



*Teknisk Rapport 356, 2. udgave
Februar 2001*

Kontrolmetoder på målestedet

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



Rapportens 1. udgave er rekvireret af Fællesudvalget vedr. Måleteknik og 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 1. udgave blev udgivet første gang 12. oktober 1995.

Rapportens 2. udgave er anbefalet af DEFUs Elmåleteknikudvalg og er udarbejdet og revideret af ad hoc arbejdsgruppen med følgende medlemmer:

Andrei Munk Klarup	NVE
Lars Hosbjerg	MEF
Henrik Vikelgaard	NESA
Hans Peter Elmer	Eltra
Ole Graabæk	Elkraft System
Carsten Strunge	DEFU (sekretær)

DEFU teknisk rapport:	356
Klasse:	1
Rekvirent:	Elmåleteknikudvalget
Dato for udgivelse:	14. marts 2001
Sag:	810

© DEFU 2001, 2. udgave

Resumé

Rapporten beskriver retningslinier 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 retningslinier frem til og med visningen på elmåleren. Retningslinier for dataoverførsler og tarifudstyr i forbindelse med overførsel af måleværdier behandles ikke i rapporten.

I arbejdet er det forudsat, at måleinstallationen anses for at registrere forbruget korrekt, når måletolerancen¹ ikke er større end $\pm 4\%$ jf. de af Danske Energiselskabers Fornings, DEF 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

	Side
Resumé.....	3
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. Måleinstallation 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
5.2.1. Referencebetingelser	14
5.2.2. Vejledende primær kontrolmåling.....	15
5.2.3. Vejledende sekundær kontrolmåling	17
5.3. Kontrol af komponenter enkeltvis	19
5.3.1. Usikkerhedsgrænser for strøm- og spændingstransformere	19
5.3.2. Tilføjelse til IEC 60044-1 og IEC 60044-2	19
5.3.3. Procedure.....	20
6. Højspændingsmåleinstallation.....	21
6.1. Generelt.....	21
6.2. Dokumentation.....	21
6.2.1. Forside med stamdata	22
6.2.2. Enpolet strømskema.....	22
6.2.3. Nøgleskema	22
6.2.4. Målekredsløb med vurdering af samlede måleafvigelse	23
6.2.5. Dokumentation for kontrolmåling	23
6.2.6. Data for elmålere, strøm- og spændingstransformere.....	23
7. Referenceliste	24
Bilag 1: Eksempel på stamdata for måleinstallation.....	25

1. Indledning

I denne rapport beskrives retningslinier 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). For de to målepunkter a) og b) er der taget udgangspunkt i maksimale fejlvisninger på henholdsvis 6% ved 5% I_b og 5% ved 100% I_b . For gennemsnittet er der taget udgangspunkt i en maksimal fejlvisning på 4%.

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 anvendes 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 beskrivelse af de enkelt 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).

Kapitel 6 omhandler også retningslinier for dokumentation af højspændingsmåleinstallationer.

2. Symbolliste og betegnelser

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 kontrolmålere, betegnes hovedmålere blot som elmålere.
Kontrolmåler	En elmåler der anvendes til kontrol af hovedmålere i lav- eller højspændingsmåleinstallation.
Byrde	Betegnelsen for belastningen på sekundærsiden af en strøm- eller spændingstransformer, der angives i VA ved en given effektfaktor $\cos\beta$.
$\cos\beta$	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.
Prøveprotokol	Et udskrift, der dokumenterer, at en strømtransformer overholder de gældende krav i enten IEC 60044-1 (tidligere IEC 185) eller at en spændingstransformer opfylder de tilsvarende krav i IEC 60044-2 (tidligere 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 hvor igennem 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	(en positiv størrelse) defineres som et gennemsnit af 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} , $\text{tol}_{\text{serie}}$ og E_{serie} . Se afsnit 4.2.
f_{kor}	Korrektion for spændingstransformerens omsætningsfejl. Sættes lig spændingstransformernes klasse i %.
$\text{tol}_{\text{serie}}$	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 til fejl af det registrerede elforbrug (energimåling), foretages en analyse. Denne analyse går ud på at afdække eventuelle aflæsningsfejl, tællerværksfejl 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 uacceptabel 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 DEFU TR 355: "Kontrolsystem for idriftværende elmålere".

Angående rettelse af fejl henvises til DEF's "Vejledning om behandling af sager angående rettelse af fejl af forbruget, i måleudstyret eller ved forbrugsberegningen".

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 belastning².** 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.

Det transportable udstyr med tilhørende ledningsforbindelser skal anvendes i henhold til fabrikantens anvisninger.

Udstyr til vejledende kontrolmåling inklusiv 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.

² En belastning er i denne henseende et udstyr, f.eks. en strøm- og spændingsgenerator, som simulerer en belastning.

4. Måleinstallation med direkte tilsluttede elmålere

4.1. Generelt

Det følgende vedrører måleinstallationer med direkte tilsluttede elmålere, dvs. installationer uden brug af 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 udenfor intervallet

$$\pm(4\% - f_{afl} - f_m)$$

hvor

- f_m (en positiv størrelse) defineres som et gennemsnit af målte fejlvisninger for seriemåleren ved henholdsvis 5% og 100%’s basisstrøm for elmåleren i måleinstallationen.
- f_{afl} er aflæsningsnøjagtigheden for seriemåleren og elmåleren i måleinstallationen, og kan beregnes efter

$$f_{afl} = \frac{2(tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\%}{E_{serie}}$$

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 en 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 5% og 100%’s basisstrøm, disse er på -0,8% og 0,2%. Seriemålerens fejlvisning (positiv størrelse) bliver derfor

$$f_m = \left| \frac{-0,8\% + 0,2\%}{2} \right| = 0,3\%$$

I den periode, som 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

$$f_{\text{aft}} = \frac{2(\text{tol}_{\text{serie}} + \text{tol}_m) \cdot 100\%}{E_{\text{serie}}} = \frac{2(0,05\text{kWh} + 0,5\text{kWh}) \cdot 100\%}{125\text{kWh}} = 0,88\%$$

Fejlvisningen i % bliver

$$f = \frac{128\text{kWh} - 125\text{kWh}}{125\text{kWh}} \cdot 100\% = 2,4\%$$

Den tilladelige fejlvisning beregnes til

$$\pm(4\% - 0,88\% - 0,3\%) = \pm 2,82\%$$

Idet fejlvisningen på 2,4% ligger indenfor den tilladelige fejlvisning på 2,82% accepteres måleinstallationen jf. en vejledende kontrolmåling ved hjælp af en seriemåler.

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 fejlbestemmelse³. Hver af de tre størrelser a, b og c danner grundlag for godkendelse af måleinstallationen.

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol jf. afsnit 4.3, hvis en af målepunkternes vejledende fejlvisninger ligger udenfor de viste fejlgrænser i tabel 4.2.1.

³ Defineret som

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

hvor E_m og E_{udstyr} er henholdsvis elmålerens og kontrolkuffertens visninger.

målepunkt	basisstrøm ⁴	fejlgrænse
a	ca. $0,05 \cdot I_b$	$\pm (6 \% - f_{m,a})$
b	ca. I_b	$\pm (5 \% - f_{m,b})$
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 $\cos \mathbf{j} = 1$ og 5 %'s basisstrøm for elmåleren.
- $f_{m,b}$ er kontroludstyrets fejlvisning ved $\cos \mathbf{j} = 1$ og 100 %'s basisstrøm for elmåleren.
- $f_{m,c}$ er et gennemsnit 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 $\cos \phi = 1$ 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:

- a) ved 5%: $6\% - 0,7\% = 5,3\%$.
- b) ved 100%: $5\% - 0,5\% = 4,5\%$.
- c) gennemsnit: $4\% - |-0,7\% + 0,5\%|/2 = 3,9\%$

Målt følgende i måleinstallationen

- a) ved 5 % basisstrøm måles en vejledende fejlvisning på 4,5%.
- b) ved 100 % basisstrøm måles en vejledende fejlvisning på -3,5%.
- c) gennemsnit fås: $(4,5\% - 3,5\%)/2 = 0,5\%$

Idet de målte værdier for henholdsvis 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 basisstrøm 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 udenfor intervallet

$$\pm(4\% - f_m)$$

hvor f_m (en positiv størrelse) defineres som et gennemsnit af målte fejlvisninger for det trefasede kontroludstyr ved henholdsvis 5% og 100%’s basisstrøm for elmåleren i måleinstallationen.

Eksempel 3

Givet en måleinstallation med en klasse 2 elmåler. I prøvningsjournalen er anført følgende fejlvisninger ved $\cos\phi = 1$ for kontroludstyret inklusiv strømtænger:

- a) ved 5% mærkestrøm måles en fejlvisning på -0,7%.
- b) ved 100% mærkestrøm måles en fejlvisning på 0,5%.

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 indenfor intervallet

$$\pm(4\% - 0,1\%) = \pm 3,9\%$$

anses måleinstallationen for i orden jf. den vejledende kontrolmåling.

4.3. Hjemtagning af elmåler

Den hjemtagne elmåler kan prøves på et akkrediteret elmålerlaboratorium, hvis kunden måtte ønske dette. Svarende til det beskrevet i DEFUs TR 355 benyttes anviste målepunkter for elmåleren til fejlbestemmelse 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 med et maksimalt usikkerhedsniveau jf. DEFU TR 354.

5. Lavspændingstransformerinstallation

5.1. Generelt

Det følgende vedrører lavspændingstransformerinstallationer (op til og med 1 kV) med elmåler, 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 frem for 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 sikre sig at følgende betingelser er tilstede:

1. At strømtransformerne ved inspektion ikke virker beskadigede. I tvivlstilfælde skal strømtransformere kontrolleres i henhold til IEC 60044-1 (tidligere IEC 185) med tilføjelsen i afsnit 5.3.1, side 19. Ved sekundær måling forsøges omsætningsforholdet kontrolleret.
2. At eventuelle spændingstransformere ved inspektion ikke virker beskadigede. I tvivlstilfælde skal spændingstransformerne testes i henhold til IEC 60044-2 (tidligere 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 skinne 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 tilstede:

1. Under målingen skal $\cos\phi$ for belastningen ligge inden for området 0,8 induktiv til 0,8 kapacitiv.
2. Fasestrømmene skal være større end svarende til 5% af strømtransformernes mærkestrømme. Gælder dog ikke ved brug af seriemåler.
3. Byrden i sekundærkredsen af strømtransformerne og spændingstransformerne må ikke overskrides.

5.2.2. Vejledende primær kontrolmåling

Her anvendes strømtænger til at måle de **primære fasestrømme** direkte. 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 kan disse benyttes, og foretrækkes.

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 udenfor intervallet

$$\pm(4\% - f_{kor} - f_{aft} - f_m)$$

hvor

- f_{kor} korrektion for spændingstransformerens omsætningsfejl = spændingstransformernes klasse i %.
- f_m (en positiv størrelse) defineres som et gennemsnit af 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

$$f_{afl} = \frac{2(tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\%}{E_{serie}}$$

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 udenfor intervallet

$$\pm (4\% - f_{kor} - f_m)$$

hvor f_m defineres som et gennemsnit af målte fejlvisning 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 $\cos\phi = 1$ 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:

$$4\% - 0,5\% - \frac{|-0,7\% + 0,5\%|}{2} = 4\% - 0,5\% - 0,1\% = 3,4\%$$

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 jf. den vejledende kontrolmåling.

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	F^6
+ omsætningsfejl for spændingstransformer	klasse ⁵
= fejlvisning efter korrektion = f_{kor}	

Hvor F er defineret i følgende tabel.

Klasse	0.1	0.2	0.5	1	0.2S	0.5S
F^6	0,25	0,475	1,0	2,0	0,275	0,625

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.

⁵ Her benyttes klassen for spændingstransformerne.

⁶ Værdierne for F er beregnet som et gennemsnit af tilladelige omsætningsfejl for henholdsvis 5 % og 100 %'s mærkestrøm.

Lavspændingstransformerinstallation

Det anbefales at hjemtage elmåleren til kontrol jf. afsnit 5.3, hvis den samlede fejlvisning bestemt ved seriemåleren ligger udenfor intervallet

$$\pm(4\% - f_{kor} - f_{afl} - f_m)$$

hvor

- f_{kor} korrektion for spændingstransformerens omsætningsfejl = spændingstransformernes klasse i %.
- f_m (en positiv størrelse) defineres som et gennemsnit af 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

$$f_{afl} = \frac{2(tol_{serie} + tol_m) \cdot 100\%}{E_{serie}}$$

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 udenfor intervallet

$$\pm(4\% - f_{kor} - f_m)$$

hvor f_m defineres som et gennemsnit af målte fejlvisninger for det trefasede kontroludstyr ved henholdsvis 5% og 100% af mærkestrøm for strømtransformerne.

5.3. Kontrol af komponenter enkeltvis

5.3.1. Usikkerhedsgrenser for strøm- og spændingstransformere

Den enkelte måletransformer skal overholde kravene i standarderne IEC 60044-1 (tidligere IEC 185) for strømtransformere og IEC 60044-2 (tidligere IEC186) for induktive spændingstransformere.

Grænsen for omsætningsfejl for en strømtransformer af en bestemt klasse fremgår af nedenstående tabel. S-klasserne når deres ”mærke” usikkerhed ved 20% af den nominelle strøm, mens de øvrige klasser når deres ”mærke” usikkerhed ved 100%.

Klasser	± procent strømfejl ved procentdel af nominelle strøm (jf. IEC 60044-1 tabel 11 og 12)				
	1	5	20	100	120
0.1		0,4	0,2	0,1	0,1
0.2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2
0.2		0,75	0,35	0,2	0,2
0.5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5
0.5		1,5	0,75	0,5	0,5

For induktive spændingstransformere følger spændingsfejlen i procent klassen, dvs. en klasse 0.2 spændingstransformer skal have en fejlgrænse på $\pm 0,2\%$. Dette gælder jf. IEC 60044-2 ved spændinger fra 80% til 120% af mærkespænding, og ved en byrde på 25% til 100% af mærkebyrden og $\cos\phi = 0,8$.

5.3.2. Tilføjelse til IEC 60044-1 og IEC 60044-2

For måleinstallationer idriftsat efter 1. januar 1997 er det forudsat at strømtransformerne overholder kravene i IEC 60044-1 med følgende tilføjelse: *fejlgrænserne må ikke overskrides, når sekundærbyrden ligger mellem 1 VA og mærkebyrden. Svarende til det beskrevne i DEFUs TR 353⁷.*

Og tilsvarende at spændingstransformerne overholder kravene i IEC 60044-2 med følgende tilføjelse: *fejlgrænserne må ikke overskrides, når sekundærbyrden ligger mellem 1 VA og mærkebyrden. Svarende til det beskrevne i DEFUs TR 353⁸.*

⁷ Vedr. værdier se DEFUs TR 357.

⁸ Vedr. værdier se DEFUs TR 357.

5.3.3. Procedure

Ved kontrol af komponenterne i måleinstallationen enkeltvis, skal der foretages følgende procedure i rækkefølge til evt. fejlen er fundet:

1. Nødvendige forbindelser mellem de enkelte komponenter kontrolleres.
2. Der skal 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 jf. DEFUs TR 355.
4. Strømtransformerne demonteres og afprøves om den overholder de stillede krav til fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl i henhold til IEC 60044-1 med tilføjelsen på side 19. Der skal anvendes udstyr, der kan foretage kontrol svarende til det definerede i IEC 60044-1.
5. Spændingstransformerne demonteres og afprøves om de overholder de stillede krav til fejlgrænser for omsætnings- og vinkelfejl i henhold til IEC 60044-2 med tilføjelsen på side 19. Der skal anvendes udstyr, der kan foretage kontrol svarende til det definerede i IEC 60044-2.

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 mærke fasespænding. Det samlede spændingsfald inklusiv klemmer m.v. må ikke overstige 0,2%.
3. Elmåleren kan godkendes svarende til det beskrevne i DEFUs TR 355.
4. Strømtransformerne overholder kravene i IEC 60044-1 med tilføjelsen på side 19.
5. Spændingstransformerne overholder kravene i IEC 60044-2 med tilføjelsen på side 19.

6. Højspændingsmåleinstallation

6.1. Generelt

Det følgende vedrører højspændingsmåleinstallationer (over 1 kV) med elmåler, 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, tællerværksfejl og lignende. Såfremt denne analyse ikke afslører fejl, anbefales der foretaget en vejledende kontrolmåling svarende til 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.

Angående rettelse af fejl henvises til DEF's "Vejledning om behandling af sager angående rettelse af fejl i aflæsning af forbruget, i måleudstyret eller ved forbrugsberegningen".

Den måleansvarlige skal kunne udføre en minimum dokumentation af højspændingsmåleinstallationen svarende til det i afsnit 6.2 beskrevne.

Kunden skal give nødvendig adgang til anlæg.

6.2. Dokumentation

Dokumentationen for et målested skal indeholde:

1. Forside med stamdata
2. Enpolet strømskema
3. Nøgleskema
4. Målekredsløb med vurdering af 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.

6.2.1. 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.

6.2.2. Enpolet strømskema

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

Af det enpoledede strømskema skal det tydeligt fremgå hvor eventuelle driftledergrænser og ejergrænser går.

6.2.3. 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.

6.2.4. Målekredsløb med vurdering af samlede måleafvigelse

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 mellemstrømstransformer 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.

6.2.5. Dokumentation for kontrolmåling

Dokumentation skal foreligge for at der er foretaget kontrolmåling af måleinstallationen. For eksempel som beskrevet i kapitel 5.

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

Der skal foretages kontrolmåling ved ændring af måleinstallationen.

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

6.2.6. Data for elmålere, strøm- og spændingstransformere

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

7. Referenceliste

1. Danske Elværkers Forening. *Elforsyningens Leveringsbetingelser*. 1993.
2. *Kontrolprocedurer for målesektioner*. Jysk-fynsk ERFA-gruppe. 1. udgave maj 1992.
3. IEC 60044-1. *Current transformers*. First edition 1996-12
4. IEC 60044-2. *Voltage transformers*. First edition 1997-02.
5. IEC 60521. *Class 0.5, 1 and 2 alternating-current watt-hour meters*. 1988.
6. IEC 60687. *Alternating current static watt-hour meters for active energy (class 0.2S and 0.5S)*. 1992
7. IEC 61036. *Alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 1 and 2)*. Second edition 1996-09.
8. VAST. *Mättransformatorer - utredning om anpassning till moderna reläskydd och elmätare*. Juni 1990
9. *Retningslinier for kvalitetssikring av måleverdier*. Publikation nr.: 2 1994. EnFo. Energiforsyningens Fellesorganisasjon. Norge.
10. DEFU-rekommandation nr. 15. *Tekniske bestemmelser for 10-20 kV pladekapslede fordelingsanlæg til 50-60 kV transformerstationer*. Marts 1990.
11. DEFU-rekommandation nr. 17. *Tekniske bestemmelser for apparater til 50-60 kV stationsanlæg*. Januar 1993.
12. DEFU-rekommandation nr. 20. *Tekniske bestemmelser for apparater til 132-150 kV udendørs stationsanlæg*. Maj 1993.
13. *Krav på Mätning och Avräkning. Huvudrapport*. Elforsk Rapport 94:9. 1994 Sverige.
14. *Krav på Mätning och Avräkning. Appendix*. Elforsk Rapport 94:9. 1994 Sverige.

Bilag 1: Eksempel på stamdata for måleinstallation

Stamdata for måleinstallation			
<p>Måleinstallationens navn: Adresse:</p>			
<p>Måleinstallationens samlede klasse: Elmålerens klasse: Strømtransformerens klasse: Spændingstransformerens klasse:</p>			
<p>Systemansvarlige i området:</p>			
<p>Navn på måleansvarlige selskab: Adresse: Tlf.:</p>			
<p>Navn på målestedansvarlige person hos måleoperatøren: Adresse: Tlf.:</p>			
<p>Ansættelsesforhold for driftsleder(e)/navn på driftsleder(e) på målestedet: Adresse: Tlf.:</p>			
<p>Dokumentation på måleinstallationen:</p>			
	Dokumentnavn	Revisionsdato	Dokumentplacering
Enpolet strømskema:			
Nøgleskema:			
Målekredsløb med vurdering af den samlede måleafvigelse:			
Dokumentation for kontrolmåling:			
Data for elmålere:			
Data for strømtransformere:			
Data for spændingstransformere:			