



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R101:1984

5-Ledarsystem

Ett sätt att eliminera elektriska störningar från ledningsnätet

Nils-Erik Sköld

R
A11

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr Plac *su*

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

R101:1984

5-LEDARSYSTEM

Ett sätt att eliminera elektriska
störningar från ledningsnätet

Nils-Erik Sköld

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810508-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Elektriska prövningsanstalten AB, Malmö

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R101:1984

ISBN 91-540-4167-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

1.	Sammanfattning	5
2.	Bakgrund	7
3.	Betydelsen av kraftnätets utformning	8
3.1	Ledningsnätets inverkan vid elektro- medicinska mätningar	8
3.1.1	Personsäkerhet	10
3.1.2	Störningar	11
3.2	Ledningsnätets inverkan på data- och processutrustning	12
3.3	Ledningsnätets inverkan vid ljud- och bilddistribution	13
4.	Störningar från kraftnätet - allmän teori	14
4.1	Induktivt kopplande störningar	14
4.1.1	Reduktion av induktivt kopplande störningar	15
4.2	Kapacitivt kopplande störningar	17
4.3	Galvaniskt kopplande störningar	17
4.3.1	Reduktion av galvaniskt kopplande störningar	17
4.4	Störningar från kraftnätet - samman- fattning	17
5.	Beskrivning av 5-ledarsystemet	18
6.	5-ledarsystemets uppbyggnad	20
6.1	Systemjordning	20
6.2	Lågspänningssidans utformning	21
6.2.1	En transformator	21
6.2.2	Parallellkopplade transformatorer	24
6.2.3	Slingsystem	25
6.3	Reservkraft	25
6.3.1	Avbrottsfri strömförsörjning	26
6.3.2	Strömförsörjning med kort avbrott	27
6.4	5-ledarinstallation inom ett 4-ledar- system	30
7.	Strömsugare för störningsskydd	31
8.	Kontroll och övervakning av 5-ledarnät	33
9.	Kostnad	43

		4
10.	Praktiska konsekvenser	44
10.1	Personsäkerhet	44
10.2	Elektriska störningar	44
10.3	Jordning	44
10.4	Övervakning	44
11.	Praktiska erfarenheter	45
	REFERENSER	47
	BILAGA 1 Tillåtna likströmsnivåer enligt IEC/SC 62 A	
	BILAGA 2 Lysrör som övertonsalritare	

1. SAMMANFATTNING

5-ledarsystem infördes i landet i början av 1960-talet.

I slutet av 1950-talet då Elektriska Prövningsanstalten AB (ELPA) hade i uppdrag att projektera Sveriges Radio:s nya radio och TV-hus uppställdes vissa krav på den elektriska installationen vad avser tillåten magnetisk fältstyrka. ELPA gjorde utredningar i dessa frågor och kom då fram till att det var nödvändigt att införa elektriska distributionssystem enligt 5-ledarprincipen.

I början av 1960-talet då centralsjukhus och intensiv sjukvård började utvecklas ställdes också högre krav på störningsfri miljö- och personsäkerhet. Man fann härvid att 5-ledarsystemet utgjorde en god kombination för såväl störningsfri miljö som förhöjd personsäkerhet.

Numera har användningsområdet utökats väsentligt. Inom sjukhus, universitet, högskolor, laboratorier, TV- och radiohus, Televerket, försvaret och industrier med data, styr och övervakning är installation med 5-ledarsystem idag en självklarhet.

En intensiv utveckling bedrivs numera inom hela området för effektsnåla och kompakta elektronikenheter, vilket medför motsvarande problem med elektriska störningar. En central plats i detta problemkomplex är den elektriska kraftdistributionen.

Den primära och mest svårhanterliga orsaken till störningar i 4-ledarsystem har varit och är allttjämt okontrollerade jordströmmar, dvs i många fall vagabonderande strömmar som ligger utanför det normala kraftdistributionsnätet och som kan finna sina vägar i jordade konstruktioner såsom armering, balkar, stativ, hölje etc.

Av samma skäl kan även personfaran öka i första hand då inom sjukhusavdelningar där hjärtnära ingrepp förekommer. Bidragande orsak till ökad personfara är också spänningsskillnader i jordade objekt och uttags jordledare.

Genom att installera 5-ledarsystem kan dessa störningar minskas avsevärt och oftast helt elimineras. Systemet bygger på principen att i hela anläggningen utom i en punkt ha nolledare och skyddsledare helt separerade.

Då elektroniska instrument och utrustning förväntas få ökad användning och känslighet kommer man i framtiden att ställa stora krav på god elektrisk miljö där 5-ledarsystemet är en betydelsefull del i ett åtgärds paket.

Lågfrekventa magnetiska fält är praktiskt svårt att avskärma och sådan skärmning mycket dyr att utföra. I flertalet anläggningar kräver dagens teknik med elektronisk utrustning dessutom stor flexibilitet och geografisk spridning vilket i kombination kan innebära att få eller inga alternativ finnes till elektriskt distributionssystem av typ 5-ledarsystem.

I ca 20 år har installationer, utförda med 5-ledarprincipen, varit i drift. Påpekas skall att den praktiska hanteringen inte alltid motsvarat teoretiskt ställda förväntningar.

Stor vikt måste fästas vid utförande av installation med 5-ledare liksom uppföljning och kontroll under drift.

System för övervakning är ett krav.

Ett fungerande 5-ledarsystem medför otvivelaktigt en rad fördelar jämfört med 4-ledarsystem av vilka några speciellt kan nämnas:

- Inga lågfrekventa magnetiska fält härrörande från ledningsnätet inom hela anläggningen.
- Jordledning ej strömförande, vilket betyder ekvipotentieell nivå på alla till skyddsledarsystemet förbundna uttag, maskinstommar, centraler, ställverk etc.
- Möjlighet att övervaka ledningsnätets status.

Kostnadsökningen för installation av 5-ledarsystem jämfört med 4-ledarsystem är 1 - 2,5 % av elinstallationskostnaden.

En utredning hur liknande eller motsvarande system fungerar och nyttjas i andra länder skulle vara av stort värde.

2. BAKGRUND

5-ledarsystem infördes i landet i början av 1960-talet.

I slutet av 1950-talet då Elektriska Prövningsanstalten AB (ELPA) hade i uppdrag av projektera Sveriges Radio:s nya radio och TV-hus uppställdes vissa krav på den elektriska installationen vad avser tillåten magnetisk fältstyrka. ELPA gjorde utredningar i dessa frågor och kom då fram till att det var nödvändigt att införa elektriska distributionsystem enligt 5-ledarprincipen.

I början av 1960-talet då centralsjukhus och intensiv sjukvård började utvecklas ställdes också högre krav på störningsfri miljö- och personsäkerhet. Man fann härvid att 5-ledarsystemet utgjorde en god kombination för såväl störningsfri miljö som förhöjd personsäkerhet.

Numera har användningsområdet utökats väsentligt. Inom sjukhus, universitet, högskolor, laboratorier, TV- och radiohus, Televerket, försvaret och industrier med data, styr och övervakning, är installation med 5-ledarsystem i dag en självklarhet.

Då elektroniska instrument och utrustning förväntas få ökad användning och känslighet kommer man i framtiden att ställa stora krav på god elektrisk miljö där 5-ledarsystemet är en betydelsefull del i ett åtgärds paket.

I ca 20 år har installationer, utförda med 5-ledarprincipen, varit i drift. Påpekas skall att den praktiska hanteringen inte alltid motsvarat teoretiskt ställda förväntningar.

Kvar står utvärdering och konsekvens av dessa installationer. Följande frågeställningar har varit föremål för utredning:

- Hur fungerar praktiskt 5-ledarsystem idag?
- Vad och var är ev felkällor?
- Vilka åtgärder bör vidtagas för att åstadkomma ett praktiskt väl fungerande system?
- Hur skall 5-ledarsystem övervakas?
- I vilka anläggningar och i vilken omfattning skall 5-ledarsystem installeras?
- Hur stor är merkostnaden jämfört med 4-ledarsystem?
- Vad innebär det praktiskt och ekonomiskt att "fritt" disponera lokaler (störningsfri miljö och personsäkerhet)?

3. BETYDELSEN AV KRAFTNÄTETS UTFORMNING

En intensiv utveckling bedrivs numera inom hela området för effektsnåla och kompakta elektronikenheter, vilket medför motsvarande problem med elektriska störningar. En central plats i detta problemkomplex är den elektriska kraftdistributionen.

Den primära och mest svårhanterliga orsaken till störningar i 4-ledarsystem har varit och är alltfjämnt okontrollerade jordströmmar, dvs i många fall vagabonderande strömmar som ligger utanför det normala kraftdistributionsnätet och som kan finna sina vägar i jordade konstruktioner såsom armering, balkar, stativ, hölje etc. Av samma skäl kan även personfaran öka i första hand då inom sjukhusavdelningar där intrakardiella ingrepp förekommer. Bidragande orsak till ökad personfara är också spänningsskillnader i jordade objekt och uttags jordledare.

Genom att installera 5-ledarsystem kan dessa störningar minskas avsevärt och oftast helt elimineras. Systemet bygger på principen att i hela anläggningen utom i en punkt ha nolledare och skyddsledare helt separerade.

Då elektroniska instrument och utrustning förväntas få ökad känslighet och användning har man anledning att ställa stora krav på god elektrisk miljö, där 5-ledarsystemet är en viktig del i ett åtgärdspaket.

Lågfrekventa magnetiska fält är praktiskt svårt att avskärma och sådan skärmning mycket dyr att utföra. I flertalet anläggningar kräver dagens teknik med elektronisk utrustning dessutom stor flexibilitet och geografisk spridning vilket i kombination kan innebära att få eller inga alternativ finnes till elektrisk distributionsystem av typ 5-ledarsystem.

Anläggningar som i första hand berörs är industri där känslig mätning, styrning, reglering, övervakning samt databehandling förekommer, inom ljud- och bilddistribution samt inom sjukvården för elektromedicinsk behandling, diagnostik och övervakning.

3.1 Ledningsnätets inverkan vid elektromedicinska mätningar

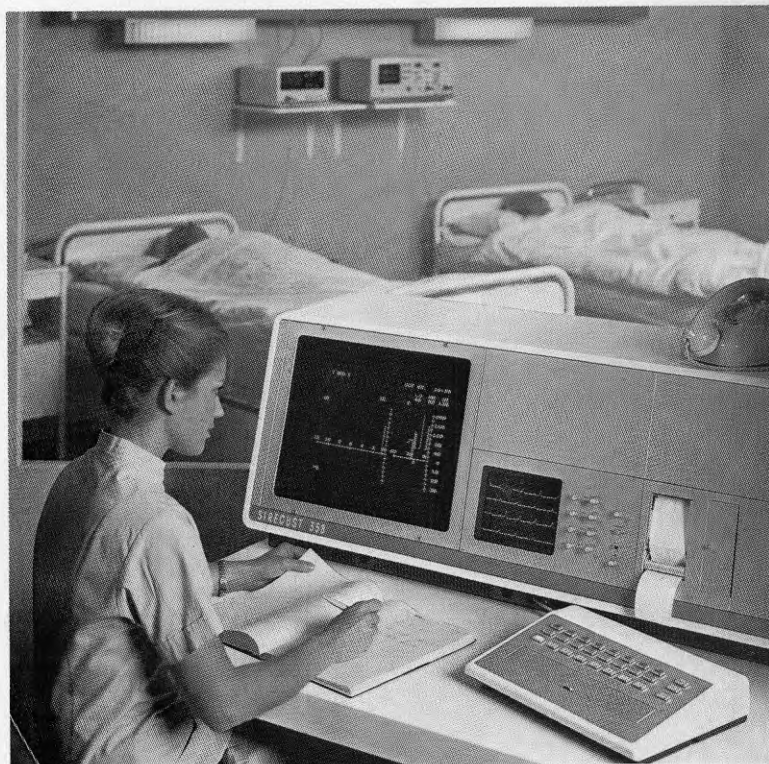
Utvecklingen inom elektromedicin har på senare tid gått hastigt framåt. Apparaterna på sjukhus har ökat i antal och komplexitet. Det är numera vanligt att flera apparater kopplas i system kring en patient. Flera patienter kopplas ofta till ett gemensamt mätsystem, t ex vid patientövervakning.

Med den ökade användningen av elektromedicinsk apparatur har också störnings- och säkerhetsproblemen ökat. Dessutom införs ofta ledare i form av elektrod eller kateter direkt i hjärtat, varvid särskilt höga krav måste ställas på apparater och elektriska installationen.

Vid ett system av flera mätapparater kommer de olika apparaternas jordanslutningar att ha avgörande betydelse. Det uppstår problem både ur störnings- och säkerhetssynpunkt om inte jordanslutningar utan inbördes spänningsskillnad finns att tillgå. Apparaturen kan vara förstklassig, men utan en väl genomförd installation, kan korrekt funktion och god säkerhet inte garanteras. Den fundamentala förutsättningen för goda störnings- och säkerhetsförhållanden är således en bra elektrisk installation.

Vad som skiljer sjukhuset från andra mätmiljöer är att man ofta mäter direkt på människor och att mätningen inte alltid kan eller bör upprepas. Orsaken härtill kan vara t ex att förutsättningarna för mätningen innebär injektioner av något för kroppen skadligt medel. En annan skillnad är att mätningarna kan ske var som helst inom sjukhuset samt ofta helt eller delvis utföres av personal utan speciell teknisk utbildning. Kraven på noggranna resultat är emellertid ofta höga.

Sveriges standardiseringskommission har utgivit normer avseende "Elinstallationer i byggnader, lokaler för medicinskt bruk, SEN 37 10 02" vari bl a framgår att elinstallationen skall utföras som 5-ledarsystem.

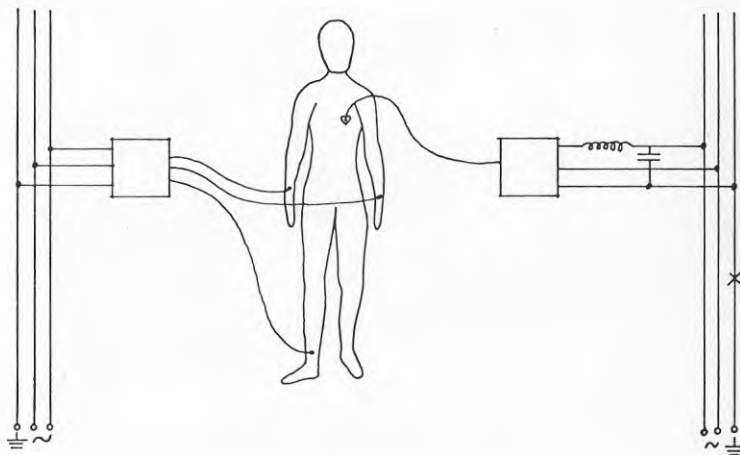


FIGUR 1 Övervakning av patienter på intensivvårdsavdelning

3.1.1 Personsäkerhet

De situationer som är speciellt farliga är de där direkt metallisk kontakt föreligger, t ex när man har en pacemakerelektrod inlagd i hjärtat. Andra direkta metalliska förbindelser kan vara speciella intrakardiella (hjärtnära) elektroder för registrering av intrakardiellt ekg. Mera speciella metalliska förbindelser, som vanligen är begränsade till fysiologiska laboratorier, är platinakatetrar för upptagande av vätgas och askobinsyrekurvor. Andra tänkbara metalliska förbindelser är olika typer av kateterspetsgivare, typ tryckgivare och flödesgivare.

Potentialskillnaden mellan jordtagen kan driva fram en ström genom patienten. Riskgränsen för denna ström vid intrakardiella ingrepp kan vara några tiotal μA . Se bilaga 1



FIGUR 2 Tryckmätning vid samtidig EKG-övervakning.

3.1.2 Störningar

De flesta störningarna kommer från 50-Hz nätet. Störningarnas frekvens ligger ofta i området 0-1 000 Hz. I detta område återfinns också de flesta av de signaler man önskar mäta och registrera.

Det är i största utsträckning mätningar som görs direkt på patienter som blir störda, t ex registreringar av typen EKG, EEG, dvs avledning av olika slags aktionspotentialer.

Dessa mätningar måste kunna utföras noggrant och exakt för att säkerställa t ex en fullgod diagnos eller ett väl fungerande övervakningsystem på en intensivvårdsavdelning.

Magnetiska störningar på elektromedicinsk utrustning uppkommer i samband med av de magnetiska fälten alstrad inducerad emk i ledarslingor. Typiska exempel är överlagrade 50 Hz komponenter i registreringen hos EKG och EEG, förorsakade av störfältens induktionsverkan i patientslingorna.

Beräkningar och mätningar har visat att den magnetiska fältkomponenten behöva understiga 0,1 μ T, (Tesla) om känsliga elektromedicinska mätningar skall kunna göras.

Det må även nämnas, att reduktion av lågfrekventa magnetiska störfält till en nivå, som enligt det ovan anförda garanterar störningsfrihet hos den vanligast förekommande mätapparaturen, i regel även eliminerar risk för ur säkerhetssynpunkt otillåten inducerad spänning i slingor ingående i utrustning för hjärtnära arbeten på patient.



FIGUR 3 Elektrokardiogram med och utan överlagrad lågfrekvent störning (50 Hz).

3.2 Ledningsnätets inverkan på data- och processutrustning

Inom industri är det i första hand utrustning för styr, regler, mät samt databehandling som berörs. Här har självfallet också den elektroniska utvecklingen satt sina spår. Utrustningar för signalbehandling har blivit mera komplex samtidigt som kraven på noggrannhet har skärpts. Vidare har signalbehandling alltmer centraliserats varför behovet av signalöverföring i motsvarande grad ökat. Industri utgör också speciellt besvärlig miljö eftersom krav på exakt mätning och god reglering ofta sammanfaller med stora och snabba effektuttag.

I ett datoriserat kemiskt laboratorium, som plötsligt störs, kan analysresultatet bli felaktigt eller komma fel eller hela anläggningens funktion påverkas negativt. Störningar här kan medföra ökad personfara, driftavbrott, kvalitetsförsämring och spill.

Oftast utförs signalbehandling och signalöverföring med en sådan nivå och utformning att störningseffekter undviks. I speciella fall, t ex då varje information är unik eller tidsbestämd är det emellertid av stor vikt och ibland nödvändigt att ha större krav på kvaliteten på kraftdistributionen.

Störningar på denna typ av anläggningar kan få svårartade konsekvenser. Oftast kan felen vara svårlokaliserade, besvärliga att åtgärda samt innebära stora ekonomiska avbräck.



FIGUR 4 Ledningscentral

3.3 Ledningsnätets inverkan vid ljud- och bild-distribution

Inom ljud- och bilddistribution har tekniska framsteg i första hand gjorts vad avser kvalitet samt flexibilitet. Vidare har utvecklingen inriktats mot fler och mer tekniskt utrustade specialapparater. Av samma skäl som med annan signalbehandling är det härvid viktigt att varierande jordpotential och vagabonderande strömmar undviks. Lika väsentligt är att kraftnätet inte bidrar till uppkomster av störande magnetfält. Fel i dessa anläggningar medför oftast direkt synbart och/eller hörbart resultat.



FIGUR 5 Regirum för TV-studio

4. STÖRNINGAR FRÅN KRAFTNÄTET - ALLMÄN TEORI

Stör signaler i mätsystem orsakas av många olika typer av störkällor. Dessa ger upphov till störspänningar med mycket olika frekvensinnehåll och karaktär.

För att komma tillrätta med störningar krävs teoretisk och praktisk kunskap om fenomenen och de bekämpningsmetoder som kan tillgripas. Det som särskilt begränsar den teoretiska behandlingen av störproblem är svårigheten att ställa upp realistiska modeller av störströmmens storlek och utbredningsvägar. Det mest dominerande störspänningen i mätsystem är ofta den som orsakas av kraftnätet. Den kan indelas i induktivt, kapacitivt och galvaniskt kopplade störningar.

4.1 Induktivt kopplade störningar

Störspänningar som uppstår genom att en spänning induceras då en krets befinner sig i ett växelfält benämnes induktivt kopplade störningar.

Vid sinusformad ström I kan störspänningen beräknas enligt följande:

$$B = \frac{\mu \cdot 2 \cdot I}{4 \pi \cdot a} \quad (\text{Fältstyrkan från en rak ledare})$$

$$e = -N \frac{d\emptyset}{dt}$$

$$\emptyset = B \cdot A$$

där I = störande ström

a = avståndet från störande ledare till mätslingan

N = 1 (mätslingan utgörs av ett varv)

A = arean mätslingan omsluter

$$e = -N \frac{d}{dt} \frac{\mu \cdot 2 \cdot A}{4 \pi \cdot a} I \sin \omega t$$

$$|e| = \frac{l \cdot \mu \cdot 2 \cdot A \cdot \omega \cdot I}{4 \pi \cdot a} = |I| \cdot \omega \cdot M$$

där $M = \frac{\mu \cdot A}{2 \pi \cdot a}$ betecknar den ömsesidiga induktansen

mellan störande och störd krets.

Induktivt kopplade störspänningar är proportionella mot dels den störande strömmens belopp och frekvens, dels mot den ömsesidiga induktansen.

4.1.1 Reduktion av induktivt kopplande strömmar

Reduktion av de induktivt kopplande störningarna kan göras på följande sätt.

- a Begränsa den störande strömmens belopp
- b Minska den ömsesidiga induktansen

a Begränsa den störande strömmens belopp

I ett trefasnät med enfasbelastningar kan inte full symmetrisk belastning uppnås även vid medveten permutering av lasterna mellan faserna. I huvudledningens nolla kommer det därför att flyta en ström. Vid normalt utförande av kraftledningssystem (4-ledarsystem) för lågspänning sker jordning i gruppledare med särskild skyddsledare (sk nollning), vilken anslutes till nolledaren i gruppcentralen. Detta innebär att den nollström som erhållits på grund av snedlast går från gruppcentralen tillbaka till transformatorns nollpunkt dels genom nolledaren i huvudledningen och dels genom skyddsledaren och de till denna anslutna stativ, kabelstegar och andra metalliska förbindelser.

Dessa stativ, kabelstegar o dyl som genomflytes av nollströmmen, uppträder därför som alstrare av magnetfält. Även huvudledningen utgör en fältalstrare på grund av att summaströmmen i densamma inte är noll utan är av den storleksordning som summan av de "vagabonderande" strömmar som läckt ut från densamma. Den störande strömmen kan här reduceras genom att nolledaren endast är sammankopplad med skyddsjorden i transformatorns nollpunkt, ett så kallat 5-ledarsystem.

Enligt avsnitt 4.1 framgick att störspänningen är direkt proportionell mot frekvensen ($U_S = I \cdot w \cdot M$). Övertonsströmmen bidrar till att öka strömmen i nolledaren och därmed störströmmen i ett 4-ledarsystem, enligt ovan beskrivet. Den dominerande övertonsströmmen härrör sig från tredjetonerna. Efter som tredjetonerna har samma fasläge adderas dessa. Strömmen i nolledaren får härigenom en tredjetonskomponent vilken är tre gånger så stor som den varje fas innehåller. Alstrare av tredjetoner är t ex lysrörsarmaturer (bilaga 2), generatorer etc. 5-ledarsystemet reducerar härvid övertoneernas inverkan på samma sätt som för snedlastströmmen, enligt ovan beskrivet. På samma sätt har 5-ledarsystemet en positiv inverkan vid kortslutning mellan fas och nolledare. På grund av att ingen ström går ut i skyddsledarnätet eller restström uppstår i matningskabeln kan det ej heller genom induktiv koppling ge störningar.

b Minska den ömsesidiga induktansen

Möjligheten att reducera störspänningen kan även göras genom att minska den ömsesidiga induktansen M . Antag att vi har två slingor en störande respektive en störd. Dessa ledarslingor är placerade på mest ogynnsamma sätt.

Ömsesidiga induktansen blir då:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot l}{2} \ln \frac{1}{1 - \left(\frac{S}{d}\right)^2}$$

om $S/d \ll 1$ gäller

$$M = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot l}{2 \cdot \pi} \left(\frac{S}{d}\right)^2$$

där μ_0 = permeabiliteten för luft

μ_r = permeabilitetsstalet för mediet ifråga

l = ledarens längd

S = Avståndet mellan fram- och återgående part i slingorna.

d = Avståndet mellan störd och störande ledning

Av uttrycken ovan på den ömsesidiga induktansen inses att denna avtager kvadratisk med avståndet mellan störande och störd ledning. Även avståndet S mellan fram och återgående part i slingorna är av betydelse. Av detta dras slutsatsen att störande slingor bör undvikas i nära anslutning till mätande enheter, samt att slingornas storlek bör minimeras. Av denna anledning bör nätfrekventa magnetfältsalstrare förläggas på betryggande avstånd från känsliga lokaler. Magnetfältsalstrare är ferromagnetisk utrustning, t ex transformatorer, motorer samt ställverk och skenstråk.

Det skall här poängteras att skärmning av lågfrekventa magnetiska fält är praktiskt svårt att genomföra och ställer sig mycket dyrbart även i mycket begränsade delar.

4.2 Kapacitivt kopplade störningar

Störspänningar, som uppstår i en ledare, när den utsätts för ett elektriskt fält, benämns kapacitivt kopplade störningar.

Uppkomsten och utbredningen av denna typ av störning är oberoende av kraftnätets systemutformning vad avser 4- resp 5-ledare, varför detta inte behandlas närmare.

Vad avser kapacitivt kopplade strömmar skulle kunna ge upphov till obalans, har mätningar visat att dessa i detta fall kan anses såsom försumbara.

4.3 Galvaniskt kopplade störningar

I ett 4-ledarnät medför osymetri en nollföljdsström vilket i sin tur innebär spänningsskillnaden mellan skyddsledare. Anslutet jordat objekt kan härvid erhålla störspänning.

4.3.1 Reduction av galvanisk kopplade störningar

Med 5-ledarsystem erhålles balanserad ström och därmed lika potential på skyddsledaren varvid denna störspänning elimineras.

4.4 Störningar från kraftnätet - sammanfattning

Enligt ovan installeras 5-ledarsystemet framförallt för att reducera induktivt kopplade störningar. Även spänningssättningar på skyddledaren vid normala driftfall minskar. Däremot uppnås inga större förbättringar vad gäller kapacitiva störningar.

5. BESKRIVNING AV 5-LEDARSYSTEM

I ett nät för 3 x 220 V, där alla belastningar är anslutna mellan faser kan ingen nollföljdsström uppstå i ostörd drift, även om belastningen är osymmetrisk.

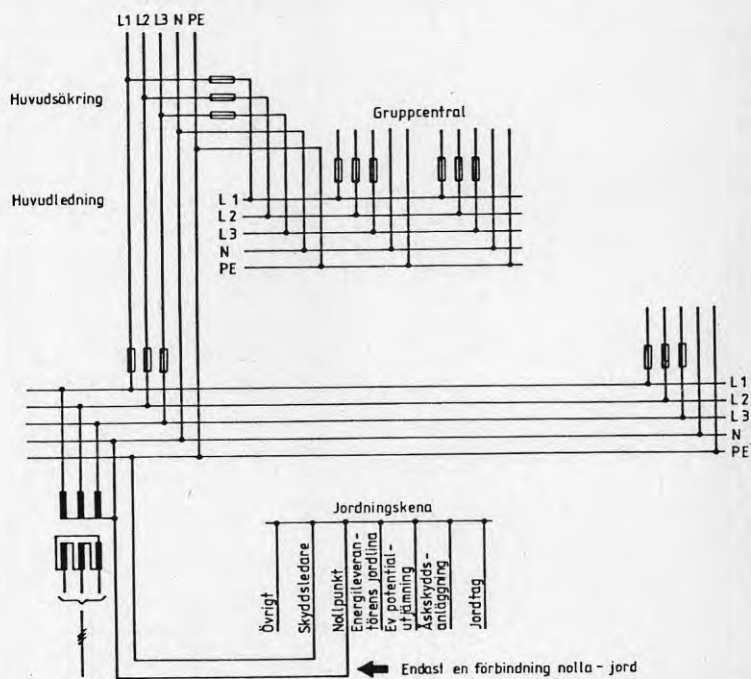
I nät för 380/220 V, där vanligen en väsentlig del av belastningen ligger mellan fas och nolla, innebär varje osymmetri hos sistnämnda delbelastningen en nollföljdsström. Här inträder ur störningssynpunkt helt olika förhållanden i de båda fall, då nätet är uppbyggt enligt 4-ledar- respektive 5-ledarprincip.

I ett **4-ledarnät** utgör den ur säkerhetssynpunkt nödvändiga skyddsledaren samtidigt nolledare. Denna ledare jordför-binder sålunda alla maskinstommar ställverksfack, kopplingslådor etc och utgör samtidigt återgång för alla strömmar som tas ut mellan fas och nollpunkt.

Återgångsströmmen flyter sålunda på ett helt okontrollerbart sätt genom olika grenar av skyddsledarsystemet samt genom delar av byggnadens ledande konstruktionsdelar. Kablarnas strömbelastning är generellt ej balanserad och såväl själva de spänningsförande strömbanorna som skyddsledare och byggnadsdetaljer utgör källor till nätfrekventa magnetfält.

Ett nät enligt **5-ledarprincipen** har däremot ett från skyddsledaren helt isolerat system av nolledare, som är magnetiskt intimt kopplat till systemet av fasledare. På så vis har varje kabel och skenstråk nödtvunget balanserad ström och sålunda summaströmmen noll i varje ögonblick, dvs man saknar nollföljdsström. På detta sätt undertrycks alla magnetfält härrörande från nätets belastningsströmmar. Nollsystemet skall givetvis vara förbundet med skyddsledare, dvs jordat, i endast en punkt, vanligen förlagd till transformatorstationens sekundära nollpunkt.

Till transformator med 5-ledarsystem får således ej anslutas 4-ledarkabel.



FIGUR 6 5-ledarsystem
Principiell utformning

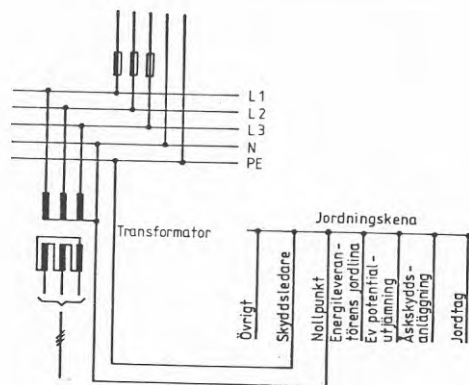
6. 5-LEDARSYSTEMETS UPPBYGGNAD

I tidigare kapitel har en teoretisk behandling givits över grundprincipen för 5-ledarsystemet samt vilka störningar som kan reduceras med detta system. I detta kapitel behandlas den praktiska utformningen av ett sådant system.

6.1 Systemjordning

Enligt vad som tidigare nämnts är systemjordningens uppgift att stabilisera anläggningens spänning till jord. I lågspänningsnät för allmän distribution upp till 600 V utföres detta med direkt jordad nollpunkt. Detta innebär att systemet är direkt anslutet till ett jordtag utan strömbegränsande anordning i jordtagsledaren. Syftet med detta är att begränsa spänningsstegringen på utsatta delar samt möjliggöra snabb utlösning vid jordslutning. På grund av detta är i fortsättningen transformatorns sekundärsida Y-kopplad med direktjordad nollpunkt.

Jordningsskenan är placerad i samma utrymme som lågspänningsställverket.



FIGUR 7 5-ledarsystem
Systemjordning

6.2 Lågspänningssidans utformning

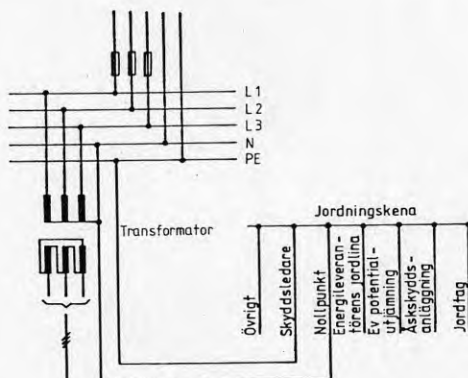
Enligt vad som tidigare angivits skall sammankoppling av noll- och skyddsledare endast göras på ett ställe nämligen i närheten av transformatorns nollpunkt. Vi kan välja på tre former för utförandet:

- En transformator
- Parallellkopplade transformatorer
- Slingsystem

Gemensamt för alla systemen är att principen med en förbindning nolla-jord förfarande gäller.

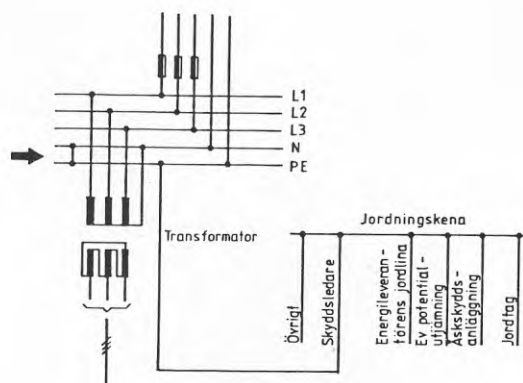
6.2.1 En transformator

Vid anslutning av flera transformatorer och nätet (högspänningssidan) är utformat som radialnät betraktas varje anslutning som anslutning av en transformator. Se fig 10. Anslutning nolla-jord kan utföras på olika sätt, i och utanför ställverk, vilket framgår av figur 8 och 9.



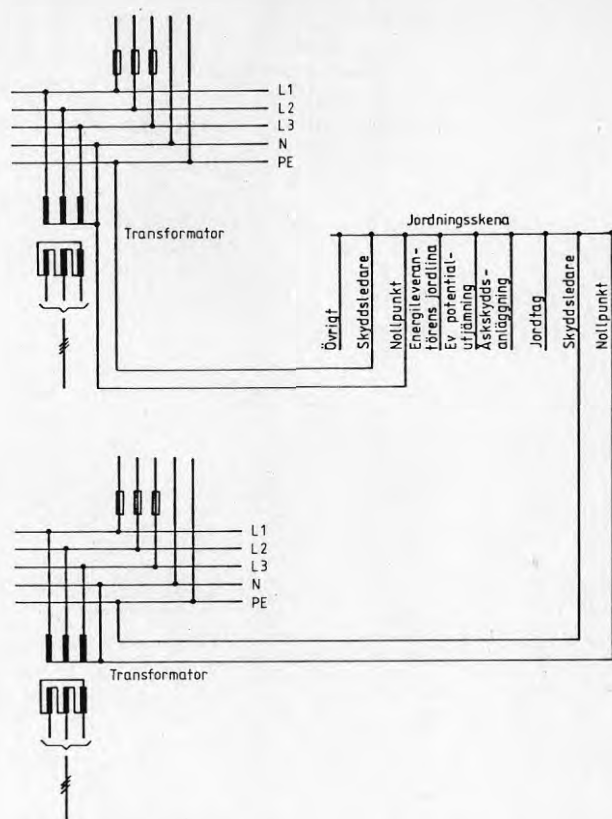
FIGUR 8 5-ledarsystem. En transformator

Förbindning nolla-skyddsjord utföres i jordningsskena utanför ställverk.



FIGUR 9 5-ledarsystem

Förbindning nolla-skyddsjord utföres mellan nolla och skyddsledarskena i ställverk

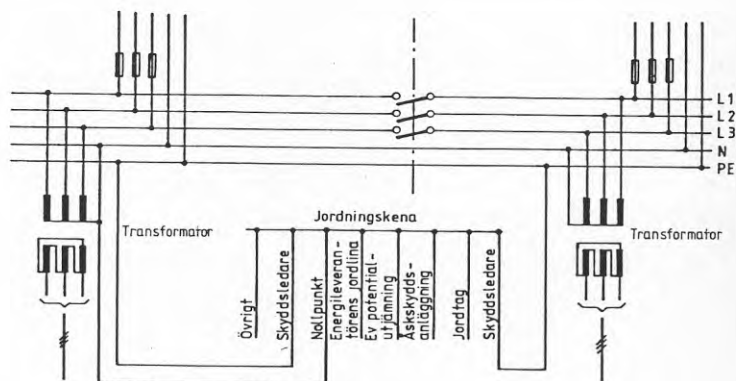


FIGUR 10 5-ledarsystem
Flera transformatorer - radialmatning

6.2.2 Parallellkopplade transformatorer

Parallellkopplade transformatorer installeras oftast för att uppfylla nuvarande och förväntade effektbehov. Skälet kan också vara att transformatorerna utgör reserv för varandra. Såsom tidigare nämnts gäller att endast en förbindning nolla-jord får förekomma. Se figur 11.

Om varje transformator utförs med vardera sin förbindning nolla-jord och transformatorerna parallellkopplas innebär varje osymetri en nollföljdsström, som här skall fördelas mellan de två transformatorerna. Nollföljdsströmmen finner härvid sin väg till resp transformators nollpunkt bl a genom de olika jordförbindningarna.



FIGUR 11 5-ledarsystem
Parallellkopplade transformatorer.

6.2.3 Sling system

Flera transformatorer anslutna till ett slingsystem skall utformas efter samma princip som parallellkopplade transformatorer.

Speciell uppmärksamhet måste ges åt dimensionering av samtliga jord- och jordtagförbindelser, så att utlösningsvillkoren uppfylls. Lika väsentligt är redovisning av kopplingsbilden med de speciella förbindningarna nolla-jord.

6.3 Reservkraft

Med den moderna tekniken har reservkraftbehovet ökat. Orsaken är flera, behovet av ökad utnyttjningstid för dyrbara utrustningar, krav på avbrottsfri kraft m m. Eftersom reservkraft ofta appliceras i ett lågspänningssystem av 5-ledartyp, beskrivs först kortfattat några olika typer av reservkraft, därefter behandlas installationen med avseende på 5-ledarsystemet.

Reservkraften kan indelas i följande två huvudgrupper:

- Avbrottsfri strömförsörjning
- Strömförsörjning med kort avbrottsstid

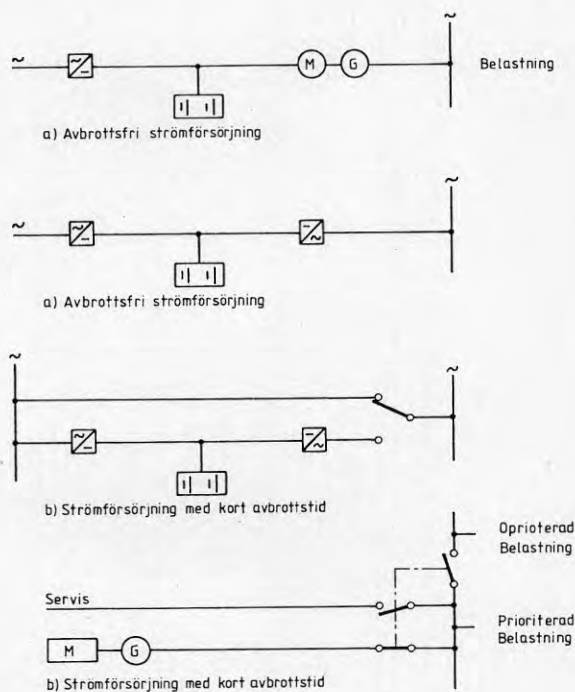


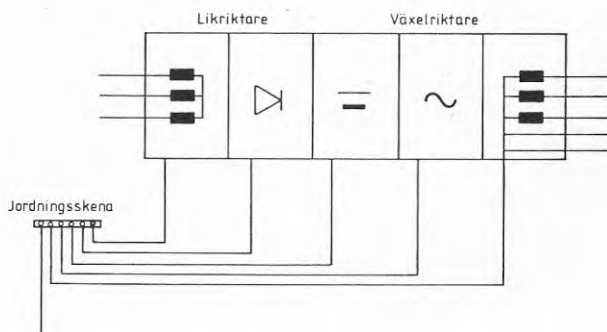
FIG 12 Exempel på reservkraftanläggningar

6.3.1 Avbrottsfri strömförsörjning

Anslutning av avbrottsfri reservkraft (No-break anläggningar) sker uteslutande på 0,4 kV sidan. Denna anläggning består i sitt enklaste utförande av en likriktare, batteri och en växelriktare. Anslutning av likriktaren till nät sker trefasigt utan nolledare. Som skyddsledare användes kabelmantel eller speciell jordlina. Genom att förbinda noll- och skyddsledaren på växelriktartransformatorns sekundärsida, enligt figur 13 erhålls fastläggande av nollpunkten samt skydd mot jordslutningar.

Som alternativ förekommer roterande omformare. Vid normal drift "matas" likströmsmotorn från nätet via likriktaren, samtidigt som batteriet underhållsladdas. När nätbortfall inträffar stannar likriktaren och batteriet övertar kraftförsörjningen till likströmsmotorn. Frekvensen hålls konstant genom motorns fältreglering under hela batteriurladdningsförloppet. Drifftiden för batteriet är vanligtvis 15-20 min. Av den anledningen kombineras ofta denna utrustning med ett dieselaggregat.

Installationen av generatormed avseende på 5-ledarsystemet sker på samma sätt som beskrivs för generatorer till dieselaggregat. Denna typ av utrustning installeras uteslutande på 0,4 kV sidan.



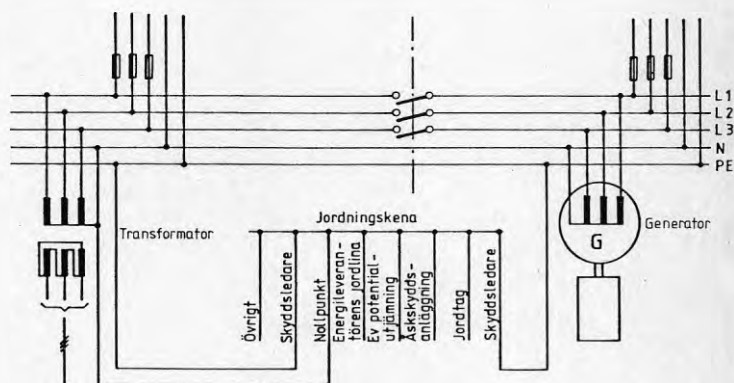
FIGUR 13 Avbrotts fri strömförsörjning
Likriktare - växelriktare.

6.3.2 Strömförsörjning med kort avbrottstid

Reservkraft med generator installeras när det finns behov av lång reservkrafttid samt när avbrottstid kan tolereras. Avbrottstidens storlek bestäms av tiden från nätavbrott till den tidpunkt aggregatet startat upp.

Installation av dieselaggregat i ett 5-ledarsystem görs enligt figur 14. I detta fall kan ej noll och skyddsledare läggas ihop i generatorns nollpunkt, på grund av att summaströmmen är skilda från noll i kabel mellan generator och transformator.

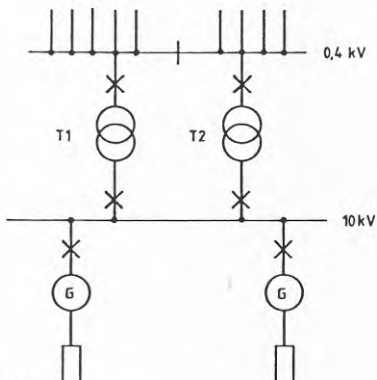
Mobila aggregat kan installeras tillfälligt vid nätavbrott där reservkraft helt saknas.



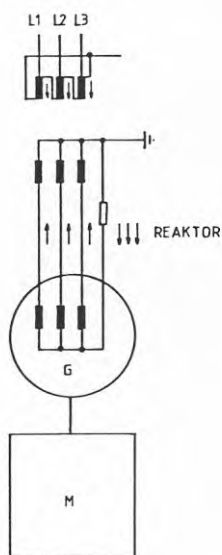
FIGUR 14 Strömförsörjning med kort avbrottstid
Reservkraftaggregat med generator.

Vid matning med hjälp av generator uppkommer övertonsströmmar. Den helt dominerande är tredje övertonen. Denna överton har samma riktning i alla tre faserna. Man bör observera att huvudspänningens storlek ej ändras vid Y-koppling, utan potentialen i en isolerad nollpunkt pulserar med tredje tonens amplitud och frekvens.

Med matning enligt figur 15 erhålls ej någon tredjetonsström härrörande från generatoren ut på lasten oberoende om systemet är av 4- eller 5-ledartyp. Detta beror på att tredjetonsströmmen cirkulerar, enligt figur 16 i deltalindningen hos transformatorerna T1 och T2 i figur 15.

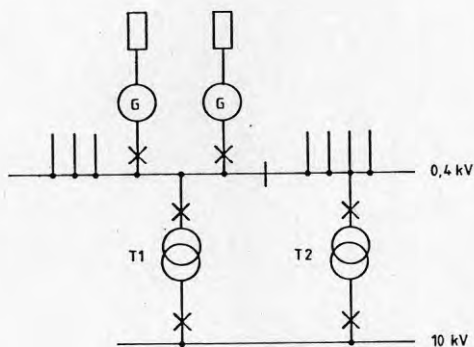


FIGUR 15
Reservkraften matad ut
på 10 kV-sidan



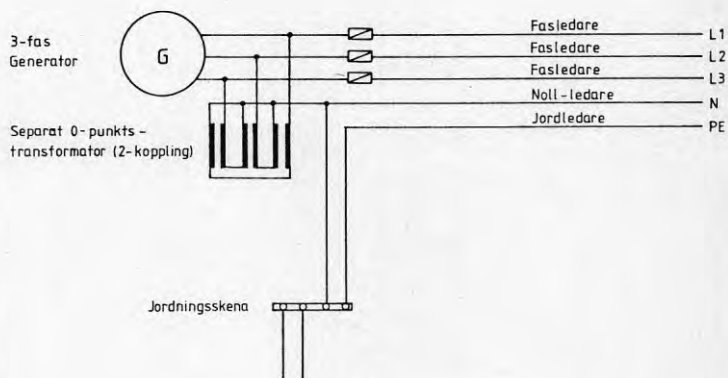
FIGUR 16
Övertonsströmmar från gene-
ratorn cirkulerar i trans-
formatorns deltalindning

Däremot om generatorerna ligger på 0,4 kV sidan, enligt figur, 17 kommer dessa övertoner att ge ett bidrag till den befintliga strömmen i nolledaren, härrörande från snedlast. I detta fall, om systemet är av fyrledartyp och det inte existerar någon annan anordning för eliminering av tredjetoner erhålls en ökad induktiv störning. 5-ledar-systemet är däremot ej beroende av storleken på strömmen i nolledaren eftersom den ligger isolerad från skyddledar-nätet.



FIGUR 17 Reservkraften matas in på 0,4 kV sidan

Reducering av övertoner kan av andra skäl vara tillrådligt. Härvid kan generatören lämpligen förses med nollpunktstransformator. Se figur 18.



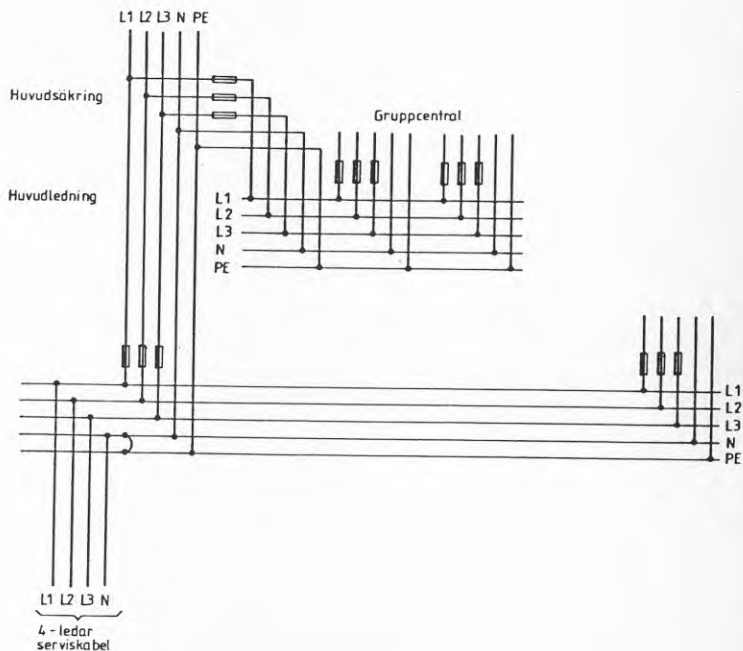
FIGUR 18 3-fas generator med nollpunktstransformator

6.4 5-ledarinstallation inom ett 4-ledarsystem

Det skall påpekas att lokala åtgärder såsom 5-ledarinstallation inom ett 4-ledarsystem har synnerligen begränsad effekt.

I de fall tekniska och/eller ekonomiska svårigheter föreligger att utföra ett helt 5-ledarnät torde enskilt belägna byggnader kunna rekommenderas införa 5-ledarsystem trots nackdelen av 4-ledarserviskabel. Se fig. 19.

Det må också poängteras att i de fall man i efterhand vill införa 5-ledarsystem på grund av personsäkerhet eller problem med störningar är detta som regel svårt rent praktiskt och dessutom dyrt. Den höga kostnaden är i första hand förorsakad av de felkällor som finns och som måste lokaliseras och åtgärdas innan systemet fungerar.



FIGUR 19 4-ledar serviskabel och 5-ledarsystem ledningsnät

7. STRÖMSUGARE FÖR STÖRNINGSSKYDD

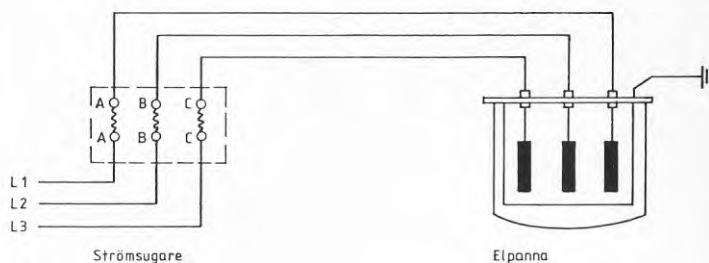
I samband med undertryckandet av 50 Hz elektromagnetiska fältstörningar i sjukhus har begreppet "strömsugare", tidigare benämt "sugtransformator", blivit aktuellt.

För här ifrågakommande tillämpningar är strömsugarens uppgift att antingen i största möjliga omfattning undertrycka vissa skadliga vagabonderande strömmar i skyddsledare, järnkonstruktioner etc, eller att överflytta dessa till nolledare på sådant sätt, att deras fältbildande effekt elimineras genom deras egen magnetiska samverkan med belastningsströmmar i kablars fasledare. Dessa båda typer av strömsugarens användning komma att illustreras genom de nedan angivna tillämpningsexemplen. Först lämnas emellertid en elementär redogörelse för strömsugarens uppgift och verkningssätt.

Strömsugaren är en typisk serieapparat och består i princip av en transformator kärna med mycket hög permeans, dvs hög permeabilitet hos järnet och ytterst små luftgap. Avsikten är att summaströmmen i ett visst knippe av ledare skall nedpressas till minsta möjliga storlek, och järnkärnan skall därför omge detta ledarknippe. Om summaströmmen i knippet har ett visst från noll avvikande värde, så uppstår genom magnetisering i kärnan ett flöde, vilket i ledarna inducerar en gemensam emf som enligt Lenz' lag strävar att slå ihjäl sin egen orsak, dvs summaströmmen. Ju högre kärnans permeabilitet är, desto mindre summaström tolererar strömsugaren, att givetvis för viss antagen elektrisk impedans hos de yttre strömkretsarna.

Vad nu beträffar praktisk tillämpning för bekämpande av magnetiska störningar från vagabonderande strömmar i byggnader, så kan man, såsom tidigare antytts, i första hand betrakta två fall:

Det ena gäller elpannor och andra elvärmeapparater, vanligen av trefas ljusbågstyp, där den elektriska nollpunkten är förbunden med ett jordat hölje. Oundvikliga, mer eller mindre tillfälliga osymmstrier i belastningsströmmen ge upphov till nollpunktsströmmar, vilka sprider sig som okontrollerbara vagabonderande strömmar även om objektet matas från en i omedelbar närhet uppställd fulltransformator med jordad sekundär nollpunkt. Det gäller då att medelst en strömsugare alstra en sådan emf i kretsen genom nollpunkten, jord och i parallell genom faserna, att nollpunktsströmmen nedtvingas till oskadligt värde även vid högsta tänkbara osymmetri hos belastningskretsen. Detta fordrar tydligen en strömsugare runt de tre fasledarna mellan transformator och förbrukningsapparat. Ingen nolledare skall passera denna strömsugare.



FIGUR 20 Strömsugare till elpanna av ljusbågstyp

Det andra fallet gäller sådana vagabonderande strömmar, som vid 4-ledarsystem (eller felkopplat 5-ledarsystem!) utgöres av vilsegångna nollströmmar. Om dessa kunna återföras till sin rätta hemvist, dvs de egna kablarnas nolledare, så elimineras den magnetiska störverkan från såväl kabel som återgångsströmmar. Detta fordrar en i varje kabel insatt strömsugare som omfattar fyra ledare, nämligen såväl de tre faserna som nollan. Det må emellertid påpekas, att vagabonderande strömmar från exempelvis andra byggnader eller anläggningar ej kunna oskadliggöras med denna typ av hjälpmedel.

8. KONTROLL OCH ÖVERVAKNING AV 5-LEDARNÄT

Erfarenheten har visat, att lömska fel ofta uppstår i 5-ledarnät, både under själva installationen och under drift, och detta på sådant sätt, att nätets egenskap av 5-ledarnät förvanskas. Det uppträder sålunda i avseende på vagabonderande strömmar som ett 4-ledarnät redan om ett enda fel av någon av följande typer inträffat:

- o En obehörig hopkoppling av skydds- och nolledare har uppstått.
- o Skydds- och nolledare har förväxlats i någon punkt.
- o En belastning har anslutits mellan fas och skyddsledare.

Ett sådant här fel kan uppstå under ostörd drift antingen på grund av uppkommet isolationsfel inom det normalt strömförande ledningssystemet eller förorsakas av någon olämplig åtgärd. Det är därför ett krav att tillståndet **kontinuerligt övervakas** med anordningar som ger automatisk felsignal och möjlighet till snabb felsökning.

För automatisk felsignal insätts i förbandet mellan nolledare och skyddsledare en strömtransformator som över en förstärkare påverkar ett signaldon med larm, lämpligen ingående som element i anläggningens allmänna signaltablå för övertemperaturer, bortfall av flåktar etc. Detta organ fungerar så snart ström av visst lägsta värde flyter i hopkopplingsledningen mellan nolla och skyddsledare, dvs när strömoblans föreligger någonstades i nätet. Denna anordning ger alltså allmänt larm för fel i 5-ledarsystemet.

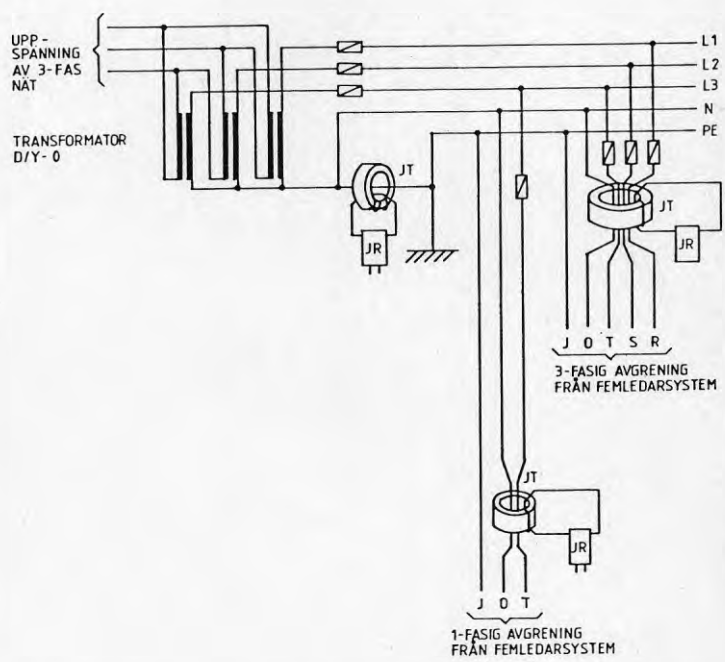
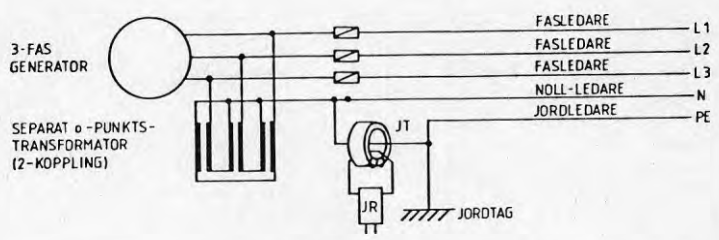
För felsökning anbringas i vardera av ett lämpligt antal utgående ledningar, exempelvis alla huvudledningar, en kabelströmtransformator omfattande faser plus nolla med ej skyddsledare. I kabel med strömobalans ger denna anordning ström till motsvarande intag i en amperemeteromkopplare, vilken i sin tur via en förstärkare matar ett signaldon. Vid manövrering av omkopplare erhålls alltså signal för den eller de kablar, där strömobalans föreligger.

En enkel och billig med föga bekväm och snabb ersättning för den beskrivna utrustningen kan tänkas, nämligen att anordna anslutningen av varje utgående kabel, som skall ingå i felsökningen, på sådant sätt, att man kan med en tångamperemeter omfatta faser plus nolla med utelämnande av skyddsledaren. Detta kan lämpligen utföras i ställverksfack för utgående huvudledningar eller i tomlåda ansluten före huvudbrytare till gruppcentral.

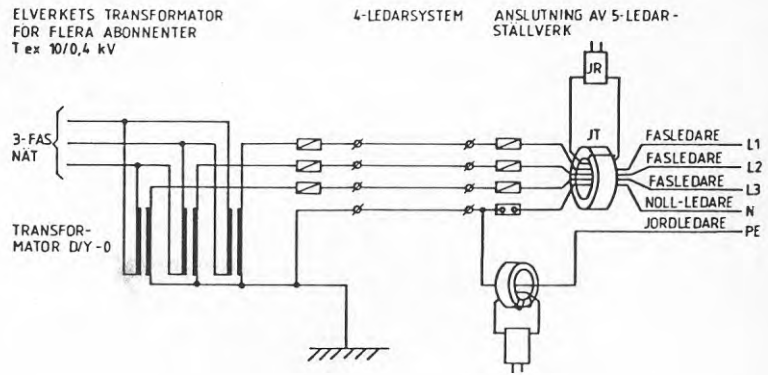
Utöver ovan angivet generella övervakningssystem bör vissa avdelningar, rum eller dyl av skilda orsaker kompletteras med lokal övervakning. En orsak kan vara behovet av omedelbar indikering på felaktig utrustning (t ex i operationsrum, laboratorielokal, datarum).

De kan nämnas att jordfelsbrytare med eller utan brytande funktion är användbar i exempelvis rum där speciellt noggranna mätningar förekommer.

Lämpligt värde för inställd ström gällande obalans torde vara 0,3 A.



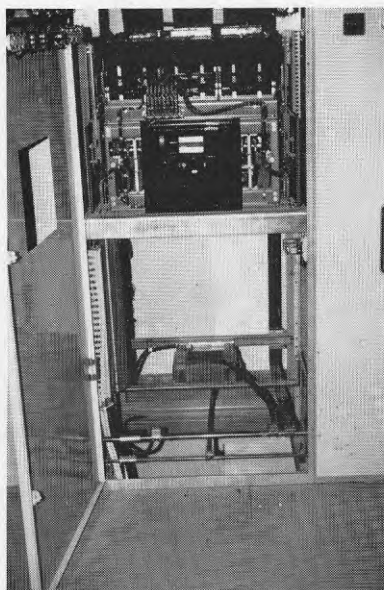
FIGUR 21 5-ledarsystem
Kontroll och övervakning



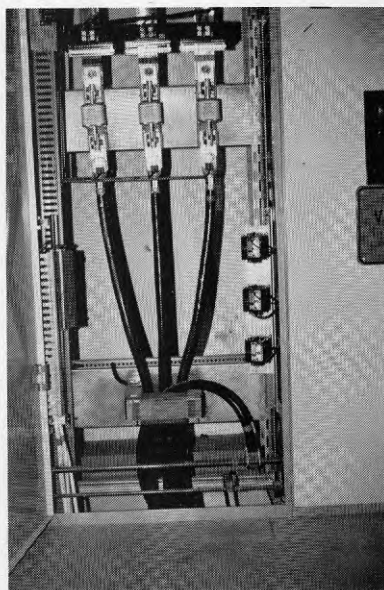
FIGUR 22 5-ledarinstallation med 4-ledar serviskabel
Kontroll och övervakning



FIGUR 23 Sammankoppling nolla-jord utanför ställverk

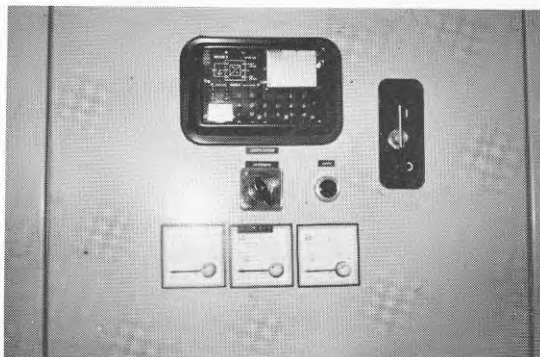
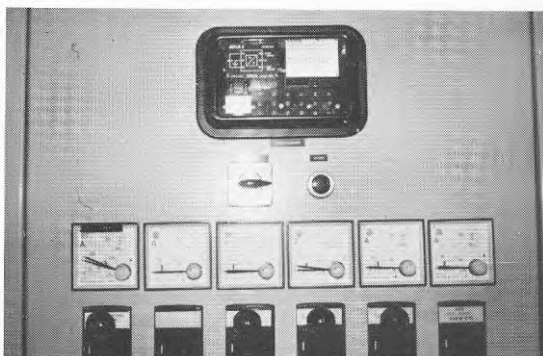


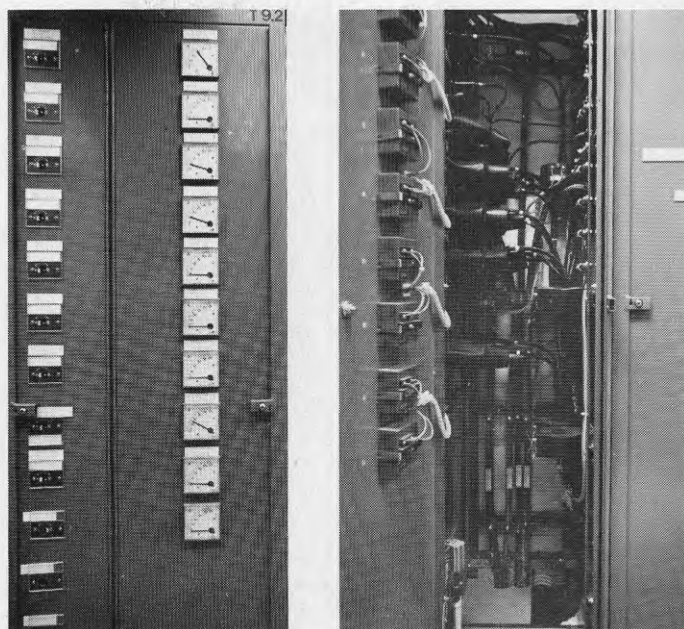
FIGUR 24 Förbindning nolla-jord i ställverk med summaströmtransformator



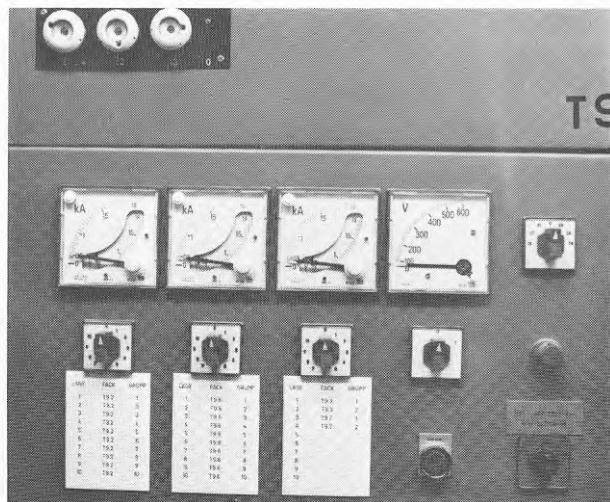
FIGUR 25 Övervakning av huvudledning med summaströmtransformator

Tablå summalarm

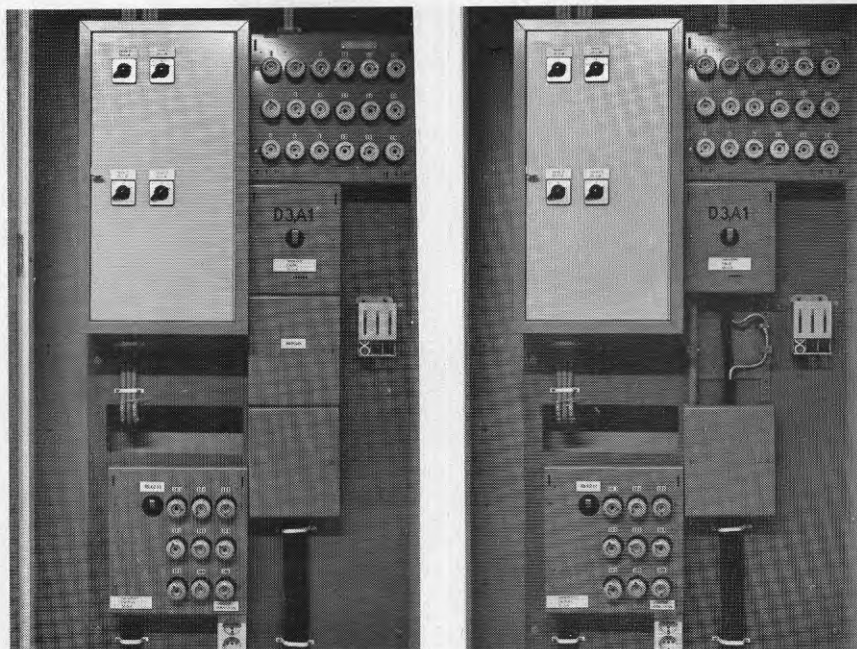
Tablå
Larm huvudledningFIGUR 26-27 Front av ställverk med övervakning
Driftomkopplare och signallampa



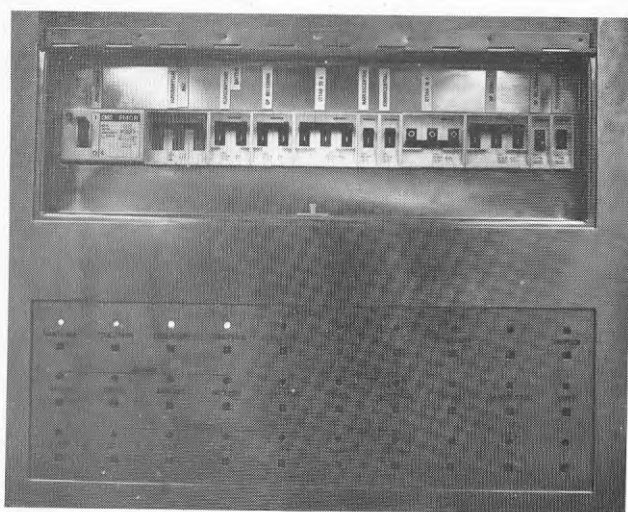
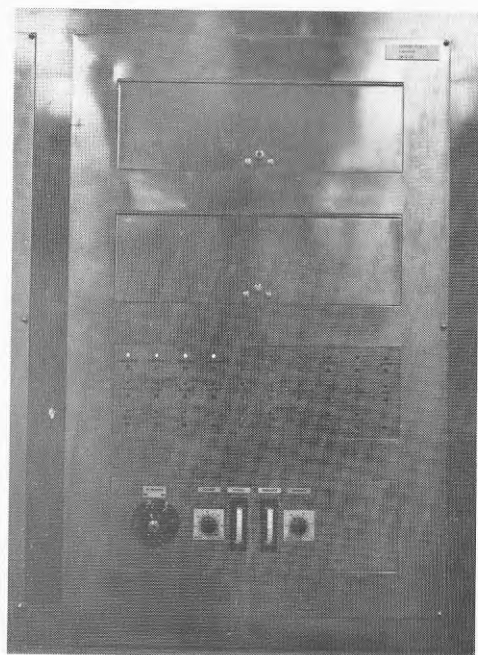
FIGUR 28-29 Lågspänningsställverk front/i skåp
Utgående huvudledningar med summaström-
transformator



FIGUR 30 Front av ställtverk, övre del
Omkopplare och signallampa



FIGUR 31-32 Gruppcentral
Mätlåda, 5-ledarsystem, med resp. utan
täcklock.
För mätning med tångamperemeter



FIGUR 33-34 Elpanel i operationsrum
Täcklock stängt resp. öppet.
Jordfelsrelä och automatsäkringar
Indikering sker med signallampa i operations-
rum.

9. KOSTNAD

Ett överslag av kostnaden visar att kostnadsökningen för installation av 5-ledarsystem jämfört med 4-ledarsystem endast utgör 1 - 2,5 % av elinstallationskostnaden. Storleken på procenttalet är beroende på omfattningen av såväl elinstallationen som övervakningen.

10. PRAKTISKA KONSEKVENSER

Ett fungerande 5-ledarsystem medför otvivelaktigt en rad fördelar såväl ur personsäkerhets- som ur störnings- och jordningssynpunkt:

10.1 Personsäkerhet

- o Jordledning är ej strömförande.
- o Det finns inga "vagabonderande" strömmar i jordade metallkonstruktioner inom byggnaden.
- o Ingen spänningsskillnad mellan olika "jordar" i uttag och stommanslutningar.
- o Det finns möjlighet till övervakning av otillåtna strömmar exempelvis vid isolationsfel och felkoppling av elapparat eller instrument.
- o Tidig indikering på isolationsfel, som ej utlöser säkring, vilket bidrar till att nedbringa brandfara.
- o Alternativ/komplement till revisionsbesiktning, där detta är ett önskemål med ej ett krav.

10.2 Elektriska störningar

- o Man får balanserade kablar som ej omges av lågfrekvent magnetiskt fält.
- o Man har god elektrisk miljö i hela anläggningen utan okontrollerade magnetiska fält härrörande från obalanserat ledningsnät.
- o Det ges möjlighet att övervaka otillåtna strömmar som orsakar störande magnetiska fält såväl kring kablar som i metallkonstruktioner.
- o I flera fall kan finnas fördelar med 5-ledarkabel och med 5:e ledaren som skyddsmantel, då denna samtidigt utgör skydd mot Hf-störningar att tränga in till exempelvis nätanslutna känsliga apparater.

10.3 Jordning

- o 5:e ledaren utgör en god jordledare eftersom denna är strömlös och dessutom är ansluten till transformatorns nollpunkt och tillika är densamma inom hela byggnaden.

10.4 Övervakning

- o Med 5-ledarsystem ges möjlighet till övervakning av ledningsnätets status.

11. PRAKTISKA ERFARENHETER

I ca 20 år har installationer utförda enligt 5-ledarprincipen, varit i drift. Först användes systemet endast i begränsad omfattning. Numera har användningsområdet utökats väsentligt. Inom sjukhus, Televerket, TV- och radiohus, försvarsindustrier (mät- och styrutrustning) dataanläggningar, universitet, högskolor, laboratorier och vissa industrier för instrumenttillverkning är installation med 5-ledarsystem i dag en självklarhet.

Ett flertal anläggningar med 5-ledarsystem har varit föremål för undersökning och då i första hand inom sjukhus, sjukhem, universitet, högskolor, militära anläggningar samt Televerkets och Sveriges Radios anläggningar för ljud- och bilddistribution. Undersökningen av dessa anläggningar har visat att stor vikt måste läggas vid anvisningar och kontroll av 5-ledarsystemets utförande under installationsarbetet. Även systemets funktion vid efterföljande användning måste kontrolleras.

Resultat av utredningen visar att endast 3 av 10 anläggningar med 5-ledarsystem fungerar tillfredsställande.

De vanligaste felkällorna är:

- o Man har ingen övervakning. 5-ledarsystemet utan övervakningsanläggning har visat sig ej fungera. Omfattningen på denna är självfallet beroende på elinstallationens storlek.
Av stor vikt är att lokalisering av jordfel skall vara möjligt. Enklarest kan detta utföras med mätning av summaström vid gruppcentral medelst tångemperemeter. Härvid kan en säkring lossas i taget till dess att indikering om felaktig grupp erhålles på tångampere-metern. I de fall säkring ej tillåts lossas, bör jordledare vara tillräckligt lång, så att ev. felströmmar kan mätas med tångampere-meter direkt på gruppledningens jordledare.
- o Varmvatten- och ångalstrare med elektroder. Då nollpunkten är förbunden med det jordade höljet kan osymmetri ge upphov till nollpunktsströmmar.
- o Apparatskåp för ventilation, värme, kyla, luft etc har egen gruppcentral uppkopplad med förbindning jord och nolla.
- o Utländska instrument och apparater har i många fall nolla och jordförbindning antingen direkt eller över något filter.
- o Förbindning mellan nolla och plåthölje i armatur. Interna ledningar kläms fast vid plåt varvid isoleringen skadas.
- o Eftervärmningsbatteri med isolationsfel.
- o Dålig uppföljning vid installation och leverans av elutrustning.
- o Flera nollpunktsanslutningar vid parallellkopplade transformatorer.

- o Befintliga 5-ledaranläggningar utan övervakning fungerar ej. Vid återställande av ej fungerande anläggningar måste systematisk genomgång utföras, där installation av övervakningsanläggning utgör en första åtgärd.

REFERENSER

SPRI RAPPORT 9/71. Störningar vid elektromedicinska mätningar - en orientering.

SEN 37 10 02. Sveriges Standardiseringskommission.

Jörgen Bodin, Mats Håkansson: Skyddsjordning med 5-ledarsystem.

Fredrik Dahlgren: ERA 1967. Skydd mot elektrostatiska och elektromagnetiska störningar i sjukhus.

Nils-Erik Sköld, Elektro 1974 nr 8: Elektriska installationer i sykehus.

Nils-Erik Sköld: ELTEKNIK 1977:15. Installationer med 5-ledare eliminerar magnetfält.

Nils-Erik Sköld: Byggforskningsrådet R 92:1980. Elektriska störningar på hörapparater.

I referensgruppen för detta projekt har ingått:

Rickard Johansson	Byggnadsstyrelsen, Stockholm Tekniska Byrån.
Karl-Erik Nordmark	Svenska Elektriska Kommissionen, Stockholm.
Björn Olander	Sjukvårds och socialvårdens planerings- och rationaliserings- institut, Stockholm.

För apparater inom sjukvården måste man i vissa avseenden ställa högre krav. Inom TC62 har man för patientnära elutrustning indelat utrustningen i tre kategorier beroende på de strömnivåer som kan accepteras.

Typ B Utrustning med skydd mot elchock orsakad av spänningssättning i apparaten. Avsedd för direktförbindelse med kroppen (på huden eller inne i kroppen).

Typ BF Som B ovan, men har därutöver en isolering (F = Floating) som skall förhindra för stora strömmar från patient till apparat om patienten spänningssätts utifrån.

Typ CF Utrustning med ytterligare förhöjt skydd mot elchock orsakad av spänningssättning av apparat eller patient. Lämplig för direktförbindelse in i hjärtat.

Läckström	Typ B	Typ BF	Typ CF
i skyddsledaren, fast installerad utrustning	10	10	10
i skyddsledaren, större transportabel utrustning	5	5	5
i skyddsledare, normal utrustning	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
från hölje till jord	0,1 (0,5)	0,1 (0,5)	0,01 (0,5)
genom patient	0,1 (0,5)	0,1 (0,5)	0,01 (0,5)
genom patient vid nätspänning på in- och utgångar	- (5)	-	-
genom patient vid nätspänning på patienten	-	- (5)	- (0,05)
genom patient p g a mätkretsar	0,01 (0,5) 0,1	0,01 (0,5) 0,1	0,01 (0,05)
Strömmarna är angivna i mA, värden inom parantes avser fel-fall. Det högre värdet, som anges för ström p g a mätkretsar, avser mätströmmar vid impedanspletysmografi vid frekvenser större än 0,1 Hz.			

Tabell 1. Tillåtna läckströmsnivåer enligt IEC/SC62A (Central office) 8.

Som synes av tabell 1 har IEC mycket stränga krav på utrustning, som har direkt ledande förbindelse in i hjärtat. För övrig utrustning med kroppskontakt, rekommenderar man typ BF, dvs utrustning som inte ökar riskerna för elchock i det fall patienten spänningssätts utifrån, t ex genom fel på en lampa inom räckhåll. För viss utrustning kan detta vara svårt att uppfylla, t ex för röntgenutrustning, och då kan den utföras enligt typ B.

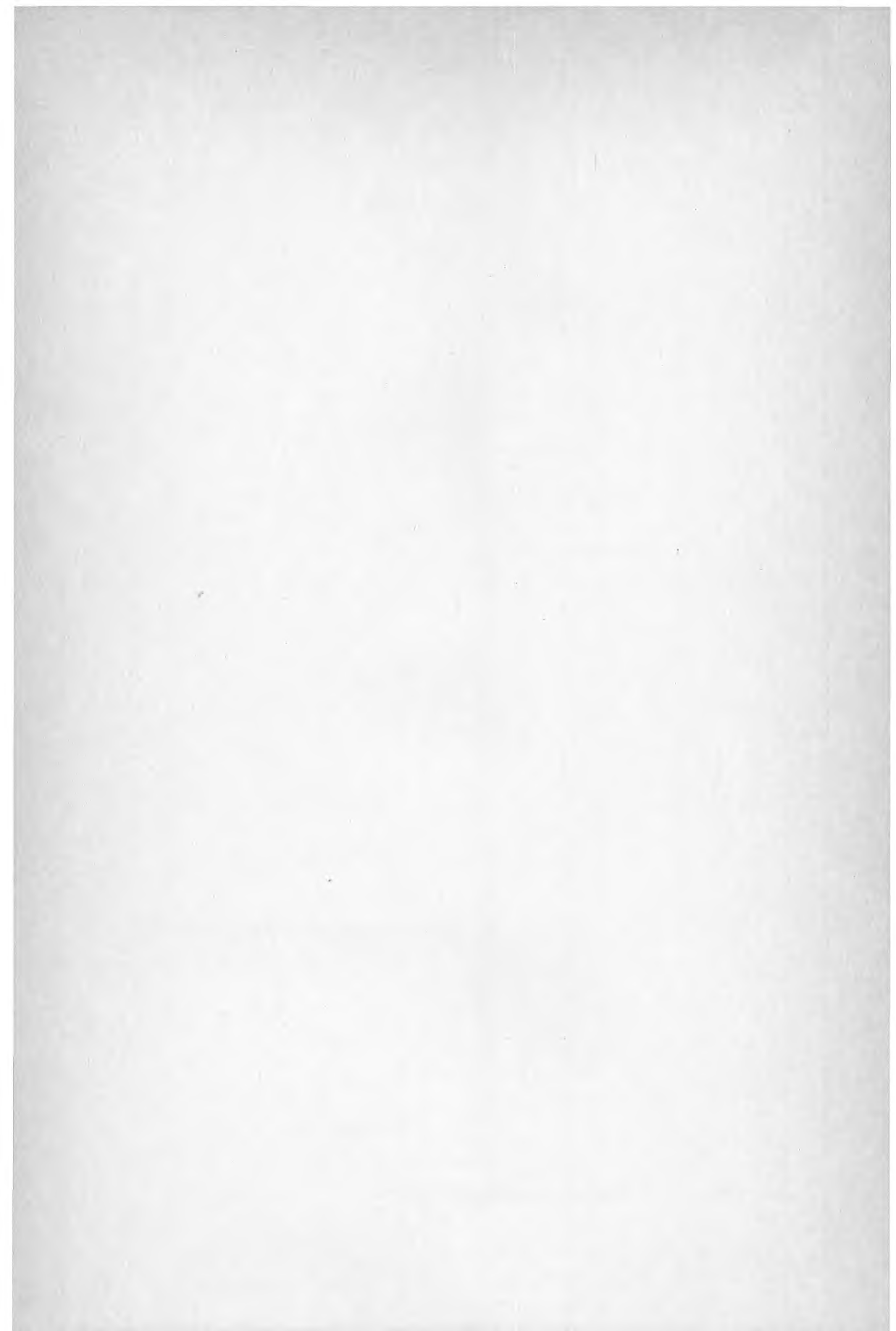
Lysrör som övertonsalstrare

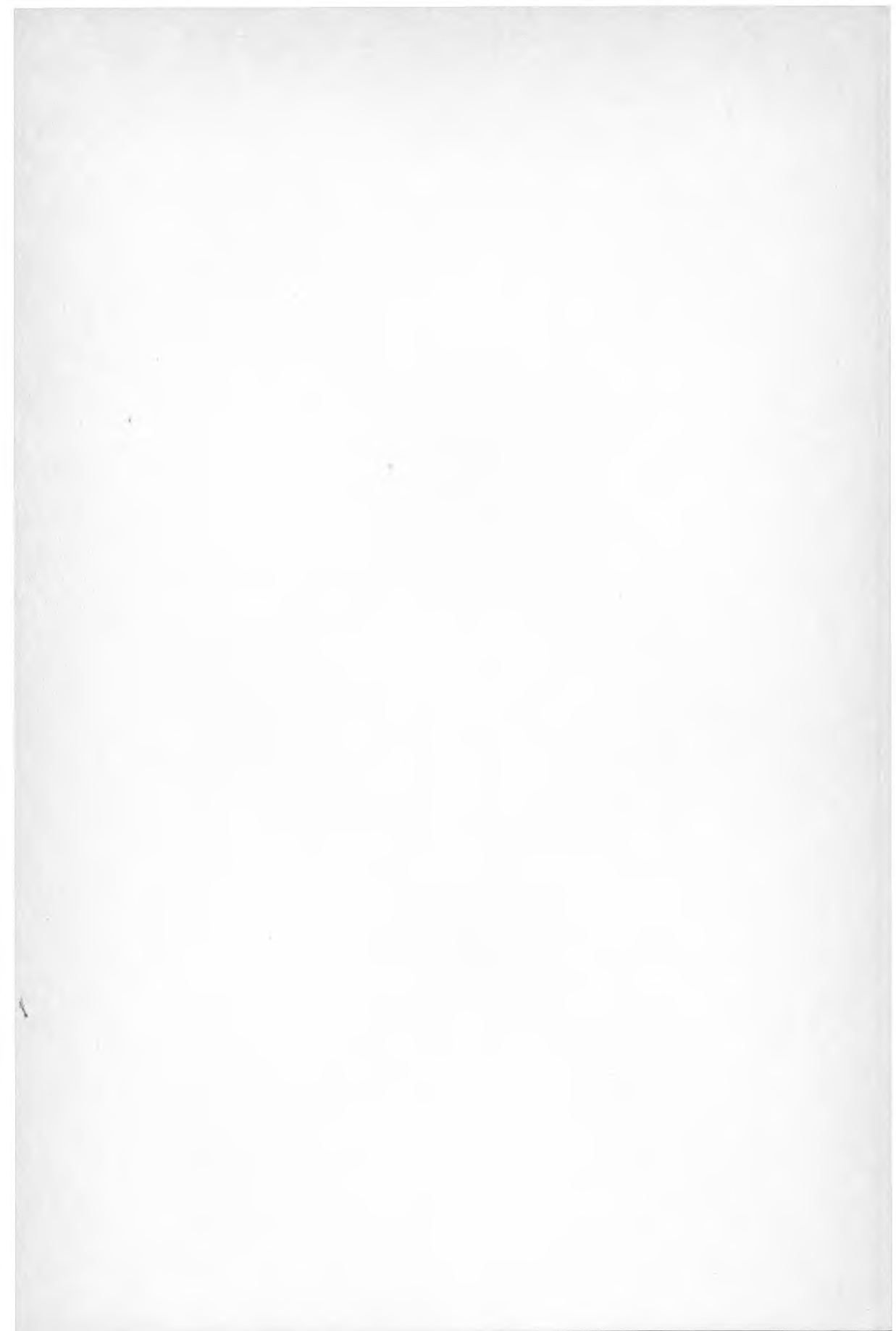
Emedan ett lysrör impendans varierar under varje halvperiod följer strömmen ej den påtryckta spänningens kurvform. Lysröret måste på grund av dess elektriska egenskaper förses med en strömbegränsande reaktor i serie. Även reaktorn bidrar till att deformera strömkurvan. Resultatet blir att lysröret med tillhörande reaktor upptar en ström, som förutom grundtonen innehåller en del övertoner, av vilka den tredje är speciellt utpräglad.

Storleken på övertonerna beror av lysrörens koppling och fas-kompensering. Den vanligast använda är LLC-kopplingen vilken består av två parallellkopplade lysrör varav den ena har en seriekopplad reaktor (L-grenen) och den andra en seriereaktor samt en seriekondensator (LC-grenen). L-grenen ger en överton halt av ca 7% räknat på belastningsströmmens effektivvärde. LC-grenen ger ca 13-17%. De båda grenarna (L och LC) har vid frekvensen 150 Hz ungefär samma fasvinkel. Av denna orsak blir LLC-armaturens övertonshalt ca 22% räknat på dess totala resulterande belastningsström.

Strömtonens ordningstal	Övertonshalt i procent		
	L-grenen	LC-grenen	LLC-grenen
1:a (grundton)	99,7	98,8	97,6
2:a	0,5	2,2	0,3-4,7
3:e	7,5	13,3-16,7	19,0-23,5
5:e	0,9	2,4	2,5
7:e	0,7	0,9	0,5
9:e	0,4	0,4	0,3









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810508-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Elektriska prövningsanstalten AB, Malmö.**

R101: 1984

ISBN 91-540-4167-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704101

**Abonnemangsgrupp.
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms