønsker man kun at downloade ikke-legal software, behøver elmåleren kun at opfylde Extension S, hvor der er skabt en klar adskillelse mellem de to dele af softwaren.

Guide 11.1 [Ref. 8] giver fortolkninger af en række bestemmelser i MID, dels generelle for alle typer af forbrugsmålere og dels specielle for de enkelte typer, deriblandt elmålere.

Guide 11.2 [Ref. 9] var tænkt som et input til standardiseringsorganisationernes arbejde med EU-mandat M/441, se nedenfor. Den beskriver de krav, man bør stille til f.eks. timeaflæste elmålere, hvad angår lagring af data, nøjagtighed af tidsmåling m.m.

Guide 11.3 [Ref. 20] beskriver, hvorledes den legale del af en måler skal være sikret ved plombering, så det kan kontrolleres, om der er foretaget eller forsøgt foretaget uautoriserede indgreb i måleren.

Guide 11.5 [Ref. 22]. beskriver de krav, man skal stille til eksterne enheder, der er tilkoblet elmåleren, men som ikke er en del af elmåleren. Sådanne enheder må ikke kunne påvirke elmålerens funktion eller målenøjagtighed.

## 3.5 IEC og CENELEC

IEC er den internationale standardiseringsorganisation på elområdet, mens CENELEC er den tilsvarende europæiske organisation. Der er etableret et tæt samarbejde mellem IEC og CENELEC. Nye standardiseringsprojekter på elmåleområdet startes normalt i IEC, og CENELEC-versionen adskiller sig kun fra IEC-udgaven ved mindre ændringer, f.eks. et bilag, der angiver, hvorledes standarden lever op til kravene i MID.

For elmålere, der er omfattet af MID, er følgende europæiske standarder centrale:

- DS/EN 50470-1:2007 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 1: Særlige krav, prøvninger og prøvningsbetingelser - Måleudstyr (klasseindeks A, B og C)
- DS/EN 50470-3:2007 Elmålingsudstyr (a.c.) - Del 3: Særlige krav - Statiske målere til måling af aktiv energi (klasse A, B og C)
- DS/EN 62058-31:2010 Elmålingsudstyr (AC) - Godkendelseskontrol - Del 31: Særlige krav til statiske målere til aktiv energi (klasse 0,2 S, 0,5 S, 1 og 2 samt klasseindeks A, B og C)

Der findes desuden en standard for elektromekaniske MID-målere, men sådanne målere vil næppe blive anvendt i Danmark.

For elmålere til andre anvendelser end dem, der er omfattet af MID, er følgende standarder relevante:

- DS/EN 62053-11:2003 Elmålingsudstyr (vekselstrøm) - Særlige krav - Del 11: Elektromekaniske målere til aktiv energi (klasse 0,5 1 og 2)
- DS/EN 62053-21:2003 Elmålingsudstyr (vekselstrøm) - Særlige krav - Del 21: Statiske målere til aktiv energi (klasse 1 og 2)
- DS/EN 62053-22:2003 Elmålingsudstyr (vekselstrøm) - Særlige krav - Del 22: Statiske målere til aktiv energi (klasse 0,2 S og 0,5 S)
- DS/EN 62053-23:2003 Elmålingsudstyr (vekselstrøm) - Særlige krav - Del 23: Statiske målere til reaktiv energi (klasse 2 og 3)
- DS/EN 62053-24:2014 Elmålingsudstyr (vekselstrøm) - Særlige krav - Del 24: Statiske målere til måling af reaktiv energi ved driftsfrekvensen (klasse 0,5 S, 1 S og 1).

I 2009 blev der igangsat et standardiseringsarbejde i Europa, foranlediget af et mandat fra EU-kommissionen til standardiseringsorganisationerne, CEN, CENELEC og ETSI. Formålet med mandatet var at få etableret standarder for kommunikation til og mellem forskellige typer af forbrugsmålere (gas, vand, varme og el) og for de ekstra funktioner, der blev implementeret i de nye ”smarte” målere. CENELEC dækkede elmåleområdet, CEN tog sig af standarder for de tre andre målertyper og ETSI dækkede kommunikation på offentlige netværk. Arbejdet er nu praktisk taget afsluttet og har resulteret i en række tekniske rapporter..

EU-kommissionen har i 2015 udsendt et nyt standardiseringsmandat i relation til MID, kaldet M/541. Kommissionen beder heri organisationerne om bl.a. at udarbejde standarder for elmålere til brug i forbindelse med elektrisk transport (fx i elbilsladestandere) samt at medtage krav til elmålere, der skal måle både import og eksport af energi, i de harmoniserede standarder. Kommissionen ønsker arbejdet afsluttet i 2017.

Standarder er ikke frit tilgængelige på internettet, men skal købes hos Dansk Standard, www.ds.dk, eller IEC, www.iec.ch

# 4. Nationale regler

## 4.1 Sikkerhedsstyrelsen

Sikkerhedsstyrelsen under Erhvervs- og Vækstministeriet er den øverste myndighed på elmåleområdet, når det gælder måling af forbruget af elektrisk energi, som er omfattet af bekendtgørelsen om individuel måling af el, gas, vand og varme (BEK 563 fra 2014 [Ref. 10]). Det er beskrevet i BEK 1035 fra 2006 [Ref. 11] med efterfølgende ændringer.

I BEK 1035 beskrives reglerne for såvel elmålere, der falder ind under MID, som for øvrige elmålere, omfattet af BEK 563, og bekendtgørelsen indeholder bl.a. følgende kapitler:

- Overensstemmelsesvurdering i henhold til MID
- Typegodkendelse af måleudstyr, som ikke er omfattet af MID
- Førstegangsverifikation af måleudstyr, som ikke er omfattet af MID
- Reverifikation af alt måleudstyr
- Tilsyn, markedsovervågning og håndhævelse mv.

MID angiver kun de krav, der skal være opfyldt for en elmåler, indtil den er markedsført og/eller taget i brug. Det er de enkelte medlemslande, der formulerer kravene vedrørende ibrugtagne målere.

Reglerne er yderligere præciseret i en række måletekniske vejledninger og meddelelser. Heriblandt skal nævnes:

- Måleteknisk Vejledning MV 07.51-02 Vejledning om bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug [Ref. 12]
- Måletekniske vejledninger om driftskontrol (MV 7-51-01 [Ref. 23] og MV 7-51-03 [Ref.24])
- Måleteknisk Meddelelse MM.133 Anvendelse af elmålere i forbindelse med måletransformatorer [Ref. 13]
- Måleteknisk Meddelelse MM.256 Elmålere. Ændring af parametre efter ibrugtagning [Ref. 14].

De to nævnte, måletekniske meddelelser angiver bl.a. mulighederne for at ændre parametreringen af elmåleren i tilfælde af, at den skal anvendes sammen med en måletransformer med et andet omsætningsforhold end det, elmåleren fra starten er sat op til at håndtere. MM.256 gælder kun for MID-elmålere.

## 4.2 Energinet.dk

Energinet.dk's opgaver vedrørende elmåling er beskrevet i BEK nr. 821 af 29/06/2011 [Ref. 15], hvori det i § 8 stk. 1 er angivet, at

"Energinet.dk skal efter drøftelse med net-, transmissions- og elhandelsvirksomheder udarbejde måleforskrifter til afregnings- og systemdriftsformål, som er nødvendige for varetagelsen af Energinet.dk's opgaver. Måleforskrifterne skal indeholde krav til net- og transmissionsvirksomhedernes målinger af forbrug, produktion og eludveksling, herunder krav til

1) omfanget af de målinger, som selskaberne skal foretage, herunder i hvilken grad elforbrug skal måles
2) nøjagtigheden af de enkelte målinger og
3) formidlingen af målinger til berørte parter, herunder inden for hvilke tidsfrister målingerne skal videreformidles."

Forskrifterne for elmåling kan findes på Energinet.dk's hjemmeside:

- Forskrift D1: Afregningsmåling og afregningsgrundlag [Ref. 16]
- Forskrift D2: Tekniske krav til elmåling [Ref. 17].

Forskrift D1 giver de overordnede krav til målingen, og D2 indeholder de tekniske krav, f.eks. til målenøjagtighed, anvendelse af kontrolmåler, måling af reaktiv energi osv. Forskrift D2 henviser i vidt omfang til rapporter i nærværende håndbog.

## 4.3 Energistyrelsen

Energistyrelsen fastlægger rammerne for netselskaberne.

På elmåleområdet nedsatte Energistyrelsen i 2009 tre arbejdsgrupper, der undersøgte de økonomiske forhold i forbindelse med indførelse af fjernaflæste elmålere og formulerede en række krav til, hvilke ekstra funktioner sådanne fjernaflæste elmålere i givet fald skulle have.

På grundlag af dette arbejde blev der i 2011 udarbejdet en bekendtgørelse med krav til direkte tilsluttede, fjernaflæste elmålere, som netselskabet installerede af egen drift. Be-

kendtgørelsen, BEK 783 af 29/6/2011, er nu afløst af BEK 1358 af 3/12/2013 [Ref. 18], som trådte i kraft den 10. december 2013, og som pålægger netselskaberne at installere fjernaflæste elmålere hos alle slutbrugere af elektricitet inden 31. december 2020. BEK 1358 af 3/12/2013 indeholder de samme tekniske krav til elmålerne som BEK 783 af 29/6/2011.

# 5. Referencer og links


1. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/32/EU af 26. februar 2014 om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=DA

2. BEK nr. 313 30/03/2016. Bekendtgørelse om tilgængeliggørelse på markedet af måleinstrumenter
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=179065

3. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/72/EF af 13. juli 2009 om fælles regler for det indre marked for elektricitet
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:DA:PDF

4. OIML R 46-1, 46-2 og 46-3 Active Electrical Energy Meters
https://www.oiml.org/en/publications/recommendations/publication_view?p_type=1&p_status=1

5. OIML D11 General requirements for electronic measuring instruments, 2004
https://www.oiml.org/en/publications/documents/publication_view?p_type=2&p_status=1

6. OIML D31 General requirements for software controlled measuring instruments, 2008
http://www.oiml.org/en/files/pdf_d/d031-e08.pdf

7. WELMEC Guide 7.2 Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC)
http://www.welmec.org/latest/guides/72.html

8. WELMC Guide 11.1 Measuring Instruments Directive 2004/22/EC Common Application for utility meters, januar 2014
http://www.welmec.org/latest/guides/111.html

9. WELMEC Guide 11.2 Guideline on time depending consumption measurements for billing purposes (interval metering), maj 2010
http://www.welmec.org/latest/guides/112.html

10. BEK 563 af 02/06/2014 Bekendtgørelse om individuel måling af el, gas, vand, varme og køling
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=82664

11. BEK 1035 af 17/10/2006 Bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=27368

12. Måleteknisk Vejledning MV 07.51-02 Vejledning om bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=124807

13. Måleteknisk Meddelelse MM.133 Anvendelse af elmålere i forbindelse med måletransformatorer
http://www.sik.dk/Virksomhed/Metrologi/Regler-og-vejledning-om-metrologi/Maaletekniske-meddelelser

14. Måleteknisk Meddelelse MM.256 Elmålere. Ændring af parametre efter ibrugtagning
http://www.sik.dk/Virksomhed/Metrologi/Regler-og-vejledning-om-metrologi/Maaletekniske-meddelelser

15. BEK nr. 821 af 29/06/2011 Bekendtgørelse om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet m.v.
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=138029

16. Forskrift D1: Afregningsmåling og afregningsgrundlag, marts 2016, Rev. 4.11
http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Forskrift%20D1_Afregningsm%c3%a5ling_Marts%202016_G%c3%86LDENDE.pdf

17. Forskrift D2: Tekniske krav til elmåling. maj 2007, Rev. 1
http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Forskrift%20D2%20Tekniske%20krav%20til%20elm%C3%A5ling.pdf

18. BEK 1358 af 3/12/2013 Bekendtgørelse om fjernaflæste elmålere og måling af elektricitet i slutforbruget
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=160434

19. WELMEC 1, WELMEC – An introduction, marts 2011
http://www.welmec.org/latest/guides/1.html

20. WELMEC Guide 11.3 Guide for sealing of utility meters, maj 2012
http://www.welmec.org/latest/guides/113.html

21. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2012/27/EU af 25. oktober 2012 om energieffektivitet, om ændring af direktiv 2009/125/EF og 2010/30/EU samt om ophævelse af direktiv 2004/8/EF og 2006/32/EF
http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!CELEXnumdoc&lg=da&numdoc=312L0027

22. WELMEC Guide 11.5 Utility meters and ancillary devices, 2015
http://www.welmec.org/latest/guides/115/

23. Måleteknisk vejledning MV 07.51-01, udgave 3, Elmålere. Kontrolsystem for ikke-MID-godkendte elmålere i drift, maj 2014
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=162990

24. Måleteknisk vejledning MV 07.51-03, udgave 2, Elmålere. Kontrolsystem for MID-godkendte elmålere i drift, maj 2014
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=162989

# Symboler og betegnelser anvendt i håndbogen Elmåling

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Afvigende enhed** | En enhed med fejl eller afvigelser, der medfører, at enheden ikke opfylder købers krav. |
| **AQL** | AQL kan opfattes som et acceptabelt kvalitetsniveau og angives normalt i %. Det er den maksimale andel uacceptable elmålere med fejlvisninger i partiet.<br>AQL er en indgangsparameter til ISO-standardernes tabeller over stikprøveplaner. |
| **Attributmetoden, også kaldet kontrol ved alternativ variation** | Baserer forkastelse eller godkendelse af en stikprøve direkte på en optælling af antallet af emner med for stor fejlvisning. Størrelsen af den enkelte fejlvisning angives ikke. Kaldes i MID for ”inspektion ved alternativ måling”. |
| **Attributstikprøvning** | Se ”Attributmetoden” ovenfor. |
| **Basisstrøm, $I_b$** | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt. Bemærk at basisstrøm anvendes både for Ferraris- og elektroniske elmålere for klasserne 2, 1 og 0,5 (klasse 0,5 gælder kun for Ferrarismålere). Bemærk, at basisstrøm kun anvendes for direkte tilsluttede elmålere, der ikke er godkendt efter MID. |
| **Byrde** | Betegnelsen for belastningen på sekundærsiden af en strøm- eller spændingstransformer, der angives i VA ved en given effektfaktor cosβ, samt enten en given sekundær mærkestrøm ved strømtransformer eller en given sekundær mærkespænding ved spændingstransformer. |
| **cosβ** | Effektfaktoren på strøm- eller spændingstransformerens belastning (byrde). |
| **Eksisterende måleinstallationer** | Ved eksisterende måleinstallationer forstås måleinstallationer idriftsat før 1. januar 1997. |
| **Elafregning** | Betalingen for den leverede elektriske energi. |
| **Energimåling** | Den elektriske energimængde i kWh, der ligger til grund for elafregningen. |
| **Erhverv** | Enhver form for professionel beskæftigelse. Elforbrug fra en virksomhed i hjemmet (fx frisørsalon, tegnestue osv.) anses for |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| | erhverv. |
| **Etplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der kun udtages én stikprøve, og ud fra denne afgøres, om partiet skal forkastes eller godkendes. |
| **Fabrikant** | Virksomhed der producerer elmålerne. En underleverandør til dele af elmålerne eller en virksomhed, der køber et parti målere hos en fabrikant og videresælger den til netselskabet, anses ikke for at være fabrikant. |
| **Førstegangs-verifikation** | Herved forstås en verifikation af en elmåler, som ikke har været verificeret før. |
| **Godkendelsestal (Ac)** | Benyttes til at afgøre, om partiet skal godkendes eller forkastes. Hvis antallet af afvigende enheder i stikprøven er mindre end eller lig med godkendelsestallet, godkendes partiet. Hvis antallet af afvigende enheder er større, forkastes partiet. |
| **Grænseværdi** | Herved forstås en værdi, som skal være overholdt. |
| **Hovedmåler** | En elmåler, der anvendes til afregning. Ved måleinstallationer, hvor der ikke anvendes hoved- og kontrolmåler, betegnes hovedmåleren blot som elmåleren. |
| **Husholdning** | Privat, ikke erhvervsmæssigt forbrug af el. |
| **Højspænding** | Spændingsniveauer over 1 kV. |
| **IEC –måler** | Måler godkendt efter IEC-standarder. |
| **Ikke kritisk test** | Test hvor man accepterer en større risiko for at godkende partier indeholdende afvigende enheder. |
| **Inspektionsniveau** | En parameter, der benyttes i DS/ISO 2859, og som bestemmer størrelsen af stikprøven. Inspektionsniveau II medfører en større stikprøve end inspektionsniveau I og dermed en større sikkerhed i forbindelse med stikprøvekontrollen. For yderligere forklaring henvises til DS/ISO 2859-2:1992, afsnit 3.5.2. |
| **Kalibrering** | Ved kalibrering af et måleinstrument forstås den fremgangsmåde, der under fastlagte betingelser kan vise, hvilken forskel der er mellem værdierne på instrumentet og de tilsvarende kendte, korrekte værdier. Dette svarer til det, der foretages i forbindelse med bestemmelse af nøjagtighederne for måle- |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| | punkterne 4 til og med 9 i DEFUs rapport TR 354, afsnit 5.6. Der er således ikke tale om en indjustering af måleren, men udelukkende en bestemmelse af målefejl. |
| **Konfidensinterval** | Ved et konfidensinterval forstås et interval, der med en vis sandsynlighed indeholder den ukendte parameterværdi. |
| **Kontrol** | Herved forstås de prøvninger og operationer, som ikke er omfattet af myndighedernes forskriftsmæssige krav. |
| **Kontrolmåler** | En elmåler, der anvendes til kontrol af hovedmåleren i en lav- eller højspændingstransformerinstallation. |
| **Kontroludstyr** | Det udstyr, som anvendes til at udføre målekontrollen i den pågældende måleinstallation. |
| **Kritisk test** | Test af en egenskab, der vurderes så vigtig, at der kun må vælges stikprøveplaner med godkendelsestal nul. Derved bliver risikoen for at godkende partier indeholdende målere med fejl af den type, der testes for, meget lille. |
| **Køber** | Netselskabet |
| **Lavspænding** | Spændingsniveauer på 0,4 kV op til og med 1 kV. |
| **Let industri** | Industri er produktionsvirksomhed. I Danmark kategoriseres målere til installationssystemspændinger under 1 kV som let industri. |
| **LQ (Limiting Quality)** | LQ er det utilfredsstillende kvalitetsniveau, angivet i %. Værdien af LQ er større end AQL. |
| **Maksimal måleusikkerhed** | Den maksimale måleusikkerhed, som er en teoretisk størrelse, defineres som den målefejl, der fås ved at antage, at de enkelte fejl fra komponenter optræder mest muligt uheldigt. |
| **Maksimumstrøm $I_{max}$ (eller $I_{maks}$)** | Højeste strømværdi, ved hvilken elmåleren kan overholde de krævede nøjagtighedskrav i den relevante standard. |
| **MID-måler** | Måler godkendt efter det europæiske måleinstrumentdirektiv. |
| **MPE, "maximal permissible error"** | MIDs måde at angive den maksimalt tilladelige fejl for måleren, inklusive indflydelse fra forstyrrende faktorer. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Mærkestrøm, $I_n$** | Strømværdi, efter hvilken elmålerens egenskaber er fastlagt i overensstemmelse med relevante strømtransformere. Bemærk at mærkestrøm kun anvendes for elmålere, der tilsluttes via strømtransformere. |
| **Måleansvarlig** | Er ansvarlig for at etablere, dokumentere og vedligeholde afregningsmålere i et givet netområde. Normalt er det netselskabet. |
| **Målefejl** | Ved målefejlen for den samlede måleinstallation forstås den aktuelle målefejl givet ved de aktuelle målefejl fra henholdsvis elmåler, strøm- og spændingstransformer samt spændingsfaldet mellem spændingstransformerne og elmåleren. |
| **Måleinstallation** | Alle installationer og komponenter, som er nødvendige for at kunne foretage en energimåling. |
| **Målekerne** | Ved målekerne forstås den kerne på en strømtransformer, der anvendes til energimåling. |
| **Måleledning** | Forbindelse mellem en strøm- eller spændingstransformer og en elmåler. |
| **Målepunkt** | Målepunktet er det punkt i nettet, hvor strøm og spænding måles. Dersom strøm og spænding fysisk måles forskellige steder, er det målestedet for strømmen, der er afgørende for definitionen af målepunktet. |
| **Måleusikkerhed** | Ved måleusikkerheden for den samlede måleinstallation forstås et interval, inden for hvilket målefejlen vil befinde sig med en vis sandsynlighed. Dette kan enten defineres svarende til den maksimale måleusikkerhed eller ved hjælp af et konfidensinterval. |
| **Målevikling** | Ved målevikling forstås den målevikling (underforstået den sekundære vikling) på en spændingstransformer, der anvendes til energimåling. |
| **Nye måleinstallationer** | Ved nye måleinstallationer forstås måleinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997. |
| **Nøjagtighedsklasse** | MID målere har tre nøjagtighedsklasser for elmålere, A, B, og C. De refererer til den maksimalt tilladelige fejl, der skal opfat- |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| | tes som målerens maksimale fejl under indflydelse af såvel den indre målefejl som af de forstyrrende faktorer af lang virkning. For IEC-målere er klasserne 2, 1, 0,5, 0,5 S, 0,2 og 0,2 S. |
| **Operations-karakteristik** | Beskriver sandsynligheden for at godkende en gruppe som funktion af andelen af defekte elmålere i gruppen. Da der er en entydig sammenhæng mellem gruppestørrelse og stikprøve-størrelse, kan operationskarakteristikken udtrykkes som funk-tion af stikprøvestørrelse. |
| **Parterne** | Køber (netselskabet) og sælger. |
| **Parti** | Den samlede mængde målere aftalt i kontrakten mellem sælger og netselskab. Et parti kan alt efter kontraktens indhold bestå af ét samlet parti eller flere mindre leverancepartier.<br>I forbindelse med kontrakter, der løber over lang tid, og hvor afgrænsning af et parti ikke er klar, bør det specificeres i kon-trakten, hvordan partiet opfattes, og dermed, hvilken art af indgangskontrol der foretages.<br>I forbindelse med driftskontrol af elmålere er et parti et antal ensartede elmålere, hvorfra der udtages en stikprøve. |
| **Prøveprotokol** | En udskrift, der dokumenterer, at en strømtransformer over-holder de gældende krav i IEC 61869-2 (tidligere IEC 60044-1 og IEC 185), eller at en spændingstransformer overholder de tilsvarende krav i IEC 61869-3 (tidligere IEC 60044-2 og IEC 186). Dvs. at omsætnings- og vinkelfejl er dokumenteret for forskellige byrder og ved forskellige værdier på primærsiden. |
| **Reverifikation** | Herved forstås en verifikation, der kommer efter en første-gangs-verifikation (for elmålere godkendt efter andre regler end MID) eller en overensstemmelsesvurdering (for elmålere godkendt efter MID). |
| **Seriemåler** | En måler placeret i serie med den måler, den skal kontrollere, og hvorigennem samme strøm løber. |
| **Starttidspunkt** | For en ikke istandsat elmåler kan elmålerens starttidspunkt valgfrit defineres som tidspunktet for fabrikation, indkøb eller første opsætning.<br>For en istandsat elmåler defineres elmålerens starttidspunkt som tidspunktet for enten seneste istandsættelse eller første, påfølgende opsætning. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **Startår** | For elmålere, der er godkendt efter MID, defineres startåret for et parti som kalenderåret for starttidspunktet for den ældste elmåler i partiet.<br>For elmålere, der er godkendt efter andre regler end MID, defineres startåret som kalenderåret for tidspunktet midt i intervallet for de indgående elmåleres starttidspunkter. |
| **Stikprøve** | Den mængde af målere der udtages til prøvning. |
| **Sælger** | Den virksomhed som netselskabet indgår kontrakt med om levering af et parti elmålere. Det kan være elmålerfabrikanten selv eller en anden leverandør (virksomhed der indgås kontrakt med om levering og/eller installation af et parti elmålere). |
| **Toplans stikprøvning** | Stikprøvekontrol, hvor der tages en ekstra stikprøve, hvis den første indikerer et kvalitetsniveau i middelområdet, dvs. at man ved den første stikprøve ikke kan afgøre, om partiet skal forkastes eller godkendes. |
| **Underleverandør** | Leverandør der leverer dele til fabrikantens elmåler. |
| **Variabelstikprøvning** | Her baseres forkastelse eller godkendelsen af et elmålerparti på en beregning af middelværdi <x> og standardafvigelse s for elmåler-fejlene i stikprøven. Fejlene forudsættes normalfordelte, og ud fra de beregnede størrelser fås et skøn over, hvor mange elmålere i partiet der ligger uden for fejlgrænserne. |
| **Verifikation** | Herved forstås de operationer, som omfatter en identifikation, undersøgelse, kalibrering og mærkning/plombering af elmåleren og som konstaterer og bekræfter, at elmåleren opfylder myndighedernes forskriftsmæssige krav specielt angående målenøjagtighed. |
| **$\varepsilon$** | Det relative spændingsfald mellem spændingstransformeren og elmåleren (i forhold til spændingstransformerens fasespænding). Angives normalt i %. |
| **$\delta_i$** | Vinkelfejl for strømtransformeren. Angives normalt i centiradianer. |
| **$\delta_u$** | Vinkelfejl for spændingstransformeren. Angives normalt i centiradianer. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| **$E$** | Den virkelige energi der ønskes målt. |
| **$E_m$** | Den energi som elmåleren registrerer. |
| **$E_{serie}$** | Fremgangen i kWh for seriemåleren. |
| **$F$** | Den relative målefejl for den samlede målerinstallation. |
| **$f_{afl}$** | Aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen. Beregnes ud fra $tol_m$, $tol_{serie}$ og $E_{serie}$. Se afsnit 4.2 i TR 356. |
| **$F_i$** | Omsætningsfejl for strømtransformer - angives normalt i %. |
| **$f_{kor}$** | Korrektion for spændingstransformerens omsætningsfejl. Sættes lig spændingstransformernes klasse i %. |
| **$f_m$** | Den numeriske værdi af gennemsnittet af målte fejlvisninger for "seriemåleren" ved henholdsvis 5 % og 100 % af den sekundære mærkestrøm for strømtransformerne i måleinstallationen. |
| **$F_m$** | Den relative målefejl for elmåleren (eller i situationer, hvor der er tale om effektmåling, den relative målefejl for wattmeteret). Angives normalt i %. |
| **$F_u$** | Omsætningsfejl for spændingstransformer. Angives normalt i %. |
| **$I_b$** | Se "Basisstrøm". |
| **$I_n$** | Se "Mærkestrøm". |
| **$I_P$** | Den aktuelle primærstrøm (i effektivværdi). |
| **$I_S$** | Den aktuelle sekundærstrøm (i effektivværdi) givet $I_P$ og under påvirkning af måleudstyr. |
| **$I_{tr}$** | Strømværdi, mellem hvilken og op til $I_{max}$ elmålerens tolerance er snævrest. Anvendes for elmålere godkendt efter MID. For disse elmålere står $I_n$ hhv $I_b$ i fast forhold til $I_{tr}$. |
| **$k_i$** | Strømtransformerens nominelle omsætningsforhold. |

| Symbol/betegnelse | Forklaring |
|---|---|
| $k_u$ | Spændingsformerens nominelle omsætningsforhold. |
| P | Den virkelige effekt der ønskes målt. |
| $P_m$ | Den effekt som wattmeteret registrerer. |
| $tol_m$ | Aflæsningstolerancen for elmåleren i måleinstallationen. |
| $tol_{serie}$ | Aflæsningstolerancen for seriemåleren. |
| $U_P$ | Den aktuelle, primære spænding, |
| $U_S$ | Den aktuelle, sekundære spænding givet $U_P$ og under påvirkning af måleudstyr. |