

KONSTRUKTIONER FÖR ATT ERHÅLLA LÅGA MAGNETFÄLT I DISTRIBUTIONSANLÄGGNINGAR

Elforsk rapport 02:33

KONSTRUKTIONER FÖR ATT ERHÅLLA LÅGA MAGNETFÄLT I DISTRIBUTIONSANLÄGGNINGAR

Elforsk rapport 02:33

KONSTRUKTIONER FÖR ATT ERHÅLLA LÅGA MAGNETFÄLT I DISTRIBUTIONSANLÄGGNINGAR

Elforsk rapport 02:33

Sammanfattning

I en tidigare Elforskrapport, publicerad hösten 2000, redovisas principer för reducering av magnetfält. Den rapporten, som utgjorde första etappen i ett större arbete, behandlade magnetfältsteori och allmänna principer för magnetfältreducering. I föreliggande andra etapp diskuteras hur magnetfält byggs upp från olika anläggningsdelar i distributionsanläggningar och hur dessa fält bidrar till helheten, med tonvikt på hur komponenterna kan modifieras och anpassas till varandra för att minimera det resulterande magnetfältet. Exempel ges på hur transformatorer och ställverk kan utformas och byggas ihop för att ge lågt fält. Mätmetoder föreslås i syfte att möjliggöra jämförelser mellan olika konstruktioner. Rapporten redovisar också hur magnetfältet kunnat minskas avsevärt i två fallstudier.

Med de transformatorkonstruktioner som redovisas kan magnetfältet reduceras ända ned till 10 procent av magnetfältet från standardkonstruktioner. Motsvarande reduktion för de magnetfältsanpassade ställverken är ända ned till 4-5 procent. De båda fallstudierna (hela nätstationer) uppvisar reduktioner till mellan 3 och 10 procent av det fält som rådde innan ombyggnaden.

I en senare etapp kommer arbetet att inriktas på ytterligare apparattyper samt på en demoanläggning konstruerad för lågt magnetfält.

Denna rapport har utarbetats av Sture Holmström och John Kemmlert från Birka Teknik & Miljö AB samt Anette Larsson och Ulf Grape på Vattenfall Utveckling AB.

Summary

The first report on principles for reduction of magnetic fields was published in the year 2000. ("Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och praktik", Elforsk report 00:31). In this second report the contribution from different components of a substation to the total magnetic field is being discussed. Modification of components and proper ways of interconnecting the different parts may reduce the total magnetic field considerably. Several examples are presented on how transformers and switchgears could be designed to reduce the field. Procedures for measurement of magnetic fields are suggested to enable easy comparisons between different components.

Reductions down to 10 percent of the initial values could be expected with the transformers described. The corresponding reduction with the modified switchgears is down to 4-5 percent. Two completely rebuilt secondary substations show reductions down to 3-10 percent of initial values.

In a third report still other components will be discussed and a demonstration substation designed for low magnetic fields will be presented.

This report has been compiled by Sture Holmström and John Kemmlert at Birka Teknik & Miljö AB together with Anette Larsson and Ulf Grape at Vattenfall Utveckling AB.

Innehållsförteckning [rubrik0]

1	INLEDNING.....	1
1.1	SYFTE OCH GENOMFÖRANDE	1
2	VAD MAN BÖR TÄNKA PÅ VID NYKONSTRUKTION	2
2.1	KOMPONENTER	2
2.2	SYSTEMLÖSNING	2
3	TRANSFORMATOR MED LÅGT MAGNETFÄLT	3
3.1	NORDTRAFO AB	3
3.2	MØRE TRAFO AS.....	4
4	STÄLLVERK MED LÅGT MAGNETFÄLT	7
4.1	ABB.....	7
4.2	AHLSTOM	7
4.3	HOLTAB	8
5	ANSLUTNINGAR.....	10
6	TOTALLÖSNING	11
7	FÖRSLAG TILL HUR MAGNETFÄLT BÖR MÄTAS OCH REDOVISAS	13
7.1	TYPMÄTNINGAR AV BAKGRUNDSFÄLT	13
7.2	TYPMÄTNING AV MAGNETFÄLT FRÅN TRANSFORMATORER.....	13
7.3	TYPMÄTNING AV MAGNETFÄLT FRÅN STÄLLVERK	14
7.4	DOKUMENTATION	14
7.5	BRA MAGNETFÄLTSPRODUKTER.....	15
8	MAGNETFÄLTSNIVÅER	16
9	FALLSTUDIER	17
9.1	FRILIGGANDE NÄTSTATION.....	17
9.2	FALLSTUDIE 2, INBYGGD NÄTSTATION.....	19
10	VAGABONDERANDE STRÖMMAR	22
11	REKOMMENDATIONER	23
12	LITTERATUR OCH ADRESSER	24

Bilagor

A APPENDIX 1 UPPMÄTTA MAGNETFÄLT FRÅN EN 1250 KVA TORRISOLERAD HEXATRANSFORMATOR

B APPENDIX 2 MØRE-TRANSFORMATORER

C APPENDIX 3 ADRESSER TILL FEM MYNDIGHETER

1 Inledning

Med anknytning till de principer för reducering av magnetfält som togs upp i den första etappen¹ behandlas i föreliggande rapport ytterligare aspekter på magnetfältreducering. Bland annat diskuteras vilka anläggningsdelar som bidrar till magnetfält och hur man genom riktade åtgärder kan minska emissionen från anläggningen som helhet. Arbetet har gjorts i samarbete med tillverkare av elektrisk utrustning vilket dels bidragit till ökad medvetenhet om behovet av lösningar med lågt fält, dels gett oss en bättre uppfattning om vilka åtgärder som är rimliga att genomföra i praktiken. I två nya praktikfall redovisas hur genomförda åtgärder lett till avsevärda reduktioner av magnetfälten.

1.1 Syfte och genomförande

Syftet med föreliggande arbete var att identifiera och stimulera konstruktioner som ger ett lågt magnetfält från distributionsanläggningar.

Som ett första steg inbjöds ett antal företag till Svensk Energis seminarium, ”Elektriska och magnetiska fält Försiktighetsprincipen och dess konsekvenser”, på Norra Latin i Stockholm den 19 april 2001. I ett efterföljande möte med leverantörer framfördes önskemålet att få fram bra produkter som alstrar låga magnetfält. Diskussionen med dessa leverantörer har fortsatt bland annat i samband med företagsbesök, och kontakter med ytterligare leverantörer har tagits

¹ ”Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och praktik”, Elforsk rapport 00:3. Se även kapitel 14 | ”Litteratur och adresser”

2 Vad man bör tänka på vid nykonstruktion

2.1 Komponenter

Magnetfältet från en elanläggning, till exempel en nätstation, byggs upp av bidrag från flera källor. Några av dessa brukar dominera och det är inte alltid så lätt att begränsa fältet från dem med dagens standardlösningar. I våra diskussioner med tillverkare har vi därför koncentrerat oss på vissa komponenter:

- Transformatorer, inte minst torrisolerade.
- Förbindelser mellan transformatorns lågspänningsuttag och samlingsskenan:
Placering och utformning av uttagen samt förbindelsens utbredning, konfiguration och anslutningspunkt som har stor inverkan.
- Samlingsskena:
Kompakt utförande begränsar fältet. Ofta skall fältet minimeras ovanför ställverket och i dessa fall bör ställverket ha lågt förlagd samlingsskena.

2.2 Systemlösning

Det är magnetfältsemissionen för den färdiga anläggningen som är intressant och ett bra resultat får man genom att välja goda komponenter som är anpassade till den aktuella anläggningen och att dessa sedan byggs ihop på ett genomtänkt sätt.

Bland åtgärder som inte påverkar ställverkets konstruktion kan nämnas val av anslutningspunkt för objekten, dvs. de största objekten läggs närmast anslutningen från transformatorn. Dessutom har dragning och arrangemang av inkommande matningar stor betydelse, samma sak gäller för större utgående kablar och förbindelser mellan samlingsskenor.

3 Transformator med lågt magnetfält

Från en konventionell distributionstransformator läcker ett visst magnetiskt flöde ut på grund av att magnetfältet inte sluter sig helt i transformatorkärnan. Dessutom ger framför allt uttagen på nedspänningssidan upphov till magnetfält på grund av relativt stort avstånd mellan uttagen på transformatorerna. Innan anslutningarna från uttagen går ihop till exempel mot ett kabelförband blir avståndet stort och magnetfältets flöde kommer då att läcka ut på den sträckan.

3.1 Nordtrafo AB

Ett sätt att minska magnetfälten i trefassammanhang är om de tre faserna kan bilda en triangel, där en fas är placerad i varje hörn på triangeln. Detta är en princip som varit känd redan av Wennström. På företaget Nordtrafo AB i Bjärträ har man tagit fasta på denna möjlighet och börjat tillverka en transformator efter denna princip.

Nordtrafo AB tillverkar en distributionstransformator som kallas Hexatransformator, där faserna är placerade i en triangel. Kärnan består av ett antal ringar uppbyggda av vanlig transformatorplåt. Ringarna fogas ihop till tre symmetriska ringformade kärnor som sedan sätts samman till en triangelformad trefaskärna. Konstruktionen lindas på ett sinnrikt sätt så att fyllnadsgraden av transformatorplåt blir väldigt god och bildar sexkantiga trappstegsformiga kärnor, som passar ihop på ett tredimensionellt sätt. Figur 1 visar en 800 kVA torrisolerad transformator.



Figur 1. En 800 kVA torrisolerad transformator av typen Hexatransformator.

Följande fördelar med Hexatransformatorns konstruktion är hämtade ur Nordtrafo AB:s informationsblad:

- De elektriska- och magnetiska läckfälten är lägre.
- Tomgångsförlusterna är 30 – 50 procent av förlusterna i nuvarande konstruktioner.
- Kärnan är helt symmetrisk vilket ger symmetrisk trefas belastning.
- Vikten är cirka 2/3 av vikten för en konventionell konstruktion.
- Volymen är cirka 60 procent av konventionella konstruktioner.
- Ljudnivån är mycket lägre.
- Minskat yttre kylbehov på grund av lägre förluster.
- Inkopplingsströmstöten är lägre.
- Kretsloppet påverkas mindre.
- Reparationsmöjligheterna är goda ute på fältet.
- Belastningsförlusterna är lägre eller jämförbara beroende på val av impedans.
- Livslängden förväntas vara längre på grund av mindre vibrationer.

Transformatorerna tillverkas både som torr- och oljeisolerade.

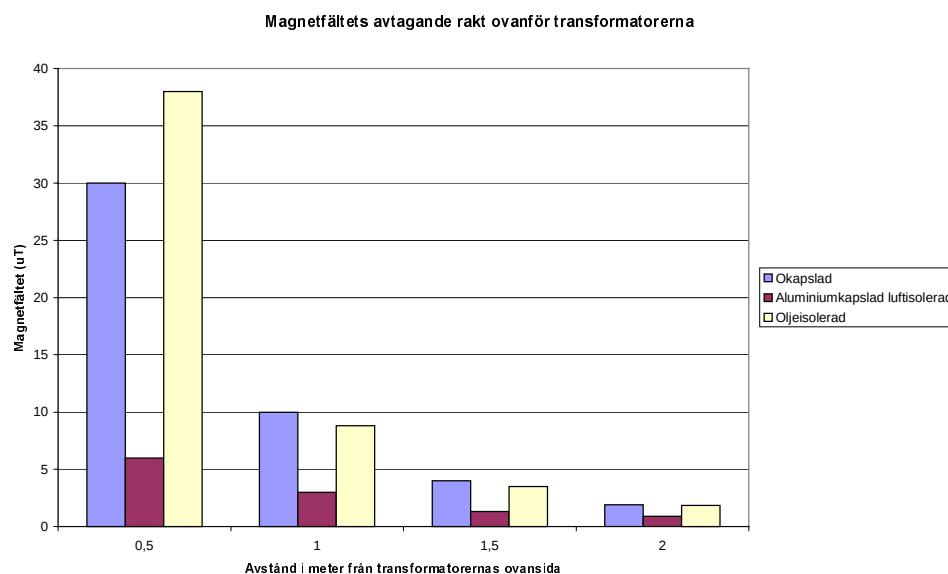
CTH, Chalmers Tekniska Högskola, har på uppdrag av Nordtrafo AB mätt magnetfält från en 1250 kVA hexatransformator och från en konventionell 1000 kVA transformator med E-kärna. Båda transformatorerna var torrisolerade och vid mätningen var de okapslade. Mätningarna skall betraktas som pilotmätningar för att söka möjligheter till förbättring av konstruktionen. Mätresultat redvisas i appendix 1.

3.2 MØRE TRAFØ AS

Transformortillverkaren MØRE TRAFØ AS har utvecklat torrisolerade transformatorer med lågt magnetfält. De har bland annat placerat nedspänningsuttagen längst ner på transformatorerna, minskat läckfältet från transformatorerna, reducerat magnetfältet från anslutningsskenorna och har aluminiumkapsling på transformatorerna. Kapslingen består av 5 mm tjock aluminium.

Den största orsaken till höga magnetfält är därför, enligt deras mening, kablar och ske-nor mellan transformatorn och lasten, dvs. lågspänningsställverket.

Appendix 2 visar uppmätta magnetfält från två torrisolerade 800 kVA transformatorer och från en oljeisolerad 800 kVA transformator. Den ena torrisolerade transformatorn var okapslad och den andra var försedd med en aluminiumhuv. Spänningen för alla tre transformatorerna är 11/0,42 kV. Mätvärdena är hämtade från en provning som MØRE TRAFØ AS har gjort på tre av sina transformatorer. Görs en jämförelse mitt ovanför och vid sidorna av de tre transformortyperna i appendix 2, erhålls magnetfältskurvor enligt figurerna 2, 3 och 4.



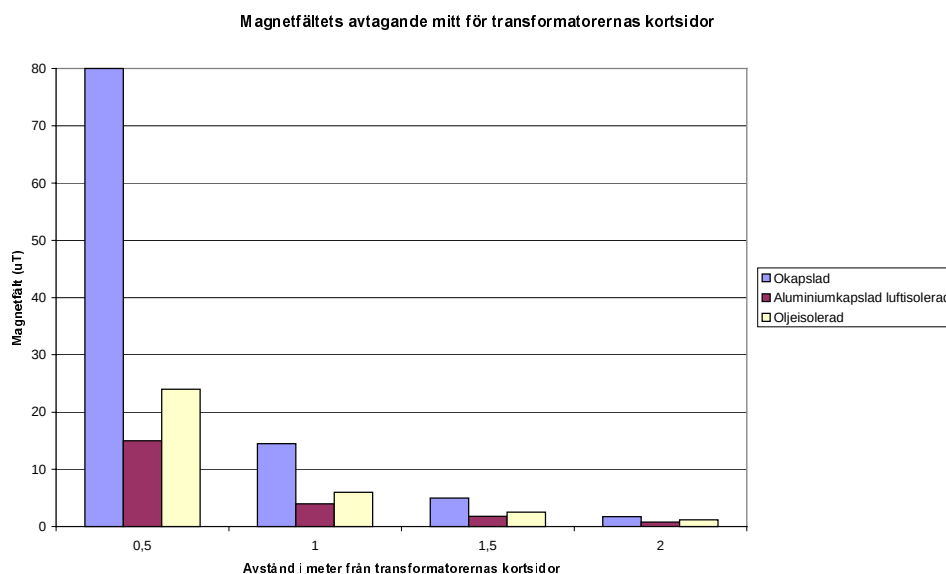
Figur 2. Magnetfältets avtagande mitt ovanför tre olika typer av MØRE transformatorer: en okapslad luftisolerad transformator, en aluminiumkapslad luftisolerad transformator och en oljeisolerad transformator med låda av stålplåt. Vid mätningen har transformatorerna varit kortslutna på lågspänningssidan och kortslutningsströmmen 1100 A.

Vid mätningarna har transformatorerna varit kortslutna på lågspänningssidan och det är enbart magnetfältet från transformatorerna som har mätts, varken ställverk eller annan last har varit ansluten. Kortslutningsströmmen var i samtliga fall 1100 A motsvarande transformatorns märkström.

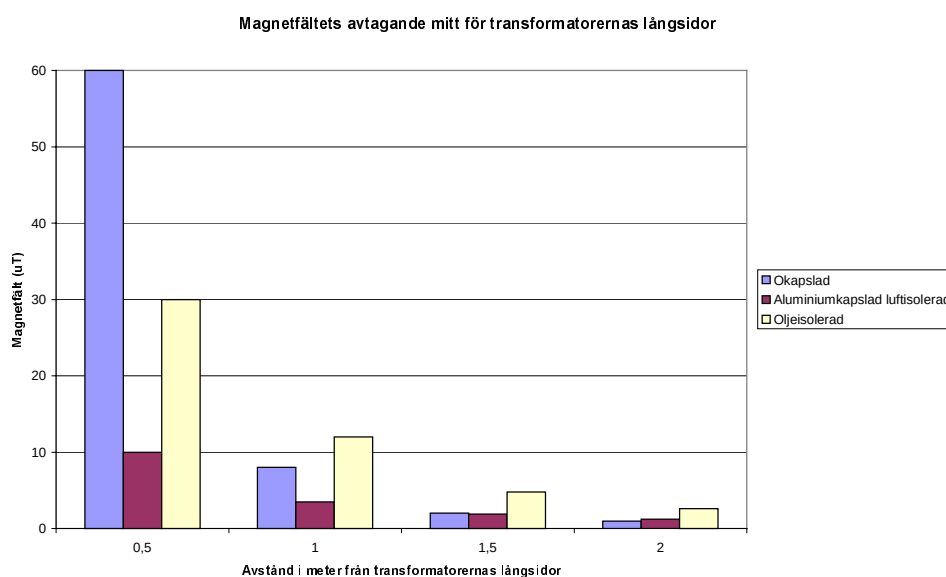
De okapslade och aluminiumkapslade transformatorerna hade uppspänningssidans uttag upptill på respektive transformator och nedspänningssidans uttag nertill.

När det gäller den oljeisolerade transformatorn var uttagen både på upp- och nedspänningssidan placerade upptill på transformatorn.

Mätresultatet visar på hur viktigt det är att placera uttagen i nederkant på transformatorn, för att magnetfältet ovanför skall bli så låga som möjligt. Se Elforsks rapport 00:31 "Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och praktik".



Figur 3. Magnetfältets avtagande mitt för kortsidan på tre olika typer av MØRE transformatorer: en okapslad luftisolerad transformator, en aluminiumkapslad luftisolerad transformator och en oljeisolerad transformator med låda av stålplåt. Vid mätningen har transformatorerna varit kortslutna och kortslutningsströmmen 1100 A.



Figur 4. Magnetfältets avtagande mitt för långsidan på tre olika typer av MØRE transformatorer: en okapslad luftisolerad transformator, en aluminiumkapslad luftisolerad transformator och en oljeisolerad transformator med låda av stålplåt. Vid mätningen har transformatorerna varit kortslutna och kortslutningsströmmen 1100 A.

4 Ställverk med lågt magnetfält

4.1 ABB

Vid samtal med några representanter från ABB framkommer att man för närvarande inte driver någon direkt utveckling av produkter med lägre magnetfält. Genom åren har man dock arbetat med olika lösningar för att reducera magnetfälten från elanläggningar. Exempel på detta är alternativa (låga) placeringar av skenförband, inklädning med aluminium och olika former av motriktade fält. Erfarenheten är tyvärr att få kunder är villiga att betala de merkostnader som åtgärderna innebär.

I sammanhanget kan nämnas att ABB saluför ett mellanspänningsställverk, AX1 för 12 och 24 kV, som har en kompakt uppbyggnad av skensystemet, figur 5. I marknadsföringen betonas dock inte denna egenskap.



Figur 5. Mellanspänningsställverk AX1.

4.2 AHLSTOM

Ahlstom har levererat ett ställverk till ett större verkstadsföretag där speciell hänsyn tagits till magnetfältsproblemet. Målet var att minska fältet i en lokal belägen i våningsplanet ovan ställverksrummet. Man har använt ställverk av typ SEV 32 som har en flexibel uppbyggnad. Genom att till exempel samlingsskenan kan placeras på 4 olika ställen i skåpet kan man flytta den största källan till fälten från det område där man vill minimera magnetfälten.

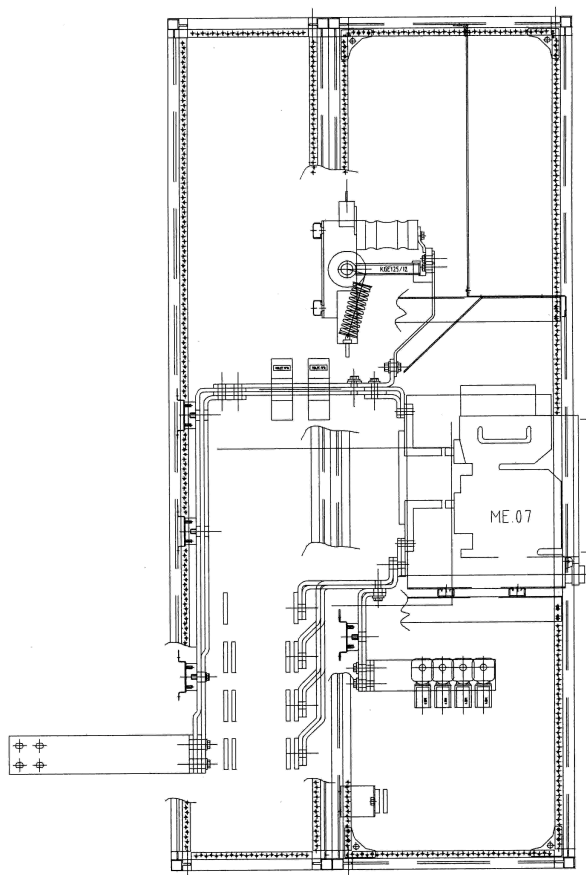
Genom att modifiera andra ingående skåptyper mot ställda krav blev lösningen ett ställverk där alla skenor är placerade i nederkant av skåpen. Inkommande brytare är lågt placerad med inmatning och utmatning från underkant av skåpet. Ställverket matas via skenförband förlagda i golvet.

Transformatorerna är levererade av MØRE TRAFØ AS och har särskild kapsling och låg anslutningspunkt på sekundärsidan. Se även ovan i avsnittet 3.2 om MØRE TRAFØ AS.

En mätning av fältet kring den färdiga anläggningen kommer att göras under år 2002. I skrivande stund har vi ännu ej kunnat ta del av mätresultaten. Ett ställverk från Ahlstrom visas i figur 6a och ett tvärsnitt av ställverkstypen SEV 32 i figur 6b.



Figur 6a. Ställverk levererat av Ahlstrom



Figur 6b. Tvärsnitt av ställverk från Ahlstrom

4.3 HOLTAB

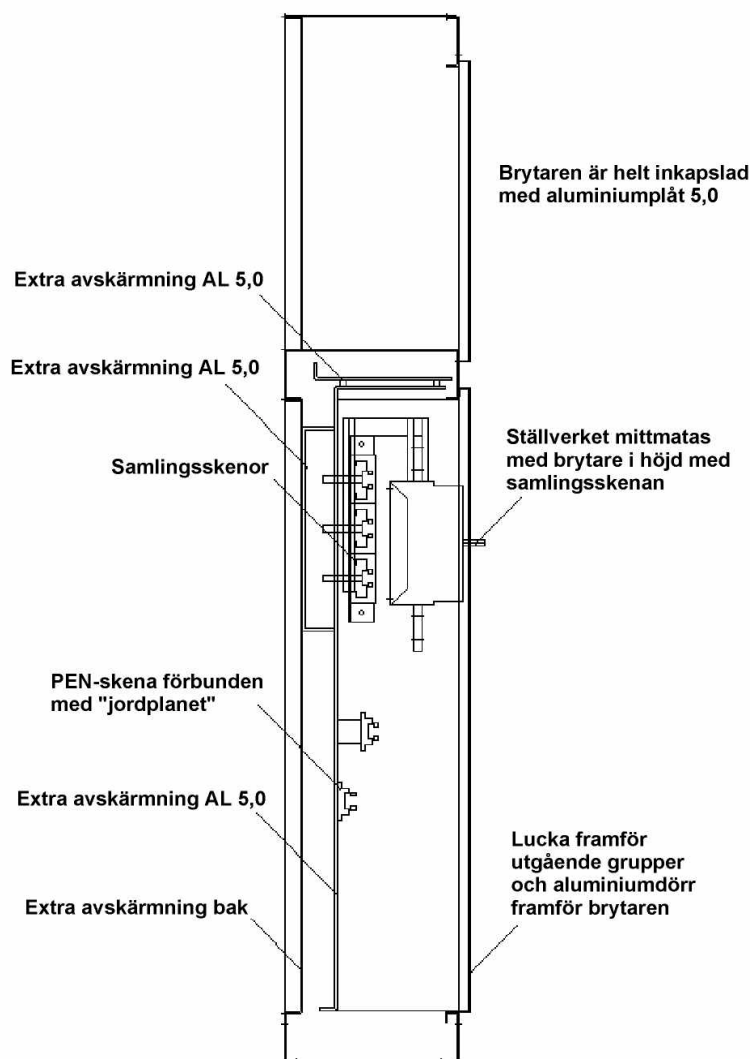
Företaget HOLTAB i Tingsryd har i sitt produktsortiment lågspänningsställverk som kan fås i EMF-reducerat utförande. Konstruktionen har bland annat utformats utifrån mätningar och jämförelser som gjordes 1999 i ett examensarbete av Tobias Ahlberg och Jan-Olof Larsson vid Högskolan i Borås.² Jämförelser har gjorts mellan en äldre typ av

² "Jämförande mätningar av magnetiska fält från lågspänningsställverk", examensarbete av Tobias Ahlberg och Jan-Olof Larsson vid högskolan i Borås.

ställverk, ett HOLTAB standardställverk och ett HOLTAB-ställverk som modifierats på olika sätt för att minska magnetfältet.

Ett av de ställverk som saluförs av HOLTAB har bland annat PE+N-skenan placerad relativt nära fasskenorna, se figur 7. En aluminiumplåt är placerad bakom fasskenorna och vinklad ut över skenpaketets ovansida. Plåten är ansluten till PEN-skenan. Brytaren är helt kapslad med 5 mm aluminiumplåt och skåpfronten är försedd med heltäckande luckor framför utgående grupper.

Exempel på mätvärden är att vid symmetrisk trefasström på 1200 A blir på 3 meters höjd över golvet magnetfälten som högst 9 μT , 4 μT och 0,25 μT för de tre ställverksvarianterna som nämns ovan. Vid enfasig belastning på 400 A fås 12 μT , 3 μT och 0,4 μT . Magnetfältet har alltså kunnat reduceras till storleksordningen en tiondedel av fältet från mer konventionella lösningar.



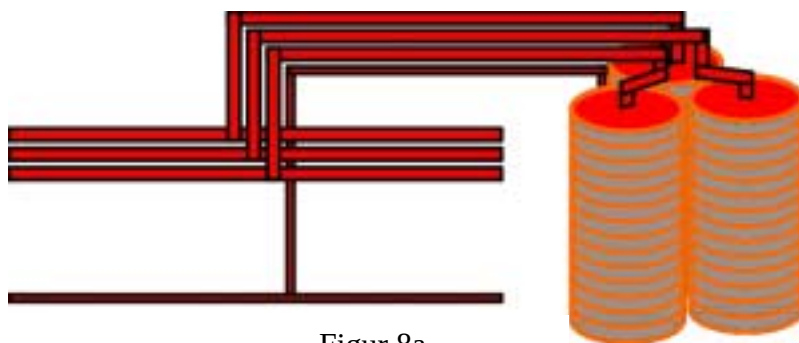
Figur 7. Exempel på HOLTAB:s ställverk i EMF-utförande

5 Anslutningar

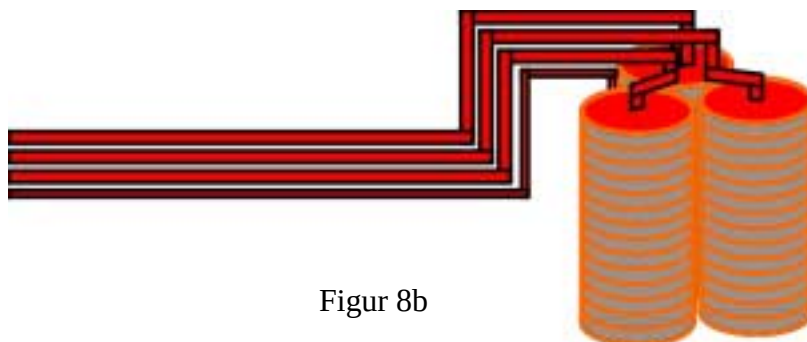
Anslutningspunkterna för förbanden mellan transformatorer och lågspänningsställverk har stor betydelse för möjligheten att dra förbandet på ett optimalt sätt. Detta är särskilt viktigt att tänka på då man beställer komponenter från olika leverantörer. Anslutningsfanor som redan från början är vinklade åt rätt håll gör att förbanden kan dras så långt från tak och väggar som möjligt. Man måste också tänka på att den mekaniska monteringen blir praktiskt möjlig för montören att utföra.

6 Totallösning

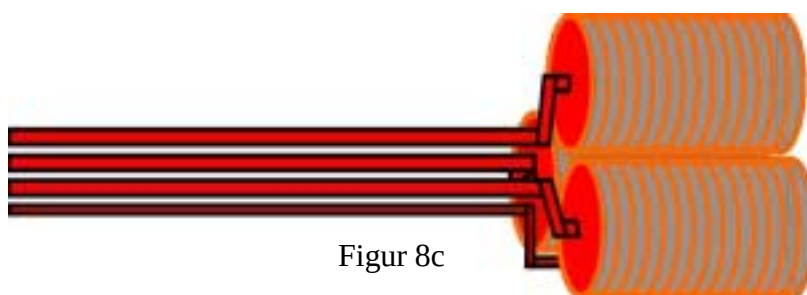
En intressant möjlighet vore att i en nätstation kombinera en transformator med låg emission med ett lågspänningsställverk av "låg magnetisk" typ som beskrivits ovan. I skisserna i figur 8, nedan visas starkt förenklat några varianter på hur sammankopplingen mellan transformator och samlingsskenor kunde anordnas. I figur 8a visas en vanlig anslutningsform där ett skenpaket från transformatorn ansluter uppifrån till lågspänningsställverkets samlingsskena. N-skenan ligger på stort avstånd från fasskenorna



Figur 8a



Figur 8b



Figur 8c

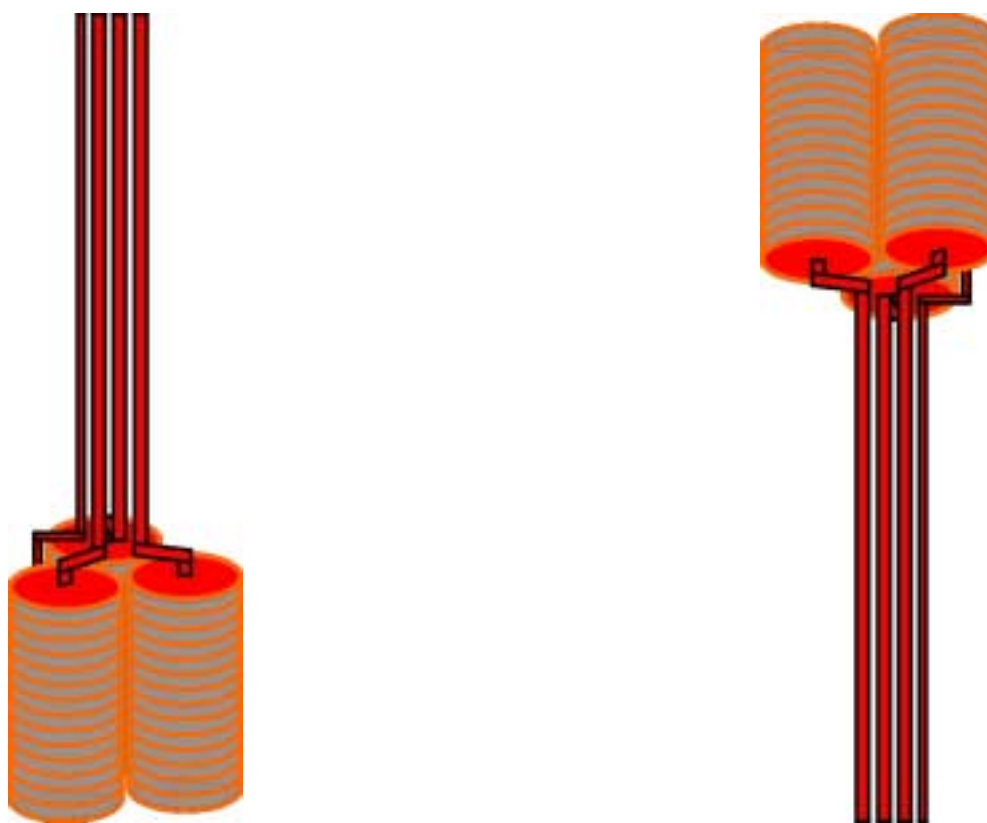
Figur 8. Några olika sätt att ansluta Hexatransformatorn till samlingsskenor i ett ställverk.

a: konventionell anslutning uppifrån, b: sidoanslutning till kompakt skensystem

c: liggande transformator kan ge en ännu mer kompakt lösning.

vilket ger förhöjda fält vid obalans mellan faserna. I 8b ansluts istället samlingsskenan från sidan vilket gör att strömbanorna inte behöver gå så lång sträcka längs taket. I figur 8c visas möjligheten att lägga hexatransformatorn ned med lindningarna horisontellt. Då skulle förbandet till lågspänningsställverket vid sidoanslutning kunna utföras mycket kort och kompakt. Samtidigt skulle hela paketet bli mycket lågt och alla förband kommer längre från taket. Eventuellt kunde en skärmhuv sättas över transformatorn för att ytterligare minska fälten. Nödvändig hänsyn till ventilationsbehov och säkerhetskrav måste naturligtvis beaktas.

En tanke som dyker upp utifrån figur 8c är att vrida figuren 90 grader och göra en "stående" transformatorstation. Det skulle kunna vara ett sätt att göra en kompakt station på minsta möjliga markyta och som kanske lättare kunde accepteras i tät bebyggelse. Cylinderformad skulle den samtidigt kunna vara reklampelare. Transformatorn kan placeras nertill eller upptill efter önskemål, se figur 9. Vid hög transformatorplacering kan säkringslister få betjäningssvänligare placering.



Figur 9. Tänkbar utformning av transformatorstation i tätortsmiljö.

7 Förslag till hur magnetfält bör mätas och redovisas

För att kunna bedöma magnetfälten från jämförbara apparater bör mätningar av magnetfältet göras på samma sätt oberoende av vilken leverantör eller utförare som genomför dem.

Det är värdefullt att kunna få reda på hur stora magnetfälten kommer att bli från transformatorer och ställverk i en färdig station. Genom att kunna se magnetfältsbidragen från var och en av apparaterna kan man bilda sig en uppfattning om hur magnetfälten i den färdiga stationen kommer att se ut.

Det är viktigt att magnetfältsmätningar av apparater/utrustningar sker i lokaler med kontrollerade förhållanden. Bakgrundsfältet skall vara lågt under hela mätningen. Såväl positiva som negativa bidrag kan komma från bakgrundsfältet, beroende på om bakgrundsfältet och apparatens/utrustningens magnetfältsutbredning samverkar eller motverkar varandra i den aktuella mätpunkten.

För att kunna se hur stort magnetfält själva apparaten har är det viktigt att mätningen fram till apparaten sker på ett sätt som ger minimalt magnetfält. Det är bara magnetfältet från själva apparaten som är intressant vid bedömningar mellan olika typer av utrustningar. Anslutningen fram till apparaten måste ses som en separat del där förläggningsen skall ske på ett sätt som ger minsta tänkbara magnetfält.

Ett sätt att hålla magnetfältsvärden från apparater av olika konstruktion tillgänglig är att en databas läggs upp inom elbranschen exempelvis hos Svensk Energi, till vilken tillverkarna kan lämna sina mätvärden efter typmätningar.

7.1 Typmätningar av bakgrundsfält

- Mät upp magnetfältets ingående komponenter i lokalen på höjderna 0,1; 0,8; 1,5 och 2,0 meter över golv utan några elektriska utrustningar i drift, dvs. mät bakgrundsfältet.

Magnetfältets bakgrundsfält bör vara lägre än 0,1 μT , annars bör en annan lokal väljas.

Mät magnetfältet runt anslutningskablarna.

Magnetfältet skall vara så lågt som möjligt, helst under 0,1 μT på avståndet 0,5 meter (strömberoende). Stål- eller aluminiumplåt bör inte användas för att skärma magnetfältet från matningskablarna, då de kan ge upphov till en förändrad fältbild runt mätobjektet.

7.2 Typmätning av magnetfält från transformatorer

Helst bör magnetfältet mätas vid märkeffekt och märkspänning. Om detta inte är möjligt görs mätning vid kortslutningsprov med märkström och tomgångsprov med märkspänning. Ytterligare mätpunkter kan tas, exempelvis vid tomgång med förhöjd spänning.

- Mät transformatorns magnetfält, helst magnetfältets ingående komponenter, på olika avstånd och höjder runt omkring transformatorn samt på olika avstånd från uttagen på lågspänningssidan. Det är svårt att få en bra jämförelse mellan transformatorer som har sina kärnor orienterade på rad och de som har kärnorna placerade på annat sätt, till exempel i triangelformation. Därför bör det klart och tydligt framgå i mät-rapporten på vilka avstånd mätningarna är utförda, dels mätt från transformatorns centrum dels från frontplåten. Inga mätpunkter bör ligga närmare än 0,5 meter från frontplåt och anslutningar, mätpunkten som ligger längst bort bör vara på åtminstone avståndet 2 meter från frontplåt/anslutningar.

Utöver mätningar i samma plan som transformatorn bör man också mäta magnetfältet i en horisontell linje som motsvarar ett tänkt våningsplan ovanför.

7.3 Typmätning av magnetfält från ställverk

Ställverket mäts när skenorna är kortslutna på ett sådant sätt att de efterliknar anslutningarna till en transformator. En oundviklig felkälla blir inverkan från utgående kablar, som knappast kan efterliknas vid mätning i provrummet.

När mätresultat från nätstationens olika komponenter finns tillgängliga kan det resulterande fältet för den kompletta stationen uppskattas. Här tillkommer en felkälla eftersom de olika magnetfältsbidragen skall adderas vektoriellt samtidigt som olika faslägen förekommer.

- Mät magnetfältet på höjderna 0,1; 0,8; 1,5 och 2 meter ovanför golv.
- Mät magnetfältet på olika avstånd från 0,5 till 2,0 meter framför och vid sidan av ställverket. Avståndet mäts från ställverkskåpens plåtar.
- Mät magnetfältet i en horisontell linje ovanför ställverket, som motsvarar golvnivå i ett tänkt våningsplan ovanför.

7.4 Dokumentation

Alla mätningar skall dokumenteras väl. Ange alltid på vilken plats mätningen är gjord och när. Anteckna alltid vilken belastning apparaten/utrustningen har haft under mätningen till exempel effekt och fasströmmar. Om mätningarna tar lång tid att genomföra är det viktigt att avläsa belastningsströmmarna med jämna mellanrum alternativt att de loggas under mättiden, så att de inte driver iväg.

I mätrapporten skall framgå när mätningen genomfördes, vilka som gjorde mätningen, vilket/vilka instrument (instrumenttyp och serienummer) som använts, om det är avlästa ögonblicksvärden eller max-/minvärden, hur mätinstrumenten presenterar mätresultatet och hur de olika mätpunkterna är definierade till exempel via ett koordinatsystem eller väl kända punkter exempelvis två meter mitt framför apparat A.

Alla mätpunkter bör också finnas inprickade på en ritning/ skiss så att det både med hjälp av texten i ett protokoll och markering på ritningen/skissen lätt går att se var mät-

punkten är i förhållande till apparaten/utrustningen. Ett bra sätt är att kalla sina mätningar för mätning 1, mätning 2, osv. Numreringen görs i den tidsordning som de är utförda och sedan markeras mätpunkterna på ritningen/ skissen med siffrorna 1, 2 etc.

I inledningen på dokumentationen bör det finnas en beskrivning som talar om hur mätningarna har utförts. Används ett instrument med bara en mätspole bör de tre referensriktningarna finnas definierade. Både uppmätta bakgrundsält och uppmätta magnetält från den enskilda apparaten/utrustningen bör framgå av mättrapporten.

7.5 Bra magnetältprodukter

De studier som gjorts om eventuella samband mellan magnetältsexponering och ökad cancerrisk visar inte på någon entydig bild. Ingen biologisk mekanism är känd som skulle kunna ge en förklaring till ett samband och stöd från experimentella studier saknas. Den sammanfattande bilden av epidemiologiska studier är dock att risken för barnleukemi är fördubblad när magnetältets styrka är 0,4 μT eller mer medan man inte kan se någon statistiskt signifikant påverkan förältstyrkor under 0,4 μT . För vuxna människor är bilden ännu otydligare.

För de apparater som ingår i denna studie - med spänningar upp till 24 kV - är det knappast troligt att allmänheten kan komma närmare än två meter. Exponeringsnivån 0,4 μT skulle således i detta sammanhang ha en relevans på avstånd av två meter eller mer från anläggningen.

8 Magnetfältsnivåer

Som framgick av Elforsks rapport00:31 "Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och Praktik" finns det i Sverige inga fastställda gränsvärden för magnetiska fält, utan myndigheterna rekommenderar den så kallade försiktighetsprincipen. De myndigheter som hänvisar till försiktighetsprincipen är: Arbetsmiljöverket, Boverket, Elsäkerhetsverket, Socialstyrelsen och Statens strålskyddsinstitut.

Internationellt finns däremot referensvärden och bland annat har EU rekommenderat maximalt 100 μT för allmänheten. De nivåer som ofta diskuteras i Sverige, och på senare tid även i några andra länder som till exempel Italien och Schweiz, är betydligt lägre än de internationella värdena.

9 Fallstudier

9.1 Friliggande nätstation

En nätstation i Husby norr om Stockholm ligger i en sluttning intill ett daghem. Det var tidigare möjligt att komma upp på taket till stationen. Stationen har byggts om från 2 x 2000 kVA till 2 x 1000 kVA. Transformatorerna är torrisolerade och av standardtyp liksom ställverket. Förbandet mellan ställverk och transformator har utförts med flexibla isolerade skenor för att minimera magnetfältet. Stationen har dessutom skärmats med aluminiumplåt. Taket har inhägnats med ett trästaket, se figur 10.



Figur 10. Interiör och exteriör av ombyggd 2x1000 kVA nätstation.

Tack vare de flexibla och isolerade skenorna har förbandet kunnat hållas väl sammanhållet mellan ställverk och transformator, se figurerna 11 och 12. Nollskenans anslutningspunkt vid transformatorn har flyttats från skenans ände till mitten för att undvika en onödig slinga. Det skulle vara möjligt att ytterligare sänka skenpaketets högsta punkt genom ändrad utformning av anslutningen till lågspänningsfördelningen

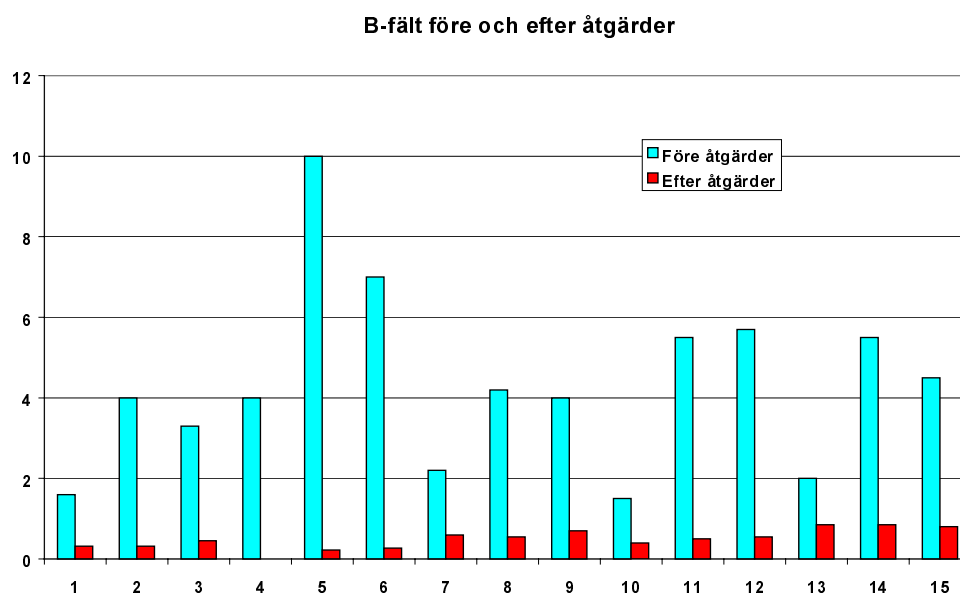


Figur 11. Detaljbilder av det flexibla skenförbandet.



Figur 12. Anslutning av de flexibla skenorna.

I figur 13 nedan visas mätvärden för 15 mätpunkter före och efter ombyggnaden. Mät-punkterna 1 – 9 ligger på stationens tak. (punkt 4 förblev omätt vid andra mättillfället). Mät-punkterna 10 – 15 finns 0,5 m utanför stationens kortsidor på en meters höjd ovan mark. Stationslasten var likvärdig vid de två mättillfällena. Efter ombyggnaden har samtliga mätpunkter värden lägre än $1 \mu\text{T}$.



Figur 13. Uppmätta fält i μT runt nätstationen före och efter åtgärder. Mät-punkterna 1 till 9 är 0,5 meter ovan taket av stationen. Övriga mätpunkter 1 meter ovan mark och 0,5 meter från kortsidornas yttervägg. (Inget mätvärde mättes i mät-punkt 4 efter åtgärd).

9.2 Fallstudie 2, inbyggd nätstation

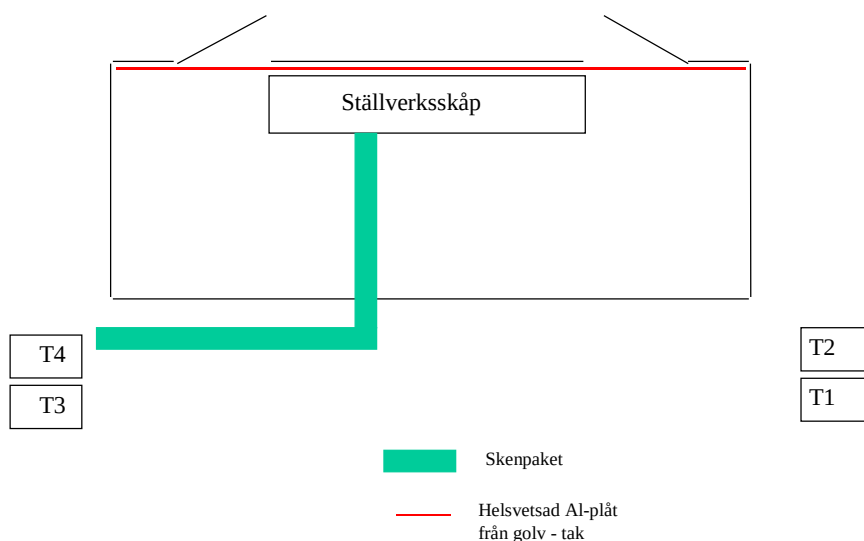
I ett kontorsrum beläget ovanför ett inomhusställverk uppmättes magnetfältet till $1,9 \mu\text{T}$ vid golvnivå. Vid mättillfället var två transformator i drift, T1 och T2. Transformatorerna är torrisolerade och har en effekt på 600 kVA respektive 1600 kVA. Vid mättillfället var belastningsströmmarna 500 A från vardera transformator med viss osymmetri. Transformator T1:s S-fas hade bara 250 A och transformator T2:s T-fas 450 A.

Ställverket var av typ AEG och från slutet av 1950-talet. Matningen till ställverket skedde via skenpaket (canalisskenor) som låg under golvet, med durkplåt av aluminium ovan. Beslut fattades att bygga ett nytt ställverk som skulle placeras en halv våning (1,95 meter) längre ner i huset och 2,85 meter längre in, jämfört med ursprungligt ställverk.

Det nya ställverket är av fabrikat Lögstrup, Form 4, med komponenter från Schneider och har fasskenorna placerade uppe i ställverksskåpen, 2,1 meter ovan golv. Matningen från transformatorerna sker via det gamla skenpaketet som har förlängts i det gamla ställverksutrymmet. Skenpaketet viker sedan av 90 grader, men fortfarande på samma nivå och strax under taknivå i det nya ställverksutrymmet, och går vidare uppe under taket i nya ställverkslokalen för att anslutas till ställverket.

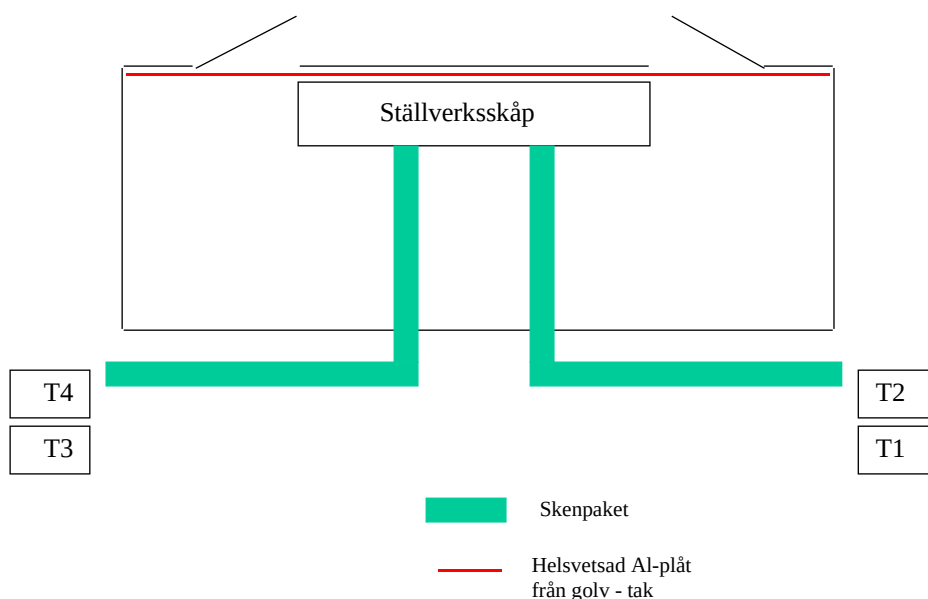
I samband med att det nya ställverket byggdes har också transformatorbåsen försetts med 5 mm tjock helsvetsad aluminiumplåt i tak och från golv till tak på alla fyra väggar. Transformatorerna står kvar i sina ursprungliga transformatorbås.

Magnetfältet mättes på nytt när transformator T4 var ansluten till nya ställverket med en belastningsström på 1085 A – 1125 A. En helsvetsad aluminiumplåt hade satts upp på väggen bakom ställverket, se figur 14. Magnetfältet uppmättes till $0,09 \mu\text{T}$.



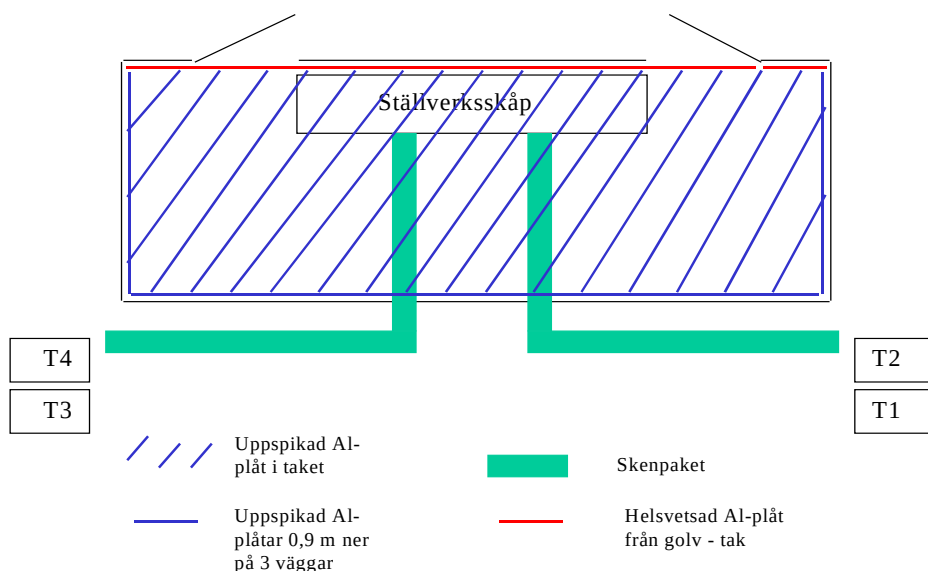
Figur 14. Enkel skiss på ställverket när bara transformator T4 var ansluten.

När också transformator T2 hade anslutits till ställverket, figur 15, gjordes ånyo en mätning. Belastning på transformator T4 var 900 A och på transformator T2 400 A under mätningen. Uppmätt magnetfält blev 0,16 μ T.



Figur 15. Enkel skiss på ställverket när både transformator T2 och T4 var anslutna.

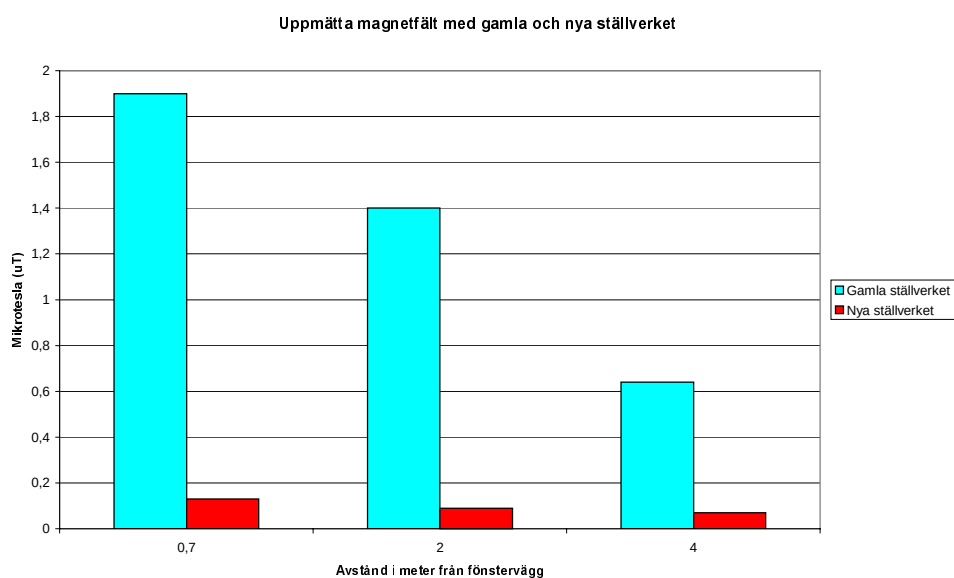
Därefter spikades aluminiumplåt upp i taket och ungefär 0,9 meter ner på väggarna i ställverket, se figur 16. Ytterligare en mätning gjordes därefter när belastningen på transformatorerna T4 och T2 var 860 A respektive 350 A - 440 A. Den här gången uppmättes magnetfältet till 0,14 μ T.



Figur 16. Enkel skiss över ställverksrummet. Aluminiumplåten bakom ställverksskåpen är helsvetsad men i tak och 0,9 meter ner på väggarna har aluminiumplåt bara spikats upp.

En sista mätning gjordes när alla aluminiumplåtar i figur 16 hade helsvetsats till en sammanhängande plåt och belastningsströmmen på transformator T4 var 800 A – 850 A och på transformator T2 350 A - 370 A. Uppmätt magnetfält blev 0,13 μ T.

Det högsta uppmätta magnetfälten i aktuella kontorslokaler före åtgärd var 1,9 μ T och det lägsta 0,64 μ T. Efter det att ett nytt ställverk hade installerats var motsvarande uppmätta magnetfält 0,13 μ T och 0,07 μ T, dvs. magnetfältet har reducerats med 93 respektive 89 procent. Figur 17 visar de uppmätta magnetfältsvärdena i olika mätpunkter på höjden 0,8 meter, före och efter att det nya ställverket hade installerats.



Figur 17. Uppmätta magnetfältsvärde med gamla och nya ställverket, på höjden 0,1 meter över golvet i kontorsrummet mitt ovanför det gamla ställverket.

10 Vagabonderande strömmar

I likhet med andra åtgärder för att reducera magnetfält är det lättast att hantera problem med vagabonderande strömmar om man kan agera på konstruktionsstadiet. I ett sådant läge kan man åstadkomma ett helt genomfört femledarsystem. Även jämn fördelning av enfaslaster är lättast vid ny- och omkonstruktion, liksom eventuella åtgärder för att hålla elektriska apparater galvaniskt skilda från rörledningar etc. i de anläggningar där detta är en rimlig princip. Svårast kan vara att undvika olinjära laster (datorer, lysrör osv.). Mot de tredjetonsströmmar dessa ger i neutralledaren finns filter, men att stoppa strömmen på detta sätt gör att man får en spänning istället.

En metod att hantera vagabonderande strömmar, som fungerar även i äldre anläggningar, är att installera sugtransformatorer. Dessa består av ringkärnor som träs över inmatningskablar och motsvarande. Eftersom amperevarvsbalans eftersträvas "sugs" nollföljdsströmmarna tillbaka till neutralledaren i kabeln. Återföringen förbättras om flera kärnor monteras efter varandra. I regel träs kablarna endast en gång genom ringkärnorna (motsvarande ett lindningsvarv), men i vissa fall kan man åstadkomma flera varv, vilket ger bättre återföringsfunktion. Vanliga passiva ringkärnor fungerar bäst för högre nollföljdsströmmar, i allmänhet för strömmar i storleksordningen 5 à 10 A och högre. Vid återföring av lägre strömmar kan man komplettera med en förstärkare (aktiv sugtransformator) som också har fördelen att antalet ringkärnor kan reduceras.

11 Rekommendationer

Det är viktigt att man diskuterar igenom magnetfältsproblemen innan en åtgärd görs och försöker förstå vad de enskilda åtgärderna kan ha för inverkan på magnetfältsreduktionen. Magnetfält från olika magnetfältskällor kommer att sammanlagras och kan i vissa fall kompensera ut varandra.

Vi har sett hur viktigt det är att man har givna mätmetoder vid till exempel mätning av magnetfältet från olika transformatorfabrikat och från olika transformator konstruktioner, för att möjliggöra jämförelse mellan dem.

Vid studierna av transformatorutförande finns fortfarande mycket att arbeta vidare med, innan magnetfälten har reducerats maximalt. Likaså är det med skärmlåtars utförande: Skall det vara aluminiumplåt, stålplåt eller en kombination av dem?

I elforskrapporten ”Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och praktik” togs upp vad man kan göra för att minska exponeringen för magnetfält från bland annat kraftledningar, kablar, fasskenor och elcentraler.

12 Litteratur och adresser

- [1] "Råd och anvisningar för att reducera magnetiska fält från befintliga nätstationer, s k inhysestationer", Svenska Elverksföreningen 1993.
- [2] "Möjligheter att reducera magnetfält – Teori och praktik", Elforsk rapport 00:31.
- [3] "Jämförande mätningar av magnetiska fält från lågspänningsställverk", examensarbete av Tobias Ahlberg och Jan –Olof Larsson vid högskolan i Borås.

Ytterligare litteratur finns att få hos Elforsk, som har tagit fram en hel del litteratur angående magnetfält under åren.

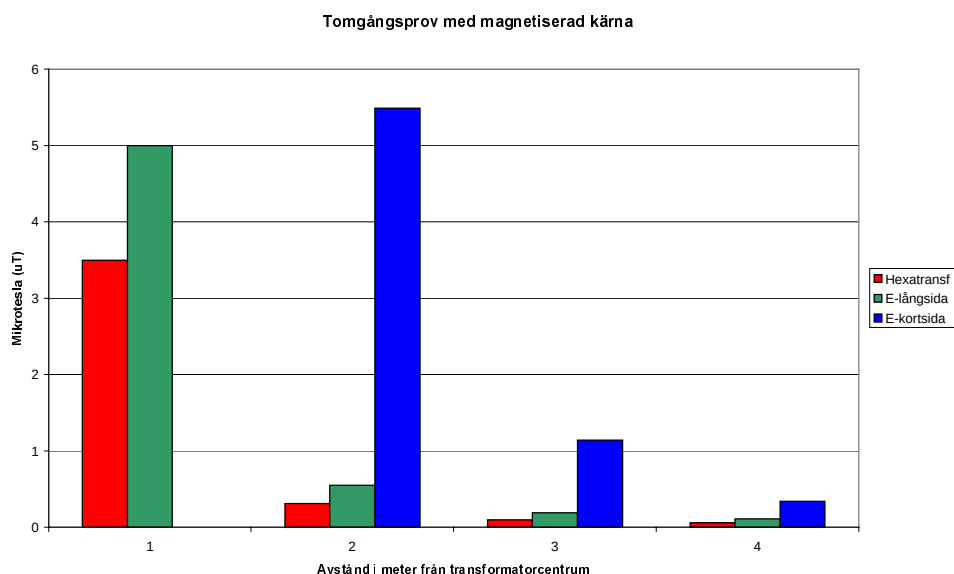
I appendix 3 finns adresser till 5 myndigheter.

Bilagor

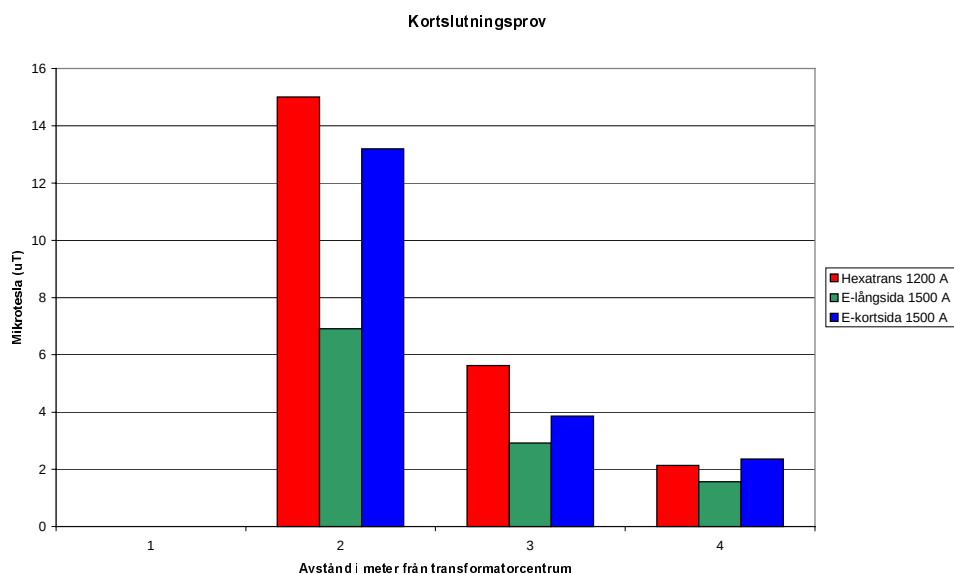
A Appendix 1 Uppmätta magnetfält från en 1250 kVA torrisolerad Hexatransformator

Nordtrafo har tillsammans med Chalmers Tekniska Högskola gjort jämförande mätningar på två torrisolerade transformatorer, en 1250 kVA Hexatransformator och en 1000 kVA transformator med konventionell E-kärna. Bägge transformatorerna hade lågt placerade lågspänningsanslutningar. Tomgångsprov gjordes med högspänningslindningen öppen och matning från lågspänningssidan. Kortslutningsprov gjordes med matning från lågspänningssidan och högspänningslindningen kortsluten. Strömmen på lågspänningssidan var för Hexatransformatorn 1200 A (motsvarande cirka 870 kVA) och för den konventionella transformatorn 1500 A (motsvarande 1090 kVA). Jämförelsen av magnetfälten blir därför något haltande. Bakgrundsfältet på mätplatsen var i området 0,06 – 0,07 μT . De uppmätta mätvärdena presenteras i figurerna 1, 2 och 3 samt i figur 4 visas var mätningarna har utförts i förhållande till transformatorerna.

Mätningarna skall betraktas som pilotmätningar för att finna möjligheter till förbättring av konstruktionen.



Figur 1. Tomgångsprovet gjordes med högspänningssidan öppen och matning från lågspänningssidan. Mätningarna har gjorts 0,8 meter över golv.



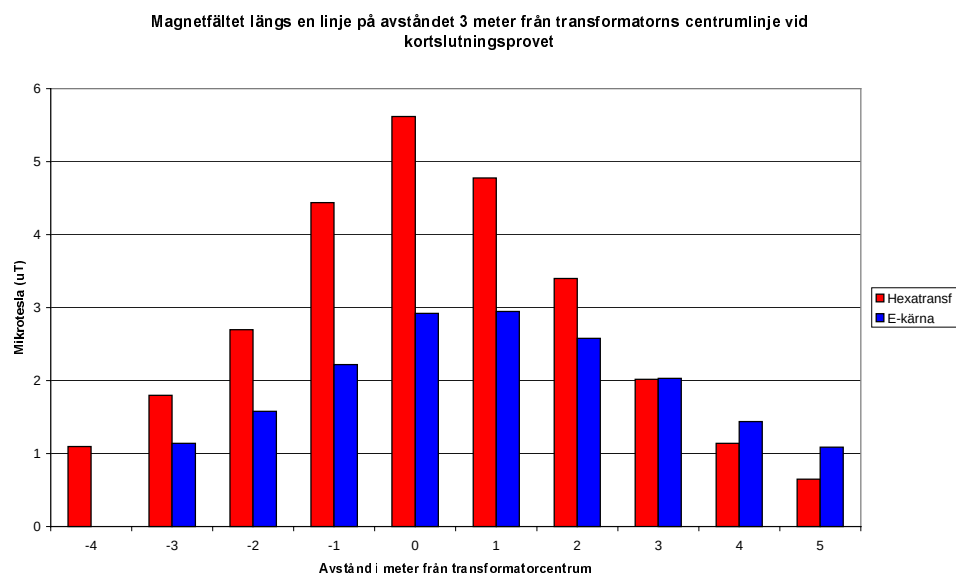
Figur 2. Vid kortslutningsprovet var högspänningssidan kortsluten och matningen skedde från lågspänningssidan. Mätningarna är gjord på höjden 0,8 meter över golv.

Tomgångsprovet visar att magnetfältet avtar snabbare från Hexatransformatorn än från den konventionella transformatorn. Vid kortslutningsprov visar det sig att Hexatransformatorn har något högre magnetfält än den konventionella. I figur 3 visas som exempel magnetfältet längs en linje på 3 meters avstånd och parallellt med centrumlinjen genom transformatorn. Mätningarna har gjorts enligt mätlinjerna i figur 4.

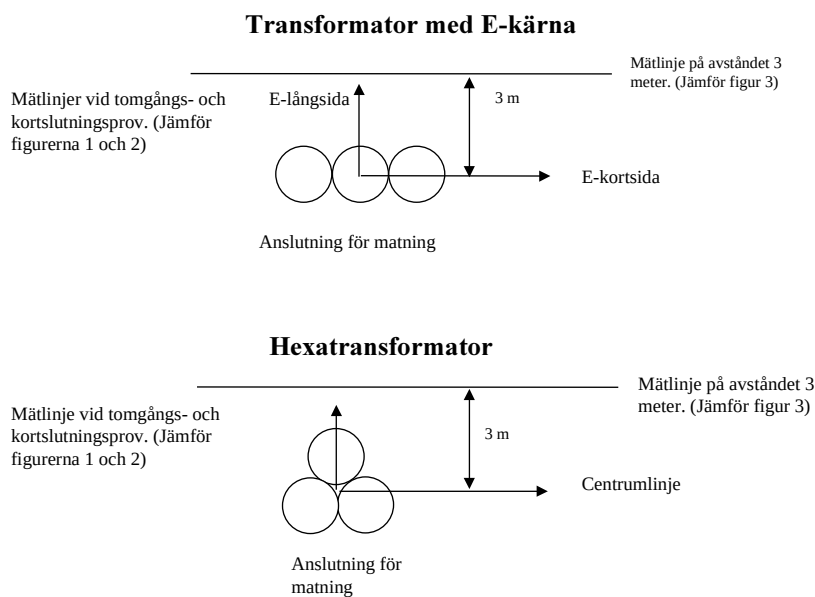
Jämförelsen kompliceras av skillnaden i transformatoreffekt och ström vid mätningen. Med annan geometri på lindningarna, ökad längd och minskad diameter, skulle magnetfältet från Hexatransformatorn avta snabbare enligt Nordtrafo. Här finns således en utvecklingspotential.

Mätning med skärnhuv av 2 mm stålplåt gav en reduktion av fältet med 40 – 50 procent. Huv av 5 mm aluminium bör ge betydligt större reduktion.

Det finns anledning att följa Hexatransformatorns utveckling vidare. En vidareutveckling av lindningsgeometrin tillsammans med ett kompakt utförande och en skärnhuv borde kunna ge goda resultat.



Figur 3. Magnetfältet mätt längs en linje parallellt med transformatorn på avståndet 3 meter. Mätningarna är gjord på höjden 0,8 meter över golv.



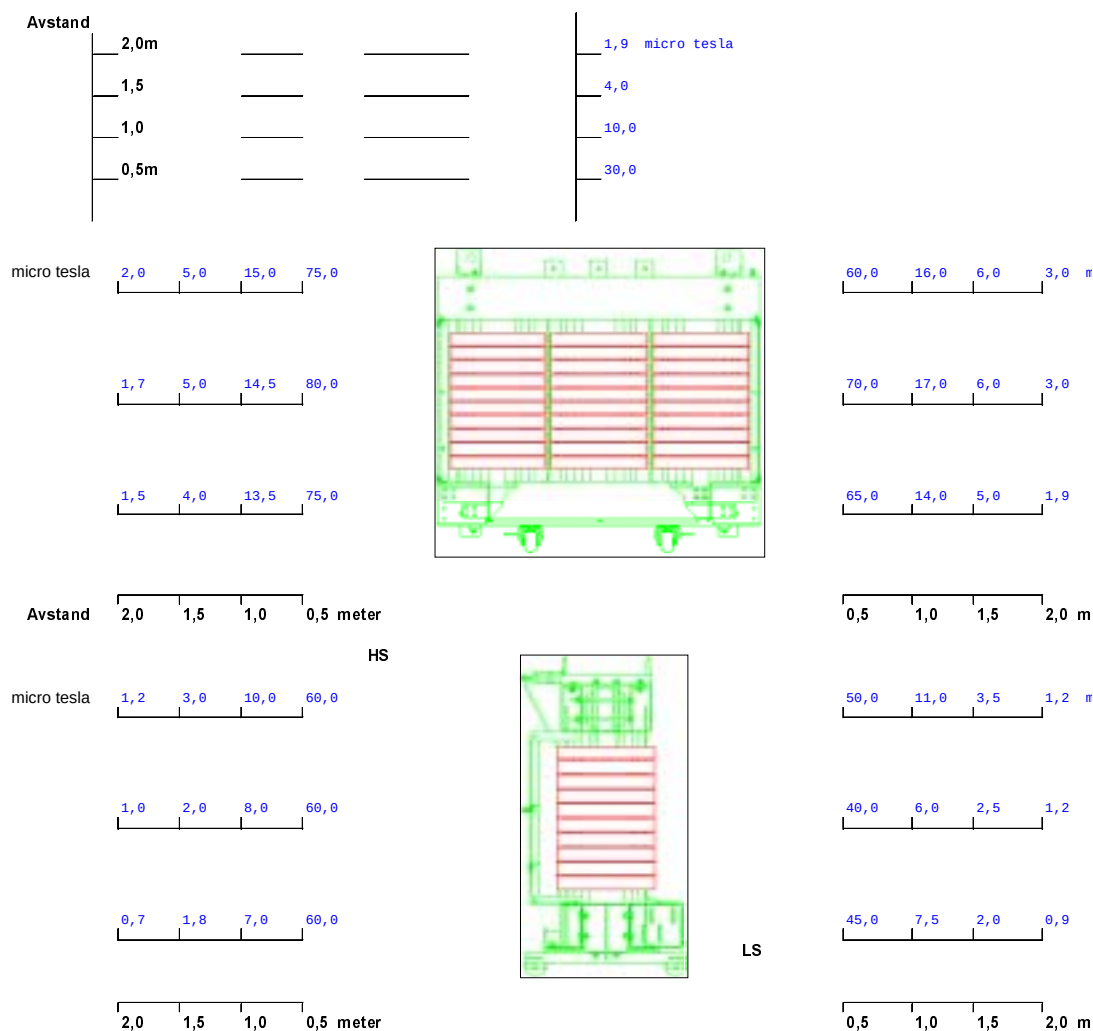
Figur 4. Mätlinjerna vid de olika mätningarna. Alla mätningar är gjord på höjden 0,8 meter över golv. OBS! Ej skalenligt ritat.

B APPENDIX 2 MØRE-transformatorer

B.1 Okapslad 800 kVA

Magnetfältet mätt från en okapslad 800 kVA transformator för systemspänningen 12 kV och omsättningen 11000 V/ 420V. Transformatorn har lågspänningsuttagen placerade nedtill på transformatorn.

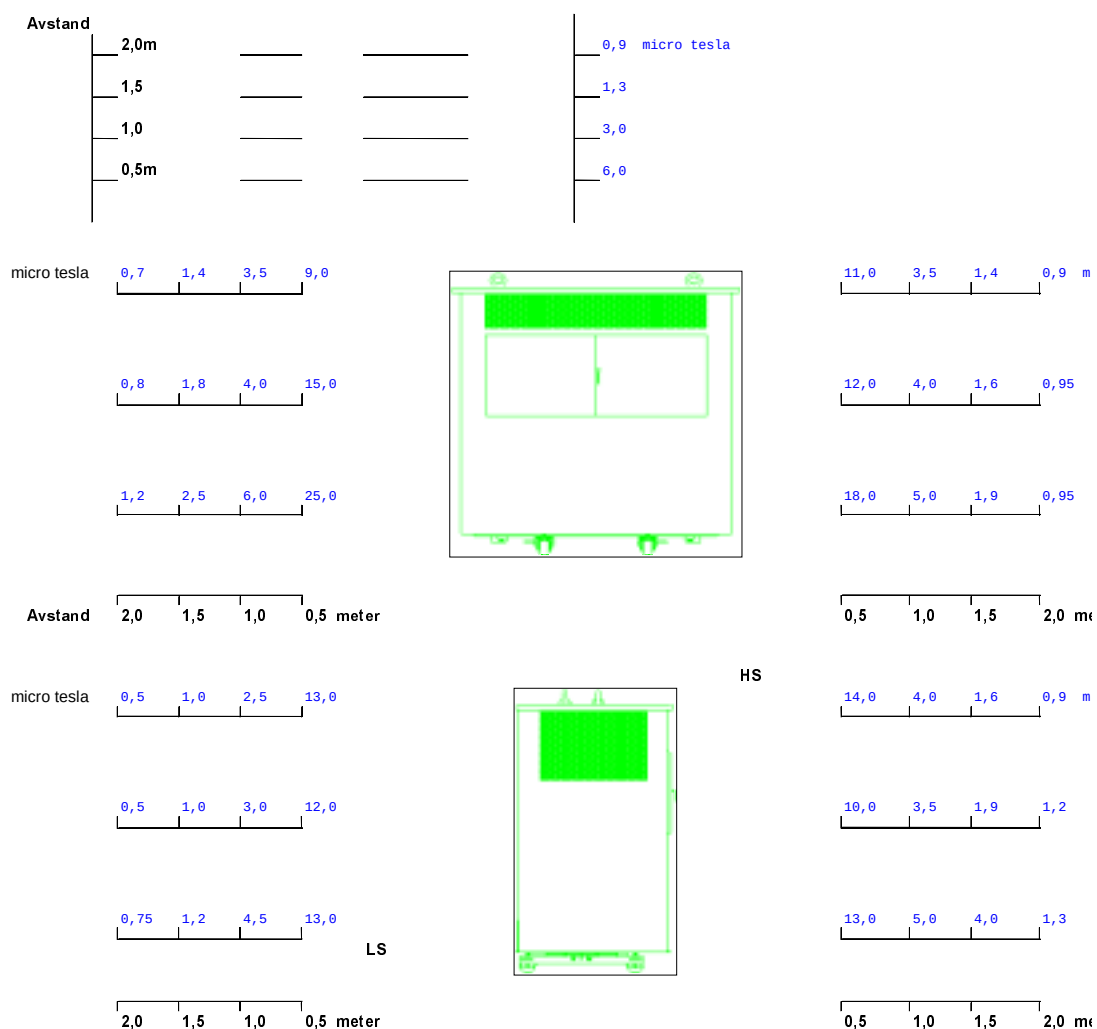
Vid mätningen har lågspänningssidan varit kortsluten och magnetfältet mätts mitt för underkant, mitt på och i överkant av transformatorlindningarna. Mätpunkterna har ett intervall på 0,5 meter.



B.2 Aluminiumkapslad 800 kVA

Magnetfältet mätt från en aluminiumkapslad 800 kVA transformator utan bottenplatta, för systemspänningen 12 kV och omsättningen 11000 V/ 420V, dvs. samma transformator som på sidan 1 i appendix 2. Aluminiumplåten är 5 mm tjock. Transformatorn har lågspänningsuttagen placerade nertill på transformatorn.

Vid mätningen har lågspänningssidan varit kortsluten och magnetfältet mätts mitt för underkant, mitt på och i överkant av transformatorlindningarna. Mätpunkterna har ett intervall på 0,5 meter.



C APPENDIX 3 ADRESSER TILL FEM MYNDIGHETER

Statens Strålskyddsinstitut (SSI)
171 16 Stockholm

Telefon: 08-729 71 00
Fax: 08-729 71 08

Besöksadress: Karolinska Sjukhusets område Hus Z5

Hemsida: <http://www.ssi.se/>

Arbetsmiljöverket
Ekelundsvägen 16
171 84 Solna

Telefon: 08-730 90 00
Fax: 08-730 19 67

Besöksadress: Ekelundsvägen 16

E-post: arbetsmiljoverket@av.se
Hemsida: <http://www.av.se/>

Socialstyrelsen
106 30 Stockholm

Telefon: 08-555 530 00
Fax: 08-555 532 52

Besöksadress: Rålambsvägen 3

E-post: info@sos.se alt. Socialstyrelsen@sos.se

Hemsida: <http://www.sos.se/>

Boverket
Box 534
371 23 Karlskrona

Telefon: 0455-35 30 00
Fax: 0455-35 31 00
Besöksadress: Drottninggatan 18

Hemsida: <http://www.boverket.se/>

Elsäkerhetsverket
Box 1371
111 93 Stockholm

Telefon: 08-519 112 00
Fax: 08-519 112 01

Besöksadress: Drottninggatan 92

Hemsida: <http://www.elsak.se/>

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