

Instrument och standarder för mätning av kraftfrekventa elektriska fält i ställverk och liknande miljöer

Elforsk rapport 05:40

Instrument och standarder för mätning av kraftfrekventa elektriska fält i ställverk och liknande miljöer

Anette Larsson Vattenfall Utveckling AB
Göran Olsson STRI AB

Förord

Elforsk har sedan 1990-talet bedrivit verksamhet inom området kraftfrekventa elektriska och magnetiska fält (EMF). Verksamheten under år 2005 omfattar forskning kring möjligheter att bestämma och begränsa EMF samt bevakning av forskningen kring effekter av EMF.,

Arbetet i denna rapport har initierats och granskats av Svensk Energis EMF-grupp bestående av

Eva Bergius (ordf), Svenska Kraftnät

Helena Andersson (sekr), Svensk Energi

Lennart Engström, Vattenfall Eldistribution

Bengt Hanell, Elforsk

Gunnar Hovsenius, Elforsk

Åke Sjödin, Elforsk

Henry Söderman, Fortum Distribution

Ulf Thorén, E.ON Elnät Sverige

Marianne Windell, Vattenfall Eldistribution

De företag som bidragit till finansieringen av projektet är: Fortum Eldistribution, Göteborg Energi, Jämtkraft, Lulekraft, Mälarenergi, Skellefteå Kraft, Svenska Kraftnät, E.ON Nät, E.ON, Umeå Energi, Vattenfall, Vattenfall Distribution, Vattenfall Elproduktion och Öresundskraft.

Stockholm december 2005

Bengt Hanell

Elforsk AB

Programområde Överföring och distribution

Sammanfattning

Att korrekt kunna mäta storleken av det elektriska fältet (E-fältet) har blivit allt viktigare i takt med det ökande intresset för kraftfrekventa elektriska och magnetiska fält (EMF). Intresset har säkerligen ökat tack vare det nyligen antagna EU-direktivet om en begränsning av arbetstagares exponering för elektriska och magnetiska fält. Den motsvarande skrivningen rörande en begränsning av allmänhetens exponering som antogs av EU redan 1999, och som för Sveriges del redan omarbetats till en nationell föreskrift utgiven av Statens Strålskyddsinstitut, har säkerligen också manat på utvecklingen i samma riktning.

I de aktuella dokumenten är det genomgående storleken av det ostörda fältet som är av primärt intresse för en bedömning av en exponeringssituation.

I EUs direktiv om en begränsning av arbetstagares exponering sägs att de elektro-magnetiska fälten skall mätas enligt de harmoniserade standarder från CENELEC, eller om dessa ej ännu finns, enligt andra vetenskapligt grundade standarder eller riktlinjer.

De Europastandarder (EN) som hittills utgivits av CENELECs kommitté 106X i detta ämne, är allmänna och ger ingen direkt ledning för vare sig hur instrument skall vara beskaffade eller hur de skall kalibreras, detsamma gäller också för genomförande av mätningar. Detta är givetvis ingen tillfällighet, utan ett resultat av en uppdelning mellan CENELEC och IEC, där den senare organisationen ansvarar för bl a mättekniska biten.

Instrument och deras kalibrering behandlas huvudsakligen i IEC 61786-1998, medan vissa mer speciella mätningar (kraftledning, allmänna områden etc) behandlas i andra standarder.

Vad det gäller specifikt kraftfrekventa elektriska fält kan kraven på instrumenten synas förhållandevis måttliga. Sannolikt är detta en följd av att de ursprungliga skrivningarna i standarderna är från en tid då mätinstrumenten var enkla konstruktioner utan möjlighet till fjärravläsning, minne och signalbehandling.

De här grundläggande kraven kan uppfyllas av både frifältsmätande instrument (även de elektro-optiska) och av mätare med jordreferens. De senare kan dock inte användas för att mäta fältet från kraftledningar och i ställverk, där fältet för närvarande skall mätas 1 m ovan mark.

Frifältsmätande instrument är känsliga för ledande objekt i sin omgivning och även operatören stör fältet om han/hon befinner sig nära sensorn. För att denna påverkan skall hållas under 5 %, så bör avståndet vara minst 2,5 m. Moderna instrument med fiber-optisk länk mellan sensor och detektor har givetvis en stor fördel i detta avseende.

På marknaden finns idag flera instrument som om de används på rätt sätt uppfyller standardernas krav och även något som säkerligen kan fås att göra detta efter kompletterande kalibrering.

Summary

The increasing interest in power frequency electric and magnetic fields (EMF) and their influence on human beings, have made it more and more important to measure the field levels in a correct way. One reason for this increasing interest is the newly adopted EU-directive regarding the exposure of workers to EMF. Corresponding EU recommendation regarding exposure of the general public was adopted in 1999, and has already been used as the basis for a new Swedish national regulation published by the Swedish Radiation Protection Authority (SSI).

According to the documents from the EU, an assessment of the exposure of workers or general public shall be based on the unperturbed r.m.s. value of the electric field. The electric and magnetic fields shall be measured according to harmonised European standards from CENELEC, or other scientifically based standards or guidelines if CENELEC such standards are not available.

The standards published by CENELEC up to the time of writing, are general and give very little specific information regarding instrumentation, calibration or measurement procedures. However, this kind of information can be found in standards published by the IEC.

Requirements for instrumentation, calibration procedures and guidelines for more general measurements are given in IEC 61786-1998 and more specific measurement procedures regarding power lines etc, are given in other IEC-standards and technical reports.

The technical requirements, given in the above standards, regarding instrumentation for power frequency electric fields seem to be rather modest, but this might be a consequence of an adaptation to older and simpler instrument constructions without internal memory, signal processing or remote control.

Both free-body meters and ground reference meters can fulfill the basic requirements for instruments. However, the later cannot be used for measurement of the field from power-lines or in substations, where the field is at present measured 1 m above the ground level.

Free-body meters are sensitive for conductive objects in their vicinity and even the operator can disturb the measurements if he/she is standing too close to the sensor. The instrument-operator distance must be at least 2,5 m to keep the influence below 5 %. This can easily be achieved with modern instruments with a fibre-optic communication link between sensor and electronic unit.

There are several instruments available on the market today that meet the requirements in the standards, and a number of which can be calibrated to fulfil the given requirements.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL.....	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
2	INSTRUMENT FÖR MÄTNING AV DEN ELEKTRISKA FÄLTSTYRKAN.....	3
2.1	MÄTPRINCIPER OCH GENERELLA LÖSNINGAR.....	3
2.2	KOMMERSIELLT TILLGÄNGLIGA INSTRUMENT.....	7
3	STANDARDER FÖR INSTRUMENT, KALIBRERING OCH MÄTNING AV E-FÄLT.....	18
3.1	CENELEC	18
3.2	IEC	20
3.3	IEEE.....	27
4	SLUTSATSER	31
5	ATT MÄTA DET ELEKTRISKA FÄLTET	33
6	REFERENSER.....	34

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Att korrekt kunna mäta storleken av det elektriska fältet (E-fältet) har blivit allt viktigare i takt med det ökande intresset för kraftfrekventa elektriska och magnetiska fält (EMF). Intresset har säkerligen ökat tack vare det nyligen antagna EU-direktivet om en begränsning av arbetstagares exponering för elektriska och magnetiska fält [1], [2]. Den motsvarande skrivningen rörande en begränsning av allmänhetens exponering som antogs av EU redan 1999 [3], och som för Sveriges del redan omarbetats till en nationell föreskrift utgiven av Statens Strålskyddsinstitut [4], har säkerligen också manat på utvecklingen i samma riktning.

De båda EU-dokumenterna baseras på riktlinjer som gavs ut 1998 av ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) [5]. I dessa redovisas gränsvärden för exponering (basic restrictions) uttryckta som en i kroppen inducerad strömtäthet och insatsvärden (reference values) uttryckta i mätbara storheter som bl a magnetisk flödestäthet och elektrisk fältstyrka.

I de tre dokumenten är det genomgående storleken av det ostörda fältet som är av primärt intresse för en bedömning av en exponeringssituation.

Storleken av det magnetiska fältet kan mätas med en tämligen enkel utrustning. Fältet (vid 50 Hz) påverkas mycket lite av människokroppen och därför kan mätningar göras t o m med en handhållen utrustning.

Det elektriska fältet, däremot, påverkas av ledande kroppar. I människokroppen, t ex, fås en betydande förändring av E-fältet jämfört med det ostörda. Detta innebär naturligtvis också att fältet nära människokroppen blir mer eller mindre påverkat och att fältet inte går att mäta korrekt med en handhållen utrustning. Även själva mätcellen kommer att påverka fältet och resultatet måste därför på lämpligt sätt korrigeras för denna felvisning.

Vissa instrument har konstruerats för att mäta korrekt bara i nivå med ett stort jordplan, som t ex markytan. Detta ger uppenbara problem om man vill mäta fältet i normal arbetshöjd 1 – 1,5 m ovan mark.

Är önskemålet även att mäta E-fältet i sådana arbetspositioner som kan förekomma i samband med Arbete Med Spänning (AMS), blir konventionella mätsystem med galvanisk kontakt mellan mätpunkt och jord i princip oanvändbara. Både person-säkerhet, säkerhet för själva anläggningen och mätresultat kan äventyras om en jordad punkt flyttas upp i närheten av en spänningsförande anläggningsdel.

1.2 Mål

Målet med detta arbete har varit att redovisa de olika krav som ställs på instrument för mätning av elektrisk fältstyrka, på kalibrering och på mätförfarande enligt bl a IEC-standard 61786-1998 [6].

Ett andra mål har varit att ge en orientering om förekommande typer av instrument för att mäta E-fält. För och nackdelar skall beskrivas liksom vad som finns att tillgå på marknaden idag. En prisindikation skall också ges.

Uppbyggnad och kalibrering av ett mätsystem för E-fält behandlas i en separat Elforsk rapport (05:39).

1.3 Avgränsningar

Arbetet har främst inriktats på instrument och metoder för att mäta kraftfrekventa E-fält i normal "elkraftmiljö", d v s i ställverk och under kraftledningar. Detta innebär miljöer med förhållandevis höga fältstyrkor – vanligen > 1 kV/m och ibland omkring 10 kV/m. Grundtonen är 50 Hz och innehållet av övertoner är ringa; sällan överstigande ett par procent. För instrumenten innebär detta tämligen måttliga krav vad det gäller frekvens-område; betydligt mindre än vad som är fallet med instrument för magnetiska fält.

Ett visst intresse har också riktats mot att kunna mäta de betydligt högre fält som kan bli aktuella i samband med underhållsarbete i ställverk med AMS-metoder. I dessa fall kan E-fältet uppgå till flera 10-tals kV/m.

Tillsammans innebär detta att fokus ligger på instrument som förväntas kunna mäta och användas i miljöer med höga fält och detta utan att själv störas eller påverka det elektriska fältet i någon väsentlig omfattning.

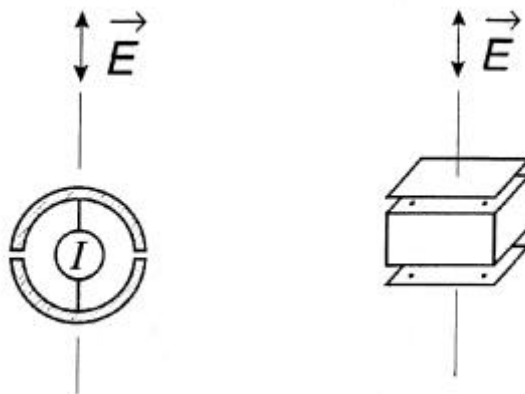
2 Instrument för mätning av den elektriska fältstyrkan

2.1 Mätprinciper och generella lösningar

I internationella standarder för instrument nämns tre huvudtyper av instrument. Det är frifältsmätaren, den enkla plattan med jordreferens och den elektrooptiska mätaren. Nedan ges en lite närmare beskrivning av de tre och något om deras för- och nackdelar. Krav på kalibrering och mätmetoder behandlas däremot närmare i avsnitt 3.

2.1.1 Frifältsmätare (*free-body meter*)

I frifältsmätaren mäts det elektriska fältet genom mätning av den ström eller laddning som oscillerar mellan två från varandra isolerande elektroder i form av plattor eller halvsfärer. De två plattorna bildar instrumentets sensor eller prob. Mätprincipen är enkel och instrumenttypen har funnits länge på marknaden. Några exempel på sensorer av denna typ visas i Figur 2.1.



Figur 2.1. Två exempel på sensorer till frifältsmätare. Till vänster (2.1a) en med sfäriska elektroder och till höger (2.1b) en med plana elektroder. Återgivet efter IEC 61786-1998 [6].

Strömmen eller laddningen leds till en detektorkrets som även kan innehålla någon form av bandpass filter. Signalen presenteras sedan på en analog eller digital display.

I många äldre instrumenttyper finns både prob, detektor och display i en gemensam kapsling; vanligen en rektangulär låda med storlek ca 10 x 10 x 20 cm.

Fri i namnet kommer av att instrumentet mäter isolerat från jord. Instrumentet hålls på lämplig höjd i luften med hjälp av en 2 – 2,5 m lång stång. Genom detta fås ingen galvanisk kontakt med observatören, som vanligen har en viss kontakt med jord. Stångens längd begränsas av möjligheten att hantera instrumentet och av möjligheten att avläsa instrumentets display. Ett analogt visarinstrument ställer givetvis större krav på observatörens synskärpa än en större digital display.

Modernare instrument har möjlighet till fjärravläsning genom att proben och detektor separerats och signalen överförs däremellan via optisk fiber. Proben kan då placeras på ett isolerande stativ och avståndet till operatören kan ökas till minst 5 m. Ett längre avstånd minskar risken för att operatören skall påverka eller störa det elektriska fältet med sin kropp. Användningen av fiber begränsar naturligtvis också risken för felavläsningar. Dessutom ger fiberkommunikation möjlighet till kontinuerliga mätningar för att få en uppfattning om fältets eventuella tidsvariationer.

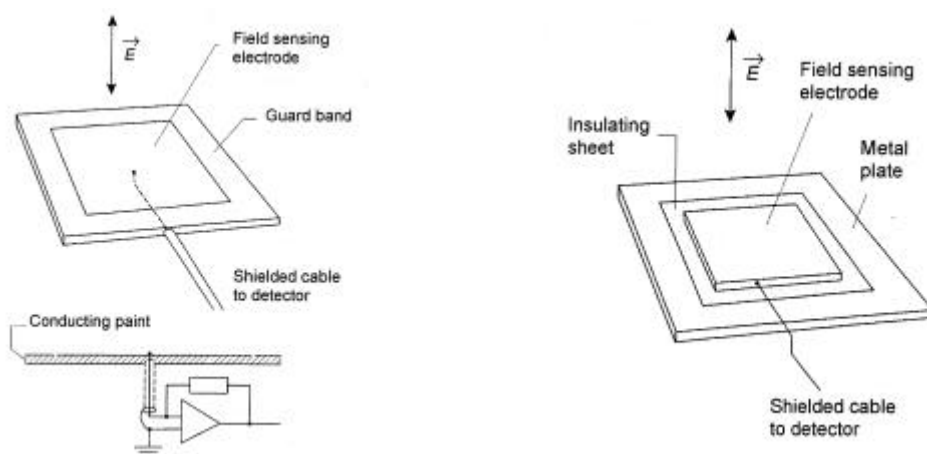
Instrument med separerad prob och detektor har den ytterligare fördelen att den del som skall placeras i det fält man önskar mäta (proben) blir mindre och därmed påverkar fältet i mindre grad. En mätprob med möjlighet att mäta fältet i tre riktningar och innehållande nödvändig elektronik för fiberkommunikation kan inneslutas i en kub med sidan 10 cm.

Kravet på en hög känslighet hos instrumentets begränsar möjligheten att minska proben. Känsligheten är beroende av den laddning som kan byggas upp på elektrodytan och en mindre yta medför naturligtvis en mindre laddningsmängd.

2.1.2 Mätare med jordreferens (ground reference meters)

Den elektriska fältstyrkan kan mätas genom att mäta den ström eller laddning som flyter mellan en ledande platta och jord. Det väsentliga i sammanhanget är att instrumentet har galvanisk kontakt med jord.

Instrumentets sensor finns i två olika varianter: Den första består av en enkel ledande platta med en inre del ansluten till detektorn och en yttre del ansluten till jord. Plattan kan vara cirkulär och isoleringen mellan de två delarna kan bestå av ett tunt spår i det ledande skiktet. En sensor av den här typen kan t ex enkelt framställas av ett vanligt kretskort. Den andra typen består av två ledande plattor med ett tunt isolerande skikt emellan. Den övre plattan ansluts till detektorn och den undre till jord. I figur 2.2 nedan visas dessa två typer av sensorer.



Figur 2.2. Två typer av sensorer till mätare med jordreferens.
Återgivet efter IEC 61786-1998 [6].

På marknaden förekommer både instrument där sensor och detektor utgör en enhet och instrument där sensor och detektor är separata enheter och sammankopplade via kabel.

Instrument av den här typen kan göras mycket små. Plattor kan enkelt tillverkas från en enkronas storlek upp till motsvarande en större tallrik. Dessvärre medför en liten sensoryta att känsligheten blir begränsad, då den uppbyggda laddningen eller strömmen är direkt proportionell mot sensorytan.

Mätare med jordreferens är främst avsedda för att mäta det elektriska fältet i markytans nivå. Då placeras mätaren direkt på marken och helst helt i nivå med markytan.

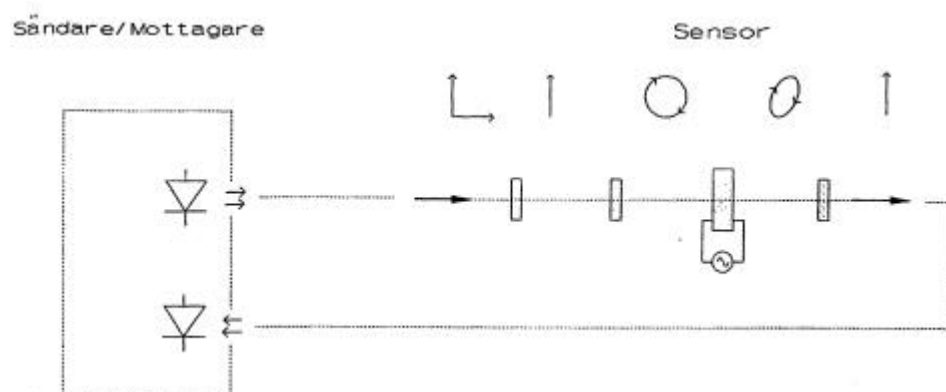
En variant av det här instrumentet har tagits fram för att mäta det fält som en människa utsätts för när hon sitter framför en bildskärm. Mätningen görs utan någon person framför bildskärmen, men instrumentet tar hänsyn till den förstärkning av fältet runt kroppen som personen annars ger upphov till.

2.1.3 Elektro-optiska mätare (elektro-optic meters)

Den elektrooptiska mätaren bygger på den sk Pockeleffekten. Denna nyttjar det faktum att det finns kristaller med anisotropt brytningsindex. Ljus i olika polarisations-riktningar får då en fasskillnad. Om denna fasskillnad kan påverkas av ett E-fält så kallas det en elektrooptisk effekt. Är fasskillnaden proportionell mot E så kallas det Pockels-effekt och är den proportionell mot E^2 , kallas det Kerreffekt.

Endast ett fåtal material uppvisar denna Pockels effekt. Vanligen används vismut-silikonoxid ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) (BSO), men även vismutgermaniumoxid ($\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$) före-kommer i vissa tillämpningar.

Det optiska systemet består av en lysdiod som sändare, fiber, sensorenhet (Pockelscell), fiber och fotodiod som mottagare. Mätssystemet i övrigt består av elektronik för matning och styrning av lysdioden och för omvandling och behandling av signalen från fotodioden.

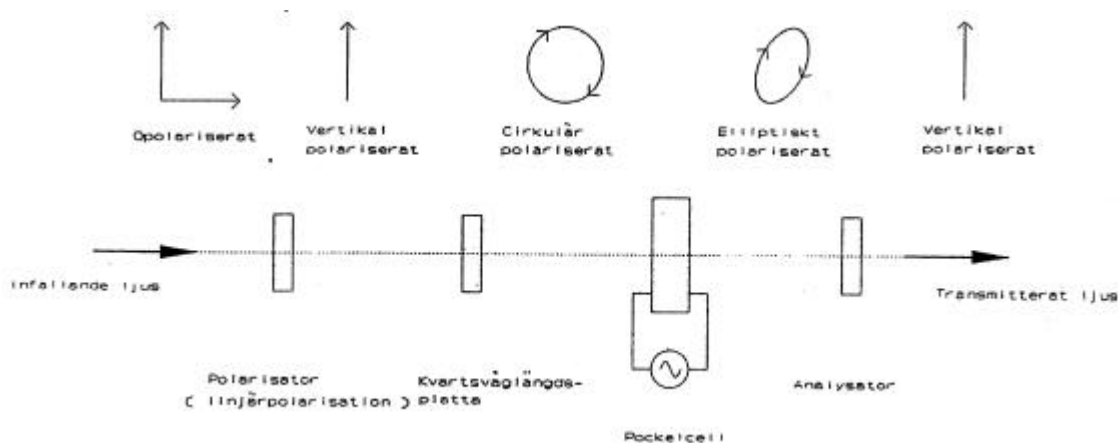


Figur 2.3. Det optiska systemet i en elektrooptisk voltmeter.
Figuren återgiven från STRI Rapport T92-017 [7].

Sändaren är en lysdiod för IR-ljus. Våglängden är normalt 870 nm.

Fibern är av kvarts och har en kärndiameter på ca 100 μm .

Sensorn består av polarisator som linjärpolariserar ljuset och därefter följer en kvartsvåglängdsplatta som cirkulärpolariserar ljuset. Efter denna följer BSO-kristallen, som kan ha olika brytningsindex i de två huvudriktningarna (n_x och n_y). Kristallens brytningsindex är beroende av det elektriska fältet och ett pålagt E-fält ger upphov till en fasskillnad och därmed ett elliptiskt polariserat ljus. Slutligen finns en analysator som omvandlar det elliptiskt polariserade ljuset till en intensitetsmodulerad ljussignal. Ljuset innehåller nu en DC- och en AC-del.



Figur 2.4. Sensordelen i en elektro-optisk voltmeter.

Figuren återgiven från STRI Rapport T92-017 [7].

Återledarfibern är av samma typ som ovan.

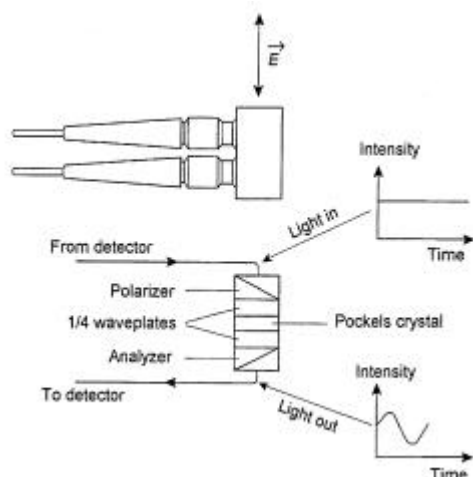
Mottagaren är en fotodiod som omvandlar det modulerade ljuset till en spänning.

Avslutningsvis finns elektronik för att filtrera signalen. DC-komponenten används för att styra sändarens ljusintensitet och AC-delen är ett mått på det pålagda elektriska fältet.

Den ovan skisserade Pockelcellen mäter det elektriska fältet direkt, men det finns också varianter som istället mäter en spänning. Kristallens två ändytor är då belagda med ett tunt metallskikt till vilka spänningen kan anslutas. Ett sådant system kan beskrivas som en elektrooptisk *voltmeter*. I detta fall måste naturligtvis cellen kompletteras med två elektroder i form av ett par plattor eller ett par sfärhalvor. Med den senare lösningen kan Pockelcellen inneslutas i den metalliska sfären.

En Pockelcell är i storlek som en sockerbit och detta innebär att själva proben kan göras tämligen liten. En sfärisk prob för två mätriktningar, dvs med två celler, kan

görs i storlek som en golfboll. Prober för tre mätriktningar är svåra att realisera med en sfärisk form, utan då är kuben en mer praktisk form. Varje cell och fiberpar kräver dock ett visst utrymme och en kub för tre riktningar blir oundvikligen större än en sfär för två. I vissa fall är storleken inte kritisk, men vid tillämpningar för mycket höga E-fält kan storleken vara en kritisk faktor.



Figur 2.5. Den praktiska lösningen av en elektro-optisk mätare. Figuren återgiven från IEC 61786-1998 [6].

En nackdel med de elektrooptiska mätarna är att de normalt inte är användbara för låga fältstyrkor. Den praktiska gränsen ligger normalt vid några kV/m.

2.2 Kommersiellt tillgängliga instrument

2.2.1 CHAUVIN ARNOUX C.A 42

Det franska företaget Chauvin Arnoux (<http://www.chauvin-arnoux.fr>) saluför ett fältmätsystem för lägre frekvenser med beteckningen C.A 42. Systemet består av en handenhet, som även innehåller en sensor för B-fält, och ett antal valbara sensorer för B- och E-fält. I handenheten finns elektronik för signalbehandling och datalagring samt en display. Sensorn för E-fält betecknas EF 400 och är av frifältstyp (strömmätning mellan plattor, se Figur 2.1b). Kommunikationen med handenheten sker via en optisk fiber.

Företaget representeras i allmänhet i Sverige av CA Mätssystem AB i Täby, Stockholm, (www.camatsystem.com), men C.A 42-systemet har man valt att marknadsföra genom RTK AB (<http://www.rtk.se>) i Vallentuna, Stockholm.

Från de tekniska specifikationerna för mätsystemet har följande hämtats:

Handenhet C.A 42

Intern sensor:	B-fält, 10 Hz – 30 kHz, 200 nT – 40 mT
Onoggrannhet:	$\pm 3 \%$, ± 4 siffror
Filter:	Valbart. Fasta bandpass filter finns med centerfrekvens: 16,67; 50; 60; 83,3; 150; 180; 250; 300; 400; 1200 och 2000 Hz
Batteri:	Ni-MH batterier, 5 x 1,2 V/1300 mAh. 6 timmars drifttid
Internminne:	1 MB motsvarande ca 15 000 mätvärden eller 80 oscillogram eller 475 FFT beräkningar
Kommunikation:	RS232 serie port, 4,7 – 57,6 kBaud
Övriga utgångar:	3 st analoga utgångar. V_x , V_y och V_z .
Mått:	266 x 144 x 60 mm
Vikt:	950 gram
Miljö:	Arbetsområde: 0 – 50 °C; Rh 20 - 80 %, icke kondenserande.
Övrigt:	Mätresultatet kan visas endera i klartext (kV/m) eller i ett tidsfönster (oscilloscopebild med tidbas 2 - 400 ms/div) eller frekvensuppdelat (FFT). Instrumentet kan visa fältstyrkan uppdelad i de tre huvudriktningarna eller vektorsumman. Instrumentet kan programmeras att göra avläsningar vid vissa tidsintervall i området 1 – 999 sek.



Figur 2.6a. Handenhet C.A 42 från Chauvin Arnoux.



Figur 2.6b. E-fältsensor EF 400 från Chauvin Arnoux.
(Bilden erhållen från RTK AB.)

E-fält sensor EF 400

Mätområde:	Valbart i 3 nivåer; 1 V/m – 300 V/m, - 3 kV/m, - 30 kV/m
Frekvensområde:	5 Hz – 400 kHz
Onoggrannhet:	16 Hz – 2,5 kHz; 23 ± 3 °C: ± 3 % av avläst värde, ± 6 siffror Temperaturdrift: ± 2 %
Batteri:	Ni-MH eller Ni-Cd batterier, 6 – 8 timmars drifttid
Anslutning:	Mätsignalen överförs till handenheten via en 5 m lång optisk fiber.
Mått:	Sensor: Sfärisk med diameter 80 mm.
Vikt:	300 g
Pris:	Enligt uppgift i april 2005 från den svenska återförsäljaren RTK AB, kostar handenheten C.A 42 ca 40 KSEK och E-fältproben EF 400 inkl stativ och optisk fiber ca 33 kSEK. Totalt således 73 kSEK för ett komplett mätsystem.

2.2.2 ENERTECH Emdex II

Enertech Consultants är ett företag i Kalifornien, USA, som både saluför mätinstrument för EMF och utför mätuppdrag. I sortimentet finns bl a en handenhet med beteckningen EMDex II som kan kompletteras med en sensor för E-fält. Handenheten innehåller elektronik för

signalbehandling och en display för B- och E-fält. Handenhet och E-fältsensor bildar tillsammans ett instrument av den typ som visas i Figur 2.1.b

Handenhet EMDEX II

Intern sensor:	0,4 μ T – 12 mT
Upplösning:	0,4 μ T i lägsta området
Frekvensområde:	40 – 800 Hz
Onoggrannhet:	± 1 %
Batteri:	Alkaliska: Upp till 7 dagar. Litium: Upp till 21 dagar.
Mått:	16,8 x 6,6 x 3,8 cm
Vikt:	340 gram

E-fält sensor E-probe

Mätområde:	1 V/m – 200 kV/m, högsta upplösning 1 V/m
Kalibrerat mätområde:	10 V/m – 18 kV/m
Frekvensområde:	40 Hz – 1 kHz
Onoggrannhet:	Typiskt ± 2 %
Storlek:	Storleken på plattorna är inte angiven men torde enligt Figur 7b nedan vara ca 20 x 20 cm.
Handtag:	E-proben levereras med en isolerande glasfiberstång av teleskopmodell.
Övrigt:	Handenheten ansluts till de två kvadratiska plattorna och placeras mellan dem. Handenhetens display (4 x 1,8 cm) är då synlig och den skall vara avläsbar mellan plattorna. även om avståndet till observatören blir ca 2,5 m.
Pris:	Enligt uppgift från tillverkaren i augusti 2005 kostar instrumenten: Handenhet EMDEX II: 3 150 USD E-field probe: 595 USD



Figur 2.7a. EMDEX II



Figur 2.7b. E-probe till EMDEX II

2.2.3 ENVIROMENTOR EMM 4

EnviroMentor AB (www.enviromentor.se) i Göteborg tillverkar en serie mätinstrument för B- och E-fält. Bland de senare finns ett instrument med beteckningen EMM 4, för att mäta det elektriska fältet runt bildskärmar. Instrumentet har konstruerats för att påverka, dvs förstärka, det elektriska fältet runt kroppen på ungefär samma sätt som en människa gör. Det har i originalskick ett högsta mätområde på 2 kV/m, men kan byggas om till 20 kV/m. Upplösningen blir då en 1/10 av den ursprungliga. Data nedan anges för den ombyggda versionen. Mätprincipen är en enkel platta med jordreferens (se Figur 2.2) och instrumentet kan därmed egentligen bara användas för att mäta E-fältet i markytans nivå. Såsom framgår av Figur 2.8a nedan, så är mätplattan sammanbyggd med elektronik och ett handtag, vilket tyvärr medför att instrumentet inte kan läggas direkt i markytans nivå. Mätplattan kommer att sticka upp ca 5 cm och detta är tillräckligt för att ge upphov till ett fel på upp mot 40 %. I vissa fall kan instrumentet sänkas ner i marken, men på hårda underlag är detta inget alternativ. En bättre lösning är då att förstora mätplattans jordade del. En jordad plåt med en ytterdiameter på 1 – 1,5 m och med hål för själva sensorn, minskar felet högst avsevärt. Se Figur 2.8b.

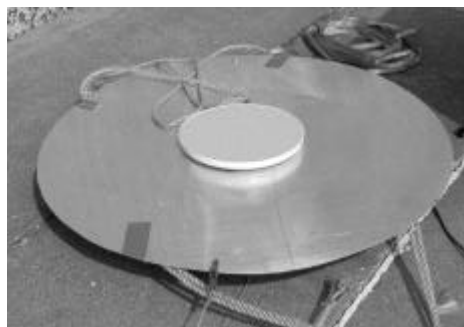
EMM4 marknadsföres i Sverige av CE-Bit Elektronik AB (www.cebit.se).

Mätområde:	Band 1:	5 – 2000 Hz 0 – 20 kV/m
	Band 2:	2 – 400 kHz 0 – 200 V/m
Onoggrannhet:	Band 1:	± 4 V/m och 5 % av avläst värde
	Band 2:	± 0,06 V/m och 5 % av avläst värde
RMS-utgång:	Band 1:	0,1 mV / 1 V/m
	Band 2:	10 mV / 1 V/m
Batteri:	2 x 9 V	
Mått:	Ø 300 mm, höjd 125 mm (med handtag, men utan extra plåt)	

Vikt: 1,4 kg

Övrigt: EMM 4 har en inbyggd display men denna går inte att avläsa när instrumentet ligger på marken, utan då måste instrumentet kompletteras med en extern multimeter.

Pris: 24 kSEK



Figur 2.8a. EMM4 från EnviroMentor Figur 2.8b. EMM4 med extra jordplåt.

2.2.4 MONROE ELECTRONICS Model 238A

Företaget Monroe Electronics Inc (<http://www.monroe-electronics.com>) i Lyndonville NY, USA tillverkar bl a instrument för att mäta elektriska fält. Huvuddelen av produkterna avser statiska fält, men i sortimentet finns även ett instrument för växelfält. Monroe Electronics har ingen representant i Sverige eller direkt för den svenska marknaden, men i ESPOO i Helsingfors finns företaget Armeka Engineering (www.armekaengineering.com) som arbetar mot Finland, Baltikum och Ryssland.

Monroe Electronics Model 238A är en frifältsmätare av äldre modell, med analog skala och utan annan utgång. Mätprincip enligt Figur 2.1b. Instrumentet hanteras med en 244 cm (8 fot) lång glasfiberstång. Nedanstående bild och data har hämtats ur den tekniska specifikationen.



Figur 2.9. Model 238A.

Mätområden:	Valbart i 3 nivåer; 0 – 5 kV/m, 0 – 10 kV/m och 0 – 25 kV/m
Onoggrannhet:	± 5 %
Frekvenområde:	”Oberoende av frekvensen för normala distributions-frekvenser 50 Hz – 1000).” Detta kan synas som en vag beskrivning, men det är vad sägs i specifikationen. (förf anm.)
Stabilitet:	Sägs vara god. Drift pga tid, temperatur och batterispänning ingår i ovan angivna 5 %.
Batteri:	Standard 9V, drifttid min 200 timmar.
Mått:	114 x 165 x 146 mm utan handtag
Vikt:	0,9 kg utan handtag
Handtag:	Teleskopiskt i glasfiber. Längd 66 – 244 cm. Vikt 1,4 kg.
Kalibrering:	Kalibreras vid leverans. Protokoll och beskrivning kan fås på begäran. Omkalibrering rekommenderas minst 1 gång per år.
Pris:	1 700 USD. Lämnat av tillverkaren i augusti 2005.
Kommentarer:	Ett enkelt och billigt instrument. Det går snabbt att få fram ett mätresultat, vilket naturligtvis kan vara pratiskt vid översiktliga mätningar. Nackdelar är givetvis de som naturligt hör samman med denna typ av instrument; avläsningsfel, frånvaron av signalutgång och därmed inget ”eget minne”. För att uppfylla kraven enligt IEC 61786-1998 måste specifikationen kompletteras med uppgift om frekvensgång och dessutom måste leveranskalibreringen kunna styrkas med ett protokoll. Givetvis är detta uppgifter som även kan tas fram i efterhand av ett lämpligt laboratorium.

2.2.5 NARDA EFA 300

Narda Safety Test Solutions (<http://www.narda-sts.de>) är ett företag i Narda-gruppen som bildades år 2000 och med verksamhet både i Tyskland och i USA. Narda har varit verksamma länge inom mikrovågsområdet och genom olika köp och ombildningar har verksamheten expanderat betydligt. 1999 köpte den företagsgrupp där Narda ingick det väletablerade tyska företaget Wandel & Goltermann Safety Test Solutions. Genom köpet tog

man bl a över en produktserie för mätning av elektriska och magnetiska fält. I den serien ingick ett instrument med beteckningen EFA-3, som blivit något av ett referensinstrument inom detta område. EFA-3 finns inte längre kvar i produktionen, utan har ersatts av EFA 200 (för B-fält) och EFA 300 (för E-fält).

Narda Safety Test Solutions representeras i Sverige av ACAL AB (<http://www.acal.se>) i Solna, Stockholm.

Narda EFA 300 är ett instrument av frifältstyp för mätning av E-fält. Det består av en handenhet, med en inbyggd sensor för B-fält, och en separat sensor för E-fält. Mätprincip enligt figur 2.1b. Kommunikationen mellan de två enheterna sker m h a optisk fiber. Handinstrumentet kan även förses med andra, mer känsliga prober för B-fält.

Handenhet EFA-300

Intern sensor:

Mätområde: - 32 mT vid frekvenser upp till 600 Hz.
Lägre maxområde vid högre frekvenser.
Mätning tri-axialt eller i en riktning.

Onoggrannhet: Bredbandigt 5 Hz – 2 kHz: $\pm 5 \%$, $> 1 \mu\text{T}$
Bredbandigt 5 Hz – 32 kHz: $\pm 8 \%$, $> 2 \mu\text{T}$
Band-pass filter 50 – 400 Hz: $\pm 5 \%$, $> 0,25 \mu\text{T}$

Frekvensområde: Valbart bredbandigt: 5 Hz – 2 kHz, 5 Hz – 32 kHz,
5 Hz – 32 kHz eller 30 Hz – 32 kHz. Allt $\pm 3 \text{ dB}$

Valbart med band-pass filter: 15 Hz – 2 kHz

Batteri: Ni-MH (5 st). Drifttid kontinuerligt 10 timmar.

Internminne: 3600 enskilda värden eller 22 spektralanalyser

Kommunikation: Serie interface (RS-232) som option.

Mått: 110 x 200 x 60 mm

Vikt: 1 000 g

Miljö: Arbetsområde: 0 – 50 °C, Rh < 95 %. Tillfälligtvis kan lätt kondensation tillåtas.

Övrigt: Mätresultatet kan visas i klartext för en eller 3 riktningar och i tidsskala eller efter FFT-behandling. (FFT möjligheten är en option)



Figur 2.10. EFA-3 från Narda Safety Test Solutions. EFA-3 finns inte längre i sortimentet utan har ersatts med EFA 300. De två instrumenten är dock till det yttre närmast identiska.

E-fält sensor:

Mätområde: - 100 kV/m

Onoggrannhet: Bredbandigt 5 Hz – 2 kHz: $\pm 3 \%$, > 5 V/m
 Bredbandigt 5 Hz – 32 kHz: $\pm 3 \%$, > 40 V/m
 Band-pass filter 50 – 400 Hz: $\pm 3 \%$, > 1 V/m

Frekvensområde: Valbart bredbandigt: 5 Hz – 2 kHz, 5 Hz – 32 kHz eller 30 Hz – 32 kHz. Allt ± 3 dB

Batteri: Ni-MH batterier. Drifttid kontinuerligt 10 timmar.

Mått: 105 x 105 x 105 mm, exkl stativ

Vikt: 1 000 g

Miljö: Arbetsområde: 0 – 50 °C, Rh < 95 %. Tillfälligtvis kan lätt kondensation tillåtas.

Pris: Enligt uppgift från ACAL AB i april 2005 kostar handinstrumentet EFA 300 utan FFT-funktion ca 6 500 Euro och med FFT ca 8 000 Euro. E-fält sensorn utan FFT kostar ca 5 400 Euro och ca 6 400 med FFT.

Totalt utan FFT: 11 900 Euro

Totalt med FFT: 14 400 Euro

2.2.6 PMM Modell 8053A

PMM (<http://www.pmm.it>) är ett italiensk företag som har varit verksamma inom EMF-området under en lång tid. Man tillverkar instrument och utför kalibreringstjänster över hela frekvensområdet. Man är även verksamma inom det internationella standardiserings-arbetet. PMM representeras i Sverige av CE-BIT Elektronik AB (<http://www.cebit.se>). I PMMs produktprogram finns ett instrument med beteckningen PMM 8053A som kan förses med olika mätprober, bl a en sensor med beteckningen PMM EHP-50C för låg-frekventa elektriska fält och magnetiska. Mätprincip enligt Figur 2.1b. PMM 8053A har däremot ingen intern sensor för B-fält.

Handenhet PMM 8053A

Mätvärdespresentation: Totalfält eller per huvudriktning.
Resultatet kan även presenteras frekvensuppdelat (FFT).

Samplingshastighet: 1, 10 eller 100 sek. Endast vid lagring.

Internminne: Max 8 000 mätningar

Kommunikation: Serie interface (RS-232) och fiber

Batterier: Ni-MH. Drifttid kontinuerligt 20 timmar.

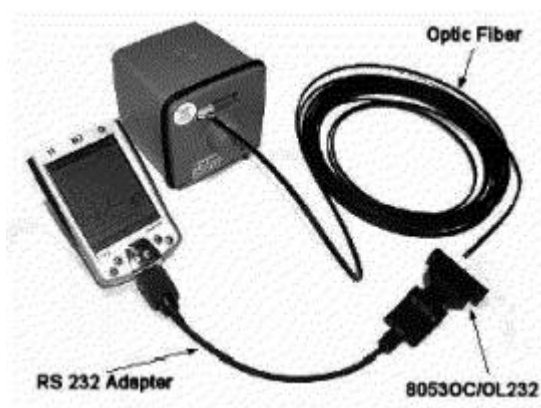
Miljö: Arbetsområde: -10 – + 40 °C, Rh < 90 %.

Mått: 108 x 240 x 50 mm

Vikt: 1,5 kg



Figur 2.11a. PMM 8053A



Figur 2.11b. PMM EHP-50C med optisk länk och handdator

Sensor PMM EHP-50C

Mätområde B-fält:	1 nT – 100 mT. Bästa upplösning: 1 nT.
Mätområde E-fält:	0,01 V/m – 100 kV/m. Högsta upplösning: 0,001 V/m.
Frekvensområde:	5 Hz – 100 kHz
Absolutfel:	± 0,5 dB vid 50 Hz och 0,1 mT respektive ± 0,5 dB vid 50 Hz och 1 kV/m respektive
Dämpning av yttre fält:	B-fält: > 20 dB vid mätning av E-fält. E-fält: > 20 dB vid mätning av B-fält.
Minne:	1440 mätvärden
Kommunikation:	Via optisk fiber med längd 10 – 80 m till PMM 8053A eller till en PC.
Batterier:	Ni-MH (5 x 1,2 V)
Miljö:	Arbetsområde: -10 – + 40 °C.
Mått:	96 x 96 x 115 mm
Vikt:	Ca 525 gram
Övrigt:	EHP-50 C kan också kopplas med optisk fiber till en handdator typ HP iPAQ hx2210.
Pris:	CE-BIT Elektronik AB har i dec 2004 lämnat följande priser: Handenhet PMM 8053A: 52 kSEK E-fält sensor EHP-50 C: 44,5 kSEK Ett set för kommunikation med handdator innehållande: Optisk fiber, optiskt interface, RS 232 kabel till handdator programvara och handdator HP iPAQ hx2210 kostar ca 7,5 kSEK.

3 Standarder för instrument, kalibrering och mätning av E-fält

I EUs direktiv om en begränsning av arbetstagares exponering för EMF sägs att de elektromagnetiska fälten skall mätas enligt s k harmoniserade standarder från CENELEC och om dessa ännu inte finns tillgängliga, enligt andra vetenskapligt grundade standarder eller riktlinjer.

Dessa harmoniserade standarder har en särställning och tas fram på särskilt uppdrag från EU. De är kopplade till ett eller flera direktiv och behandlar tekniska lösningar, medan de grundläggande hälso- och säkerhetskraven tas upp i själva direktivet. Användandet av harmoniserade standarder för att påvisa överensstämmelse med direktiv är frivillig och tillverkare eller motsvarande kan välja att använda andra sätt för att påvisa detta. Tanken är dock att dessa harmoniserade standarder skall underlätta för tillverkare och andra att följa de aktuella kraven.

I detta fall, med mätning av fält, är ännu utbudet av standarder från CENELEC tämligen magert och även om man inkluderar standarder från IEC, så torde det behövas ett visst tillskott. Tiden är givetvis ett problem och det återstår nu (sommaren 2005) knappt 3 år till dess att direktivet skall börja tillämpas fullt ut och motsvarande nationella föreskrifter finnas framme.

Även om EMF-standarder från IEEE inte är direkt tillämpbara i vårt land, så har de ändå ett stort värde som referensdokument. De har en ”praktisk” inriktning och täcker ett större område än vad motsvarande IEC-standarder ännu gör. Det finns med andra ord all anledning att även ta med dessa i denna översikt.

Nedan återges i korthet innehållet i ett urval av standarder och förslag till standarder. Det skall betonas att denna översikt inte på något sätt ersätter originaldokumenten, utan den skall bara användas för att ”hitta rätt” standard inom detta område. De hänvisningar som förekommer nedan, ex vis ”Bilaga F (Annex F, informativt)” avser original-dokumenten. Bilaga F är i detta fall informativt och inte normativt eller tvingande.

3.1 CENELEC

3.1.1 EN 50392:2004

Generic standard to demonstrate the compliance of electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz).

Denna standard antogs i januari 2004 och i mars samma år fastställdes motsvarande svenska standard (SS-EN). Dess omfattning begränsas till sådan utrustning och apparater som kan

användas av allmänheten och i enlighet med vad som framgår av EU-direktivet 1999/519/EG av den 12 juli 1999. Vidare gäller standarden bara sådan utrustning där ingen annan produktstandard finns som behandlar exponeringen. Den gäller däremot inte sådan utrustning som omfattas av EN 50371 (allmänhetens exponering från utrustning med låg effekt i området 10 MHz – 300 GHz), eller medicinsk utrustning enligt Rådets direktiv 93/42/EEC.

Mätning av E-fält beskrivs kortfattat och mycket översiktligt i bilaga F (Annex F, informativt).

3.1.2 prEN 50413:2003

Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)

Detta förslag till standard röstades ner under 2005 och det är i dagsläget oklart vad som kommer att hända med förslaget – om det skall revideras eller möjligen helt skrivas om.

Denna ”draft” eller utkast till standard inleds med ett avsnitt med definitioner av olika begrepp och därefter följer ett avsnitt om kalibrering, mätning och avrapportering. Innehållet är allmänt hållet och det ges bara några enstaka mer konkreta anvisningar. Då standarden dessutom täcker ett betydligt vidare område än vad som är tänkt att avhandlas i denna rapport, finns det inte så mycket konkret inom detta område att hämta i den. Några punkter kan dock vara värda att återge:

- Allmänt: Källan för fältet måste vara känd och dess strålningskaraktistik bör också vara någotsånär känd. Karakteristiken eller strålningsbilden kan uppskattas med en inledande översiktlig mätning. Först när den är känd kan en mer detaljerad mätning göras. Det totala felet skall i allmänhet hållas < 25 %, undantag är de fall då mätningen utförs enligt en harmoniserad standard som direkt accepterar en annan onoggrannhet.
- Kalibrering: En kalibrering skall omfatta bl a följande faktorer: Frekvensområde, linjeartitet, anisotropi, modulation och svarstid.
- Instrument: Mätningar kan göras med både bredbandiga och smalbandiga instrument. Batteridrift ger en generellt mindre risk för störningar än nät drift.
- Mätning: Ledande objekt nära mätproben stör E-fältet. Sådana objekt kan utgöras av observatören själv eller av stativet till proben. Om mätningen syftar till att göra en bedömning av den exponering som en människa kan utsättas för, skall fältstyrkan bestämmas inom det område (volym) där människan normalt befinner sig. Huvud och bål skall täckas av minst fyra mätpunkter och hela kroppen av minst sex punkter.
- Rapportering: I rapporten skall finnas uppgift om bl a: Datum, tid och plats, vad som undersökts, vilket mätinstrument som använts, provuppställning, miljöbetingelser (temperatur, fuktighet etc), mätfel och mätresultat. Vid en bedömning kompletteras rapporten med en beskrivning av det tillvägagångssätt som använts vid bedömningen.

3.1.3 R014-001:1999 (CENELEC Report) (Utgiven av TC 14)

Guide for the evaluation of electromagnetic fields around power transformer

En kortfattad rapport utarbetad av CENELECs transformatorkommitté (TC14) och inriktad mot miljön runt krafttransformatorer. Ett avsnitt behandlar magnetiska fält från anslutningarna på lågspänningssidan och ett avsnitt tar upp de elektriska fälten från anslutande skenstråk. Själva transformatorn i sig bedöms vanligen inte ge upphov till några E-fält, då låda eller annan kapsling ger en effektiv skärmning.

I Annex B beskrivs hur det elektriska fältet från en ledare över ett oändligt plan kan beräknas genom spegling i jordplanet. Metoden är enkel, men användbar för att uppskatta E-fältet i ställverk och under kraftledningar.

3.1.4 BT(ES)/NOT)16

Standardised procedures to measure power-frequency electric and magnetic fields produced by high-voltage electrical lines.

Ännu bara ett tidigt förslag till standard med projekt nummer 16488. Syftet med denna standard är att lägga fast en metodik för mätning av de elektriska och magnetiska fälten från både luftledningar och kablar.

3.2 IEC

3.2.1 IEC 60833. Ed 1. 1987-11

Measurement of power-frequency electric fields. Utgiven av IEC TC 42

En äldre standard som ger krav på instrument, kalibrering och vägledning för mätning av 50/60 Hz elektriska och magnetiska fält. Det tekniska innehållet återges även i IEC 61786 och i IEEE standarderna 644 och 1308.

3.2.2 IEC 61786. Ed 1. 1998-08 Utgiven av IEC TC 85

Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements.
Utgiven av IEC TC 42

Standarden ger krav på instrument, kalibrering och vägledning för mätning av låg-frekventa (15 Hz – 9 kHz) elektriska och magnetiska fält.

I standarden beskrivs tre huvudtyper av instrument; frifältsmätaren, plattan med jordreferens och den elektro-optiska mätaren. Givetvis får även andra instrumenttyper användas förutsatt att det kan visas att de ger i princip samma resultat.

Några speciella krav på instrument för mätning av elektriska fält:

- Instrument skall visa RMS-värdet av ett homogent fält med en högsta onoggrannhet av $\pm$ (10 % av avläst värde + 2 V/m). För E-fält mellan 1 V/m och 5 V/m accepteras en största onoggrannhet på $\pm$ 40 %.
- Instruments frekvensgång skall vara känd även utanför det specificerade mätområdet.
- Instrumentet skall användas mellan 0 °C och 45 °C samt vid en relativ fuktighet mellan 5 % och 95 %.
- Batterimatade instrument är att föredra framför nätdrivna.
- Instrument skall inte påverkas nämnvärt (< 1 V/m) av ett magnetiskt fält på upp till 1 mT.
- Handhållna instrument skall vara lätta. En frifältsmätare av äldre typ med isolerande stång skall kunna hanteras med en 2 m lång stång.

Kalibrering kan utföras som typprov, som acceptansprov och som verifierande prov. De förstnämnda utförs vanligen av tillverkaren och på en eller ett fåtal enheter. Acceptansproven utförs likaså av tillverkaren men på samtliga tillverkade enheter. De skall upprepas om instrumentet byggts om eller reparerats. Verifierande prov skall göras med bestämda tidsintervall.

Vid kalibrering skall bl a följande beaktas:

- Det elektriska fältet i kalibreringsgapet skall vara homogent. Fältstyrkan i gapets centrum får ej avvika med mer än 1 % från den homogena fältstyrkan i ett gap med oändligt stora plattor. En detektor med största diagonal ej överstigande 23 cm, kan exempelvis kalibreras i mitten av ett gap med kantlängden 1,5 m och gapavståndet 0,75 m
- Den elektriska fältstyrkan i gapet skall vara känd med en största onoggrannhet av $\pm$ 3 %.
- Den totala osäkerheten vid kalibreringen skall ej överstiga $\pm$ (5 % + 1 V/m). Instrumentets onoggrannhet skall därvid specificeras med täckningsfaktor = 2, dvs med onoggrannheten $\pm$ (10 % + 2 V/m).
- För instrument med analog visning skall minst tre punkter per mätområde (30 – 90 % av fullt skalutslag) kontrolleras. För instrument med digital visning skall minst fyra punkter (10 – 90 %) kontrolleras. Instrument med automatiskt områdesval skall kontrolleras med minst tre punkter per område. Mätområdet med högst känslighet skall kontrolleras i en punkt vid ungefär 10 % av det aktuella området. Mätområdet med minst känslighet skall på motsvarande sätt kontrolleras i en punkt vid ungefär 90 % av det mätområdet.
- Maximalt fält skall uppnås med mätproben orienterad inom $\pm$ 10 grader från lodlinjen.
- För minst en fältnivå skall instrumentet kontrolleras vid tre olika frekvenser; vid mätområdets nedre och övre gränsfrekvenser och vid centerfrekvensen.

- Matande spänning till kalibreringsgapet skall ha en övertonshalt = 2 %.

Kalibreringen skall dokumenteras i en rapport som skall ha en unik identifikation. Ett unikt dokument- eller rapportnummer ger en sådan identifikation. I rapporten skall bl a följande anges:

- Vem som utfört kontrollen; både organisation och person
- När detta skett.
- Vilken som är uppdragsgivare.
- Vad som har kontrollerats; både typbeteckning och tillverkningsnummer.

På begäran skall också tillverkaren/provningslaboratoriet kunna lämna information om:

- Kalibreringsgapets dimensioner.
- Vilken mätutrustning som har använts för att mäta spänningen över gapet och tillhörande kalibreringsprotokoll.

I samband med kalibreringen i ett gap kan det vara lämpligt att även göra en verifierande kontroll genom att direkt på proben applicera en känd spänning eller ström. Detta ger en möjlighet att enkelt kontrollera detektorsystemet.

Valet av kalibreringsintervall måste göras utifrån erfarenhet och användning, men ett intervall på ett år kan vara rimligt i de flesta fall.

Vid genomförande av en mätning skall särskilt följande beaktas:

- Det är det ostörda fältet som skall mätas.
- Fältet skall mätas med ett instrument som ger information om fältets storlek i en given riktning.
- Mätprobens storlek skall anpassas till det som skall mätas. För detaljerade mätningar krävs en liten prob.
- Vid mätning av E-fält från kraftledningar, transformatorer etc kan lämpligen ett smalbandigt band-pass filter med mittfrekvensen 50 (ev 60) Hz väljas.

Efter mätning skall resultatet dokumenteras i någon form av rapport. Omfattningen av denna beror givetvis på syftet med mätningen, men som ett minimum skall följande finnas med:

- Datum och tidpunkt för mätningen.
- Syftet med mätningen.
- Mätinstrumentets typ, tillverkningsnummer och tillverkare.
- Mätprobens form och storlek.
- Mätstorhet.
- Total mätosäkerhet.
- Datum för senaste kalibrering/verifierande kontroll.

Följande information kan behöva finnas med:

- Vid exponering av människor även var dessa befunnit sig, rörelser etc.
- Instrumentets frekvensgång.
- Kartor, ritningar över mätområdet. Mätpunkternas lägen. (IEC väljer att placera denna punkt bland sådant som *kan* behöva finnas med i rapporten, men detta är fundamental information och *skall* alltid finnas.
- En statistisk utvärdering av resultatet; max-, min-, medianvärden etc.
- Väder.
- En beskrivning av källan för fältet. Ex vis spänning för kraftledning och ledningskonfiguration.
- Vilka som genomfört mätningen.

I bilaga A (Annex A, normativt) ges anvisningar för kalibreringsspolar för B-fält instrument och för gap för E-fältmätare.

Vad det gäller gap för E-fält är framställningen i stort sett identisk med den i IEEE Std 644-1994 och IEEE 1308-1994:

Plattornas radie eller sida skall vara minst lika med gapavståndet för att fältets längs gapets mittlinje skall avvika högst 0,1 % från medelfältet.

Ett lämpligt kalibreringsgap för frifältsmätare med en största diagonal på 23 cm kan ha ett gapavstånd på 75 cm och en sidlängd på 150 cm. Elektrooptiska mätare, som vanligen är betydligt mindre, kan kalibreras i motsvarande mindre gap.

Kalibreringsgapet kan användas även för kalibrering av den enkla plattan med jord-referens och i detta fall placeras mätarens platta direkt på den undre plattan i gapet. I dessa fall kan gapavståndet begränsas, men avståndet skall vara minst 1,5 gånger mätplattans sida eller diameter. Avståndet mellan mätplattans kanter och den nedre gapplattans kanter skall vara minst två gapavstånd och avståndet till golv, väggar etc skall likaså vara minst två gapavstånd. Förutsatt att det jordade område runt mätplattan har en bredd av minst 6 % av mätplattans sida och att plattans tjocklek är högst 3,5 % av sidan, får med ovanstående krav ett kalibreringsfält som ligger inom 0,5 % från det homogena fältet.

I bilaga B (Annex B, normativt) redovisas felkällor vid mätning av B- och E-fält. Redovisningen är i stort sett identisk med motsvarande i IEEE Std 1308-1994.

Den första punkten som tas upp är påverkan från observatören. Man skall dock komma ihåg att standarden är skriven i en tid då frifältsmätare var det dominerande instrumentet. Det var integrerade instrument med både mätsensor, elektronik och display i en och samma kapsling. Vid mätning var instrumentet monterat på en isolerande stång och hölls så långt bort från kroppen som krafterna tillät. Även synförmågan begränsade avståndet, eftersom fältstyrkan skulle avläsas på en analog skala eller möjligen på en digital display. Detta tillsammans

begränsade avståndet instrument-observatör till ett par meter, möjligen något mer. Med dessa korta avstånd fås ett fel på i storleksordningen 5 %. En därmed sammanhängande feltyp är avläsningsfel pga långt avstånd. De kan givetvis begränsas genom användning av en digital display.

Närheten till ledande föremål kan vara en annan felkälla genom de ytladdningar som samlas på ledande ytor. För en sfärisk mätprob begränsas denna påverkan till 0,5 % om avståndet mellan prob och yta överstiger två probdiameter. För en kubisk prob kan diametern antas var lika med rymddiagonalen.

Mekanisk obalans i visarinstrument är ytterligare en felkälla som hänger samman med de äldre typerna av frifältsmätare.

Störningar från yttre magnetfält nämns som en annan felkälla och denna möjlighet finns naturligtvis även vid användning av moderna instrument.

Fältets bristande homogenitet kan vara en felkälla då instrumenten normalt kalibreras i homogena fält. Det framgår att för en sfärisk prob blir felet i storleksordningen 1 % om fältet alstras av en punktladdning på ett avstånd av 10 probdiameter från mätprobens centrum.

Hög luftfuktighet och i synnerhet en kondenserande atmosfär, kan vara en betydande felkälla. Dels kan laddningar transporteras längs en fuktig stång eller ett fuktigt stativ och dels kan själva mätproben täckas av ett ledande skikt som skärmar det elektriska fältet.

Temperaturdrift är en annan felkälla. Analoga instrument kan ha en betydande temperaturdrift, men detta gäller även elektrooptiska voltmetrar.

I bilaga C (Annex C, informativt) ges en allmän beskrivning av magnetiska fält.

I bilaga D (Annex D, informativt) ges en allmän beskrivning av instrument för mätning av magnetisk flödestäthet, liksom för olika mätförfaranden. Avslutningsvis ges en mer detaljerad anvisning för mätning i ett ställverk och i vilken grad driftpersonalen exponeras.

I bilaga E (Annex E, informativt) ges en beskrivning av instrument för mätning av den elektriska fältstyrkan, liksom för olika mätförfaranden. Framställningen är här mer detaljerad än den som givits i huvudtexten.

De instrumenttyper som beskrivs är frifältsmätaren, plattan med jordreferens och den elektrooptiska mätaren.

I avsnittet om mätmetoder betonas vikten av att mätningen måste planeras noga. Målet med mätningen måste vara klarlagt och det kan i många fall vara lämpligt att först göra en översiktlig mätning och därefter en mer detaljerad uppföljning. Om dessutom mätningen skall användas

för att bedöma exponeringen av en människa, ökar kraven på planering ytterligare. Människan påverkar det elektriska fältet och den lokala fältstyrkan är beroende av var på eller runt kroppen man mäter fältet. Som exempel kan nämnas att den lokala fältstyrkan ovan huvudet på en upprätt stående person, i ett annars vertikalt och homogent fält, är 15 – 20 gånger högre än det ostörda fältet. Den här besvärliga situationen underlättas dock väsentligt av att exponeringsstandarder och direktiv föreskriver mätning av det ostörda fältet. ”Omskalningen” till inre fält i människo-kroppen inkluderas i de gränsvärden som anges i dessa dokument.

Nedan listas några tänkbara exempel på mål eller syfte med en mätning:

- Bestämning av fältets nivå. Källan för fältet och dess karakteristik måste vara känd för att mätningen skall ge ett riktigt resultat. Exempelvis får fältet från en kraftledning anses vara så pass känt att en mätning kan genomföras utan någon mer omfattande planering. Däremot, i ett ställverk eller en industri eller i vanlig bostad, är situationen betydligt mer komplex och kräver mer planering och kanske tom en inledande översiktlig mätning.
- Bestämning av fältets amplitudvariationer i rummet. Samma kommentar som ovan gäller. Källan för fältet och dess karakteristik måste vara känd för att mätningen skall ge ett riktigt resultat.
- Bestämning av fältets variationer i tiden. I regel skall inte nivån av det elektriska fältet ändra sig så mycket med tiden. Människor och fordon som rör sig kan påverka fältet, men nivån av detta är vanligtvis måttlig. Under en kraftledning är det elektriska fältet tämligen konstant då variationerna i spänningen är små.
- Bestämningen av ”dosen” eller på något sätt tidsviktade medelvärden. Detta är än så länge ett oklart område. Till skillnad från motsvarande inom det magnetiska området har inte ”dosen” (ännu) blivit en intressant parameter.
- Karakterisering av intermittenta fält. Liksom för dos är detta ännu inget som diskuterats i någon större omfattning.
- Karakterisering av fältnivåer överskridande ett visst tröskelvärde. Kan t ex vara aktuellt i de fall man önskar avgöra om t ex exponeringssituation uppfyller kraven i en viss föreskrift.
- Bestämning av frekvensinnehåll. Kan vara av intresse eftersom de exponeringsvillkor som stadgas i olika föreskrifter varierar över frekvensområdet.
- Bestämning av fältets polarisering. Kräver möjlighet att mäta fältet i en given riktning.
- Bedömning av mänsklig exponering (”human electric exposure”). Detta kan innebära en kombination av några av de ovanstående punkterna, som amplitud och fältets variationer i rummet och tiden. Givetvis kan skillnaden både i undersökning och i resultat bli uppenbar om personen är stillastående i fältet eller rör på sig.

I bilaga F (Annex F, informativt) behandlas instrument för statistiska magnetiska fält.

3.2.3 IEC 62110 Ed 1.0 (Draft 106/75/NP)

Measurement procedures for electric and magnetic fields generated by AC power lines with regard to human exposure

Standarden är inriktad på fält i sådana områden som kan nås av allmänheten. Ställverk och liknande miljöer som endast kan nås av yrkesverksamma, kan komma att behandlas i en annan standard.

Mätning av elektrisk fältstyrka behandlas tämligen kortfattat. Det sägs att endast det vertikala fältet skall mätas och att fältet skall mätas 1 m ovan mark. För att undvika påverkan från observatören skall avståndet till detektorn vara minst 2,5 m.

I ett kortare avsnitt listas några punkter som skall finnas med i rapporten:

- Datum och tid.
- Mätplats i allmänhet och en mer exakt position.
- Vilken typ av ledning som alstrar fältet; spänning, konfiguration etc.
- Typ av mätinstrument.
- Andra källor för fält i närheten.
- Ledande föremål i närheten.

I annex A (informativt) redovisas ett antal grafer över magnetfält invid luftledning och kablar.

Annex B (informativt) kommer att innehålla motsvarande information om E-fältet.

Annex C (informativt) behandlar beräkning av det magnetiska fältet och framförallt nära luftledningar.

Annex D (informativt) kommer att innehålla motsvarande information om E-fältet.

Annex E (informativt) kommer att ta upp val av mätpunkter nära kraftledningar.

Annex F (informativt) innehåller en kort bibliografi.

3.2.4 IEC 62233 Ed 1.0 (Draft 106/77/CDV)

Measurement methods for low frequency magnetic and electric fields of domestic appliances with regard to human exposure.

Standard inriktad mot mätning av fält från hushållsapparater och därför inte aktuell i detta sammanhang.

3.3 IEEE

3.3.1 IEEE Std C95.6-2002.

IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 – 3 kHz.

Denna mycket innehållsrika standard behandlar påverkan på människokroppen och ger dessutom även gränsvärden för exponering. Däremot finns däri inget om instrument eller mätning av fält.

3.3.2 IEEE Std 644-1994.

IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines.

IEEE har sedan många år arbetat med frågan om människans exponering för 50/60 Hz elektromagnetiska fält. Arbetet resulterade redan 1979 i standarden IEEE Std 644. Denna reviderades 1987 och därefter 1994. Den nu aktuella utgåvan från 2001 är tekniskt ekvivalent (Reaffirmed) med 1994 års utgåva. Det tekniska innehållet inklusive tabeller och figurer återfinns även i IEC 61786.

Standarden beskriver ett par olika huvudtyper av instrument, deras kalibrering och hur fältet i närheten av kraftledningar skall mätas.

Det främst rekommenderade instrumentet är frifältsmätaren som mäter den inducerade strömmen eller laddningen mellan två plattor eller sfäriska segment som placerats i det elektriska fältet. Ett alternativ är plattan med jordreferens.

Tre olika metoder för kalibrering av E-fältsmätare beskrivs i ett avsnitt. Den första metoden är användningen av ett planparallellt gap och där avståndet mellan de två plattorna är kort i förhållande till plattornas storlek. Även om plattavståndet hålls kort så är gapet känsligt för yttre påverkan. För att minimera sådan påverkan har man experimenterat med ringformade elektroder i gapets periferi. Elektroderna ”graderas” i dessa fall med en resistiv spänningsdelare. I gapet kan den ena plattan ha endera jord-potential eller tilldelas en viss potential genom användning av en matande transformator med mittpunktsjordning.

Ett alternativ till det planparallella gapet är att nyttja det förhållandevis homogena fältet under en kraftledning. Standarden föreslår att man lägger en metallplatta horisontellt på markytan. Plattan är uppdelad så att den inre (ev cirkulära) delen ansluts till ampere-meter och den yttre delen jordas. Den elektriska fältstyrkan E kan då beräknas som:

$$E = I / \epsilon_0 \omega A$$

där I = den uppmätta strömmen, ϵ_0 = dielektricitetskonstanten och A = plattans area

Det instrument som skall kalibreras placeras sedan 1 m ovan plattan. Under kraft-ledningen antas fältet vara nära homogent och skillnaden mellan plattans nivå och 1 m ovan mark antas därmed vara försumbar.

En tredje möjlighet är att skicka en känd ström genom proben. Detta förutsätter givetvis att kvoten I/E redan är känd, men så är tyvärr inte alltid fallet. Metoden är dock så enkel att den kan rekommenderas för en snabb kontroll av instrument.

För regelrätt kalibrering rekommenderas standarden givetvis den första metoden och man anvisar att kvadratisk gap med sidan 1,5 m och plattavståndet 0,75 m. Med dessa mått krävs inga mellanelektroder för att få en användbar ”kalibreringsvolym” med ett fält som avviker max 1 % från medelfältet. Den totala onoggrannheten hos det beräknade fältet skall vara högst 3 %. Onoggrannheten i spänningsmätningen får vara max 1 % och övertonshalten skall likaså begränsas till 1 %.

Mätning av E-fält i närheten av kraftledningar behandlas i kapitel 5 i standarden. Det sägs i dokumentet att fältet skall mätas 1 m ovan mark och att den vertikala komponenten skall mätas. I de fall då ytterligare information önskas, kan vertikalfälts-mätningen kompletteras med en uppmätning av både max- och minfälten och deras riktning.

För att undvika påverkan från observatören, skall avståndet mellan instrument och observatör vara minst 2,5 m. Detta torde också vara den praktiska gränsen för de fall man mäter med ett äldre instrument som endast har ett visarinstrument eller en digital display. Instrument med fiberkommunikation kan givetvis avläsas på betydligt längre avstånd. Med ett avstånd på 2,5 m fås en påverkan från observatören på 1,5 – 3 %.

Fältet kan mätas i både tvär- och längsprofiler. I båda fallen skall fältet mätas 1 m ovan mark och för en tvärprofil ut till en punkt minst 30 m utanför den yttersta faslinan. En ”halvprofil” (från mittpunkten och ut) skall bestå av minst 5 mätpunkter. Längsprofiler mäts från mittspänn och med minst 10 mätpunkter placerade inom en sträcka motsvarande ett spann.

Det mesta i naturen förekommande kan påverka det elektriska fältet. Träd, buskar, hus, stora stenar etc kan påverka resultatet och skall därför markeras på en enkel skiss över mätområdet.

I standarden talas om läckage längs instrumentets handtag till observatören. Den här typen av instrument torde vara mindre vanliga idag, men i princip kan samma läckage uppträda om instrumentet står uppställt på ett stativ. Givetvis skall stativet vara tillverkat av isolerande material, men fuktiga ytor kan ändå ställa till problem.

Den totala onoggrannheten vid mätningen, inkluderande fel vid kalibrering, temperaturdrift, påverkan från omgivningen etc, skall uppskattas och noteras. Denna får inte överstiga 10 %.

3.3.3 IEEE Std 1308-1994 (R2001).

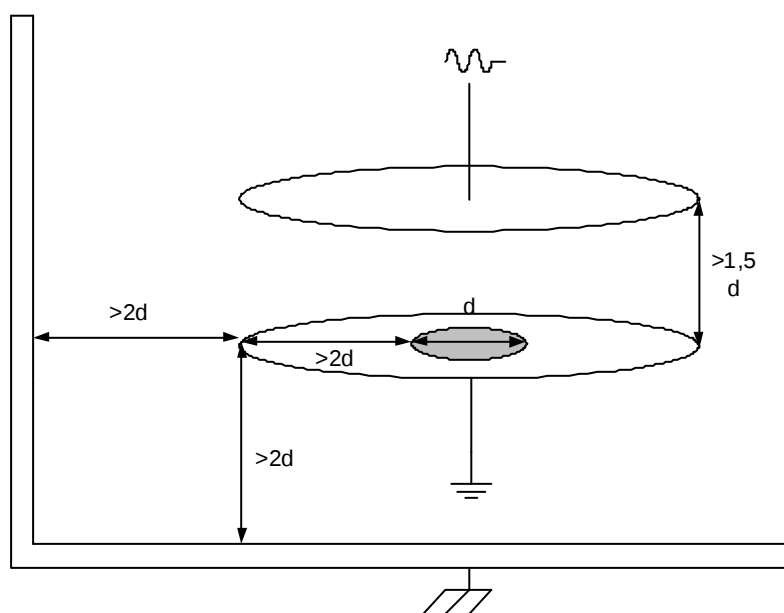
IEEE Recommended Practice for Instrumentation: Specifications for Magnetic Flux Density and Electric Field Strength Meters – 10 Hz to 3 kHz

Behandlar instrument och kalibrering av instrument för B- och E-fält. Standarden har mycket gemensamt med IEC 61786:1998; figurer och text är i många stycken desamma.

Efter en mer allmän genomgång presenteras huvudtyper av instrument för elektrisk fältstyrka; frifältsmätaren, plattan med jordreferens och den elektrooptiska mätaren. I standarden beskrivs alla som 1-axliga instrument, även om det förekommer både 2- och 3-axliga versioner.

Det följande avsnittet beskriver kalibrering och framförallt då de krav som ställs på ett kalibreringsgap. Framställningen är i stort sett identisk med den i IEEE Std 644-1994 och slutsatserna givetvis likaså: Plattornas radie eller sida skall vara minst lika med gapavståndet för att fältets längs gapets mittlinje skall avvika högst 0,1 % från medel-fältet.

Kalibreringsgapet kan användas även för kalibrering av den enkla plattan med jord-referens och i detta fall placeras mätarens platta direkt på den undre plattan i gapet. I dessa fall kan gapavståndet begränsas, men avståndet skall vara minst 1,5 x mätplattans sida eller diameter. Avståndet mellan mätplattans kanter och den nedre gapplattans kanter skall vara minst två gapavstånd och avståndet till golv, väggar etc skall likaså vara minst två gapavstånd. Förutsatt att det jordade område runt mätplattan har en bredd av minst 6 % av mätplattans sida och att plattans tjocklek är högst 3,5 % av sidan, får med ovanstående krav ett kalibreringsfält som ligger inom 0,5 % från det homogena fältet. Se Figur 3.1 nedan.



Figur 3.1.
Kalibreringsgap enligt
IEEE. Mätplattans sida
= d

Ett längre avsnitt ägnas åt olika felkällor. Den första punkten som tas upp är påverkan från observatören. Man skall dock komma ihåg att standarden är skriven i en tid då frifältsmätare var det dominerande instrumentet. Det var integrerade instrument med både mätsensor, elektronik och display i en och samma kapsling. Vid mätning var instrumentet monterat på en isolerande stång och hölls så långt bort från kroppen som krafterna tillät. Även synförmågan begränsade avståndet, eftersom fältstyrkan skulle avläsas på en analog skala eller möjligen på en digital display. Detta tillsammans begränsade avståndet instrument-observatör till ett par meter, möjligen något mer. Med dessa korta avstånd fås ett fel på i storleksordningen 5 %. En därmed sammanhängande feltyp är avläsningsfel pga långt avstånd. De kan givetvis begränsas genom användning av en digital display.

Närheten till ledande föremål kan vara en annan felkälla genom de ytladdningar som samlas på ledande ytor. För en sfärisk nätprobe begränsas denna påverkan till 0,5 % om avståndet mellan probe och yta överstiger två probdiameter. För en kubisk probe kan diametern antas var lika med rymddiagonalen.

Mekanisk obalans i visarinstrument är ytterligare en felkälla som hänger samman med de äldre typerna av frifältsmätare.

Störningar från yttre magnetfält nämns som en annan felkälla och denna möjlighet finns naturligtvis även vid användning av moderna instrument.

Fältets bristande homogenitet kan vara en felkälla då instrumenten normalt kalibreras i homogena fält. Det framgår att för en sfärisk prob blir felet i storleksordningen 1 % om fältet alstras av en punktladdning på ett avstånd av 10 probdiameter från mätprobens centrum.

Hög luftfuktighet och i synnerhet en kondenserande atmosfär, kan vara en betydande felkälla. Dels kan laddningar transporteras längs en fuktig stång eller ett fuktigt stativ och dels kan själva mätproben täckas av ett ledande skikt som skärmar det elektriska fältet.

Temperaturdrift är en annan felkälla. Analoga instrument kan ha en betydande temperaturdrift, men detta gäller även elektro-optiska voltmetrar.

3.3.4 IEEE Std 1460-1996 (R2002).

IEEE Guide for the Measurement of Quasi-Static Magnetic and Electric Fields.

Standarden inleds med en kortare och allmän genomgång av utbredningen av B- och E-fält och därefter följer en kortare beskrivning av tre olika typer av E-fältsmätare; frifältsmätaren, plattan med jordreferens och den elektrooptiska mätaren.

I standardens kapitel 6 talas om mätning av E-fält, men framställningen är så allmänt hållen att det inte finns anledning att närmare kommentera detta.

4 Slutsatser

I EUs direktiv om en begränsning av arbetstagares exponering för EMF sägs att de elektromagnetiska fälten skall mätas enligt sk harmoniserade standarder från CENELEC, eller om dessa ej ännu finns, enligt andra vetenskapligt grundade standarder eller riktlinjer.

De EN-standarder som hittills utgivits av CENELECs kommitté 106X i detta ämne, är allmänna och ger ingen direkt ledning för vare sig hur instrument skall vara beskaffade eller hur de skall kalibreras, detsamma gäller också för genomförande av mätningar. Detta är givetvis ingen tillfällighet, utan ett resultat av en uppdelning mellan CENELEC och IEC, där den senare organisationen ansvarar för bl a mättekniska biten.

Instrument och deras kalibrering behandlas huvudsakligen i IEC 61786-1998, medan vissa mer speciella mätningar (kraftledning, allmänna områden etc) behandlas i andra standarder.

Vad det gäller specifikt kraftfrekventa elektriska fält kan kraven på instrumenten synas förhållandevis måttliga. Sannolikt är detta en följd av att de ursprungliga skrivningarna i standarderna är från en tid då mätinstrumenten var enkla konstruktioner utan möjlighet till fjärravläsning, minne och signalbehandling.

Bland de mer fundamentala kraven enligt IEC 61786-1998 kan nämnas:

- Instrument skall visa RMS-värdet av ett homogent fält med en högsta onoggrannhet av $\pm$ (10 % av avläst värde + 2 V/m). För E-fält mellan 1 V/m och 5 V/m accepteras en största onoggrannhet på $\pm$ 40 %.
- Instruments frekvensgång skall vara känd även utanför det specificerade mätområdet.
- Instrumentet skall användas mellan 0 °C och 45 °C samt vid en relativ fuktighet mellan 5 % och 95 %.
- Batterimatade instrument är att föredra framför nätdrivna.
- Instrument skall inte påverkas nämnvärt (< 1 V/m) av ett magnetiskt fält < 1 mT.

Även på kalibrering är kraven rimliga:

- Det elektriska fältet i kalibreringsgapet skall vara homogent. Fältstyrkan i gapets centrum får ej avvika med mer än 1 % från fältstyrkan i ett oändligt stort gap.
- Den elektriska fältstyrkan i gapet skall vara känd med en största onoggrannhet av $\pm$ 3 %.
- Den totala osäkerheten vid kalibreringen skall ej överstiga $\pm$ (5 % + 1 V/m). Instrumentets onoggrannhet skall därvid specificeras med täckningsfaktor = 2, dvs med onoggrannheten $\pm$ (10 % + 2 V/m).

De här grundläggande kraven kan uppfyllas av både frifältsmätande instrument (även de elektrooptiska) och av mätare med jordreferens. Däremot kan inte de senare användas för att mäta fältet från kraftledningar och i ställverk, där fältet normalt skall mätas 1 m ovan mark.

Frifältsmätande instrument är känsliga för ledande objekt i sin omgivning och även operatören stör fältet om han/hon befinner sig nära sensorn. För att denna påverkan skall hållas under 5 %, så bör avståndet vara minst 2,5 m. Moderna instrument med fiber-optisk länk mellan sensor och detektor har givetvis en stor fördel i detta avseende.

På marknaden finns flera instrument som uppfyller standardernas krav och även något som säkerligen kan fås att göra detta efter kompletterande kalibrering.

- **Chauvin Arnoux C.A 42** med E-fält prob EF 400 mäter både B- och E-fält. Mätområdet på 30 kV/m i kombination med en 5 m lång fiber bör i princip klara alla mätuppdrag i ställverk. Pris ca 73 000 kr.
- **EnviroMentor EMM 4** kan bara användas för att mäta E-fältet i markytans nivå och är därmed inte så användbar i detta sammanhang.
- **Monroe Electronics Model 238A** är ett enkelt E-fältinstrument av en äldre konstruktion. Den analoga skalan kan bli besvärlig att avläsa på 2,5 meters avstånd. Det uppfyller inte fodringarna enligt IEC, men detta torde kunna avhjälpas med en mer omsorgsfull kalibrering. Enkelheten i kombination med ett lågt pris på ca 13 000 kr gör detta till ett prisvärt instrument som kan rekommenderas till den som söker ett instrument för snabba och översiktliga mätningar.
- **Enertech Emdex II med E-probe**. I princip en utveckling av ovanstående, men även med en intern sensor för B-fält. Drygt dubbelt så dyr som Monroe Electronics Model 238A, men tekniskt inte mycket bättre. Den digitala displayen är förvisso lättare att avläsa än en analog skala, men hanteringen med en lång stång kan upplevas som besvärlig.
- **Narda EFA 300** mäter både B- och E-fält och har fått goda betyg från flera användare. Mätområdet på 100 kV/m bör täcka alla realistiska mätuppdrag. Instrumentet är dyrt i förhållande till sina konkurrenter och prisskillnaden kan synas svår att motivera utifrån specifikationen. Pris inklusive FFT-funktion: Ca 135 000 kr.
- **PMM Modell 8053 med sensor PMM EHP-50C** mäter både B- och E-fält. Mätområdet på 100 kV/m i kombination med en 10 - 80 m lång fiber bör i princip klara alla realistiska mätuppdrag. Pris ca 97 000 kr inkl FFT-funktion..

Av det ovanstående framgår att det enkla instrumentet från Monroe Electronics kan rekommenderas till den som söker ett prisbilligt instrument för snabba och översiktliga mätningar. Krävs istället ett instrument för att bedöma fält och exponeringsvillkor i ställverk, under kraftledning och liknande, rekommenderas i första hand Chauvin Arnoux C.A 42 med E-fält prob EF 400 eller PMM Modell 8053 med sensor PMM EHP-50C.

5 Att mäta det elektriska fältet

Nedan ges några viktiga punkter att ha som stöd vid planering, mätning och rapportering av den elektriska fältstyrkan.

Planering och val av utrustning

- Vad är syftet med mätningen, översiktlig eller detaljerad?
- Vilken grupp exponeras: allmänheten eller arbetstagare?
- Om källan för fältet är känd, vilken är dess utbredningskaraktistik?
Punktformig eller linjär? Val av avstånd mellan mätpunkter.
- Finns behov att mäta fältet i de tre huvudriktningarna eller räcker det med totalfältet?
- Vilken typ av instrument skall användas? Kalibreringsstatus? Behov av sensor?
- Vilket mätområde behövs? Noggrannhet? Frekvensområde? Är inslaget av övertoner betydande? Val av ev filter?

Mätning

- Dokumentera datum & tid, instrument & sensor, utförare och plats eller objekt.
- Dokumentera mätplatsen. Fotografera och gör gärna en skiss. I princip allt i vår omvärld påverkar det elektriska fältet och är därmed intressant vid denna dokumentation. Träd, buskar, stenar, byggnader, människor etc.
- Mät, i normalfallet 1 m ovan mark. Vid behov uppdelat i x-, y- och z-riktning.
- Uppskatta tiden som personer exponeras (främst aktuellt vid arbetstagare).

Rapportering

- Datum, tid och utförare.
- Mätplats. Kan med fördel visas med bilder och/eller kartor/ritningar.
- Syfte med mätningen.
- Instrument, sensor, kalibreringsstatus, mätområde, frekvensområde, onoggrannhet.
- Mätresultat inkl feluppskattning.
- Bedömning av resultatet. (Detta behandlas mer utförligt i en separat rapport.)
I förekommande fall med en uppskattning av exponeringstiderna.

Allmänheten:

= 5 kV/m. Under referensnivån. Enligt EU/SSI behövs ingen vidare åtgärd.

> 5 kV/m. Över referensnivån. Fastställ om även den grundläggande begränsningen överskrids.

Om nej: Enligt EU/SSI behövs ingen vidare åtgärd.

Om ja: Begränsa exponeringen.

Arbetstagare:

=10 kV/m. Under insatsvärdet. Enligt EU behövs ingen vidare åtgärd.

>10 kV/m. Över insatsvärdet. Fastställ om även gränsvärdet överskrids.

Om nej: Enligt EU behövs ingen vidare åtgärd.

Om ja: Begränsa exponeringen.

6 Referenser

- [1] Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/39/EEC.)
- [2] Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/40/EG om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (elektromagnetiska fält) i arbetet (18:e särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG).
- [3] Rådets Rekommendation av den 12 juli 1999 om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält (0 Hz – 300 GHz). 1999/519/EG.
- [4] Statens strålskyddsinstituts allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält. SSI FS 2002:3.
- [5] ICNIRP Guidelines. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics. April. 1998. pp 494-522.
- [6] Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements. IEC 6176-1998.
- [7] Andersson, Håkan och MalmLöf, Peder: Prob för mätning av likströmsfält. Examensarbete. STRI Technical Report T92-017. 1992.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se