

Nät, Teknik
Edward Friman
010-475 86 29

2019-05-27

Svk 2017/111

Svenska kraftnäts tolkning för att uppfylla arbetsmiljökraven gällande elektromagnetiska fält

Detta dokument utgör Svenska kraftnäts tolkningar och bedömningar för att uppfylla kraven i AFS 2016:3, ”Elektromagnetiska fält – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om elektromagnetiska fält och allmänna råd om tillämpningen av föreskriften”, vid arbete i Svenska kraftnäts anläggningar. Dokumentet behandlar i första hand elektriska 50 Hz fält. Dokumentet utgör en grund för de riskbedömningar m.a.p. elektromagnetiska fält som Svenska kraftnät gör i egenskap av Bas-P vid planerade ny- och ombyggnationer. Dessutom utgör dokumentet ett underlag för den information som lämnas till underhållsentreprenörer.

Bedömningarna bygger på EU-direktivet 2013/35/EU, AFS 2016:3, ICNIRP Guidelines från 2010 samt nuvarande kunskapsnivå, och kan komma att ändras då kunskapsläget ändras och/eller mer erfarenheter erhålls.

Riskbedömningar och tolkningarna är rekommendationer. Det åligger en entreprenör att utvärdera riskerna med elektromagnetiska fält och redovisa en sådan riskbedömning.

OBS! Hantering av risker med elektromagnetiska fält får inte försämra elsäkerheten eller öka andra arbetsmiljörisker. Den totala riskbilden får inte öka.

Innehåll

1	Inledning.....	3
2	Definitioner.....	4
3	EU-direktiv, AFS 2016:3 och riktlinjer avseende E-fält	6
4	Svenska kraftnäts ställningstagande och riskbedömning	9
4.1	<i>Storlek på yttre E-fält</i>	<i>10</i>
4.2	<i>Svenska kraftnäts inriktning för arbete i E-fält</i>	<i>10</i>
4.2.1	<i>Stora platsgjutna fundament</i>	<i>11</i>
4.2.2	<i>Pålfundament och mindre platsgjutna fundament</i>	<i>11</i>
4.2.3	<i>Arbete invid höga metallstrukturer</i>	<i>11</i>
4.2.4	<i>Övriga förslag på åtgärder</i>	<i>12</i>
5	Gnisturladdningar och kontaktströmmar.....	12
6	Möjliga åtgärder	14
7	Referenser	17

1 Inledning

I och med att EU-direktiv 2013/35/EU, minimikrav avseende EMF för arbetstagare [1] trädde i kraft 2013 och att Arbetsmiljöverket har gett ut en föreskrift, AFS 2016:3 [2], som motsvarar EU-direktivet, kommer arbetsgivare att mer specifikt behöva hantera risker med avseende på elektriska och magnetiska fält. Tidigare fanns enbart allmänna skrivningar om riskhantering i den generella arbetsmiljölagstiftningen som kunde appliceras på EMF vid kraftfrekvens. För högfrekventa elektromagnetiska fält fanns en föreskrift, AFS 1987:2. Denna ersätts av den nya föreskriften AFS 2016:3 som omfattar frekvensområdet 0 Hz – 300 GHz.

Detta dokument behandlar arbetsmiljörisker för arbetstagare som är utsatta för lågfrekventa elektriska fält (E-fält, 50 Hz), då spänningsövertoner på högspänningsnivå normalt är så låga att de saknar betydelse för det elektriska fältet [3]. Analysen avser byggnation eller kompletteringar/ombyggnader av stationer och ledningar, men även underhållsarbeten.

Magnetfält (B-fält) bedöms inte vara något problem vid arbeten i Svenska kraftnäts anläggningar då magnetfältet i dessa arbetsmoment ligger väl under de insatsnivåer som AFS 2016:3 stipulerar. Undantag kan utgöra kablar i tunnlar, om man kommer riktigt nära dessa kablar med huvudet. Dessa fall får dock behandlas separat och faller utanför denna framställning.

Gravida eller personer/arbetstagare med medicinska implantat eller andra personliga elektroniska hjälpmedel, s.k. särskilt utsatta, omfattas inte av detta dokument. Dessa personer ska inte arbeta i Svenska kraftnäts högspänningsställverk eller på ledningar om inte en särskild riskbedömning utförts. Undantag kan göras för kontrollrum då deras elektriska miljö kan jämföras med kontorsmiljö. Inte heller AMS-arbeten (Arbete med spänning) med barhandsmetoden omfattas av detta dokument.

2 Definitioner

I detta dokument används följande definitioner.

Action Level, AL	benämning av insatsnivå i EU-direktiv 2013/35/EU.
BAS-P / BAS-U	BAS-P = Byggarbetsmiljösamordnare vid planering och projektering. BAS-U = Byggarbetsmiljösamordnare vid utförande.
CNS	centrala nervsystemet, d.v.s. hjärnan och ryggmärgen.
EMF, elektromagnetiska fält	statiska och tidsvarierande magnetiska fält (B-fält), samt tidsvarierande elektriska fält (E-fält).
Exposure Limit Value, ELV	benämning av Gränsvärde för exponering i EU-direktiv 2013/35/EU.
Gränsvärde för exponering	avser gränsvärde för inre inducerat E-fält i kroppen (induceras både av B- och E-fält och anges i mV/m). Gränserna har tagits fram med hänsyn till biofysiska och biologiska hänsynstaganden och avser kortsiktiga akuta direkta effekter. Det finns två gränsvärden: Gränsvärde för sensoriska effekter och Gränsvärde för hälsoeffekter.
Homogent fält	likformigt fält som inte ändrar värde eller riktning nämnvärt mellan olika punkter i fältet.
Hälsoeffekter	effekter p.g.a. EMF som innebär att arbetstagare kan utsättas för negativa hälsoeffekter, såsom termisk uppvärmning eller negativ stimulering av nerv- och muskelvävnad.
Inhomogent fält	motsatsen till homogent fält, fältet kan signifikant ändra värde och riktning mellan olika punkter i fältet.
Insatsnivå	operativ nivå för yttre fält för att underlätta utvärdering om huruvida man klarar relevant Gränsvärde för exponering eller för att ange att man måste vidta relevanta skyddsåtgärder. För E-fält anges insatsnivån i kV/m, för B-fält anges insatsnivån i μ T och för kontaktström anges insatsnivån i mA _{RMS} .

Kontaktström, I_c	effektivvärdet av den stationära ström som genomflyter en person som är i kontakt med ett metallföremål som befinner sig i ett fält.
Limit Equivalent Field, LEF	omräknat Gränsvärde för exponering till ett yttre homogent horisontellt B-fält eller homogent vertikalt E-fält.
Lågfrekventa E-fält	i detta dokument avses kraftfrekventa E-fält (50 Hz) med låg övertonshalt, d.v.s. de fält som behandlas i detta dokument.
Ostört E-fält	E-fält som beräknas enbart med spänningsförande ledare och mark/jordplan medtagna (ev. kan topplinor tas med). Normalt fås ett relativt homogent E-fält om man beräknar E-fältet med tillräckligt avstånd från spänningsförande ledare. Under kraftledningar är dessa E-fält i huvudsak vertikala och homogena.
PNS	perifera nervsystemet, omfattar alla delar av nervsystemet som inte tillhör CNS. Avslutas i huden.
Sensoriska effekter	effekter p.g.a. EMF som innebär att arbetstagare kan utsättas för övergående störningar i form av sensoriska förnimmelser och smärre förändringar i hjärnfunktioner t.ex. fofener, yrsel, svindel.

3 EU-direktiv, AFS 2016:3 och riktlinjer avseende E-fält

Arbetsmiljöverkets AFS 2016:3 [2] är en direkt implementering av EU-direktiv 2013/35/EU [1] och innehåller samma krav och storheter. Notera att i Sverige är det AFS 2016:3 som är den föreskrift som är giltig och ska följas.

I AFS 2016:3 finns det två definierade insatsnivåer för arbete i miljöer med förhöjda nivåer av elektriska fält: låg och hög insatsnivå. Är de elektriska fälten lägre än låg insatsnivå bör personalen klara sig utan speciella skyddsåtgärder. Om fältstyrkan överskrider låg insatsnivå ska arbetsgivaren vidta skyddsåtgärder (t.ex. jordning av metallkonstruktioner, potentialutjämning, information till arbetstagare, m.m.) och då kan man tillåta arbete i nivåer upp till hög insatsnivå. Om E-fältet överstiger hög insatsnivå ska utvärdering ske mot inre inducerade E-fält i vävnader och gränsvärdet för hälsorisker, se nedan. Enligt AFS 2016:3 [2] har de två insatsnivåerna följande värden:

- Låg insatsnivå: **10 kV/m** (vid 50 Hz)
- Hög insatsnivå: **20 kV/m** (vid 50 Hz)

Insatsnivåerna ovan bygger på homogena fält, vilket sällan är fallet vid arbete runt olika metallstrukturer. Vid inhomogena fält anger AFS 2016:3 att insatsnivåerna ska jämföras mot det maximala beräknade eller uppmätta värdet där en arbetstagares kropp eller kroppsdel ska befinna sig. Detta leder till en försiktig och konservativ bedömning av arbetstagares exponering.

Dessa nivåer är utformade för att i flertalet fall relativt enkelt kunna avgöra om arbetstagare är skyddade från direkta risker, t.ex. hälsoeffekter p.g.a. störningar i nervsystemet eller gnisturladdningar vid kontakt med metallkonstruktioner som kan leda till höga kontaktströmmar.

Notera att den högre insatsnivån för extremiteter avseende magnetfält, som finns i AFS 2016:3, saknar motsvarighet för E-fält.

Insatsnivåerna är inte definitiva gränser. De kan överskridas så länge som Gränsvärdena för exponering (Exposure Limit Values, ELV, i EU-direktiv 2013/35/EU) inte överskrids. Gränsvärdena avser den interna elektriska fältstyrkan inne i vävnader i kroppen. AFS 2016:3 anger två gränsvärden för exponering¹:

¹ I AFS 2016:3 anges dessa gränser som toppvärden, 140 mV/m respektive 1100 mV/m. Dessa är här omräknade till RMS-värden, vilket överensstämmer med övriga värden i detta dokument.

- Gränsvärde för sensoriska effekter: 99 mV/m
- Gränsvärde för hälsoeffekter: 778 mV/m

Båda värdena avser värden för frekvensen 50 Hz.

Gränsvärdet för sensoriska effekter avser effekter på det centrala nervsystemet (CNS) i huvudet, d.v.s. fosfener (upplevda ljusblixtar) och mindre transienta förändringar i vissa hjärnfunktioner (t.ex. upplevd svindel, yrsel).

Gränsvärdet för hälsoeffekter avser stimuli av vävnader i det perifera nervsystemet (PNS) och centrala nervsystemet (CNS). Detta värde avser det högsta lokala värdet i kroppen, inklusive huvudet.

EU har bl.a. INCIRP Guidelines från 2010 [4] som grund för direktiv 2013/35/EU. De gränsvärden, ”basic restrictions”, som ICNIRP Guidelines anger för arbetstagare är 100 mV/m (RMS) för CNS, vilket motsvarar låg insatsnivå ovan, d.v.s. den lägre nivån, och 800 mV/m (RMS) för PNS, vilket motsvarar lite drygt hög insatsnivå. Skillnaderna mellan ICNIRP Guidelines och EU-direktivet eller AFS 2016:3 beror troligen på avrundningar.

Det inre E-fältet som de olika gränsvärdena för exponering avser går inte att mäta. Ett sätt att beräkna vad de olika gränsvärdena för exponering innebär för det yttre E-fältet är att använda konverteringsfaktorer som olika forskare tagit fram med hjälp av olika datormodeller av människan. Här lämnar varken EU-direktivet eller AFS 2016:3 någon vägledning. I ICNIRPs riktlinjer ger man spann för olika konverteringsfaktorer. En av de tongivande inom området är P. Dimbylow [5]. ICNIRP själva skriver i sina Guidelines att de har använt Dimbylows publicerade data från 2005 och 2006 för att ta fram sina ”reference levels” från deras ”basic restrictions” [4]. ICNIRPs ”reference levels” motsvarar låg insatsnivå i AFS 2016:3.

Dimbylow har tagit fram konverteringsfaktorer som ligger nära mitten av ICNIRPs spann för sensoriska effekter (huvud, hjärna) och i ena änden av spannet för direkta hälsoeffekter (kroppen). De sistnämnda ligger t.o.m. något utanför spannet i ICNIRPs riktlinjer (troligen avrundningsskillnader) och ger därför marginellt strängare krav än ICNIRP. Om man använder Dimbylows konverteringsfaktorer kan man räkna fram motsvarande yttre fält. Det man då beräknar benämns som Limit Equivalent Field (LEF) i SS-EN 50647 [6]. Beräkningarna är sammanställda i tabellen nedan. ICNIRPs ”basic restrictions” anges inom parentes.

Tabell 1: Sammanställning av olika begränsningar för E-fält.

E-fält	Sensoriska effekter, CNS (huvud, hjärna)	Hälsoeffekter, PNS (kroppen, inkl. huvudet)
Gränsvärde för exponering (RMS-värden för 50 Hz)	99 mV/m (100 mV/m)	778 mV/m (800 mV/m)
Konverteringsfaktorer:		
ICNIRP Guidelines 2010 (sid 824)	1,7-2,6 mV/m/kV/m	12-33 mV/m/kV/m
Dimbylow	2,02 mV/m/kV/m (jordad kvinnlig modell)	33,1 mV/m/kV/m (huden, PNS)
LEF: resulterande max exponering av yttre E-fält	~50 kV/m	~24 kV/m²

Av tabellen ovan framgår det att gränsvärdet för sensoriska effekter, CNS (huvud, hjärna), inte är relevant eftersom det är gränsen för hälsoeffekter som är begränsande oavsett om de yttre E-fälten är homogena eller inhomogena. Visserligen bygger konverteringsfaktorerna på homogena fält, men avsaknaden av publicerade utvärderingar av hur lågfrekventa lokala inhomogena E-fält påverkar människokroppen gör att ovan använda konverteringsfaktorer blir de som är rimliga att använda som en första utgångspunkt.

Det inre inducerade E-fältet blir dock beroende av hur stor yta och volym som exponeras för ett inhomogent yttre E-fält. Hur stor denna yta och volym kan vara i förhållande till olika styrkor på det lokala yttre E-fältet vet man inte i dagsläget. Beräkningar i ”Evaluating exposure from electric fields in a high voltage switchyard according to the EU directive” [7] visar dock att man kan stoppa in en underarm/hand i ett lokalt starkt E-fält invid en jordad struktur och fortfarande ha en god marginal upp till det inre inducerade E-fältets gränsvärde för hälsoeffekter. Detta gör att man rimligen kan tillåta arbeten på jordade strukturer med mycket högre lokala E-fält, under förutsättning att man vidtar åtgärder för att reducera gnisturladdningar, helst med isolerande handskar, se kapitel 5. [7] visar också att man bör kunna stoppa in en hand eller underarm i lokala inhomogena E-fält upp mot ca 50 kV/m. Är fälten mycket lokala (starkt inhomogena),

² Notera att i SS-EN 50647 [6] anges gränsen 35 kV/m som LEF (Exposure Limit Equivalent Field). Denna siffra bygger en manlig modell (Maxwell) som skalats för att ta hänsyn olika personer längd och kön. Den tar inte hänsyn till skillnader i mäns och kvinnors anatomi. Det är få vetenskapliga artiklar som inkluderar kvinnliga modeller. Dimbylow [4] är en av få och den mest omfattande. Eftersom det blir fler och fler kvinnor som arbetar i Svenska kraftnäts anläggningar är det därför rimligt att utgå från Dimbylows resultat.

d.v.s. att en mycket liten yta exponeras kan E-fältet vara ännu högre. I dagsläget gäller detta armar och händer. Troligen kan detta gälla även andra delar av kroppen, men p.g.a. att relationen mellan yta/volym och inre inducerat E-fält ännu inte är känd, samt eventuella obehagskänslor, bör överskridanden begränsas till armar och händer.

Observera att angivna nivåer på yttre E-fält avser E-fält som beräknas eller mäts på den eller de platser där en arbetstagare kan/ska placera en kroppsdel. Beräkning eller mätning ska ske i frånvaro av arbetstagaren [1].

4 Svenska kraftnäts ställningstagande och riskbedömning

Eftersom det saknas klara riktlinjer för hur det inre inducerade elektriska fältet ska beräknas vid inhomogena yttre E-fält, samt vilka konverteringsfaktorer mellan yttre och inre E-fält som kan användas i olika situationer, antar Svenska kraftnät, med tillämpande av försiktighetsprincipen, att man ska använda konverteringsfaktorer som ger de största marginalerna mot hälsoeffekter, d.v.s. att Dimbylows konverteringsfaktor för PNS används för att beräkna gränsvärdet för hälsoeffekter. Ytterligare ett motiv till att använda Dimbylows konverteringsfaktor är att värdet erhålls med en kvinnlig modell, NAOMI, vilket speglar att fler och fler kvinnor arbetar i ställverk och på byggarbetsplatser. **Resultatet är därför att 24 kV/m är det högsta yttre E-fält som normalt tillåts någonstans på kroppen/huvudet med undantag av händer och underarmar. Vid lokalt höga (inhomogena) E-fält kan man tillåta att underarmar och händer exponeras för E-fält upp till 50 kV/m. Är E-fältet mycket lokalt (liten yta, starkt inhomogent) kan ännu högre yttre E-fält tillåtas för händer.** Överskridanden för armar och händer förutsätter att kroppen och framförallt huvudet inte exponeras för högre E-fält än 24 kV/m.

Ska högre lokala värden tillåtas för kropp och huvud måste dosimetriska beräkningar genomföras, d.v.s. att man med hjälp av datormodeller av människokroppen beräknar det inre inducerade E-fältet vid exponering med yttre inhomogena E-fält.

De hälsoaspekter som personal i en del av Svenska kraftnäts tidigare projekt har upplevt (trötthet, orkeslöshet, huvudvärk och amalgamsmak i munnen) finns inte nämnda i AFS 2016:3. Men analyser tyder på att personalen har blivit utsatta för högre E-fält än den ovan framräknade gränsen för yttre E-fält. Detta har skett på grund av oväntat höga fältförstärkningar i samband med armeringsarbeten på stora platsgjutna fundament under spänningssatta ledningar, förstärkningar som ledde till kraftig exponering av bl.a. huvudet för höga inhomogena E-fält [8]. Notera att det inte är fastställt att det var

höga E-fält som orsakade ovan nämnda symptom, men det finns indikationer på detta eftersom symptomen mildrades efter att åtgärder sattes in för att reducera E-fälten.

De beräkningar och mätningar som har genomförts i fält och laboratoriemiljö tyder på att styrkan på E-fälten vid vissa arbetsmoment, där personal arbetade med stora mängder armering, kan punktvis ha varit över 40 kV/m där överkroppen eller huvudet befunnit sig, [8].

Enligt AFS 2016:3, 22§, ska arbetsgivaren ”vidta nödvändiga åtgärder för att säkerställa att risker som uppstår på grund av elektromagnetiska fält på arbetsplatsen elimineras eller minskas till ett minimum”. Svenska kraftnäts bedömning är att yttre inhomogena E-fält ska begränsas till 24 kV/m för bålen, halsen och huvudet. För underarmar accepteras upp till 50 kV/m och för händer kan högre fält accepteras. Notera att om 10 kV/m överskrids krävs särskilda åtgärder, såsom att reducera risker för gnisturladdningar m.m. Åtgärderna ska beskrivas i arbetsberedning/metodbeskrivning och information ska ges till personalen enligt AFS 2016:3. Lämpligen ska dock alltid arbetstagare informeras vid arbete under eller intill spänningssatta ledare/ledningar. Ur ett elsäkerhetsperspektiv är det tvingande.

4.1 Storlek på yttre E-fält

Att beräkna och mäta E-fältstyrkan för en specifik arbetsplats innebär ett antal svårigheter. Beräkningar ger bra noggrannhet för E-fält i ”rena” miljöer där det inte finns t.ex. material och personer som påverkar E-fälten. För att förstå den faktiska fältstyrkan i en viss arbetsmiljö kan därför ibland krävas mätningar på plats eller mer avancerade beräkningar. För mätningar finns det dock många potentiella felkällor som kan påverka mätningarna av E-fält, t.ex. luftfuktigheten, personen som mäter och mätinstrumentets stativ. Mätningar skall utföras med instrument som uppfyller standarden SS-EN 61786-1 och praktiskt utföras enligt IEC 61786-2. Mätningar i högspännings-laboratorium, [8], visar att det kan förekomma en relativt kraftig fältförstärkning (ca 4-5 gånger jämfört med ostört fält) i vissa punkter i närheten av metallkonstruktioner (mätningarna genomfördes runt en armeringskorg för ett stort skaft i ett betongfundament).

4.2 Svenska kraftnäts inriktning för arbete i E-fält

Hur mycket inre E-fält som induceras i människokroppen är bl.a. beroende på i vilken vinkel det yttre E-fältet har i förhållande till kroppen. Det är därför väldigt svårt att ange exakt hur stort E-fält en person får exponeras för på en arbetsplats. Om möjligt bör man undvika arbete med förhöjd E-fältstyrka, d.v.s. välja andra lösningar som gör att arbetet utförs på platser som inte har förhöjd E-fältstyrka. Om detta inte är möjligt bör man beakta bedömningarna nedan. Allt arbete i områden med förhöjd E-fältstyrka bör åtföljas av information till arbetstagare. Vid arbete där fält högre än 10 kV/m förekommer ska arbetstagarna informeras. Arbetsgivaren ansvarar för att riskbedömning

genomförs och utifrån riskbedömningen ska arbetsberedning/metodbeskrivning tas fram för att eliminera alternativt minimera risken.

Bedömningarna, nedan, torde säkerställa att inte direkta hälsoeffekter från E-fält uppstår, samt förhindra att symptom av typen huvudvärk, trötthet och orkeslöshet uppstår som följd av exponering för E-fält. Notera att bedömningarna kan komma att uppdateras då mer information och ny kunskap erhålls.

De beräkningar och mätning som ligger till grund för bedömningarna nedan avser jordade metallföremål/strukturer. Om en metallstruktur inte är jordad kan fältförstärkningen bli mindre, men istället hamnar strukturen på en potential som beror av E-fältet och storleken på föremålet. Om strukturen/föremålet är stort kan det ge upphov till ansefnliga gnisturladdningar och höga kontaktströmmar. Se vidare under kapitel 5.

4.2.1 Stora platsgjutna fundament

Som nämdes ovan, bygger insatsnivåerna i första hand på beräkningar i homogena fält. Vid arbete med nybyggnation och i anläggningar är det ofta frågan om inhomogena fält till följd av lokal fältförstärkning. Svenska kraftnäts inriktning för arbete invid och i höjd med eller ovanför stora metallstrukturer (ca 2,5 m höga och högre) är att om det beräknade eller mätta "homogena" ostörda E-fältet är under 5 kV/m behövs inte några speciella åtgärder. Med 4-5 gångers förstärkning [8], räknat lite i överkant för att vara på den säkra sidan, blir det maximala punktvisa E-fältet vid rimliga avstånd, 20-35 cm, över fundamentet ca 20-25 kV/m och lägre vid sidan av fundamentet (armeringskorgen). På metallytan vid hörn, kanter och bultar kan fältförstärkningen lokalt bli betydligt högre, varför det kan vara lämpligt att använda handskar för att undvika gnisturladdningar, se kapitel 5.

4.2.2 Pålfundament och mindre platsgjutna fundament

Indikativa beräkningar av förstärkning vid arbete med pålfundament visar på en förstärkning på ca 2 gånger ca 20-25 cm över fundamenten. Detta torde kunna vara en rimlig skattning även för mindre fundament, typ fundament för apparatstativ [9]. Ett rimligt antagande är därför att om det beräknade eller mätta "homogena" ostörda E-fältet är under 10 kV/m behövs troligen inga speciella åtgärder. Vid själva pålningen för pålfundament bör arbete invid höga strukturer vara applicerbart, se nedan.

4.2.3 Arbete invid höga metallstrukturer

Metallstrukturer, som t.ex. apparatstativ, armeringskorg, etc., ger en skärmande effekt inom ca 0,4 m från sidan av strukturen och från marken upp till ca 0,5 m nedanför toppen. Vid ca 0,5 m under toppen på en struktur blir E-fältet ungefär lika stort som det ostörda fältet på samma höjd. Vid lägre höjder än 0,5 m under toppen reducerar metallstrukturen E-fältet.

I höjd med överkanten av en hög metallstruktur kan förstärkningen av E-fältet bli upp till 2-3 gånger ca 20 cm från strukturen [8], högre nära hörn och kanter.

Arbete med slipersfundament, egentligen stolpfoten, kan troligen liknas vid arbete med höga metallstrukturer.

4.2.4 Övriga förslag på åtgärder

Även om det ostörda E-fältet är strax under de föreslagna gränserna, t.ex. strax under 5 kV/m som mest, och inga speciella åtgärder torde behöva vidtas bör en viss försiktighet iakttas. Riktvärdena för inhomogena fält bygger på att huvudet och kroppen hålls ca 20-40 cm från metallstrukturer. För utskjutande och/eller smala föremål vid eller under spänningssatt anläggningsdel (t.ex. bultar på stolpfundament under spänningssatt ledning eller jordade ledare bredvid spänningssatta ledare) ska därför inte huvudet eller kroppen vara hamna närmare än ca 20 cm. Rent generellt bör viss försiktighet iakttas vid utskjutande föremål eller kanter som riktas mot spänningssatta ledare.

Det är viktigt att detta beskrivs i arbetsberedningar och metodbeskrivningar.

5 Gnisturladdningar och kontaktströmmar

En person som befinner sig i ett E-fält, och inte är jordad via skor eller i kontakt med jordade föremål, hamnar på en potential som beror av kapacitansförhållanden mellan personen och jord och mellan personen och spänningsförande ledare. Om E-fältet är högt och personen ifråga tar i ett jordat metallföremål kommer det att slå en gnista (liten ljusbåge) mellan personen och föremålet. Gnisturladdningens styrka beror av hur högt E-fältet är och i någon mån av personens storlek. Gnisturladdningar av den här typen är vanligt förekommande i 400 kV-ställverk.

På samma sätt kan andra ojordade föremål i E-fält hamna på potential, t.ex. en bil i ett ställverk. Även här kan det uppstå en gnisturladdning om en person tar i dessa föremål. Hur stor gnisturladdningen blir beror på kapacitansförhållandena, d.v.s. om föremålet och personen har olika potential. Störst skillnad uppstår vanligen om personen i fråga är jordad, t.ex. via skor eller håller i ett jordat föremål med andra handen.

Gnisturladdningarna beskrivna ovan kan vara mycket obehagliga, rent av mycket smärtsamma, och bör därför undvikas. AFS 2016:3 stipulerar att vid E-fält över låg insatsnivå (10 kV/m) ska åtgärder vidtas för att minimera gnisturladdningarna. Detta görs lämpligen genom potentialutjämning, d.v.s. jordning av föremål och personer. Det kan vara tekniska åtgärder eller personlig skyddsutrustning som båda syftar till att potentialutjämna. Motsatsen till potentialutjämning kan ibland vara att föredra, d.v.s.

använda sig av isolerande handskar (kan räcka med vanliga arbetshandskar om de är tillräckligt tjocka, förväxla inte detta med isolerande handskar för AMS-arbeten som har högre krav). Om man använder handskar bör man vara försiktig så att inte annan hud eller kroppsdel kommer i kontakt med metall för att undvika gnisturladdningar där.

Oftast är dessa gnisturladdningar inte hälsofarliga, men kan ge hälsoeffekter om kontaktströmmen (I_c) blir för stor. Kontaktströmmen (I_c) definieras som effektivvärdet av den stationära ström som genomflyter en person som är i kontakt med ett metallföremål som befinner sig i ett fält. AFS 2016:3 anger en insatsnivå för denna kontaktström som är:

- Insatsnivå I_c : **1 mA** (vid 50 Hz)

Notera att detta är den insatsnivå som anges i AFS 2016:3 och avser inte elektrisk personsäkerhet. Det sistnämnda kan tillåta högre nivåer men har även tidsaspekter.

Ett exempel hämtat från EPRI Red Book [10] och med antagande om ett E-fält på 10 kV/m: En personbil, förmodligen relativt stor, som står i ett E-fält på 10 kV/m kan ge en kontaktström på ca 1 mA.

För att undvika för höga kontaktströmmar är det viktigt att jorda stora metallföremål (bilar, lastbilar, arbetsmaskiner osv.) som befinner sig i områden med förhöjd nivå på E-fältet. Med hänvisning till EPRI-exemplet bör detta ske redan vid E-fält högre än 5-8 kV/m.

6 Möjliga åtgärder

Innan möjliga åtgärder kan utvärderas behövs en bedömning av E-fältet.

Allmänna åtgärder vid planering, projektering och utförande av entreprenad:

1. Beräkning av det ostörda E-fältet utan metallstrukturer.
2. Bedömning eller beräkning och/eller eventuell mätning av E-fält för arbetsmoment som bedöms behöva utföras med förhöjd E-fältstyrka, t.ex. ställverksmontage. Vilken metod som används får avgöras från fall till fall.
3. Sammanställ och tillhandahåll informationsmaterial gällande E-fält för berörd personal.
4. Genomförande av informationsträff med berörd personal inför projektstart.

Om fältstyrkan är så hög att åtgärder behöver vidtas, bör nedanstående möjligheter utvärderas (andra åtgärder kan föreslås).

OBS! Hantering av risker med E-fält kan leda till att elsäkerheten försämraras och att andra arbetsmiljörisker skapas eller ökar. Det är viktigt att påpeka att även dessa risker måste hanteras så att den totala riskbilden inte ökar.

Exempel på åtgärder för att minska E-fältet för enskilda arbetsmoment:

- A. Utför arbete i samband med spänningsavbrott, alternativt utanför området med förhöjd E-fältstyrka.
- B. Använd prefabricerade fundament eller liknande.
- C. Förmontage av anslutning av el- och signalkablar på apparater (så att man undviker montage vid toppen av stativet).
- D. Arbeta från jordad maskinhytt (hyttens metallbur eller störtbåge fungerar som skärm), alternativt från eller under annan jordad skärmbur av metall. **OBS! jordning av skärmbur till skylift skall ske till mark, inte via liftarm.**
- E. Arbete utförs inom ca 0,4 m vid sidan av stativ eller pålningskran. Upp till ca 0,5 m under stativtoppen eller under en kran erhålls en skärmande effekt. Även en klenbyggd kranarm kan ge en reduktion av E-fältet med 40% [8]. **Beakta gällande elektriska säkerhetsavstånd.**

- F. Generellt gäller att vid arbete nära spänningsförande ledare eller fack ska man ha jordade delar för montage eller nedmontering mellan sig och spänningsförande ledare, s.k. skyddad position. Då kan dessa till viss del fungera som skärmar.
- G. Runt jordade ledare parallella med spänningsförande ledare eller vid jordade ledningsändar nära spänningsförande ledare kan E-fältet lokalt bli mycket högt, varför man ska undvika att ha kroppen mot dessa när sådan ska monteras eller rivs.
- H. Vid arbete i toppen av stativet kan E-fälten förstärkas – montera därför en temporär, högre jordad metallkonstruktion bredvid stativet. **Observera gällande elektriska säkerhetsavstånd.**
- I. Arbeta med E-fältsdräkt, typ kläder för AMS och barhandsmetoden. Arbeta med E-fältsunderställ kan också fungera men är ett sämre alternativ (metalltråd insydd i textilen fungerar som skärmbur direkt på kroppen, kräver noggrannhet så kontinuerlig kontakt med huden erhålls och att inte glipor uppstår som annars kan medföra gnistbildning). Ett underställ av denna typ kommer att radikalt minska flamtrögheten och motståndskraften mot ljusbågar och kan därför bara användas under speciella omständigheter.

Exempel på åtgärder för att minska gnisturladdningar och kontaktströmmar:

- J. Minska exponeringen av E-fält enligt något av förslagen A eller D eller annat sätt, beroende på arbetets art och om det är möjligt (lägre E-fält innebär mindre risk för gnisturladdningar).
- K. Jorda maskiner och fordon med en ledande hängande kedja/lina till mark. Den hängande och släpande kedjan/linan fungerar endast på mer eller mindre ledande mark, på torr makadam eller sand fungerar detta dåligt. I sådana fall kan direkt koppling till jordspett eller annat fast jordtag/jordat föremål vara ett alternativ. Se även kommentar nedan.
- L. Använd isolerande handskar. Viss försiktighet måste då iakttagas så att inte hud eller annan kroppsdel kommer i kontakt med jordad metall. Handskarna behöver inte vara fullt isolerande för Arbeta Med Spänning, utan vanliga kraftiga torra arbetshandskar ger önskad verkan.
- M. Ett alternativ till att använda isolerande handskar är att potentialutjämna genom personlig skyddsutrustning, kan vara halvledande skor samt någon form av ESD-armband av metall användas (ESD = Electro Static Discharge, används när man ska hantera elektronikkretsar). ESD-armbanden ska förses med banankontakt och krokodilklämna som gör att banden lätt lossar vid t.ex. ett fall. Armbandet ska anslutas till det jordade metallföremål som man ska arbeta med. Vidare bör armbanden ha metallisk kontakt med huden för att säkerställa potentialutjämningen.

Ska man vara helt korrekt bör en större metallyta än ett ESD-armband vara i kontakt med huden, enligt [7]. Tidigare fanns arbetskläder försedda med ledande revärer och anslutningsanordning för att ansluta kläderna till jordade

föremål, t.ex. med hjälp en av krokodilklämma. Detta gav en potentialutjämnings. Dessa overaller uppfyllde dock inte dagens krav på flamtröghet m.m.

Notera att både punkt K och M utgör potentialutjämnande åtgärder, vilket även reducerar risker med för höga kontaktströmmar.

Notera följande när det gäller jordning av maskiner:

- En maskin med metallband anses som jordad under förutsättning att maskinen är placerad på lerjord. Det gäller inte om maskinen står placerad på sand, makadam eller berg.
- En maskin med gummihjul kan jordas genom att man sätter ned skopan, under förutsättning att skopan sätts ned i lerjord.
- Tänk på i vilken ordning saker jordas. Se till att aldrig jorda en maskin genom kroppen.

7 Referenser

- [1] Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/35/EU av den 26 juni 2013 om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband fysikalisk agens (elektromagnetiska fält) i arbetet (20:e särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG).
- [2] Arbetsmiljöverket: Elektromagnetiska fält – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om elektromagnetiska fält och allmänna råd om tillämpningen av föreskriften. AFS 2016:3.
- [3] Elektriska och magnetiska fält från växelströmsnät – Mätning med avseende på allmänhetens exponering. SS-EN 62110, utg. 1:2010.
- [4] Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz to 100 kHz). ICNIRP Guidelines 2010. Inkl. Erratum November 2010.
- [5] Dimbylow P.: Development of female voxel phantom NAOMI, and its application to calculations of induced current densities and electric fields from applied low frequency magnetic and electric fields. *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 50 2005, pp1047-1070.
- [6] Bestämning av arbetstagares exponering för elektriska och magnetiska fält från utrustning och installationer för produktion, transmission och distribution av el. SS-EN 50 647, utg. 1:2017.
- [7] Hamnerius Y., Nilsson T., Friman E.: Evaluating exposure from electric fields in a high voltage switchyard according to the EU directive. *Journal of Radiological Protection*. Vol 39. No 1. 2019.
- [8] Carlsson P., Lundkvist J., Olsson G., STRI, Friman E., Svenska kraftnät: Besvär av elektriska fält i smaband med arbeten vid den nya transformatorstationen i Sege. Rapport R15-1088. STRI, Ludvika 2015.
- [9] Olsson G.: Fältförstärkning vid fundament. UTM 14-590. STRI, Ludvika 2014.
- [10] EPRI: AC Transmission Line Reference Book – 200 kV and above. Third Edition, 2005.