

# Likström för drift av elektrisk ut- rustning i fastigheter

Förstudie

Elforsk rapport 99:3



**1999**

# Likström för drift av elektrisk utrustning i fastigheter

Förstudie

Elforsk rapport 99:3

**1999**

# Likström för drift av elektrisk utrustning i fastigheter

Förstudie

Elforsk rapport 99:3

# Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING .....	5
2	BAKGRUND .....	5
3	ÄR DAGENS APPARATER ANPASSADE TILL LIKSTRÖMSDRIFT? .....	7
3.1	INLEDNING.....	7
3.2	APPARATLÄGET IDAG.....	7
3.3	APPARATLÄGET I MORGON .....	7
3.4	ÖVERGÅNGSKEDET FRÅN "IDAG" TILL "I MORGON" .....	8
3.5	SLUTSATS .....	8
4	LIKSPÄNNINGSNIVÅ FÖR EN ALLSTRÖMSAPPARAT .....	8
5	DISTRIBUTION AV LIKSTRÖM I BOSTÄDER OCH KONTOR .....	10
5.1	ALLMÄNT OM DAGENS SYSTEMUPPBYGGNAD .....	10
5.2	BOSTADSFÄSTIGHETER .....	10
5.3	KONTORSFÄSTIGHETER.....	10
5.4	LEDNINGSNÄT .....	11
5.5	KOMPONENTER.....	12
5.6	MÖJLIG FRAMTIDA SYSTEMSTRUKTUR FÖR NYA KONTORSFÄSTIGHETER .....	13
5.7	MÖJLIG OMBYGGNAD AV KONTORSFÄSTIGHETER .....	13
5.8	MÖJLIG FRAMTIDA SYSTEMSTRUKTUR FÖR BOSTÄDER.....	14
6	SPECIELLA DC-LÖSNINGAR .....	14
6.1	NÖDBELYSNING .....	14
6.2	U-BÅTAR.....	14
6.3	SYSTEM FÖR DISTRIBUTION AV LIKSTRÖM MED 48 V OCH 350 V I TELEFONSTATIONER .....	15
7	AVBROTTSFRI KRAFT.....	15
8	VAD SÄGER NUVARANDE LAGSTIFTNING OCH BEHOV AV STANDARDISERING .....	16
9	ELKVALITET .....	17
10	FÖRNYBARA ENERGIKÄLLOR.....	18
11	ENERGIEFFEKTIVITET OCH MILJÖASPEKTER .....	19
12	SÄKERHET OCH ELMILJÖ.....	19
13	NÅGRA EXEMPEL PÅ PROJEKT .....	20
14	SLUTSATSER .....	21
15	FÖRSLAG TILL FORTSÄTTA INSATSER .....	23
16	ORDLISTA .....	24
17	BILAGA 1 .....	25
18	BILAGA 2 .....	28
19	BILAGA 3 .....	31

## 1 Sammanfattning

Likström är i vissa avseenden ett bättre alternativ än växelström. Argumenten för likströmsdrift är bl a att elektriska och magnetiska växelfält kan begränsas och att elkvaliteten kan förbättras. Vidare är en stor del av den utrustning som används på kontor och i hemmen i princip likströmsapparater. Denna utrustning kan dock inte utan vidare anslutas direkt till likström, utan måste först i olika avseenden anpassas för att tillgodose kraven på elsäkerhet mm.

En allmän övergång till likströmsförsörjning i bostäder och på kontor förutsätter i praktiken att tillverkare av elektriska apparater mm utformar sina produkter redan från början för likströmsdrift. Det är tveksamt om det idag finns något intresse från tillverkarsidan att generellt erbjuda sådana produkter. Däremot kan det finnas ett intresse av att anpassa vissa produktgrupper.

En intressant tillämpning av likströmsdrift kan vara avbrottsfri elförsörjning av viss utrustning på t ex kontor, telecomstationer, sjukhus, mm, se bild 1, sid 6. Detta beror på att likström erbjuder förenklade lösningar för sk UPS-anläggningar. För elföretagen kan avbrottsfri kraftförsörjning vara en intressant produkt att erbjuda vissa kundgrupper. Även här krävs dock att den utrustning som skall anslutas är anpassad för likströmsdrift.

En centrala fråga beträffande likströmsdrift är således om tillverkare av vissa apparatgrupper, tex datortillverkare och tillverkare av strömförsörjningsaggregat, är beredda att ta fram särskilda produktserier för likströmsdrift. Denna fråga kan bara besvaras genom överläggningar med berörda utrustningstillverkare.

## 2 Bakgrund

Rapporten syftar till att översiktligt belysa förutsättningarna för användning av likström (DC) i samband med eldistribution i fastigheter för energiförsörjning av vissa eldrivna apparater. Det gäller bl a drift av utrustning som belysningsarmaturer, datorer, telekommunikationsutrustning, kontorsmaskiner, hemelektronik samt konsumentprodukter. Arbetet har utförts som ett samarbetsprojekt i en expertgrupp med deltagare från Elforsk, Ericsson, SEK, Stockholm Energi, Sydkraft, Telia och Vattenfall.

Bakgrunden till förstudien är att datorer, utrustning för telekommunikation, kontorsmaskiner, hemelektronik och konsumentprodukter får en allt större betydelse i den vardagliga verksamheten. Behovet av säker och störningsfri funktion i elektronik och telekommunikation har samtidigt ökat. För energiförsörjning av viss elektronik och belysning kan likström i vissa avseenden vara ett bättre alternativ än växelström. Kraftaggregat för strömmatning av datorer, telekommunikationsutrustning mm är i många fall så kallade allströmsapparater och kan i princip försörjas från både växelströms- eller likströmskällor.

Den ökade användningen av telekommunikation och Internet medför att många ägare av kontors- och bostadsfastigheter kommer att bygga ut lokala nätverk för telekommunikation för att möjliggöra Internetanvändning och så kallad bredbandsanslutning. Dessa fastighetsintegrerade telekommunikationsanläggningar ställer stora krav på tillgänglighet p.g.a. dess betydelse för bl a vardags- och arbetsliv samt med hänsyn till trygghet och säkerhet. Det innebär att anläggningarna kan behöva ha en eltillförsel som relativt det publika elnätet är säkrare. Lik-

strömsdrift kan här erbjuda vissa fördelar inte minst när det gäller förenklade utföranden för sk avvrottsfri kraft (UPS).

Andra drivkrafter för likströmsbaserad eldistributionen i fastigheter kan vara begränsning av bl a elektriska och magnetiska växelfält och störningar i elkvaliteten i form av övertoner, transi- enter mm.

## Så fungerar fastighetens tele-och datanät

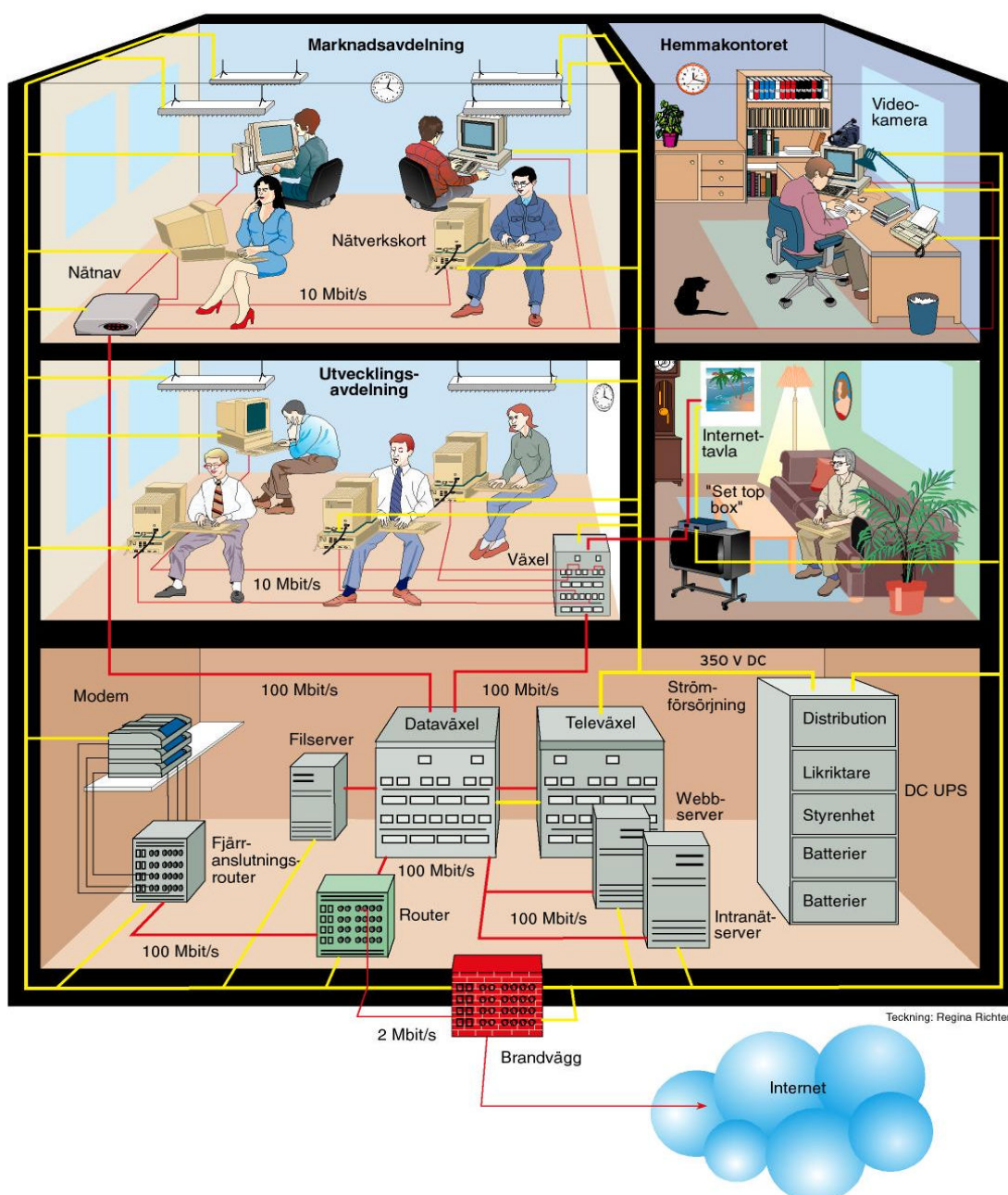


Bild 1. Likströmsanläggning i en kombinerad kontors och bostadsfastighet

## 3 Är dagens apparater anpassade till likströmsdrift?

### 3.1 Inledning

En förutsättning för att likströmsdrift över huvud taget skall vara intressant är att det finns produkter på marknaden som på ett enkelt sätt kan anslutas till likspänning. Det är därför viktigt att ge en bild av vilka elektriska apparater som finns på marknaden idag samt hur marknaden kan komma att utvecklas i framtiden. Följande parametrar måste i detta sammanhang värderas:

1. Apparaterns effektbehov, vilket ger en indikation på storleken av strömstyrkan som kan behöva brytas vid vald likspänningsnivå
2. Apparaterns användningsfrekvens, vilket ger en indikation på brytfrekvens
3. Apparaterns funktion, vilket ger indikationer på vilka tekniska problem fabrikanter av apparater kan stöta på och därmed behöva åtgärda. Det gäller bl a:
  - belysning
  - datautrustning
  - kommunikationsutrustning
  - motordrifter
  - (upp)värmning

### 3.2 Apparatläget idag

En översiktlig förteckning över ett antal apparater i hemmen och på kontor redovisas i bilaga 1, ”ELFÖRBRUKARE”. Vissa slutsatser kan, trots materialets ofullkomlighet, dras då det gäller dagens situation:

- Ungefär  $\frac{3}{4}$  av alla apparater på listan i bilaga 1 återfinns i både bostäder och på kontor
- Motordrifter dominerar som funktion; knappt 40% av alla apparater på listan. Dessa är inte svåra att likströmsanpassa om motorerna är sk allströmsmotorer. Kräver motorerna ett yttre roterande fält för sin funktion, som exempelvis enfas induktionsmotorer, skärmpolmotorer m fl blir likströmsanpassningen mer komplicerad. Tillhörande styrutrustning är likströmsdriven elektronik.
- Uppvärmning är nästan lika dominerande; drygt 30% av alla apparater på listan. Utrustningen är oberoende av om växel- eller likström används. Stora effekter kan i vissa fall ge brytproblem med likström.
- Övriga funktioner bl a belysning, datautrustning, kommunikation mm svarar för ca 55%. Dessa apparater är i grunden likströmsdrivna.

OBS! att summan blir större än 100% beror på att flera funktioner finns i en och samma apparat.

### 3.3 Apparatläget i morgon

Då det gäller framtiden är trenden tydlig. Utvecklingen går mot att allt fler apparater kompletteras med ”intelligens” av olika slag, vilket ur elteknisk synvinkel innebär att de förses med mer hem- resp kontorselektronik samt att marknaden för data- och kommunikationsutrustning ökar. Vidare ökar andelen laddningsbara och sladdlösa apparater. Detta innebär att likströmsbehovet för drift av hela eller delar av apparaterna ökar.

### 3.4 Övergångsskedet från "idag" till "i morgon"

För att en övergång till likströmsdrift skall vara möjlig måste minst tre aspekter beaktas, nämligen de marknadsmässiga, produktionsmässiga och infrastrukturella förutsättningarna.

De *marknadsmässiga* förutsättningarna är främst kopplade till slutanvändarnas intresse av att anpassa sig till ny teknik. Det är inte bara en rationell teknisk och ekonomisk fråga, utan också en fråga av beteendemässig karaktär, där värderingar av olika slag spelar in. För "ställföreträdande" slutanvändare som fastighetsförvaltare, inköpare och beslutsfattare hos fastighetsägare spelar sannolikt frågor som driftsäkerhet och tillgänglighet också en betydande roll för inställningen till ny teknik.

De *produktionsmässiga* förutsättningarna är främst kopplade till tillverkning av alla de elanvändande apparater som finns i bostads- och kontorsfastigheter. Tillverkarna av aktuella apparater är i de allra flesta fall masstillverkare, där omläggning av produktionslinjer sannolikt ej görs förrän det finns en tillräckligt säker avsättning för de nykonstruerade apparaterna. Dessutom krävs att de lagregler som styr säkerhet, hälsa och miljö fått en praktisk tillämpning i standarder och liknande dokument, se avsnitt 8.

De *infrastrukturella* förutsättningarna berör möjligheterna att försörja den nya teknikens apparater med likström. Frågorna är delvis lika dem för apparattillverkarna. Dessutom tillkommer såväl fördelar som nackdelar vid distribution och transmission av likström.

### 3.5 Slutsats

Det är uppenbart att dagens apparater inte är tänkta att anslutas till likströmsdrift. Ett flertal apparater, som för sin funktion redan idag arbetar med likström men "tvingas" ta emot växelström, borde dock rent tekniskt relativt enkelt kunna anpassas till likström förutsatt att ett billigt brytdon kan appliceras. En stor del av dagens apparater kräver emellertid mer eller mindre omfattande omkonstruktioner för att kunna arbeta med direktmatad likström.

Hur en ombyggnad av dagens apparater till likströmsdrift skall kunna ske måste bedömas från fall till fall tillsammans med apparattillverkarna. Det är viktigt att notera att praktiska anvisningar till lagregler måste utformas (standarder och liknande dokument) för att en anpassning till likströmsdrift skall kunna ske i någon större skala.

## 4 Likspänningsnivå för en allströmsapparat

De krav som måste uppfyllas för att apparaten skall få anslutas till 230Vväxelspänning är väl kända och dokumenterade. När det gäller likspänningen finns vissa valmöjligheter beträffande spänningsnivåer och toleranser. Lite förenklat kan elanslutna apparater delas in i tre grupper samt kombinationer av dessa.

Grupp 1: Effektivvärdeskännande apparater tex glödlampor, värmeelement, spisplattor, bakugnar och oreglerade handborrmaskiner.

Grupp 2: Toppvärdeskännande apparater tex datorer, TV och video.



---

Grupp 3: Apparater som för sin funktion kräver en växelspanning tex enfas induktionsmotorer (bl a tvättmaskinsmotorer och skärmpolmotorer). Till denna grupp kan även räknas apparater som för sin styrning är beroende av växelspanningsmatning.

Kärnpunkten i valet av likspänningsnivån är om man skall välja växelspanningens effektivvärde 230V eller dess toppvärde 340V. Toppvärdet 340V gör det möjligt att bekvämt koppla alla toppvärdeskännande apparater till både 230V växelspanning och 340V likspänning. Effektivvärdeskännande apparater måste anslutas via spänningssänkande adaptrar. Väljs 230V likspänningsnivån kan alla effektivvärdeskännande apparater anslutas direkt medan toppvärdeskännande apparater måste anslutas via spänningshöjande adaptrar.

På längre sikt kan många toppvärdeskännande elektronikapparater ha ett brett inspänningsområde, tex 90-250V växelspanning, vilket gör det möjligt att ansluta dem till 230V likspänning. I denna situation bör man välja 230V som likspänningsnivå, så att både grupp ett och två kan anslutas direkt utan adaptrar. Man kan naturligtvis också tänka sig andra spänningar, men det uppstår betydande svårigheter att hitta leverantörer till utrustning som inte är relaterade till 230V växelspanning eller 110V växelspanning ( USA ).

Grupp 3 är apparater som kräver växelspanning för sin funktion. Det kan anses troligt att denna grupp kommer att minska till förmån för apparater med inbyggda halvledardrivkretsar. Apparaterna övergår då i grupp 2.

Toleranserna på nätanslutna apparater är ofta plus/minus tio procent vilket naturligt bör gälla även för likspänningsvärdet. Kraven på tålighet mot kortvariga avvikelser från nominellt värde som finns specificerade för växelspanningsdrift bör vara tillfyllest även för likspänningsdrift.

Ett normalt hushåll har ett mycket stort antal apparater varav flera består av delar som hör till olika grupper. I dagsläget är det därför rimligt att inrikta arbetet mot en specifikation som i första hand lämpar sig för elektronikutrustning. Bakgrunden är att introduktionen av likspänning troligen börjar i kontorsliknande miljö där behovet av avbrottsfri drift är högt värderat. Avbrottsfriheten är betydligt billigare att åstadkomma om matningsobjektet accepterar likspänning.

En slutsats av detta är att om man idag överväger att komplettera elsystemet i kontorsfastigheter med likström bör sannolikt i första hand 340V likspänning väljas. Då kan datautrustning, TV, video, kompaktlysrör mm drivas med likspänning med små eller inga modifieringar.

Avslutningsvis bör påpekas att det inte är tillräckligt att apparaterna fungerar på såväl likspänning som växelspanning. De måste även vara CE-märkta för bägge tillämpningarna .

Den stora floran av apparater i hemmen gör det svårt att rekommendera en entydig spänningsnivå för likspänning i bostäder. Motiven för att installera ett kompletterande likspänningssystem i hemmen förefaller inte heller självklara, åtminstone inte på kort sikt.

## 5 Distribution av likström i bostäder och kontor

### 5.1 Allmänt om dagens systemuppbyggnad

Alla bostadshus och kommersiella fastigheter är i dag anslutna till 400/230 V växelström. Anslutningen är gjord till den lokala distributören som har nätkoncession. Anslutning görs via en serviscentral som är utformad enligt gällande normer med servissäkring, huvudbrytare och fördelningssäkringar.

### 5.2 Bostadsfastigheter

Energimätning till hyresgäster kan göras via centralt, gruppvis eller lokalt placerade mätare. Beroende på lägenhetsstorlek är resp hyresgäst ansluten 1-fasigt 230V eller 3-fasigt 400/230V. Vanligen finns dessutom separat energiabonnemang för fastighetens gemensamhetsutrymmen.

För lägenheter finns enligt gällande föreskrifter krav på att belysning och uttag fördelas på minst två grupper i resp rum. Principiell uppbyggnad av försörjning framgår av bild 2.

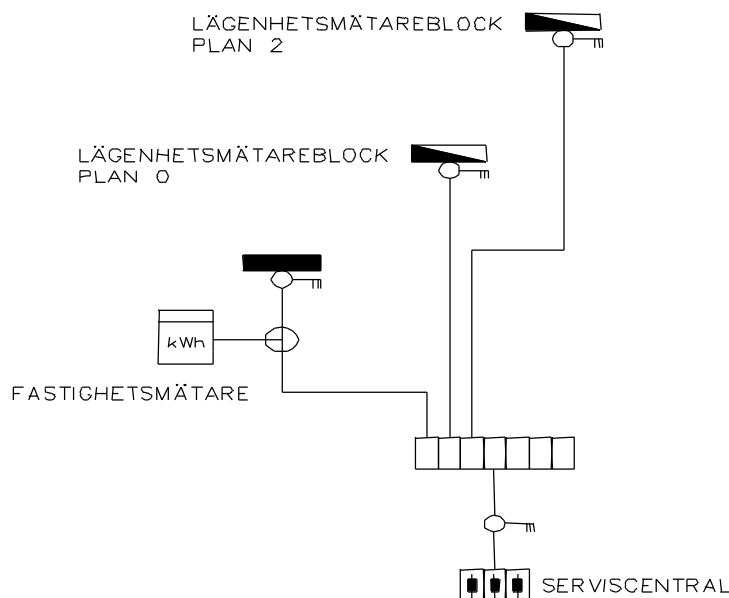


Bild 2. Schema över elförsörjningen till en normal bostadsfastighet som det ser ut i dag

### 5.3 Kontorsfastigheter

För kontorsfastigheter finns flera skilda lösningar på strömförsörjning baserat på behov, hyresgäst etc. I de fall där omfattande installationer för datautrustning finns, utförs anläggningen

ofta med separata gruppledningar och gruppcentraler för anslutning av datautrustning. Det förekommer även om hyresgästen så kräver att försörjningen av datainstallationerna utrustas med någon form av skyddsutrustning för spänningsavbrott eller andra spänningsvariationer.

Vanligen finns inte någon tydligt reglerad ansvarsgräns mellan fastighetens utrustningar och hyresgästen/brukarens behov. Hyresvärden/fastighetsägaren tillhandahåller endast "standard" installationer och hyresgästen/brukaren får själv på egen bekostnad anskaffa och sköta sin utrustning.

Allmänbelysning utförs oftast med armaturer för lågenergilampor och lysrör med HF drift. En principiell uppbyggnad framgår av bild 3.

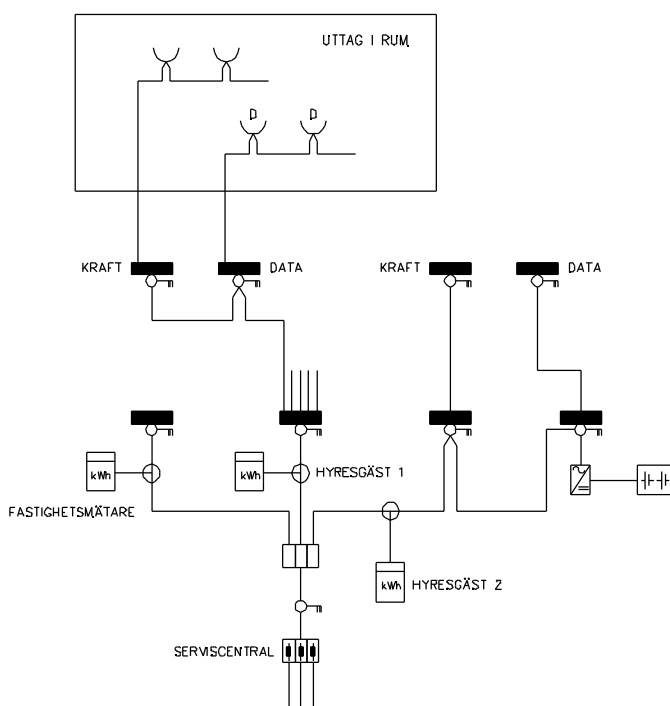


Bild 3. Schema över elförsörjningen till en kontorsfastighet som det kan se ut i dag

## 5.4 Ledningsnät

### *Systemspänning*

I dag finns två spänningsband definierade för likspänning. Band I har systemspänning  $\leq 120$  V och benämns som klenspänning. Band II har systemspänning mellan 120 - 1500 V.

Inom klenspänning finns tre typer av kretsar definierade (SELV, PELV och FELV), beroende på isolationsgraden i strömkällorna och på jordningen av kretsen.

För små nät, en lägenhet eller ett enfamiljshus med låg installerad effekt, kan ett klenspänningsnät rent tekniskt vara möjligt som DC-nät, men den låga systemspänningen medför problem när effektuttaget ökar eller när nätet blir stort med långa ledare. För kontors- och flerfa-

miljöfastigheter med någon form av centralt matat DC-nät, kan därför band I, klenspänning, uteslutas. En LCC analys skulle sannolikt visa ett tveksamt resultat för lågvoltssystem.

### *Jordning och felbortkoppling*

Normalt skall våra växelspanningssystem vara utförda som TN-system, med en punkt i fördelningen direkt ansluten till jord, bild 4.

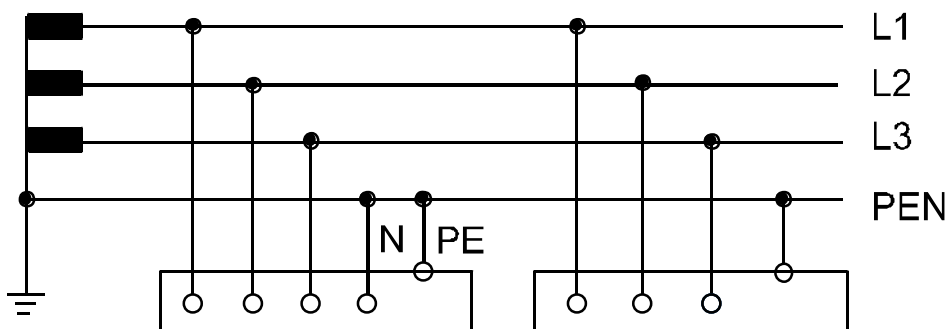


Bild 4. TN-system för växelspanning

Även likspänningssystemen måste jordas i enlighet med starkströmsföreskrifterna. I ett treledarsystem med jordad mittledare (M), där de utsatta delarna i ansluten utrustning är ansluten till M-ledaren, fås felfunktion vid ett enkelt jordfel, bild 5. Dock blir det vid endast halva systemspänningen vilket ger lägre felström men eventuell längre bortkopplingstid.

Då M-ledaren är ansluten till jord har man inte ett isolerat likspänningssystem. Den ovan beskrivna uppbyggnaden kan vara lämplig för kontors- och bostadsfastigheter tack vare sin enkelhet och låga kostnader i jämförelse med andra tänkbara systemuppbyggnader.

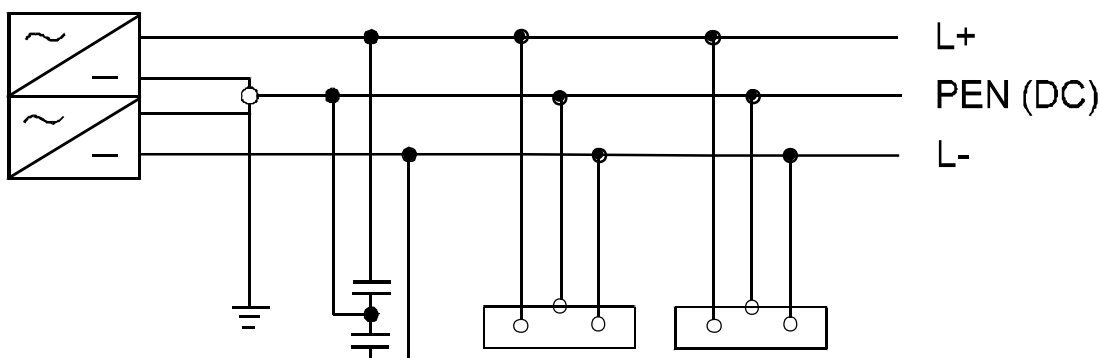


Bild 5. TN-system för likspänning, M-ledare som är jordad

## 5.5 Komponenter

### *Anslutningsdon*

Starkströmsföreskrifterna §552.2.1 påtalar att uttag för olika spänningssystem skall vara så beskaffade att förväxling inte kan ske eller att varje uttag märks med uppgift om strömart och frekvens. Ett problem idag är att de flesta anslutningsdon endast har märkdata för växelström.

## Strömställare & Kontakterer

Normalt dimensioneras strömställare och kontakterer för brytning av växelström, vilket ger för korta brytavstånd för likström. Få komponenter har märkdata för likspänning och i förekommande fall är likspänningsnivån max 48 V. Ett sätt att öka brytavstånden är att seriekoppla ett antal kontakter i samma strömslinga, men det kan vara svårt att få tillverkarens garantier för märkdata vid en sådan inkoppling. I dag är komponenter stora och dyra. En annan lösning är att släcka likströmmen i samband med brytning genom att lägga in en kondensator över strömställaren.

## Säkringar

Vanliga smältsäkringar är väl beprövade och har märkdata också för likström. För automatsäkringar är problemen desamma som för strömställare och kontakterer.

## 5.6 Möjlig framtida systemstruktur för nya kontorsfastigheter

Vid nybyggnad av kontorsfastigheter finns det ofta möjligheter att installera ett nytt separat nät för strömförsörjning av datorer för likströmsdrift. Uttag, centraler och kopplingsapparater måste anpassas till detta. Vid planering av nya anläggningar finns möjlighet att samordna alla behov av avbrottsfri kraft till datasystem, telekommunikation, brandlarm, passersystem och övriga teleanläggningar. Möjligheten finns då att bygga upp ett system som är mera driftsäkert och till lägre kostnad än dagens konventionella lösningar. Genom rationellt utnyttjande och genomtänkt dimensionering och uppbyggnad kan det installerade behovet för avbrottsfri kraft sannolikt minimeras, se bild 6.

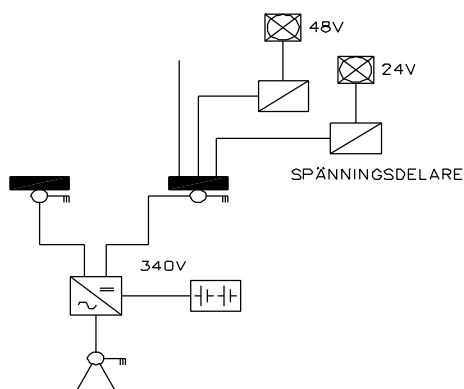


Bild 6. Möjlig framtida uppbyggnad av likspänningsfördelning i en kontorsfastighet

## 5.7 Möjlig ombyggnad av kontorsfastigheter

Även vid ombyggnad av befintligt nät i kontorsfastigheter bör en anpassning till likströmsdrift kunna genomföras. Det är inte ovanligt att det i kontorsfastigheter finns separata matningar till datorarbetsplatser. Dessa matningar skulle relativt enkelt kunna byggas om och nyttjas för likströmsdrift. Se tidigare redovisad bild.

## 5.8 Möjlig framtida systemstruktur för bostäder

Det är oklart om klenspänningsnät för likströmsdrift kan vara en realistisk framtida lösning i bostäder. Vid dagens effektbehov och längder på fördelningskablar är det mindre fördelaktigt med de grova ledningar som måste nyttjas för att klara de strömmar som kan förekomma.

## 6 Speciella DC-lösningar

För att få erfarenhet av DC-system kan det finnas skäl att studera befintliga lösningar som tex nödbelysning, strömförsörjning i U-båtar och distributionssystem för likström i telefonstationer.

### 6.1 Nödbelysning

Enligt gällande bygglagstiftning finns för byggnader med fler än 8 vån krav på nödbelysning i utrymningsvägar. Enligt myndighetens krav skall den nödbelysningen anslutas till separat strömkälla.

För att säkerställa utrymning installeras ofta ett system av nödbelysningsarmaturer och belys- ta/genomlysta skyltar för vägledande markering. Beroende på driftsituationen utförs dessa med centralmatning eller med inbyggda strömförsörjningsdon. Principerna framgår av bild 7.

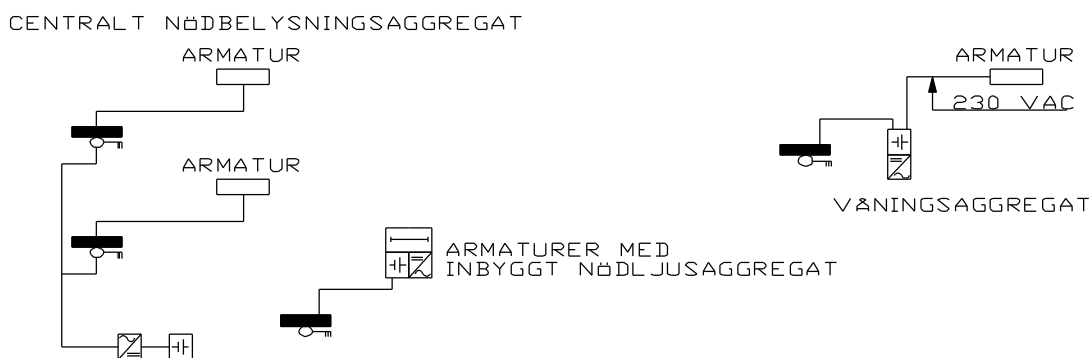


Bild 7. Exempel på systemlösningar av nödbelysningsarmaturer

### 6.2 U-båtar

En konventionell ubåt är ett exempel på ett elsystem med kombinerad lik- och växelspanningsdistribution. En närmare beskrivning ges i bilaga 2. Ubåten har sitt huvudsakliga energilagrar i batterier och har därmed också ett distributionssystem för likspänning i området 250 - 450 V. Från likspänningsnätet matas också de olika statiska omriktarna till de andra spänningssystemen, 24 V likspänning för båtens säkerhet resp. 220 / 440 V 60 Hz för allmän växelströmsdrift och drift av asynkronmotorer.

---

Enligt Kockums har de betydande problem med att hitta leverantörer av komponenter i ett distributionssystem för likspänning (250 - 450 V). För strömställare och kontaktorer finns endast någon enstaka leverantör. Komponenterna blir dessutom stora, klumpiga och dyra.

### 6.3 System för distribution av likström med 48 V och 350 V i telefonstationer

I telefonstationer används 48 V likströmssystem sedan 1920-talet då det så kallade "centralbatterisystemet" infördes för att strömförsörja telefonapparater och telesystem. Det är ett DC UPS-system med mycket goda driftegenskaper. Det är världsstandard för strömförsörjningen av telekommunikationssystem. Systemmässigt är både 48 V och 350 V system lika till sin uppbyggnad se bild 8 i kapitel 7. En närmare beskrivning ges i bilaga 3.

I telefonstationer - beroende på storleken - tillämpas olika typer av s.k. transientdämpande distribution. Med hjälp av denna distributionsprincip kan av kortslutningar icke drabbade distributionsledningar ostört fortsätta att strömmata sina belastningar. Den vanligaste lösningen för att uppnå transientdämpande distribution baserar sig på spänningsdelning mellan batterits inre impedans och distributionsledningens impedans, så att spänningen över batteripolerna inte sjunker under en gräns som gör att t.ex. datorutrustning förlorar sin spänningsmatning.

Andra metoder för att åstadkomma samma säkra distribution av likström baserar sig på olinjära polymera resistanselement, på elektroniska säkringselement och på uppbackning av de enskilda belastningarna med så kallad kondensatorbackup. Alla dessa metoder är likvärdigt tillämpbara på både 48 V och 350 V system.

Beträffande ledningar och kablar kan framhållas att i 48 V system bör särskilda låginduktanskablar användas eftersom strömmarna vid kortslutningar kan bli stora. Transienter som kan skada elektronisk last uppstår vid brytning av dessa kortslutningsströmmar och låginduktanskablar ger då låga transienter. Elledningar i 350 V system kan sannolikt vara de samma som för vanliga växelströmsinstallation.

Att bryta likström är svårare än att bryta växelström. Diazedsäkringar är användbara i distributionssystem för 350 V DC. Diazedsäkringar ger en enkel, beprövad och billig lösning. Automatsäkringar eller elektroniksäkringar behöver utvecklas för att kunna användas i distributionssystem för likström.

## 7 Avbrottsfri kraft

Nedan beskrivs ett DC UPS-system som kan leverera mycket driftsäker och stabil avbrottsfri kraft för strömförsörjning av exempelvis datorsystem, bild 8. Systemet karaktäriseras av en stor enkelhet i sin uppbyggnad. Det kan byggas med lika god ekonomi i såväl mycket små som stora systemkonfigurationer. Det kan placeras i rummet, i lägenheten/kontoret, i våningsplanet och i fastigheten. Det kan förses med relativt utsträckt distributionssystem.

## DC UPS

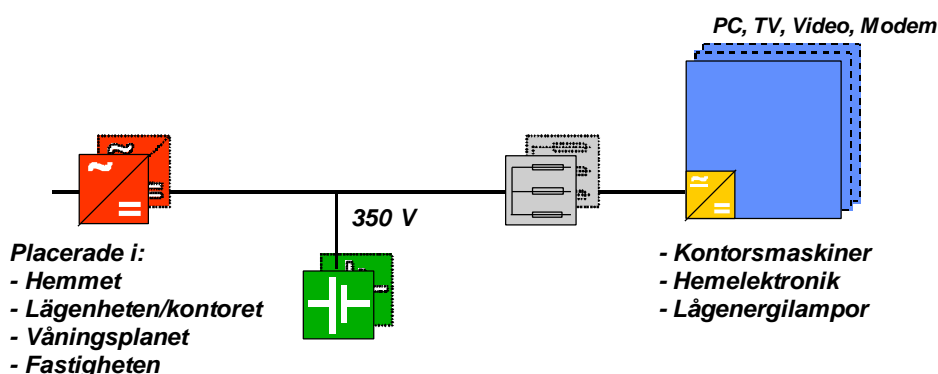


Bild 8

I DC system är det lätt att parallellkoppla likriktare och batterier. På så sätt kan redundanta och modulära system med hög tillförlitlighet och driftsäkerhet byggas. Tvåvägsförsörjning via dioder kan öka driftsäkerheten ytterligare. I distributionssystem kan även backupkondensatorer med backdiod installeras vid känsliga laster eller sektioner i distributionen. På ett sådant sätt kan ett mycket stabilt och störningsfritt elförsörjningssystem arrangeras för känsliga laster i större fastigheter.

En variant som väl lämpar sig för små DC UPS-lösningar skulle kunna utformas enligt bild 9. Fördelen med denna lösning är att batterier med en låg spänning 12, 24 och 48 V kan användas. Den högre spänningen som erfordras för en dators kraftaggregat alstras av en serieomriktare.

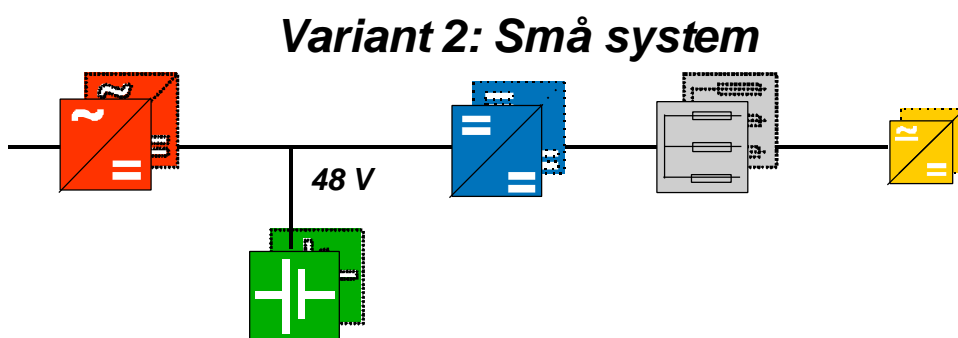


Bild 9.

## 8 Vad säger nuvarande lagstiftning och behov av standardisering

Inom nuvarande lagstiftning och föreskrifter finns inget som hindrar en lågspänningsinstallation med likströmssystem istället för växelströmssystem eller kombinationer av dessa. I säkerhetsföreskrifterna (och i lågspänningsdirektivet) finns både likspänning och växelspanning



angivna med en maximal spänning av 1500 V respektive 1000 V. Starkströmsföreskrifterna § 552.2.1 påtalar att uttag från olika spänningssystem skall vara så beskaffade att förväxling inte kan ske eller att varje uttag märks med uppgift om strömart och frekvens.

Ellagen indelar elanläggningar med hänsyn till farligheten i starkströmsanläggningar och svagströmsanläggningar. Starkströmsföreskrifterna definierar en starkströmsanläggning som "anläggning för sådan spänning, strömstyrka eller frekvens som kan vara farlig för person, husdjur eller egendom".

Nuvarande lagstiftning är baserad på att det finns standarder för den praktiska tillämpningen. Lagen eller föreskriften beskriver att något skall inträffa eller undvikas. Standarden beskriver hur detta kan realiseras.

Standarder är nödvändiga som riktlinjer i samband med byggnadsverksamhet och apparatkonstruktion. I dag är de flesta standarder uppbyggda eller baserade växelströmsystemet. En komplettering och utvidgning för likströmsystem kräver en betydande insats av standardisering. Det föreligger inga tekniska hinder utan det är en insats av administrativ karaktär som kan genomföras om tillräckliga drivkrafter finns.

## 9 Elkvalitet

Nätstörningarna inom kontor och bostäder förefaller att öka. Det finns flera orsaker till detta. En allt större andel av den elektroniska utrustningen som används i hemmen och på kontor drivs idag med likspänning. För att kunna anslutas till elnätet måste denna utrustning förses med likriktare och transformator. Installation av bl a likriktare med switchteknik skapar övertoner och lokalt höga magnetfält. Även frekvensomriktare för effektivare motordrifter och installation av sk lågenergilampor kan öka mängden övertoner.

Även ny utrustning, som trots att den är godkänd enligt EMC-direktiven, kan i vissa fall skapa problem med övertoner. Utrustning för faskompensering kan öka övertonshalten, såvida utrustningen inte förses med speciella filter mot övertoner. Den ökade användningen av datorer kan bidra till att skapa störningar på näten.

I all eldistribution av växelström är uppkomsten av övertoner ett svårbemästrat problem. Övertoner uppstår till följd av att lastobjekten inte är linjära. De övertoner som vanligen är kraftigast är den 3:e, 5:e och 7:e. Den 3:e övertonen kan förorsaka allvarliga problem i 3-fas systemet om den leder till överbelastning av nolledaren. Denna dimensioneras normalt inte för höga strömmar eftersom nolledare i trefasssystem teoretiskt skall vara lågt eller inte alls strömförande. I värsta fall kan denna överbelastning leda till överhettning och brand.

Enklare elektroniklaster har ofta en nätanslutningsdel som i första hand består av en likriktarbrygga och en kondensator. Arrangemanget medför att apparaten bara tar ström från nätet när växelspänningen är i närheten av sitt toppvärde. Detta fenomen ger bland annat upphov till hög (för hög) ström i nolledaren i trefasssystem. Andra fenomen kan vara att kondensatorer inkopplade till växelströmssystemet kan bli överhettade på grund av de uppkomna övertonsströmmarna.

Ett likströmssystem är inte behäftat med dessa problem. Likströmssystemet måste å andra sidan hantera likströmslaster med pulserande strömförbrukning. Ett exempel kan vara en växelriktare som omvandlar likström till växelström. Denna apparat lämnar en effekt som pulserar med hundra perioder i sekunden. Växelriktarens interna filter är normalt ofullständigt så att en betydande del av strömpulsationen kvarstår i inströmmen. Strömpulsationen kan om den uppgår till betydande värden bland annat ge skador på parallellkopplade batterier.

Problemen med övertoner är mycket uttalade för AC UPS:ar då dessa är svaga effektkällor. Den vanligaste åtgärden för att klara utlösningvillkoren för säkringar och bemästra övertonsproblematiken är att överdimensionera AC UPS:en, vilket leder till höga kostnader för själva UPS:en liksom den matande eldistributionen som måste dimensioneras därefter. En annan åtgärd är att till systemen föga ytterligare apparater i form av aktiva övertonfilter i distributionen. Detta leder också till ökade kostnader och till högre felfrekvenser samt därmed sämre driftsäkerhet.

En sammanfattande jämförelse visar att likströmssystem är tekniskt enklare, mer modulärt, flexiblere, driftsäkrare, lättare och billigare att bygga ut och förse med redundans än UPS-system. Det kan inte uppstå övertonproblem i likströmsdistributionen och den kan dessutom göras transientbegränsande så att parallellt liggande belastningar ej störs av kortslutningar i en annan parallell bransch. På grund av modulariteten och enkelheten i strukturen kan utbyggnader göras säkert utan behov av särskilda anpassningsåtgärder såsom synkroniseringar, etc. Likströmssystemet skyddar alltid lasten galvaniskt från elnätet och dess störningar, medan AC UPS:ar i den vanliga förekommande by-passdriften exponerar lasten direkt mot elnätet och dess störningar.

## 10 Förnybara energikällor

Solceller kan på sikt komma att spela en viss roll för energiförsörjningen. Om 1 miljon hus förses med 10 m<sup>2</sup> solceller per hus (motsvarande en topp effekt på ca 1 kW) ger detta ett energitillskott på omkring 1 TWh. Med hjälp av batterier som energilager kan lasten dessutom jämnas ut över tex dygnet.

Elproduktionskostnaden (omvandlad till växelström) för solceller är idag hög och kan kanske grovt uppskattas till omkring 5 kr/kWh. I vilken utsträckning solceller kommer att få en framtida tillämpning bestäms i stor utsträckning av om kostnaden för solceller med kringutrustning kan reduceras. En fråga i detta sammanhang är om ett likströmsbaserat elsystem skulle kunna bidra till att göra solceller mer lönsamt. Med likström kan en del av kringutrustningen för solceller undvikas. Det gäller framförallt växelriktaren, eftersom solcellen i sig själv levererar likström. Samma sak gäller om batterier används som energilager. Förutsättningen är dock att all elenergi skall användas internt och således inte levereras ut på AC-nätet.

Kostnaden för växelriktarsteget i en solcellsanläggning är dock inte särskilt hög. En grov kostnadsuppskattning för ett solcellsprojekt med låga montagekostnader antyder att solcellen står för ca 50% av kostnaden, växelriktaren för ca 10%, stativ och montage för ca 20%, och resterande 20% hänförs till jordning, åskskydd, frakt, elanslutning, skyddsbrytare så att inte solcellsystemet kan fortsätta mata ut ström vid nätbortfall. Växelriktaren ger dock vissa energiförluster.

Kostnaden mellan olika installationer varierar dock kraftigt idag. Speciellt montagekostnaden kan bli hög beroende på avsaknad av standardlösningar. Samtidigt tycks kostnaden för bl a växelriktarna ha sjunkit med åren.

Ovanstående resonemang antyder att ett likströmssystem sannolikt bara marginellt påverkar kostnaden för elproduktion med hjälp av solceller. Det är inte självklart att ett likströmssystem blir billigare om hänsyn även tas till kostnaden för installation av ett separat ledningssystem för likström.

## 11 Energieffektivitet och miljöaspekter

Många hushålls och kontorsutrustningar är tillverkade för låg drivspänning, AC eller DC. De ansluts idag till elnätet via fristående småtransformatorer eller likriktare av relativt enkel konstruktion. Verkningsgraden för dessa är idag låg, c:a 30-60 %.

Enligt vissa uppgifter uppgick standby-förlusterna i Sverige inom bostadssektorn för bl a TV-apparater, video, stereo, etc till ca 0.9 TWh år 1994. Bättre verkningsgrad för dagens typer av kraftaggregat minskar naturligtvis dessa förluster. En övergång till direkt likströmsdrift kan också kunna minska förlusterna. Det skulle dock förmodligen fortfarande finnas behov av omvandling mellan olika likspänningsnivåer vilket i sin tur leder till nya förluster.

## 12 Säkerhet och elmiljö

Likström skiljer sig säkerhetsmässigt på vissa punkter från växelström. Ur personsäkerhets-synpunkt finns det en stor fördel med likström. Likström är inte farlig på samma sätt som växelström. Likström genom kroppen ger inte som växelström upphov till kramp i musklerna och hjärtat till följd av inverkan på nervsystemet. Det är viktigt att framhålla att detta gäller för en väl filtrerad likström. Om likströmmen däremot är pulserande och/eller innehåller stora komponenter av likriktad 50 Hz växelström blir verkan av en sådan ström genom kroppen likadan som med växelström.

Den stöt som erhålls vid kontakt med en likströmsledning är av en elektrostatisk natur. Reaktionen blir en reflex bort från ledaren så att kontakten bryts. De skador som kan uppstå blir sekundärskador till följd av fall eller slag mot angränsande föremål. I värsta fall kan brännskador uppstå om en plasmabåge blir stående att brinna en längre tid mot kroppen. Sådana allvarliga skador kan även förekomma vid växelström.

Vid kortslutningar och jordfel är brandrisken större med likström än med växelström i och med att ingen nollgenomgång finns som kan släcka strömmen. En liten kortslutning eller ett jordfel kan stå på länge och orsaka uppvärmning och senare brand. Med hjälp av modern kraftelektronik och jordfelsövervakning torde billiga skydd och brytelement kunna utvecklas som kan minimera dessa problem.

Jordens magnetfält är ett så kallat statiskt fält och uppgår till cirka 50 mikrot Tesla ( $\mu\text{T}$ ). Statiska fält bildas också kring allt som drivs med likström. Såvitt vi vet påverkas inte människan av statiska magnetfält som är av samma storleksordning som det jordmagnetiska.

Växlande magnetiska fält, som uppkommer vid användning av växelström, skapar svaga elektriska strömmar i kroppen. Under tjugo års tid har forskning bedrivits för att ta reda på om

detta förhållande kan påverka människans hälsa. Man vet idag att reaktioner uppkommer på cellnivå, men inte om detta leder till hormoniella störningar eller påverkar uppkomsten av cancer. De stora internationella utvärderingar som gjorts i den senare frågan finner inte att några vetenskapliga bevis finns, men menar samtidigt att det fortfarande finns outredda frågor kring barnleukemier och en eventuell koppling till kraftfrekventa magnetiska fält.

Den vetenskapliga osäkerheten om de kraftfrekventa fältens eventuella hälsorisker har flera förklaringar. Den främsta är att någon hållbar hypotes mellan exponering och uppkomst av cancer inte formulerats. Därmed har sökandet efter samband i hög grad bestått av epidemiologisk forskning, som i detta fall har stora principiella svårigheter bl a beroende på att svaga magnetfält finns praktiskt taget överallt. I en bostad, utan närhet till högspänningsledningar, kan exempelvis det magnetiska fältet vara av storleksordningen 0,1 – 0,2  $\mu\text{T}$  medan det i en grannfastighet kanske är av storleksordningen 1  $\mu\text{T}$  om faserna är ojämnt belastade och om så kallade vagabonderande strömmar av den anledningen uppkommer. Dessa är så vanligt förekommande att magnetfälten på en meters höjd över trottoarerna i våra städer varierar mellan 0,2 och 2 á 3  $\mu\text{T}$  vilket förklaras av att vagabonderande strömmar söker sig ut via vatten- och fjärrvärmeledningar.

Många människor upplever att de reagerar med överkänslighet mot exponering av elektromagnetiska fält och att denna reaktion etablerats i samband med bildskärmsarbete. Det är inte ovanligt att elöverkänsliga personer kan vistas intill högspänningsledningar, men vanligt att samma personer inte tål elmiljön på sitt arbete eller i sin bostad. En förklaring till detta är att elen på de lägre spänningsnivåerna också innehåller högre frekvenser exempelvis från mobiltelefoni. Sådana störningar kommer att uppträda även vid likströmsdrift.

I den forskning som fått stöd av bl a Elforsk har man kunnat visa att flimmer från bildskärmar kan vara en orsak till neurologiska reaktioner. I vilken grad detta har en koppling till att bildskärmar kan störas av yttre magnetfält studeras i ett Elforskprojekt.

Den elektromagnetiska exponeringens eventuella kopplingar till människans hälsa är således oklar. Klart är emellertid att frågeställningen skapar viss oro. Av den anledningen bedrivs genom Elforsk ett utvecklingsarbete, som syftar till att ta reda på vad det i olika sammanhang kostar att minska elektromagnetiska fält.

### 13 Några exempel på projekt

Vid Tingsrätten i Malmö har ett elsaneringsprojekt genomförts i början av 90-talet. I detta projekt har man bl a likströmsdrift för belysning. För att kunna släcka likströmmen med konventionella strömställare har man där lagt in kondensatorer i anslutning till strömställarna. Drifterfarenheterna från denna anläggning har till dags datum varit positiva. Vanliga uttag har används, dessa är märkta för att kunna särskiljas mot växelströmsuttagen.

Vattenfall genomförde i början av 1990-talet en utredning i samband med att Uppsala kommun studerade byggande av en helt ny stadsdel i Alsike för ca 30 000 invånare. Bland annat diskuterades lokal energitillförsel (bränsleceller, solceller, vindkraft), ny eldistributionsteknik (DC med omriktare för DC-användning, 50 Hz AC och 400 Hz AC) ”smart house” (med IT-lösningar för många funktioner) mm. Utbyggnaden i Alsike realiserades aldrig.

---

Idag har Stockholms Stad planer på att testa DC-teknik i den nya stadsdelen Hammarby Sjöstad. Arbetet bedrivs i samarbete med bl a Birka Energi och ett antal byggföretag.

## 14 Slutsatser

Behovet av säker och störningsfri funktion i elektronik och telekommunikation har ökat. För energiförsörjning av viss elektronik och belysning kan likström i vissa avseenden vara ett bättre alternativ än växelström. Likströmsdrift kan här erbjuda vissa fördelar inte minst när det gäller förenklade utföranden för sk avbrottsfri kraft (UPS). Andra drivkrafter för likströmsbaserad eldistribution i fastigheter kan vara begränsning av bl a elektriska och magnetiska växelfält och störningar i form av övertoner, transienter, mm.

Kraftaggregat för strömmatning av datorer, telekommunikationsutrustning mm är i många fall så kallade allströmsapparater och kan i princip försörjas från både växelströms- eller likströmskällor. Det är dock uppenbart att dagens apparater inte är tänkta att anslutas till likströmsdrift. Hur en ombyggnad av dagens apparater till likströmsdrift skall kunna ske måste bedömas från fall till fall tillsammans med apparattillverkarna. Det är viktigt att notera att praktiska anvisningar till lagregler måste utformas (standarder och liknande dokument) för att en anpassning till likströmsdrift skall kunna ske i någon större skala.

Inom nuvarande lagstiftning och föreskrifter finns inget som hindrar en lågspänningsinstallation med likströmsystem istället för växelströmsystem eller kombinationer av dessa. En komplettering och utvidgning för likströmsystem kräver en betydande standardiseringsinsats. Det föreligger inga tekniska hinder utan det är en insats av administrativ karaktär, som kan genomföras om tillräckliga drivkrafter finns.

Vid nybyggnad av kontorsfastigheter finns det ofta möjligheter att installera ett nytt separat nät för strömförsörjning av datorer för likströmsdrift. Uttag, centraler och kopplingsapparater måste anpassas till detta. Vid planering av nya anläggningar finns möjlighet att samordna alla behov av avbrottsfri kraft till datasystem, telekommunikation, brandlarm, passersystem och övriga teleanläggningar. Möjligheten finns då att bygga upp ett system som är mera driftsäkert och till lägre kostnad än dagens konventionella lösningar. Genom rationellt utnyttjande och genomtänkt dimensionering och uppbyggnad kan det installerade behovet för avbrottsfri kraft sannolikt minimeras.

Även vid ombyggnad av befintligt nät i kontorsfastigheter bör en anpassning till likströmsdrift kunna genomföras. Det är inte ovanligt att det i kontorsfastigheter finns separata matningar till datorarbetsplatser. Dessa matningar skulle relativt enkelt kunna byggas om och nyttjas för likströmsdrift.

Om man idag överväger att komplettera elsystemet i kontorsfastigheter med likström för direkt drift av olika apparater, bör sannolikt i första hand 340V likspänning väljas. Då kan datautrustning, TV, video, kompaktlysrör mm drivas med likspänning med i princip begränsade tekniska modifieringar. Tillverkarna av apparaterna måste dock garantera elsäkerheten.

Det är oklart om klenspänningsnät för likströmsdrift kan vara en möjlig framtida lösning i bostäder. Vid dagens effektbehov och längder på fördelningskablar är det mindre fördelaktigt med de grova ledningar som måste nyttjas för att klara de strömmar som kan förekomma.



Likström skiljer sig säkerhetsmässigt på vissa punkter från växelström. Ur personsäkerhets-synpunkt är likström inte farlig på samma sätt som växelström. Likström genom kroppen ger inte som växelström upphov till kramp i musklerna och hjärtat till följd inverkan på nervsystemet. Det är viktigt att framhålla att detta gäller för en väl filtrerad likström.

Vid kortslutningar och jordfel är brandrisken större med likström än med växelström i och med att ingen nollgenomgång finns som kan släcka strömmen. En liten kortslutning eller ett jordfel kan stå på länge och orsaka uppvärmning och senare brand. Med hjälp av modern kraftelektronik och jordfelsövervakning torde billiga skydd och brytelement kunna utvecklas som kan minimera dessa problem.

Framtidens elsystem i kontorsbyggnader skulle kunna bestå av det traditionella växelströms-systemet för allmänna förbrukningsändamål, såsom värme och hushållsändamål etc i kombi-nation med ett separat och delvis redundant elsystem baserat på likström för i huvudsak kommunikations- och trygghets- säkerhetsändamål (media-, informations- och kommunika-tionssystem, lås-, larm-, passer-, övervakningssystem, cirkulationspumpar för värme- och kyl-system, nöd- och utrymningsbelysning etc). Detta likströmssystem bör vara försett med re-servkraft från batterier eller reservverk för att med hög tillförlitlighet kunna överbrygga korta-re eller längre avbrott i den allmänna elförsörjningen. Genom att använda likström på detta sätt kan sårbarheten begränsas. Då uppnås stor robusthet och uthållighet vid störningar i elförsörj-ningen, kanske som i bild 10.



Bild 10. Datorer och belysning som fungerar även vid avbrott i den allmänna elförsörjningen.

## 15 Förslag till fortsatta insatser

En tillämpning av likströmsdrift kan i vissa situationer vara ett sätt att enkelt säkerställa leverans av avbrottsfri kraft till känslig elektrisk utrustning via DC UPS-system. Samtidigt kan känsliga laster separeras och skyddas från störningar som kommer från tex övertoner i elnäten. De störningar som normalt skulle alstras av den känsliga lastens datorer uppstår inte då dessa drivs på likström. DC-systemets likriktare ger ofta väsentligt lägre övertonshalter.

För elföretagen kan det i framtiden kanske bli aktuellt att vidareutveckla mervärdestjänster till vissa kundkategorier i form av garanterad avbrottsfri leverans av el med samtidigt högt ställda krav på elkvaliteten. Sådana tjänster skulle tex kunna riktas till kunder med sk affärskritiska system. Det kan exempelvis gälla:

- Telecomstationer
- Sjukvården
- Kontor med särskilda krav på tillgänglighet av bl datorer
- Vissa samhällsfunktioner, tex larmtjänster
- Vissa typer av distansarbeten
- Fastigheter med särskilda krav på robusthet när det tex gäller tex drift av cirkulationspumpar för värme och vatten

Förutsättningarna för att kunna bygga upp enkla system för avbrottsfri kraft baserade på DC UPS är att den utrustning som skall anslutas kan drivas direkt med likström utan omriktare. (Att omvandla likströmmen till växelström via en DC/AC-omvandlare bedöms bli för kostsamt).

Som redovisats tidigare kan tex dagens datorer i princip drivas direkt med likström. I praktiken krävs dock vissa smärre förändringar av konstruktionen och framför allt att tillverkaren av utrustningen garanterar att elsäkerhetskraven är uppfyllda genom certifiering för 170/350 V DC. Den centrala frågan för en fortsatt utveckling av likströmsdrift är därmed om tillverkare, av i detta sammanhang strategiskt viktiga apparater, är beredda att ta fram särskilda produktserier för likströmsdrift. Denna fråga kan bara besvaras genom överläggningar med berörda utrustningstillverkare.

Mot den bakgrunden föreslås att en mindre studie genomförs för att klara ut vilka förutsättningar och vilket intresse som finns hos tillverkare av datorer och strömförsörjningsaggregat att anpassa viss utrustning till likströmsdrift. Arbetet föreslås ske som ett samarbete mellan Elforsk/elföretagen och Ericsson samt genomföras under tiden mars - juni 1999.

Om det efter överläggningar med utrustningstillverkare visar sig finnas intresse för likströmsanpassning av vissa produkter kan det vara motiverat att överväga ytterligare studier samt i förlängningen även demonstrationsinsatser. Frågor som i nästa steg kan behöva klaras ut berör bl a standarder för eluttag, stickproppar, strömbrytare och säkringar, inklusive elektronisk ljusbågssläckning.

## 16 Ordlista

AC är en engelsk förkortning för växelström.

DC är en engelsk förkortning för likström

UPS är en engelsk förkortning för avbrottsfri kraft

SELV, PELV och FELV är de internationella beteckningarna för de tre formerna av klenspänning. Orden var ursprungligen förkortningar av benämningar på engelska. Eftersom dessa benämningar var långa och även till viss del vilseledande används numera förkortningarna som självständiga beteckningar. (se starkströmshandboken)

TN-system har en punkt direkt jordad och utsatta delar i installationen är anslutna till denna punkt med skyddsledare eller PEN-ledare.

TN-C-system innebär att neutral- och skyddsledarfunktionerna är kombinerade genom hela systemet.

PE-ledare, dvs skyddsledare.

PEN-ledare, dvs skyddsledare och neutralledare kombinerad i en ledare.

Vagabonderande strömmar, dvs ström som tar andra vägar än avsett via återledare till kraftmatningen



## 17 BILAGA 1

ELFÖRBRUKARE; exempel											SAE
Apparat	Effekt, W	An- vändn. fre- kvens	Bostad	Fastig- het	Båda	Belys- ning	Data- utr	Kommu- nikation	Motor- drift	(Upp-) värmning	Övrigt
Adventsstake, 7-armed	1	21	1	1	1	1					
Akvarium, termostat	1	65	1	1	1	1				1	
Bakmaskin	1	120	1							1	
Bastu	1	5000	1	1	1	1				1	
Bilvärmare, kupe & motor	1	1500	1	1	1					1	
Brödrost	1	850	1							1	
Brödrost, dubbel	1	1500	1	1	1					1	
Centralsugare	1		1	1	1				1		
Charkmaskin	1			1					1		
Dammsugare	1	1000	1	1	1				1		
Diskmaskin	1	800	1	1	1				1		
Dokumentförstörare	1			1					1		
Dörrar, automatiska	1			1					1		
EAN-kodssystem	1			1			1				
Element	1	1000	1	1	1					1	
Elverktyg, bormaskin	1		1	1	1				1		
Elverktyg, slipmaskin	1		1	1	1				1		
Elverktyg	1		1	1	1				1		
Elvisp	1	150	1	1	1				1		
Fax	1		1	1	1			1			
Fläkt	1		1	1	1				1		
Frankeringsmaskin	1			1				1			
Frys, gammal 300 l	1	115	1	1	1	1			1		
Frys, ny 300 l	1	60	1	1	1	1			1		
Färg-TV	1	100	1	1	1	1			1		
Halogenlampor	1		1	1	1	1					
Hantverksmaskiner	1			1					1		
Hiss	1			1		1			1		1
Häftapparat	1			1							1
Grill	1		1							1	
Gräsklippare, elektrisk	1	1100	1	1	1					1	

Apparat	Effekt, W	Bostad	Fastighet	Båda	Belysning	Data- utr	Kommu- nikation	Motor- drift	(Upp- värmning	Övrigt
Kaffeautomat	1	1	1	1					1	
Kaffebruggare	1 800	1	1	1					1	
Kassaapparat	1		1					1		
Kassettdäck	1 25	1						1		1
Kopieringsapparat	1		1							1
Kyl/Frys, 300/65 l	1 60	1	1	1	1			1		
Kylskåp, gammalt 140 l	1 65	1	1	1	1			1		
Kylskåp, nytt 140 l	1 36	1	1	1	1			1		
Lampa 60 W	1 60	1	1	1	1					
Larmsystem	1	1	1	1						1
Lysrör	1 36	1	1	1	1					
Lysrörlampa	1 11	1	1	1	1					
Mangel	1	1						1		
Matberedare	1	1							1	
Mikrovågsugn, mindre	1 1200	1	1	1					1	1
Mikrovågsugn, större	1 1500	1	1	1					1	1
Modem	1	1	1	1			1			
Musikmaskin	1	1						1		1
Oljebrännare	1	1	1	1				1	1	
Persondator, typ 486 svga	1 210	1	1	1		1				
Portlås	1	1	1	1						1
Radio	1 15	1	1	1			1			
Rakapparat	1 10	1						1		
Scanner	1		1			1				
Skotorkare	1	1							1	
Skrivare	1	1	1	1		1				
Snabbtelefon	1		1				1			
Solarium, ansikts-	1 500	1								1
Solarium, bänk-	1 2000		1							1
Spis, plattor	1 1500	1	1	1					1	
Spis, ugn	1 3000	1	1	1	1				1	
Spisfläkt, inkl belysning	1 150	1	1	1	1			1		
Strykjärn	1	1							1	
Strykmaskin	1		1						1	
Styr- och reglersystem	1	1	1	1						1
Symaskin	1 75	1			1			1		

Apparat	Effekt, W	Bostad	Fastighet	Båda	Belysning	Data- utr	Kommunikation	Motor- drift	(Upp- värmning	Övrigt
Telefon, trådlös	1	1					1			
Telefon, mobil-laddare	1	1	1	1			1			
Torkskåp	1 2000	1	1	1					1	
Torktumlare	1 2000	1	1	1				1	1	
Tvättmaskin	1 2000	1	1	1				1	1	
UPS-system	1		1							1
Vattenautomat	1		1					1		
Vattenkokare	1 120	1	1	1					1	
Varmvattenberedare	1	1	1	1					1	
Video	1 55	1	1	1			1			
Våg	1		1							1
Värmepump	1	1	1	1		1		1		
<b>SUMMA</b>	<b>79</b>	<b>62</b>	<b>66</b>	<b>49</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>14</b>

---

## 18 Bilaga 2

### *Ubåtar*

En konventionell ubåt är ett exempel på ett elsystem med kombinerad lik- och växelspanningsdistribution. Ubåten har sitt huvudsakliga energilager i batterier och har därmed också ett distributionssystem för likspänning i området 250 - 450 V. Till detta system finns endast fast anslutna laster, förutom framdriftsmotorn också de större elmotorerna till olika kringssystem och värmelaster till komfort, spis, varmvatten, etc. Från likspänningsnätet matas också de olika statiska omriktarna till de andra spänningssystemen, 24 V likspänning resp. 220 / 440 V 60 Hz, samt vissa elmotorer som har egen frekvensomriktare för varvtalsstyrning.

24 V-nätet är båtens ”säkerhetsnät” och matar all utrustning som är väsentlig för båtens funktion, tex manöver av skrovventiler. Nätet har stor redundans i omriktarkapacitet och har även egna back-up batterier.

Omriktarna till växelspanning har dubbla utgångar och ger både 220 V resp. 440 V vid 60 Hz. 440 V 60 Hz är en standardspänning inom sjöfart och används främst till motordrifter för asynkronmotorer. 220V-nätet är båtens allmänna växelströmsnät och används också för bruksföremål med tillfällig anslutning.

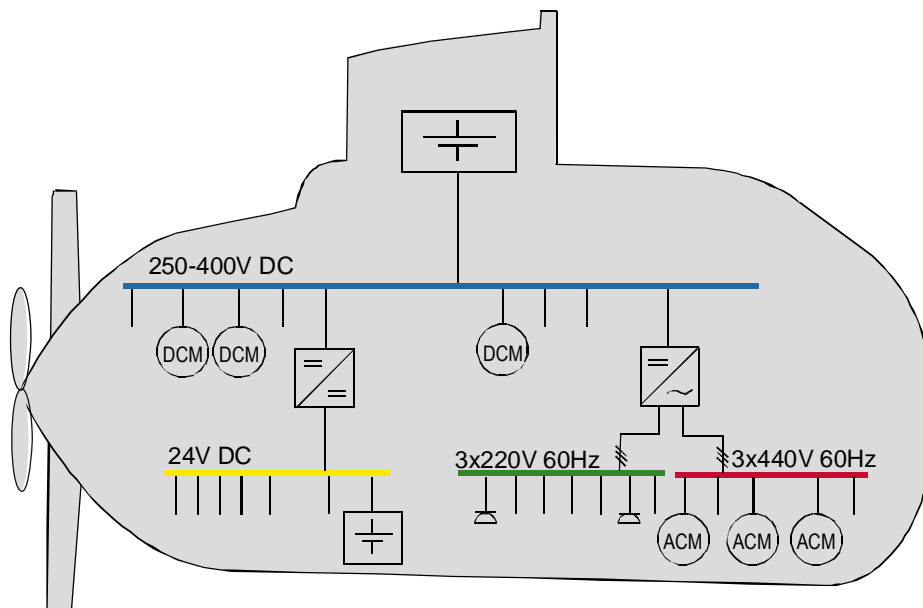
### *Säkerhet*

Likspänningssystemen är utförda som IT-system, (principen för IT-system innebär att det inte finns någon direkt anslutning mellan spänningsförande delar och jord, utsatta delar är anslutna till fördelningssystemets jordtag) med fördelningssystemen isolerade från jord (skrov) och utsatta delar direktjordade. Systemen har jordfelsövervakning på båda polerna med larmfunktion. 24 V-omriktarna har galvanisk isolering mellan ut- och ingång.

Växelspanningssystemen är utförda som TN-C-system, med fördelningssystemet direkt anslutet till jord och gemensam skydds- och neutralledare.

### *Komponenter*

Elektromekaniska komponenter till 250 - 400 V likspänningsnätet, som kontaktorer, strömställare, etc., finns endast i begränsad omfattning och leder till både stora och dyra komponenter och tidskrävande konstruktion. Den principiella uppbyggnaden framgår av bilden nedan.



Den principiella uppbyggnaden av strömförsörjningen i en ubåt

### *Erfarenheter från Kockums*

Likspänningssystemen används till laster med stort effektbehov (250-450 VDC) och till laster som är väsentliga för båtens funktion (24 VDC). Eftersom effektbehoven i 24V-näten ökar har man undersökt möjligheten att höja spänningen upp till 36 eller 48 V, för att minska strömmar, spänningsfall och ledarareor. Komponenter för dessa spänningar finns i tillräcklig omfattning, men kundens tidigare reservdelslager är ett hinder.

En av de starkaste drivkrafterna bakom utvecklingen av kommande ubåtsgenerationer är att få ner kostnaderna, bl.a. genom att utnyttja komponenter av industristandard istället för dyra militärspecificerade. Detta görs på allt från enskilda, enkla komponenter till hela system. Detta tankesätt, att komponenterna skall finnas ”off the shelf” gör att även spänningsförsörjningen följer standard dvs blir växelspanning. Ett exempel är motordrifter, där man lämnar mycket dyra likströmsmotorer för vanliga trefas asynkronmotorer. För att klara omformarkapaciteten förses motorerna antingen med mjukstartdon, som begränsar startströmmen, eller med egen frekvensomformare matad från likströmsnätet.

Enligt Kockums har de betydande problem med att hitta leverantörer av komponenter i ett distributionssystem för likspänning (250 - 450 V). För strömställare och kontaktorer finns endast någon enstaka leverantör. Komponenterna blir dessutom stora, klumpiga och dyra.

Tendensen i utvecklingen går mot att allt fler laster skall försörjas med växelspanning. För att då komma runt problemen med de stora och dyra omformarna är Kockums inne på att ha flera växelströmsnät med olika kvalitet och prioritet. Kapaciteten på omformarna till sofistikerade system med höga krav på spänningsmatning och prioritet kan då hållas lägre medan enklare och billigare omformare kan försörja laster med lägre krav.

I Frankrike finns exempel på en ubåt med eldistribution med endast likspänning. Främsta skälet för detta är att en ubåt kan detekteras av andra fartyg via de elektriska fält ubåten har. Ett växelspanningsfält är lättare att detektera och mer avslöjande mitt ute i en ocean än ett likspanningsfält. Trots detta har denna ubåt många växelspanningslaster, men omvandlingen sker distribuerat i eller nära de enskilda lasterna. Ubåten har ett avancerat system för DC/AC-omformare till motordrifter. Omformarna har ett generellt styrsystem och moduluppbyggda effektkretsar, vilka kombineras upp till lämplig effektstorlek.

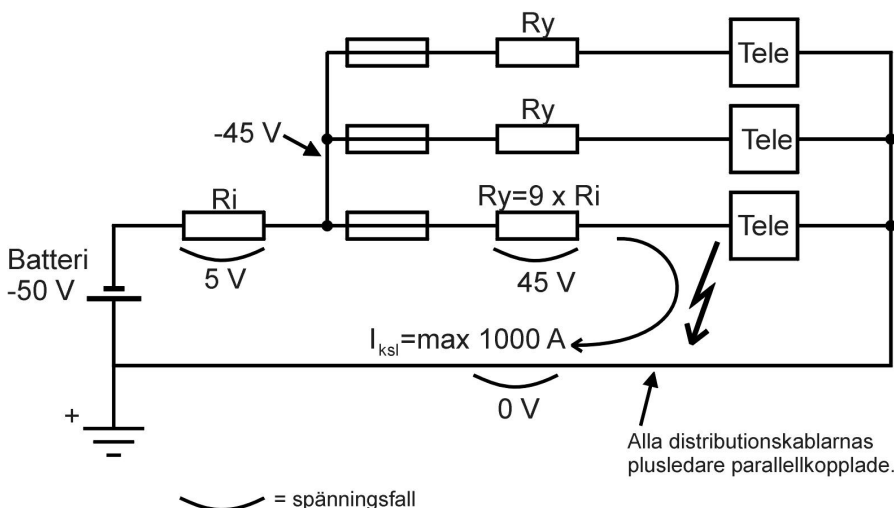
## 19 BILAGA 3

### System för distribution av likström med 48 V i telefonstationer

#### *Transientbegränsande DC distribution med resistiva element.*

I ett distributionssystem uppstår vid kortslutningar transienta spänningar som kan variera stort beroende på resistanser och induktanser i distributionssystemet. I en 48 V DC anläggning kan ett eget väl definierat och förutsägbart distributionssystem med god kontroll på både resistans och induktans anordnas. Spänningstransienter vid t ex kortslutning och säkringsbrott är i detta system under kontroll och sprider sig sålunda inte till andra parallellt liggande laster. 48 V batteriet kan generera tillräcklig ström för att säkringarna skall utlösa snabbt. Det har varit standard att konstruera sådana distributionssystem för telekomanläggningar sedan elektronik infördes för ca 25 år sedan. Denna typ av likströmsdistribution benämnes ”Transient begränsande distribution”. Det som uppstår under den tid som kortslutningen pågår är vanlig enkel spänningsdelning i strömkretsen. Spänningsfallet fördelar sig mellan batterikretsens motstånd  $R_i$  och den av kortslutning drabbade distributionsledningens motstånd  $R_y$ . På så vis sjunker spänningen endast max 10 % eller 5 V i säkringscentralen. Denna spänningsändring kan lätt hanteras av DC/DC-omvandlarna i lasten och driften kan ostört gå vidare i de andra delarna av systemet. Se bild nedan.

#### Transient begränsande distribution



Distributionssystem i telekommunikationsanläggningar är plusjordade.

De distributionssäkringar som kan användas i dessa system är vanliga säkringar för växelström. Smältsäkringar av diazedtyp eller automatsäkringar används. Eftersom spänningen är låg är brytställenas kontaktavstånd ofta tillräckliga trots att likström skall kunna brytas.

En förutsättning för god funktion i system enligt denna princip är att batteriet har en minsta storlek som medger att det inre motståndet i strömkällan blir cirka 5 mohm eller mindre. Detta är möjligt att uppnå i större anläggningar, men i mindre blir batteriet en begränsande faktor för användbarheten av systemet.

---

### ***Transientbegränsande DC distribution med strömbegränsning baserad på olinjära polymera resistanselement***

En variant av ”Transientbegränsande distribution” har ett polymerbaserat element i distributionsledarens minusbranch. Dess huvudsakliga elektriska karakteristik liknar ett PTC motstånd men har i jämförelse med PTC motståndet en mycket snabbare reaktion och ändrar sitt elektriska motståndsvärde mycket fortare. Med en sådan lösning kan en bättre verkningsgrad erhållas eftersom, jämfört med det första alternativet, de kontinuerliga värme förlusterna kan minskas.

I de system som har utvecklats enligt detta koncept har automatsäkringar använts. I detta koncept har batteristorleken mindre betydelse. Systemet fungerar i mindre anläggningar men batteriets inre motstånd måste ändå beaktas.

### ***Transientbegränsande DC distribution med elektronisk strömbegränsning.***

I detta koncept ersätts resistanserna och polymerelementen med ett halvledarelement som kontrollerar och aktivt begränsar kortslutningsströmmen och reducerar den till 0 varefter en brytning av kretsen med ett säkrings- och brytelement blir möjlig och enkel.

Detta koncept kan användas i såväl stora som mycket små system och är helt oberoende av batteristorlek. Brytelementet i kretsen kan konstrueras relativt enkelt.

## **System för distribution av likström med 350 V i telefonstationer**

### ***Transientbegränsande DC distribution med resistiva element***

Distributionsystem för denna spänningsnivå kan göras transientbegränsande i sin grundstruktur med hjälp av resistiva element på samma sätt som för 48 V system. Emellertid erfordras inte i praktiken så stora batterier i aktuella tillämpningar. Intressanta tillämpningar finns i mindre system med korta backuptider. De apparater som är aktuella att ansluta är tolerantare mot större spänningsändringar än de som finns för systemen för 48 V.

Batteriernas energiinnehåll blir stort till följd av den höga systemspänningen. Det inre motståndet blir stort till följd av de många cellerna i serie. De vanligaste distributionsledarna är 1,5 mm<sup>2</sup> och har längder på 15 till c:a 50 m. Det vanligaste riktvärdet är 25 m. Om ett tänkt system mittpunktjordas blir kortslutningsströmmen c:a 250 A eller lägre i ett medelstort system.

Vanliga diazedsäkringar är användbara. De är dimensionerade för både växelström och likström. Exempelvis är 6 A diazedsäkring provad för att bryta 550 V DC med 1600 A ström.

De vanliga automatsäkringarna däremot är svåra att använda eftersom dessa är optimerade för växelström. Deras kontaktavstånd är i allmänhet för kort för att säkert bryta likström vid 350 V spänning. Detta område måste detaljstuderas.

Mekaniska brytare i vanliga elektroniktrustningar är optimerade för växelström och kan skadas vid brytning av likström. Frågan om mekaniska brytare måste studeras i detalj. Det är



samma problem som med automatsäkringar. Även brytningen av induktiva laster är ett problem som måste studeras.

### ***Transientbegränsande DC distribution med strömbegränsning baserat på olinjära resistanser med polymera element***

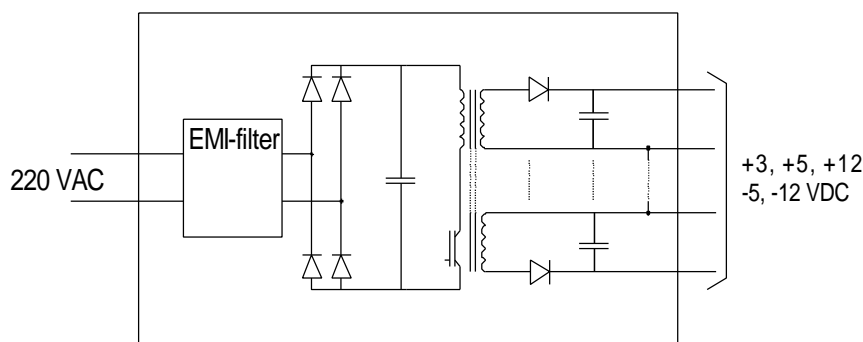
På samma sätt som i 48 V-fallet kan strömmen begränsas med hjälp av polymera resistanser. Emellertid kvarstår problemet att kunna säkert bryta kretsen och den begränsade strömmen på denna spänningsnivå. Brytelement med tillräckliga kontaktavstånd är inte vanligt förekommande i standardutbudet.

### ***Transientbegränsande DC distribution med elektronisk strömbegränsning***

På samma sätt som i 48 V-fallet är detta koncept användbart i stora och små anläggningar. Konceptet blir särskilt attraktivt i likströmssystem ju högre systemspänningen är eftersom det underlättar brytning av ström. Lösningen är dyrbar.

### **Transientbegränsande DC distribution med hjälp av backup kondensator**

De transientdämpande distributionssystem som redovisats ovan behöver sannolikt inte tillämpas i likströmsdistribution i vanliga kontors- eller bostadsfastigheter. Anledningen är att de likriktare som sitter i datacomprodukter, persondatorer och hemelektronik har stora kondensatorer på ingångssteget. Dessa fungerar tillsammans med likriktarbryggan under likströmsdrift i ett distributionssystem som backupkondensatorer vid spänningssänkningar i samband med kortslutningar och sammanhängande säkringsutlösningar i distributionen. Se bilden nedan.



För att förstärka distributionssystemet kan särskilda backupkondensatorer med backdioder installeras:

- Om distributionssystemets stabilitet behöver förstärkas därför att särskilt känsliga laster kräver det,
- Om distributionssystemet har sådan utsträckning att ledningslängderna blir så långa att säkringarna ej kan fungera tillfredsställande

# **ELFORSK**

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB  
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31  
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535  
[www.elforsk.se](http://www.elforsk.se)