

EMC, elkvalitet och elmiljö



guide för elanvändare och allmänt
sakkunniga inom elområdet

Ny version januari 2007

Denna guide har sammanställts av:

Sven-Erik Berglund, SEB-Elkonsult
&
John Åkerlund, Avbrottsfria Kraftnät UPN AB

på uppdrag av Elforskprojektet "Kunskapsplats elkvalitet"

Stockholm, vers 4, februari 2007
Åke Sjödin
Projektledare, Elforsk

ELKVALITETSGUIDE

- för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet

Sammanfattning

Elkvalitet uppfattas av många som svårt att överblicka och att praktiskt hantera i olika situationer, såsom vid upphandling och installation av elektrisk utrustning.

Det finns kostnader i elbranschen som är förknippade med dålig kännedom om problem relaterade till elkvaliteten och EMC.

Elforsk har, i syfte att minska sådana kostnader, givit ut denna guide som förhoppningsvis skall kunna bidra till att göra befintliga kunskaper i ämnet mer tillgängliga.

Här finns ett antal definitioner på begrepp som är viktiga att känna till för att förstå övriga samband inom elkvalitetsområdet. Frågor som vad som menas med elkvalitet och hur den skall se ut, om den är god och när den är dålig, belyses.

Nyckeln till god elkvalitet ligger främst i ett framgångsrikt samarbete mellan elnätsgärna och elanvändarna. Båda parter är ansvariga för att god elkvalitet ska erhållas, men alltid var och en tillsammans med sina respektive utrustningsleverantörer, som också har ett stort ansvar genom sin kompetens.

Det är också av stor betydelse att relevanta krav om emission och immunitet på apparater och annan elutrustning som skall anslutas till elnäten kan ställas, i det internationella standardiseringsarbetet, men även på annat sätt.

I guiden anges en del exempel grundade på erfarenheter från praktiskt elkvalitetsarbete. Här finns även vägledning om de normer som är viktiga att känna till för kunna tränga lite djupare i någon enskild fråga.

Den viktigaste slutsatsen som guiden förmedlar, och den kan inte nog betonas, är att ingen part ensam kan åstadkomma god elmiljö i våra elnät. På samma sätt som vår livsmiljö behöver vårdas, behöver också elmiljön vårdas och det gör vi med gemensamma ansträngningar, till ekonomisk nytta för alla.

Innehållsförteckning

Inledning	4
Svenska kraftsystemets uppbyggnad	5
Sveriges elektrifiering. Historik och dagsläge	5
Elförsörjningens unika särdrag	6
Systemet består i princip av tre delar	7
Definitioner och ansvar	10
EMC	10
Omfattning	10
Elektromagnetisk störning i EMC-regelverkets mening	10
Apparater	10
Åtgärdsansvar vid störningar från en apparat	10
Fasta installationer	11
EMC-standarder	11
Elkvalitet och elmiljö	11
Konsekvenser av bristande elkvalitet	12
Vem ansvarar för elkvaliteten?	12
Standarder och rekommendationer	14
Planeringsnivåer	14
Avvikelser i elkvalitet	15
Spänningsdipp och kortvarigt avbrott	15
Hur uppkommer spänningsdippar och kortvariga avbrott?	15
Förekomst av spänningsdippar och kortvariga avbrott	15
Skador vid spänningsdippar och kortvariga avbrott	15
Åtgärder	15
Spänningsnivåer	16
Övertoner	16
Hur uppkommer övertoner?	16
Förekomst av övertoner	17
Skada orsakade av övertoner	17
Åtgärder och gränser	17
Flimmer	18
Hur uppkommer flimmer?	18
Nivåer	18
Vilken skada orsakar flimmer?	19
Åtgärder	19
Spänningsosymmetri	19
Hur uppkommer osymmetri?	19
Förekomst av osymmetri	19
Skador	19
Åtgärder	19
Transienter	19
Uppkomst	20
Förekomst	20
Skador	20
Åtgärder	20
Skydd mot åska	20
Bilaga 1, korta sammanfattningar av aktuella standarder	21
Sammanställning av standarder per elkvalitetsfenomen	23
Bilaga 2, Litteraturförteckning	26
Bilaga 3, Ordlista	28

Inledning

De fenomen som är förknippade med begreppet elkvalitet är komplicerade för allmänt sakkunniga inom elområdet, men även för specialister.

Syftet med guiden är att försöka skapa klarhet i systemet och reda ut en del begrepp och därmed möjligt göra en bättre fungerade system.

Guidens målgrupper är

Fastighetsägare
Industriägare
Transportföretag med spårbunden trafik
Infrastruktur för spårbanstrafik
Elnätsägare
El-installatörer
Apparat och utrustningsleverantörer

Ämnet är komplext och brett och har länge betraktats som ett område för enbart specialister. Bland elanvändare och sakkunniga finner vi också många av dem som beslutar om inköp och anskaffning av anläggningar och utrustning samt de som installerar utrustningen. Möjligheterna för att få god elkvalitet kan i hög grad påverkas i projekterings- och upphandlingsskedena.

I Sverige finns få specialister som har en komplett bild av elkvalitetsbegreppet och dess betydelse för att EMC skall kunna uppnås. EMC är ett engelskt uttryck som utläst heter Electromagnetic compatibility och kan översät-

tas med "Elektromagnetisk förenlighet".

Det finns en rad standarder, utredningar och avhandlingar, men även andra skrifter inom elkvalitetsområdet, som innehåller betydande kunskap. Dessa skrifter behöver emellertid sammanfattas på ett sätt så att de även blir tillgängliga för läsare utan specialistkompetens.

Olika tekniska system såsom elkraft-, tele och datasystem, vilka ofta bildar olika typer av varandra nära liggande nätverk, tenderar att utveckla en alltmer ömsesidig påverkan avseende störningar.

God elkvalitet är en förutsättning för att EMC skall kunna råda inom vart och ett av de olika näten samt dem emellan. Alla störningar är heller inte ledningsbundna.

För att god elkvalitet skall kunna uppnås, i såväl de publika elnäten som i de privata, krävs sålunda god samverkan nätägare och elanvändare emellan. Båda kategorierna befinner sig i samma elektriska miljö och har därför ett gemensamt intresse i att den gemensamma elmiljön är god. Den som ägnar sig åt att försämrade den goda elmiljön i ett elnät bör således betala för att återställa densamma. Det är därför viktigt att apparater som ansluts till elnätet inte emitterar otillåtna störnivåer.

Svenska kraftsystemets uppbyggnad

Elförsörjningen uppvisar flera fysikaliska och systemmässiga problem, som gör den helt unik jämfört med produktionen, distributionen och användningen av övriga varor och tjänster. Elsystemet måste i varje ögonblick ha balans mellan produktion och konsumtion och ständigt kunna leverera elkraft med fullgod spänning. Härtill kommer för det svenska elsystemet, med dess långa överföringsavstånd, en rad problem med stabilitet o dyl.

Sveriges elektrifiering Historik och dagsläge

Elektrifieringen av vårt land inleddes i slutet av förra seklet. Till en början producerades elen i ångkraftverk och användes enbart för belysning. Det var främst i städerna som elkraften byggdes ut. Vid sekelskiftet kom vattenkraften till allt större användning och baserades på utbyggnad av närbelägna och tekniskt lättillgängliga vattenfall. Redan på 1910-talet hade utvecklingen kommit så långt att man kunde genomföra mycket stora projekt, såsom Trollhättan och Älvkarleby.

I slutet av 1800-talet grundades privata och kommunala kraftföretag med uppgift att producera och distribuera el. Landets första kommunala elverk startade i Härnösand 1885. På landsbygden dröjde det lite längre. Det var först i samband med bristen på fotogen under första världskriget som utbyggnaden tog fart.

Till en början sköttes eldistributionen främst av kommunala elverk. På landsbygden sköttes distributionen främst av distributionsföreningar som satsade pengar, men ofta också eget arbete, för att bygga upp elnätet.

De lokala nät som i början etablerades blev alltmer hopkopplade till större system. I början av 1930-talet fanns sålunda ett sammanhängande 130 kV nät i södra Sverige och ett 130 kV nät i norra Sverige, vilka dock inte var hopkopplade med varandra.

Vid denna tid började man bygga ut vattenkraften i norr för att även tillgodose det ökade elbehovet i södra Sverige. Man fann då, med tanke på den fortsatta vattenkraftutbyggnaden i Norrland, att 130 kV skulle utgöra en för låg

överföringsspänning och kräva för många ledningar. Man gick därför över till 220 kV.

Den första 220 kV ledningen uppfördes år 1936 av Krångede AB mellan Krångede vattenkraftstation och en fördelningsstation vid Horndal, ett tekniskt utvecklingssteg värt att notera med tanke på att 220 kV nät vid denna tidpunkt endast fanns på några få platser. Efter denna första ledning blev 220 kV systemet raskt utbyggt. Vid mitten av 1940-talet omfattade det sex ledningar från Norrland söderut med en utsträckning ända ned till södra Skåne.

Vid nämnda tidpunkt, omedelbart efter det andra världskriget, stod det klart att en fortsatt omfattande utbyggnad av den norrländska vattenkraften skulle göras under de kommande decennierna, med ett snabbt växande överföringsbehov till Mellan- och Sydsverige som följd. I denna situation framstod en fortsatt utbyggnad med 220 kV som mindre tillfredsställande, eftersom det då bedömdes kräva 25 a 30 stycken 220 kV ledningar från Norrland söderut, utöver de sex redan byggda. Man beslöt därför att som första land i världen satsa på 400 kV som överföringsspänning. 1952 togs första delen av 400 kV systemet i drift med en 1 000 km lång ledning från Harsprånget till Hallsberg, en teknisk pionjärinsats av Vattenfall och dåvarande ASEA (nu ABB).

Efter 1952 har en snabb utbyggnad genomförts av 400 kV nätet, så att det från slutet av 1980-talet omfattar åtta ledningar på huvudsträckan mellan nedre Norrland och Mellan-sverige och flera ledningar såväl i övre Norrland som i Sydsverige.

Det svenska elsystemet är numera hopkopplat med näten i våra grannländer med ett flertal starka ledningsförbindelser. Hopkoppling av de nordiska elnäten inleddes redan på 1910-talet genom kabelförbindelser i Öresund mellan sydligaste Sverige och Själland. Dessa blev sedan successivt förstärkta och ökade under följande decennier. I slutet av 1950-talet påbörjades hopkopplingen mellan Sverige och övriga nordiska länder (undantag Island) genom både ledningar och kablar för växelström och likström.

I dag blir de nordiska elsystemen allt mer hopkopplade med övriga Europa. På senare år har Sverige byggt likströmskablar till Södra Finland (1989), Tyskland (1994) och Polen (2000). Finland har även likströmförbindelser med Ryssland och Estland (2006). Norge får en likströmskabel till Holland (klar 2007). En likströmskabel från Norge till Tyskland är under planering.

Under mellankrigstiden köptes många mindre distributionsföreningar upp av stora kraftföretag. Den tendensen fortsatte även efter andra världskriget. I början av 1950-talet fanns det ca 5 000 distributionsföretag. Efterhand har den siffran minskat och idag finns 175 nätföretag kvar, varav de flesta drivs i bolagsform.

Under främst 90-talet skedde flera uppköp av kommunala energibolag.

Elförsörjningens unika särdrag

Produktionen och distributionen av elenergi har flera mycket unika särdrag, som markant skiljer den från försörjningen av andra varor och tjänster och som ställer extra höga krav på elförsörjningens kvalitet och leveranssäkerhet:

- Konsumtionen bestämmer i varje ögonblick produktionen. Elenergin måste därför produceras i samma ögonblick som den konsumeras.
- Endast mycket små avvikelser från normal balans produktion - konsumtion är tekniskt möjliga; frekvensen i systemet får således endast i mycket ringa grad avvika från normalvärdet 50 Hz.
- Alla får vid inkoppling kraft från elnätet utan köbildning eller prioritering.
- Reducering eller ransonering av elkonsumtion i en bristsituation blir därför svårare att genomföra än för andra varor och tjänster.

Kraftsystemet i Sverige kännetecknas av relativt stora överföringsavstånd mellan vattenkraftproduktion i norr och förbrukning i söder.

Det svenska elsystemet kräver åtgärder för att upprätthålla synkron stabilitet, spännings- hållning och spänningsstabilitet. Vid stora effekter och långa överföringsavstånd är det stabilitetsaspekter som sätter gräns för överföringsförmågan. Vid korta avstånd är det den termiska förmågan

i ledningssystemet samt i viss mån förlusterna som blir dimensionerande.

Vid kraftöverföring är stabila och höga spänningar av yttersta vikt. Den aktiva effekten på en högspänningsledning kan grovt beskrivas enligt sambandet.

$$P = \frac{U_1 \times U_2}{X} \times \sin \delta$$

där U_1 och U_2 är spänningen i ändpunkterna, δ vinkeln mellan spänningarna samt X reaktansen för ledningen. Vid varierande effektoverföring på ledningen är det δ som varierar medan U_1 , U_2 hålls relativt lika och så höga som möjligt. Detta p g a stabilitetsskäl, ju mindre vinkelskillnad desto bättre stabilitet i systemet.

På samma sätt som frekvensen är kopplad till den aktiva effektbalansen är spänningen kopplad till den reaktiva effektbalansen. Det finns emellertid en viktig skillnad, toleransen för acceptabla spänningsnivåer är relativt stor. Spänningen är dessutom en lokal parameter, vilket innebär att en lokal reaktiv obalans normalt ej kan rättas till i en annan del av nätet.

Spänningshållningen sker genom variation av den reaktiva produktionen/konsumtionen. Detta beroende på att en lednings reaktiva förluster beror på belastningsströmmen i kvadrat. För de allra högsta spänningarna (220 kV och 400 kV) fås även stor reaktiv produktion beroende på ledningarnas kapacitanser. Denna produktion (linjegenerering) varierar med linjespänningen i kvadrat.

Man brukar tala om en kraftförbindelsens naturliga effekt som den överföring då ledningens reaktiva förluster (ledningens reaktans $\times$ strömmen i kvadrat) är lika med linjegenereringen (kapacitiv ledningsadmittans $\times$ spänningen i kvadrat). (Betecknas ofta SIL i litteraturen (Surge Impedance Load).

Vid överföring under den naturliga effekten är ledningen netto en kondensator, d v s producerar reaktiv effekt, och vid överföring över den naturliga effekten att likna med en reaktor, d v s konsumerar reaktiv effekt. För längre 400 kV ledningar kan reaktivbehovet skilja några 100 MVar över dygnet.

I och med att vi i Sverige har långa överföringsavstånd och varierande belastning över dyg-

net och året måste man disponera över reaktiva resurser. I ett produktionsområde löses reaktivbalansen ofta genom att variera generatorernas magnetisering. I avlägsna konsumtionsområden sker det via in och urkoppling av reaktorer och kondensatorer.

400 kV nätets spänningsreglering sker med tyristorstyrda anläggningar, där man kan kombinera reaktorer och kondensatorer (SVC, Static Var Compensation) så att snabb och nästan steglös reglering kan erhållas samt genom brytarkopplade shuntkondensatorer och shuntreaktorer. På de längsta ledningarna finns även seriekondensatorer.

I slutet på 80-talet skärps kraven gällande reaktiva uttag från överliggande systemansvarig, Svenska Kraftnät, bl a beroende på att kraftsystemet blivit hårdare ansträngt. De överliggande kraven har bl a varit ett motiv när dåvarande Svenska Elverksföreningen (Svensk Energi) skärpte rekommendationen på reaktiv uttagsrätt i tarifferna i slutet på 80-talet. Detta medförde att det installerades många kondensatorbatterier i lokalnäten. Batterierna kopplas ofta in och ur morgon och kväll och vid inkoppling kan transienta störningar uppstå, vilket kan störa känslig elektronik. Elektroniken kan i sin tur orsaka skadliga övertonsströmmar i kondensatorbatteriet.

Vid installation av kondensatorbatterier får normalt ingen inmatning av reaktiv effekt ske till överliggande elnät under låglasttid.

Systemet består i princip av tre delar:

Stamnät

Det landsomfattande nät som har de högsta nominella spänningarna och som knyter ihop produktionsanläggningar, regionnäten och näten i grannländerna. Stamnätet omfattar kraftledningar för 400 och 220 kV, ställverk, transformatorstationer mm. Stamnätet ägs av staten och förvaltas av Affärsverket svenska kraftnät.

Regionnät

Nät med koncession för kraftledningar för 40 - 130 kV inklusive ställverk, transformatorstationer med mera. Regionnätet knyter lokalnät och vissa större industrikunder till stamnätet. Regionnäten ägs och förvaltas av regionnätägare.

Lokalnät

Nätområde med kraftledningar upp till cirka 40 kV. Lokalnäten distribuerar elenergin från regionnät till elanvändare. Lokalnäten ägs och förvaltas av lokalnätägare.

Kraftnätet i Nordvästeuropa

Det svenska stamnätet omfattar huvudsakligen kraftledningar för 400 och 220 kV, ställverk, transformatorstationer m.m. samt utlandsförbindelser för växel- och likström.

Omfattning 2005	Friledning	Kabel
400 kV växelström	10643 km	4 km
275 kV växelström	75 km	-
220 kV växelström	4295 km	-
Högsnänd likström (HVDC)	115 km	459 km

- Vattenkraftstation
- ▲ Värmekraftstation
- Transf. el kopplingsstation
- N 750 kV ledning
- 400 kV ledning
- 275 kV ledning
- 220 kV ledning
- Samkörningsförbindelse för lägre spänning än 220 kV
- Planerad/under byggnad

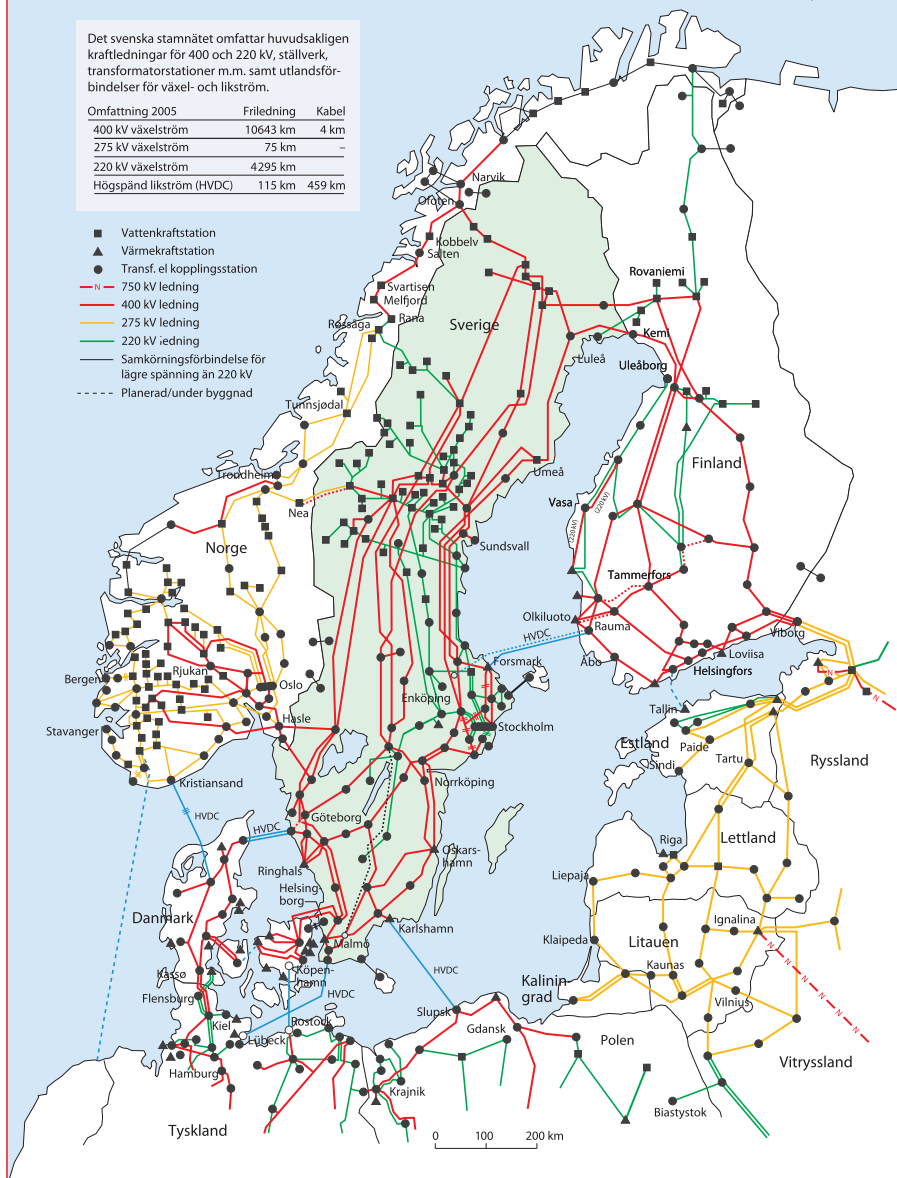


Fig.1
Kraftnätet i Nordvästeuropa.
(Källa Svenska Kraftnät).

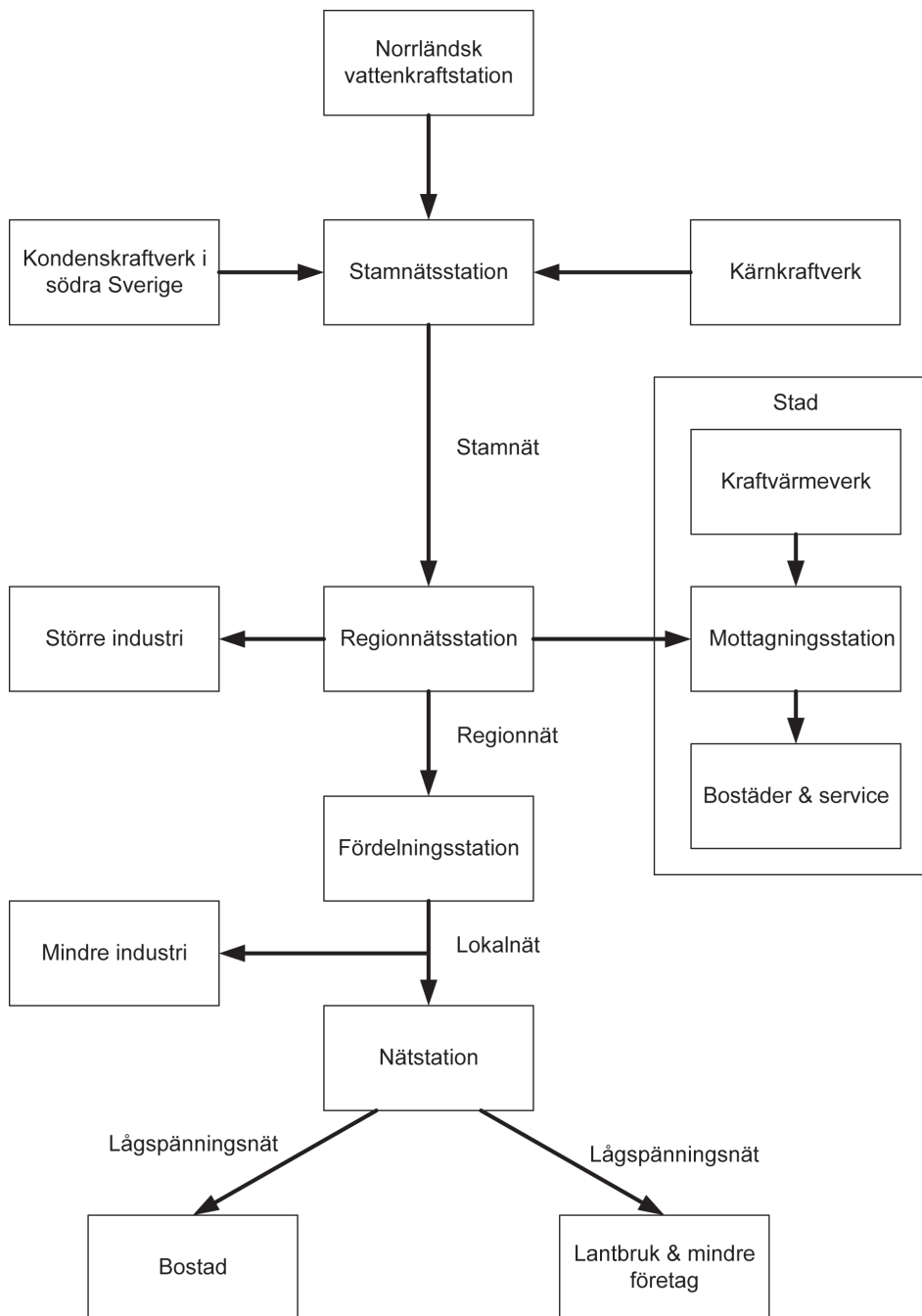


Fig. 2
Svenska elnätets uppbyggnad.

Definitioner och ansvar

EMC

"Elektromagnetisk förenlighet" skrivs ibland EMC, vilket är en förkortning av det engelska uttrycket "Electromagnetic compatibility". På vardagssvenska kan det uttryckas som: apparaters förmåga att arbeta tillsammans utan att störa varandra.

Omfattning

EMC-direktivet omfattar elektrisk utrustning dvs:

- elektriska och elektroniska apparater
- s.k. "Fasta installationer" vilket innefattar t ex
 - Elnät
 - Telekommunikationsnät
 - Stora maskiner

Det svenska regelverket baseras i huvudsak på EMC-direktivet (89/336/EEG) vilket är infört i svensk lagstiftning genom Elsäkerhetsverkets föreskrifter (ELSÄK-FS 2003:2). Regelverket gör ingen principiell skillnad mellan en apparat och en installation. Kravet på EMC gäller i gränssnittet mellan apparater eller installationer och den yttre miljön.

Ett nytt EMC-direktiv 2004/108/EC får tillämpas from 20 juli 2007 för apparater och måste tillämpas från om med 20 juli 2009. För s.k. "Fasta installationer" gäller att tillämpning är obligatorisk redan från och med 20 juli 2007. Jämfört med det nuvarande direktivet har kraven i det nya direktivet tydliggjorts med avseende på fasta installationer. Tydligare krav ställs på bl.a. dokumentationen som ska visa att god branschpraxis har tillämpats vid uppförandet och att enskilda apparater har installerats enligt apparattillverkarnas instruktioner.

Elektromagnetisk störning i EMC-regelverkets mening

Huvudmålen med EMC-regelverket är:

- Att säkerställa att sådana elektromagnetiska störningar som genereras av elektrisk utrustning inte påverkar den riktiga funktionen hos andra utrustningar, liksom radio- och telekommunikationsnät, tillhörande utrustning och nät för elkraftsdistribution.

- Att säkerställa att elektrisk utrustning har en lämplig nivå av egen tålighet mot elektromagnetiska störningar så att de kan fungera som avsett.

EMC-regelverket hanterar störningar som kan påverka elkvaliteten i elnätet. Dessa störningar kan härröra från en enskild apparat eller från fasta installationer t.ex. elanläggningar. Regelverket gör ingen principiell skillnad dem emellan.

Dock hänvisar EMC-regelverket för apparater till europeiska standarder som harmoniserats med EMC-direktivet.

Dessa standarder ställer konkreta tekniska krav på den nivå av elektromagnetiska störningar en apparat får generera och tåla. När det gäller fasta installationer finns inga motsvarande standarder i dagsläget.

Apparater

Elektriska apparater ska med få undantag vara CE-märkta enligt EMC-direktivet. CE-märket innebär att tillverkaren har tagit ansvar för att apparaten har genomgått och klarat ett antal kompatibilitetstester.

För att apparaten ska uppfylla kraven när den har installerats i sin avsedda miljö ska tillverkaren ange i installationsanvisningen/bruksanvisningen hur den ska installeras och användas.

Tillverkaren ska alltså ta hänsyn till i vilket sammanhang apparaten kan komma att användas och ange hur den ska användas i det sammanhanget. Det kan handla om t.ex. speciella krav på jordning eller en särskild typ av kabel.

Åtgärdsansvar vid störningar från en apparat

Tillverkarens ansvar för sin apparat gäller fortfarande, om tillverkarens anvisningar har följts, när apparaten har installerats i en anläggning. Om anvisningarna frångås faller ansvaret på anläggningsägaren att anläggningen som apparaten ingår i uppfyller kraven på EMC och att åtgärda eventuella störningar.

Tillverkare av en apparat kan för att uppfylla

EMC-kraven använda sig av en harmoniserad standard. Att apparaten uppfyller en harmoniserad standard innebär i praktiken att apparaten antas uppfylla alla EMC-krav som ställs på den. Om det sedan visar sig att apparaten i verkligheten orsakar störningar, fast den har installerats och använts enligt tillverkarens anvisningar, så måste apparaten ändå åtgärdas, under förutsättning att den störda utrustningen uppfyller relevanta immunitetskrav.

För att åtgärda störningar som kan lokaliseras till en enskild apparat ska tillverkaren eller leverantören av apparaten kontaktas.

Fasta installationer

Fasta installationer kan bestå av CE-märkta apparater och inte CE-märkta apparater. Eftersom det inte finns harmoniserade standarder som kan åberopas för att visa att den fasta installationen uppfyller kraven måste totalentreprenören använda sig av andra medel för att visa installationens överensstämmelse med EMC-kraven.

Det reviderade EMC-direktivet 2004/108/EEG som ska tillämpas, avseende fasta installationer, från den 20 juli 2007 ställer krav på att dokumentation ska finnas och som ska visa att god branschpraxis har tillämpats vid uppförandet och att enskilda apparater har installerats enligt apparattillverkarens instruktioner.

EMC-standarder

Till EMC-regelverket hör harmoniserade EMC-standarder för elapparater som t.ex.

- SS-EN 61000-3-2 gränsvärden – Gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström högst 16 A per fas
- SS-EN 61000-3-3 gränsvärden – Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmer i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16 A
- SS-EN 61000-3-11 gränsvärden – Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmer i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 75 A och för vilka särskilda anslutningsvillkor gäller
- SS-EN 61000-3-12 gränsvärden – Gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström större än 16 A men högst 75 A per fas

- SS-EN 50065-1 signalöverföring i lågspänningsinstallationer i frekvensområdet 3 kHz till 148,5 kHz
- SS-EN 50065-2-1 signalöverföring i lågspänningsinstallationer i frekvensområdet 95-148,4 kHz (Bostäder, kontor, butiker, och liknande miljöer)
- SS-EN 50065-2-2 signalöverföring i lågspänningsinstallationer i frekvensområdet 95-148,4 kHz (Industriell miljö)
- SS-EN 50065-2-3 signalöverföring i lågspänningsinstallationer i frekvensområdet 3-95 kHz (eldistributionsägare)

Därutöver finns följande ej harmoniserade EMC-standarder som inte har en direkt formell betydelse.

Miljöbeskrivande standarder som

- SS-EN 61000-2-2 miljöförhållanden – Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalnivåer på lågspänningsnät
- SS-EN 61000-2-4 miljöbetingelser – Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar i industrimiljö
- SS-EN 61000-2-12 miljöförhållanden – Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalnivåer på mellanspänningsnät

En annan typ av standard som beskriver de egenskaper som elanvändare kan förvänta sig beträffande spänningen är

SS-EN 50 160 Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution.

Elkvalitet och elmiljö

Elkvalitet är ett sammanfattande kvalitetsbegrepp med olika kriterier för att i huvudsak bedöma den tekniska kvaliteten på en elleverans. Elkvalitet är synonymt med leveranskvalitet, *dv s elektricitetens förmåga att tillfredsställa användarbehoven.*

I Eurelectric:s rapport "Power Quality in European Electricity Supply Networks – 1st edition" February 2002 beskrivs elkvalitetsbegreppet i huvudsak som två delar:

- kontinuitet (frihet från avbrott): graden till vilken användaren kan förlita sig på

elleveransens ständiga tillgänglighet. På svenska används ordet **leveranssäkerhet**.

- spänningsnivå: graden till vilken spänningen ständigt är vidmakthållen inom specificerat område. På svenska användes ordet **spänningsgodhet**.

Belastningsströmmens egenskaper är av intresse när man undersöker belastningens påverkan på matande elnät.

Varje avvikelse i spänningens vågform, nivå eller frekvens, kan betraktas som en kvalitetspåverkan av den elektriska spänningen. Små avvikelser påverkar emellertid sällan vare sig människor eller utrustning.

När en avvikelse överskrider standardiserade gränsvärden kallar vi detta för bristande elkvalitet. Om en sådan avvikelse påverkar utrustning som är ansluten till elnätet, så att den skadas eller fungerar felaktigt, kan vi kalla det för en elkvalitetsstörning. Även när människor besvärar av exempelvis flimmer, är det en elkvalitetsstörning.

Den elkvalitet som kan beskrivas på ett elnät kan också beskriva den elmiljö som finns på elnätet. Precis som vår vanliga miljö kan förorenas, kan den elektriska miljön på elnätet förorenas genom att olika former av störningar sprids på elnätet. Det ankommer på den som sprider olika former av störningar att bekosta städningen av elmiljön på det aktuella nätavsnittet så att de inte stör övriga elanvändare i den gemensamma elmiljön. Elkvalitetsrelaterade problem orsakas ofta av ledningsbundna störningar.

Konsekvenser av bristande elkvalitet

Bristande elkvalitet påverkar ansluten utrustning på följande sätt:

- inte alls
- förkortad livslängd
- prestandaförsämring
- stopp/avbrott
- förstörelse/bestående skada

Beroende på de anslutna apparaternas störkänslighet, immunitet, behöver mindre avvikelser från ideal elkvalitet inte innebära något. Till exempel förorsakar transienter på 100 – 200 V

ingen större påverkan. Bristande elkvalitet kan förkorta en apparats livslängd. Exempelvis kan övertoner orsaka extra uppvärmning i kondensatorbatterier med förkortad livslängd som resultat, men även högre ström i ledningar och varmgång. Underspänning kan ge sämre prestanda. En spänningsdipp kan utlösa ett stopp på en datastyrd maskin och en kraftig transient kan förstöra en TV-apparat.

Det är viktigt att känna till att bristande elkvalitet är ett av flera hot mot en fungerade elmiljö. Om en apparat inte fungerar på avsett vis, behöver inte orsaken vara bristande elkvalitet från det matande elnätet, utan kan bero på störningar, producerade av närliggande maskiner som kopplas till apparaten via ingången för mät och styrsignaler.

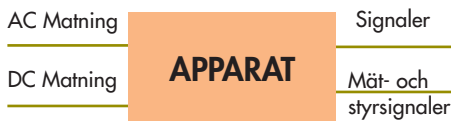


Fig. 3
Med elkvalitet menar vi det som kommer ledningsbundet via elmatningen till apparaten.

Vem ansvarar för elkvaliteten?

Elnätsägaren anses ofta ha ansvar för elkvaliteten i det elnät han förvaltar och driver. Det är emellertid svårt för elnätsägaren att ensam ta detta ansvar, elnätskunderna är i högsta grad medspelare. Beträffande elkvaliteten inom de lokala kundnäten, är elanvändarna alltid själva ansvariga för egen nätpåverkan, medan elnätsägaren ansvarar för elkvaliteten i anslutningspunkten.

För att god elkvalitet skall kunna åstadkommas i de publika elnäten måste sålunda följande tre parter göras delaktiga i ett gemensamt arbete.

- nätägare
- apparat-/anläggningsleverantörer
- elanvändarna

De flesta elkvalitetsproblem orsakas av någon av de nämnda aktörerna, eller av flera tillsammans.

Ett vanligt problem är att kunden ansluter störande laster till elnätet utan att först meddela elnätsägaren. Elnätsägaren vill alltid få information om elanvändarnas planer så tidigt som möjligt, dock senast i samband med föranmälan.

Vad som krävs av elnätskunderna i detta av-

seende framgår bland annat av gällande nätavtal och installationsbestämmelser.

Exempel

Enligt gällande installationsbestämmelser SS 437 01 40 utgåva 2, 2000, angående anslutning av lågspänningsinstallationer till elnätet, ska installatören samråda med nätägaren före idrifttagning av motorer och andra apparater vars startström överstiger mätarsäkringens märkström 1,5 gånger.

Det finns exempel på elanvändare som ansluter störande laster till elnätet utan den nödvändiga dialogen med nätägaren. Ofta får nätägaren kännedom om att ny last kopplats in i samband med klagomål från andra elanvändare och att rätta till i efterhand blir ofta dyrare än att göra rätt från början.

Enligt nuvarande praxis och gällande avtal för anslutning och överföring av el, ska den som orsakar störningar för andra, bekosta åtgärder "så att betryggande driftförhållanden uppnås".

Det är lätt att i diskussioner om elkvalitet endast fokusera på det matande elnätet. Men det

är även vanligt med störningar från en närliggande apparat eller anläggning. En apparat eller maskin kan även störa sig själv. Detta kan bero att apparaten är trasig eller felaktigt installerad och sålunda inte uppfyller sina specifikationer.

Vi får inte glömma de toleranser som anslutna laster har mot t.ex. spänningsdippar. Vi finner många nätanslutna apparater som konstrueras för att fungera i nät som i princip måste vara störningsfria. Men störningsfria elnät existerar inte! Snöstormar, nedfallande träd, avgrävda kablar, samt framförallt åskväder, kommer alltid att förekomma. Vi kan aldrig bygga helt störningsfria distributionsnät för el utan att få orimliga nätkostnader.

En bättre lösning är att ställa krav på att apparaterna ska ha en högre tålighet mot de vanligaste störningarna, t.ex. transienter och spänningsdippar.

Standarder och rekommendationer

De standarder vi i första hand hänvisar till då det gäller elkvalitet kan delas upp i nätstandarder och apparatstandarder.

Nätnormerna beskriver den elkvalitet som en elanvändare kan förvänta sig av de allmänna elnäten för distribution i Sverige. Standarderna omfattar såväl låg- som mellanspänningsnäten.

Apparatstandarder är tillverkningsstandarder och ligger till grund för hur apparater skall tillverkas med avseende på elkvalitetsbegreppen emission och immunitet och omfattar i första hand lågspänning.

Mer information

De nätstandarder som är aktuella i de svenska elnäten är: SS-EN 50 160, SS-EN 61000-2-2, SS-EN 61000-2-12 och SS-EN 61000-2-4.

De apparatnormer som i första hand hänvisas till är: SS-EN 61000-3-2 (+tillägg)

SS-EN 61000-3-3 (+tillägg).

En avtalsbunden handling som beskriver elnät: Svensk Energi, Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänning över 1000V.

Dessa handlingar och deras innehåll beskrivs i Bilaga 1.

Planeringsnivåer

De planeringsnivåer som elnätsägaren väljer beror på olika omständigheter i det aktuella nätavsnittet och är avsedda att utgöra verktyg för fördelning av det tillgängliga störutrymme. SS-EN 50 160 anger gränser för totalt tillåtet

störutrymme i ett nätavsnitt. En elkund kan således inte ensam göra anspråk på hela det tillgängliga störutrymme som nätnormen medger. Övriga elanvändare har också rätt till skälig del, medan nätägaren skall hålla den totala nivån inom angivna gränser.

Planeringsnivån är således nätägarens verktyg för att sätta gränsvärden för nätåterverkan från större laster och installationer. En elanvändare kan alltså avtala med elnätsägaren om hur en störande last skall hanteras i elnätet och vilken störnivå som kan accepteras i det enskilda fallet. Ett sådant avtal kan också omfatta åtgärder i kundanläggningen för att reducera störningar, eller att kunden köper störutrymme i nätet. Detta kan exempelvis ske genom att den störande lasten ansluts till en separat transformator.

Nätägaren bör ha sina egna planeringsnivåer för fördelning av störningsutrymme mellan olika elanvändare och de ska användas som ett hjälpmedel för att så skäligt som möjligt fördela bördorna.

Planeringsnivån är specifik för varje plats på nätet

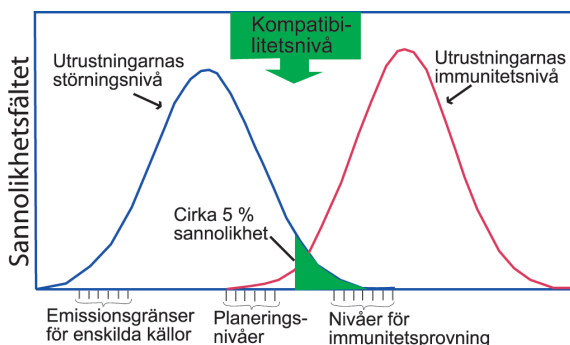
Mer information

Användningen av planeringsnivåer beskrivs i följande tekniska rapporter:

IEC/TR3 61000-3-6 övertoner

IEC/TR3 61000-3-7 flimmer

Fig. 4
Grundläggande faktorer
för spänningskvalitet inom
EMC-systemet



Avvikelser i elkvalitet

Spänningsdippar och kortvariga avbrott

Med kortvariga spänningssänkningar, s k spänningsdippar, menas sänkningar som är större än 10 % av den nominella spänningen och som varar längre än 10 ms och kortare än 90 s. Spänningen återgår sedan till ett värde som är större än 90 % av den nominella spänningen. Djupet, eller amplituden, på sänkningen definieras som skillnaden mellan aktuell spänning under spänningsdippen och nominell spänning. Amplituden uttrycks i procent av nominell spänning.

Kortvariga avbrott definieras som spänningssänkningar ned till 0 (noll) eller nära 0 V och varar längre än 10 millisekunder (ms) och kortare än 90 sekunder (s).

Energimyndigheten föreskriver, för att avbrottsstatistik ska kunna upprättas, att elavbrott längre än 3 minuter ska registreras. Det finns sålunda ingen officiell statistik över dippar och avbrott kortare än 3 minuter.

Hur uppkommer spänningsdippar och kortvariga avbrott?

Spänningsdippar orsakas av fel i någon anläggningsdel hos kunden eller i det matande kraftnätet. Åska och andra väderförhållanden orsakar en stor del av felen på luftledning. Även fåglar kan ge upphov till denna typ av störning, framför allt på oisolerade friledning för lägre spänningsnivåer. Andra orsaker är skador på kablar i mark vid grävning och inkoppling av stora transformatorer och motorer.

Den återstående spänningen beror på nätets uppbyggnad och felets belägenhet. Vid en kortslutning på en kabel nära fördelningsstation sjunker spänningen till nära noll på hela systemet under den tid det tar att koppla från den felaktiga kabeln.

Kortvariga avbrott orsakas vanligtvis av övergående fel, tillfälliga kortslutningar eller jordfel orsakade av t.ex. en fågel eller åskväder. Många luftledningar är försedda med s.k. återinkopplingsautomatik, som vid fel kopplar från linjen

i 0,4 – 90 sekunder. Efter denna tid kopplas linjen åter in och oftast är felet då borta.

Förekomst av spänningsdippar och kortvariga avbrott

Kortvariga avbrott och spänningsdippar uppstår mer eller mindre ofta och beror på nätets uppbyggnad. Störningarna förekommer oregelbundet och frekvensen varierar under året. År med mycket åska innebär fler fel än år med mindre åska. Där nätet huvudsakligen består av friledningar kan man räkna med betydligt högre störningsfrekvens än för rena jordkabelnät. I landsbygdsnät kan spänningsdippar uppstå i kundens egen anläggning vid motorstarter.

Skador vid spänningsdippar och kortvariga avbrott

Av alla elkvalitetsfenomen är det spänningsdippar som de flesta upplever som mest bekymmersamma. Såväl spänningsdippar som kortvariga avbrott kan slå ut hela industrier.

Varvtalstyrda drivsystem för elektriska maskiner är kanske mest känsliga för kortvariga spänningsdippar. Andra exempel på utrustningar som kan påverkas är reglerutrustningar, datorer, urladdningslampor som slocknar och kontaktorer som slås ifrån o.s.v.

Åtgärder

Det har tidigare varit mer eller mindre accepterat att en fabrik stannar när ljuset blinkar. Elforsks projekt ELVIS har visat att det med små insatser, med dagens teknik, går att öka immuniteten mot spänningsdippar så att produktionen kan fortsätta utan att den störs.

Lämpliga åtgärder måste delas upp på dem som har största möjligheten att påverka utfallet.

- på nätsidan kan man arbeta med nätstrukturer, driftläggning, topplinor, lågspännings-avledare, jordningar, reläskydd, snabba brytare och strömbegränsare
- på kundsidan kan man arbeta med strukturering av anläggningen för att minska störkänsligheten för hela processen

- kunden kan ställa större krav på apparat-tillverkaren
- kunden kan se över inställningen av under-spänningsskydd i olika maskiner

Spänningsnivåer

Spänningsnivån på nätet varierar med belastningen avseende spänningsfall och elnätets utformning. Om lågspänningsnätet består av friledning kommer spänningsvariationerna att vara relativt stora. Medelspänningsnivån blir högre nära nätstationen än i nätets bortre ändpunkter, där även den största variationen uppstår.

Eftersom alla apparater är konstruerade för ett visst driftspänningsområde kommer de att fungera sämre eller inte alls om gränserna överskrids. Känsligast är motorer, som kräver spänning inom $\pm 5\%$ för maximal prestanda, okänsligast är vissa strömförsörjningsenheter, som kan acceptera spänning mellan t ex 95 och 270 V.

En modern dator har ett driftspänningsområde mellan 180 och 264 V. Det finns batterieliminators på marknaden som har ett driftspänningsområde på 207 – 244 V.

I lågspänningsnät, där spänningsgodheten uppfyller kraven enligt SS-EN 50 160, kan spänningen variera i leveranspunkten från 207 V till 244 V. Om dessutom kunden har ytterligare 4 % spänningsfall i installationen, vilket är tillåtet enligt starkströmsföreskrifterna, innebär det att spänningen kan vara mellan 198 V, och 244 V i ett godtyckligt vägguttag.

Övertoner

Övertoner är spännings- eller strömkomponenter med en frekvens som är en heltalsmultipel av nätfrekvensen 50 Hz och som överlagrade på den ordinarie spännings- och strömkurvan är ett mått på en periodiskt återkommande deformation av sinuskurvan. I våra elnät uppträder framför allt övertoner av udda ordningstal. Övertoner av jämna ordningstal uppkommer endast om spänningens positiva och negativa halvperioder deformeras olika. Individuella övertoner anges normalt i procent av grundtonen, men anges ibland som absolutvärde.

$$\frac{U_n}{U_1} * 100 \% \text{ för spänning och}$$

$$\frac{I_n}{I_1} * 100 \% \text{ för ström}$$

Ett annat begrepp som är av intresse är THD-värdet, den totala harmoniska distorsionen.

$$THD = 100 \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{U_n}{U_1} \right)^2} \% \quad THD = 100 \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2} \%$$

THD i spänningen THD i strömmen

n anger övertonsnummer t.ex. 5:e övertonen är $n=5$.

U_1 resp. I_1 anger grundtonen 50 Hz delen i spänningen respektive strömmen.

THD är ett mått på avvikelser från sinusformen.

Hur uppkommer övertoner?

Olinjära belastningar ger upphov till övertoner genom att förhållandet mellan ström och spänning inte är konstant under en period.

Om vi ansluter en olinjär belastning till elnätet kommer den att dra en ström som avviker från sinusformen, vilket ger upphov till övertoner. Strömmen kommer att orsaka motsvarande spänningsfall, vilket förvränger spänningskurvas sinusform, och ge motsvarande övertoner i spänningen.

Storleken på spänningsfallet beror på nätets impedans, eller med andra ord, kortslutningseffekten. Förenklat kan man säga att högre kortslutningseffekt ger lägre amplituder på spänningsövertoner. Övertoner kan förstärkas kraftigt bl.a. på grund av resonans mellan elnätets induktanser och de kapacitanser som finns i kabelnätet samt i de kondensatorer för faskompensering som förekommer.

Exempel på laster inom industrin som ger övertoner är statiska omriktare och ljusbågsugnar. Även i hemmen och på kontor finns övertonskällor i form av lågenergislampor, lysrörsarmaturer, datorer och annan hemelektronikutrustning.

Sinuskurvor som beskriver förhållandet mellan ström och spänning
 I = ström, U = spänning

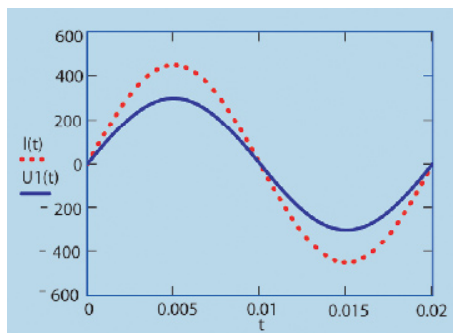


Fig. 5
 Linjär last – ger inga övertoner. Konstant förhållande mellan ström och spänning

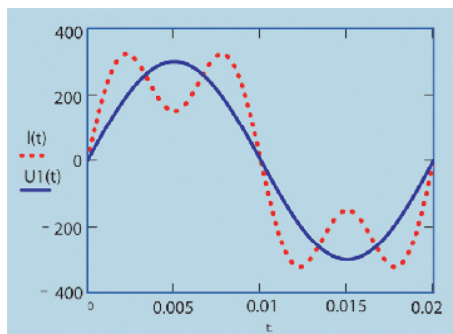


Fig. 6
 Olinjär last – ger övertoner. Inte konstant förhållande mellan ström och spänning

Förekomst av övertoner

Övertonshalten i elnät anges med storheten THD, se definition på sidan 10. För THD i spänning används ibland indexet u , THD_u . Den vanligaste enheten är procent.

Lågspänning 400 – 690 V

Internt för en stor industri $THD_u = 3 - 6 \%$
 Allmän distribution $THD_u = 1 - 6 \%$

Mellanspänning 6 till 40 kV $THD_u = 1 - 5 \%$

Högspänning 130 till 400 kV $THD_u < 2 \%$

SS-EN 50 160 anger 8 % som maxvärde för THD_u i elnät för allmän distribution.

Skada orsakade av övertoner

Övertoner ger upphov till ökade förluster i apparater och kablar. Kondensatorer avsedda för faskompensering kan bli överbelastade och haverera eller få en förkortad livslängd.

Den tredje övertonen i strömmen adderar sig i nollledaren som därmed kan bli överbelastad och ge upphov till vagabonderande strömmar. Övertoner av höga ordningsnummer t.ex. den 23:e och 25:e kan orsaka missljud i olika apparater. Övertoner ger även upphov till pulserande moment hos roterande maskiner och kan orsaka lagerskador.

Övertoner av höga ordningsnummer kan också i vissa fall uppfattas som brum i analoga telefonsystem. Andra effekter av höga övertonsamplituder, som exempelvis kan uppstå vid lokal resonans, kan få klockor att skena, ge kraftiga missljud i olika apparater och fel i utrustningar. Amplituden kan bli så stor att "falska" nollgenomgångar kan uppstå, vilket gör att apparater (t.ex. klockor) kan registrera en annan frekvens än 50 Hz.

Åtgärder och gränser

Övertonsproblem åtgärdas på olika sätt beroende på orsak och verkan. I exempelvis kontorsfastigheter med många datorer, där stora övertonströmmar kan orsaka överbelastning i nollledaren, kan en lämplig lösning vara att öka arean i nollledaren. Är problemet överhettade kondensatorbatterier i nätet kan någon typ av övertonsfilter installeras. Dessa kan vara antingen passiva eller aktiva filter.

I distributionsnät får man en gynnsam sammanlagring av övertoner från 1-fasiga övertonskällor och 6-puls omriktare, vilket innebär reduktion av 5:e och 7:e övertonerna.

I större industrier kan man öka pulstalet på statiska omriktare genom att använda 12-puls omriktare. Detta kan även uppnås med hjälp av olika kopplingsgrupper på de transformatorer som matar varje 6-puls omriktare.

Exempel

Två transformatorer med kopplingsgruppen Dyn11 som matar var sin 6-puls omriktare ges kopplingsgruppen Yyn. De två transformatorerna bildar då tillsammans en 12-puls omriktare. På det sättet reducerar man 5:e och 7:e övertonerna mot överliggande elnät. Lösningen förutsätter dock separata transformatorer för

varje omriktare. På samma sätt kan ”konstgjorda” 24 puls omriktare åstadkommas.

En annan lösning är att efter analys förstärka nätet för att höja kortslutningseffekten. Man kan även separera störande och störd utrustning.

En mycket verksam åtgärd mot övertoner är att ta bort eller begränsa emission av övertoner från apparater.

Standarden SS-EN 61000-3-2 anger gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström högst 16 A per fas och gäller för apparater i huvudsak avsedda för användning i bostäder och kontor.

Standarden IEEE std 519-1992 (IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems) anger gränser för emission av övertoner från enskilda elanvändare och laster. Gränsvärden baseras på förhållande mellan kortslutningsström och abonnerad ström (lastström). Observera att IEEE std 519-1992 inte är en svensk standard.

Svensk Energi anger i sitt dokument, ”Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänningen över 1000 V” gränsvärden för tillåten emission av strömövertoner.

Flimmer

Flimmer (eng. flicker) är snabba variationer i spänningens effektivvärde, man säger att spänningen blir modulerad. Variationerna ger upphov till ljusflimmer från belysningskällor. Flimmer mäts med ett flimmerinstrument. Mätresultatet baseras på en typkurva som motsvarar det subjektiva intrycket av hur ögat uppfattar ljusflimmer från en gasfylld 60 W glödlampa anslutet till en spänning på 230 V, 50 Hz. Typkurvan bygger på en referensgrupps upp-

fattning om hur störande olika stora och snabba spänningsvariationerna är. När hälften av personerna i referensgruppen upplever flimmer i belysningen som störande, anger detta gränsvärdet för flimmer.

Från flimmerinstrumentet erhålls ett s.k. Pst (short time severity)-värde var 10:e minut. Om $Pst > 1$ säger man att flimmer irriterar, och om $Pst < 1$ att flimmeret inte stör.

Ett ytterligare kriterium är Plt, där It står för ”long time severity”, avser successiva 2-timarsvärden.

Hur uppkommer flimmer?

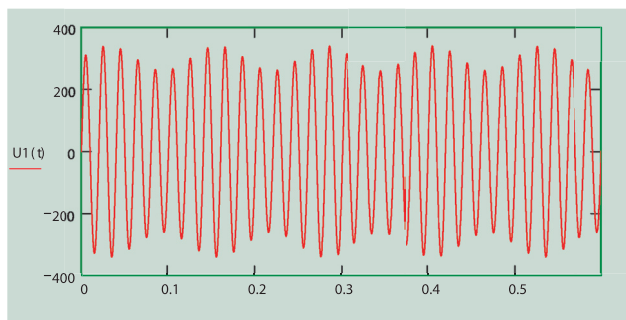
Typiska orsaker till flimmer på högre spänningsnivåer är ljusbågsugnar. Deras störningar kan breda ut sig i elnäten över relativt stora geografiska områden. Lokalt, och vid lägre spänningsnivåer, kan svetsapparater, kopieringsmaskiner, värmepumpar, hissmotorer och kompressorer etc. vara källor till flimmer. I samtliga fall är det de mycket snabba lastvariationerna som påverkar spänningen. Även vindkraftverk kan ge upphov till flimmer. Förenklat kan man säga att det är förhållandet mellan variationer i belastningen och kortslutningseffekten i punkten som är avgörande för flimmernivån.

Nivåer

I närheten av stora ljusbågsugnar är ett Pst-värde på 1,0 svårt att uppnå. Ett exempel är Fundia i Smedjebacken, som är ansluten till en egen 400/130 kV transformator i Morgårdshammar. De har idag en av Sveriges största stålugnar, vilket tydligt märks på flimmernivån. På 400 kV-nivån ligger Pst värdet på 1,7.

På samma 400 kV-skena i Morgårdshammar finns ytterligare transformatorer på 400/130 kV

Fig. 7
Modulerad spänning



och två stycken på 145/20 och 20/0,4 kV anslutna till lågspänningsnätet i Ludvikaområdet, där flimret når ett Pst-värde på 1,4.

I lågspänningsnät som inte är anslutet i närheten av stålugnar är vanligtvis nivåerna låga. Pst-värdet brukar ligga runt 0,3 - 0,6. Lokalt, vid exempelvis svetsning, kan höga Pst-värden i storleksordning 1,5 till 2,5 förekomma.

Vilken skada orsakar flimmar?

Flimmer är störande när det förekommer på lågspänningsnätet. Vanligtvis är spänningsfluktuationer så små att de inte är störande på tekniska system. Problemet med flimmar är att människor upplever elektrisk belysning som obehaglig, men det som är störande för en person kan orsaka mindre problem för en annan.

Nyare installationer med s.k. HF-don och lågenergilampor ger betydligt mindre flimmar vid en given spänningsfluktuation än en glödlampa.

Åtgärder

För att öka tåligheten mot flimmar kan en lösning på problemet vara att byta ut vanliga glödlampor till lågenergilampor

Man kan också installera seriereaktorer på den störande lasten eller styrd kompensering som motverkar lastens reaktiva effekttag. En kostsam lösning är att öka kortslutningseffekten med förstärkningar av elnätet.

Mer information

Begränsning av emission av flimmar från apparater.

SS-EN 61000-3-3 (+tillägg)

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) gränser för spänningsfluktuationer och flimmar i lågspännings-distributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16A. Standarden är ett harmoniserat dokument som gäller enligt EMC-direktivet och gäller apparater i huvudsak avsedda för användning i bostäder och kontor.

SS-EN 61000-3-11

Begränsning av spänningsfluktuationer och flimmar i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 75 A och för vilka särskilda anslutningsvillkor gäller.

Spänningsosymmetri

En symmetrisk trefassspänning karaktäriseras av två olika egenskaper. De tre fasspänningarna har samma amplitud, och den inbördes fasförskjutningen är lika stor. Om någon eller båda av dessa egenskaper saknas, säger man att spänningen är osymmetrisk. Som mått på osymmetrin anges minusföljdskomponenten U_- i relation till plusföljdskomponenten (den önskade trefassspänningen) U_+ , uttryckt i procent. Minusföljdskomponenten beräknas med särskilda metoder och kan sägas representera ett trefasssystem med omvänd fasföljd.

Hur uppkommer osymmetri?

I högspänningsnät är det oftast osymmetriskt motstånd, impedanser, orsakade av luftledningarna som ger obalans. Osymmetri i lågspänningsnät orsakas av obalanserade laster (enfasiga laster).

Förekomst av osymmetri

I de flesta fall är osymmetrin under 1 %, men lokalt i lågspänningsnät kan värden upp mot 2 % förekomma.

Skador

Osymmetri kan orsaka överlast på olika växelströmsmaskiner. Frekvensomriktare kan sluta att fungera och omriktare genererar övertoner vid fler frekvenser än karaktäristiska.

Frekvensomriktare kan få problem redan vid en osymmetri på 1 %, enligt tillverkare 1,5 %.

Åtgärder

Det bästa är naturligtvis att angripa själva orsaken till osymmetrin, t.ex. bättre skruvade högspänningsledningar, eller att arrangera om belastningar så att bättre balans erhålls.

Transienter

En transient är en mycket snabb och övergående förändring på spänningsamplituden, populärt kallad "spänningsspike" eller bara "spike". En transient kan vara av två typer; icke oscillerande (svängande) "spike", som överlagras på spänningen och oscillerande (överlagrade) överspänningar.

Uppkomst

Transienter kan komma från överliggande elnät genom åsknedslag eller genom kopplingar ute i elnäten. I lokala elnät, t.ex. industrinät, kan skadliga transienter uppkomma vid till- och frånslag av tyngre elutrustningar. I lågspänningsnät kan transienter uppstå vid brytning av induktiva laster, exempelvis motorer.

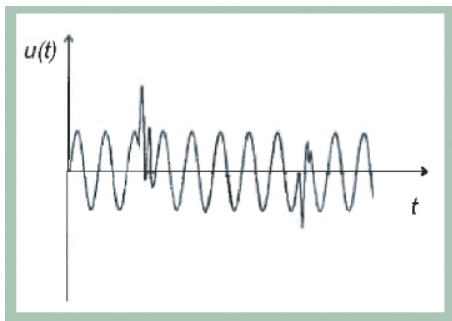


Fig. 8
Vanligt förekommande transient

Förekomst

Kopplingsöverspänningar

Mätningar i ett typiskt stadsnät visar att det kan förekomma ofta upprepade transienter med några 100 V toppvärde; värden över 800 V är ytterst sällsynta.

Atmosfäriska överspänningar typiska värden

Jordkabelnät med icke ringa utsträckning, eventuellt med luftledningar och obetydligt exponerade för närbelägna blixtnedslag, har vanligen transienta överspänningar med ett toppvärde mellan 100 och 800 V, i sällsynta fall 1 à 2 kV.

Lufyledningsnät

Atmosfäriska överspänningar inom lågspänningsinstallationer, erhållna vid närbelägna blixtnedslag, kan nå amplituder på 6 - 10 kV, beroende på den matande anläggningens egen överslagshållfasthet. Mot rörledningar och/eller telesystem kan i vissa situationer avsevärt högre överspänningar förekomma.

Skador

Elektronik är känslig för transienter. Inom industri, sjukvård och handel finns datorer, teleutrustning och olika typer av styrsystem som kan skadas och därmed orsaka allvarliga störningar i verksamheten. I hemmen finns idag också en stor mängd elektronisk utrustning. Avgörande för om en transient kan orsaka skada är amplitudens storlek, energiinnehållet och den utsatta apparatens isolationshållfasthet.

Åtgärder

Problem som orsakas av transienter åtgärdas olika beroende på typ av problem och anläggning. I en industri kan en billig åtgärd vara att styra inkoppling av t.ex. kondensatorbatterier, så att detta sker innan man slår till känslig utrustning.

Skydd mot åska

Åska genererar transienta pulser i alla ledningsnät och det är mycket lite man kan göra ute i ledningsnäten för att förhindra detta. Avgörande åtgärder måste utföras i de objekt där ledningarna avslutas. Där måste man se till att samtliga inkommande ledningsnät under hela det dramatiska förloppet har så lika potential som möjligt i alla ögonblick, vilket kan åstadkommas med ett inledningsskydd.

För att ett inledningsskydd ska fungera krävs att induktansen i det spänningsutjämnande elementet begränsas till mycket små värden. För att klara detta krävs i allmänhet omläggning av vissa ledningsserviser.

Med ett fungerande inledningsskydd får ledningsnäten en likartad potential, samtidigt som potentialskillnaden mellan byggnadens installationer och omgivande mark kan bli så stor att byggnadsskador kan bli följden. För att förhindra det slaget av skador krävs ett markspänningsskydd i form av en ringledare runt objektet. Ringledarens uppgift är att potentialutjämna marken närmast byggnaden så att den blir ofarlig att besöka. Ringledaren förläggs med hänsyn till berörings- och stegspänningsrisker. Stegspänningen är den spänning som kan uppstå mellan fötterna på en person som har steglängden c:a 1 meter.

Inlednings- och markspänningsskydd ger skydd mot åskans alla effekter, utom direkta inslag, som dessbättre är sällsynta. Skydd mot direkta inslag kräver ett inslagsskydd.

Bilaga 1

Korta sammanfattningar av aktuella standarder

SS-EN 50 160

Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution.

SS-EN 50 160 anger huvudegenskaperna hos spänningen i kundens anslutningspunkt i ett allmänt distributionsnät för låg och mellanspänning under normala driftförhållanden. Standarden anger gränser, eller värden mellan vilka alla elanvändare kan förvänta sig att spänningens egenskaper bibehålls i hela Europa, vilket dock inte innebär en typisk situation i ett allmänt distributionsnät.

Spänningsegenskaperna i denna standard är inte avsedda som EMC-nivåer eller gränsvärden för emission av ledningsbundna störningar i allmänna distributionsnät. Syftet är inte heller att direkt definiera fodringar i produktstandarder, men bör beaktas. Notera att en utrustnings funktion kan påverkas om utrustningen utsätts för distributionsförhållanden som inte beaktas i produktstandard.

SS-EN 50 160 anger krav på hur de olika parametrarna skall mätas. Standarden medger kortvariga avsteg, eftersom vissa parametrar bara gäller 95 % av tiden.

Vad som anges i SS-EN 50 160 kan upphävas helt, eller delvis, genom särskilda villkor i kontrakt mellan enskilda elanvändare och elleverantören.

SS-EN 61000-2-2

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 2 - Miljöförhållanden - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalöverföringar på elnät.

SS-EN 61000-2-2 är en miljöbeskrivande EMC-standard som behandlar ledningsbundna störningar i frekvensområdet 0 - 9 kHz, för signalering på elnätet dock upp till 148,5 kHz. Den anger kompatibilitetsnivåer för allmänna distributionsnät för lågspänning med en nomi-

nell spänning av högst 420 V enfas, eller 690 V trefas och 50 eller 60 Hz nominell frekvens.

Kompatibilitetsnivåerna gäller i den gemensamma anslutningspunkten. Nivåerna är specificerade för elektromagnetiska störningar av de slag som kan förväntas i allmänna distributionsnät för lågspänning. De är avsedda att tjäna som vägledning för att fastställa gränser för emission av störningar till allmänna distributionsnätet och planeringsnivåer samt immunitetsgränser.

SS-EN 61000-2-4

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) De1 2 - 4: Miljöbetingelser - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa störningar och signalöverföringar på industrinät.

Denna standard behandlar förutsättningarna för Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) för industriella och icke publika elnät. Dessa nivåer är relevanta för störningar som kan uppstå i elnätet under normala driftförhållanden.

Standarden behandlar de avvikelser (amplitud, frekvens, spänningssymmetri och kurvform) från normal nätspänning som kan förväntas i industrinätets kopplingspunkt.

De elektromagnetiska kompatibilitetsnivåerna är uppdelade i tre svårighetsgrader med avseende på matande nät.

Klass 1

avser ett elnät för favoriserad kraft i en industrianläggning, t ex för matning av datorer och styrsystem.

Klass 2

motsvarar ungefär de störnivåer vi kan förvänta på det allmänna elnätet

Klass 3

avser ett industriellt elnät som kan innehålla svåra laster med hög nätåterverkan och därmed ställer stora krav på immunitetsnivå för anslutna apparater.

SS-EN 61000-2-12

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 2 - 12: Miljöförhållanden - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalöverföringar på mellan-spänningsnät.

SS-EN 61000-2-12 är en miljöbeskrivande EMC-standard som behandlar ledningsbundna störningar i frekvensområdet 0 kHz till 9 kHz, för signalering på elnätet dock upp till 148.5 kHz. Den anger kompatibilitetsnivåer för allmänna distributionsnät för mellanspänning med en nominell spänning mellan 1 kV och 35 kV trefas och 50 eller 60 Hz nominell frekvens. De i standarden angivna kompatibilitetsnivåerna gäller i den gemensamma anslutningspunkten. Kompatibilitetsnivåerna är specificerade för elektromagnetiska störningar av de slag som kan förväntas i allmänna distributionsnät för lågspänning, avsedda att tjäna som vägledning för att fastställa gränser för emission av störningar till allmänna distributionsnätet och planeringsnivåer samt immunitetsgränser

SS-EN 61000-3-2 (+tillägg)

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 3-2: Gränsvärden för övertoner förorsakade av apparater med matningsström högst 16 A per fas.

Standarden är ett harmoniserat dokument som gäller enligt EMC-direktivet och gäller apparater i huvudsak avsedda för användning i bostäder och kontor.

SS-EN 61000-3-3 (+tillägg)

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) gränser för spänningsfluktuationer och flimmer i lågspännings- distributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16 A.

Standarden är ett harmoniserat dokument som gäller enligt EMC-direktivet och för i huvudsak bostäder och kontor.

Svensk Energi, Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänning över 1000 V.

Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänning över 1000 V, anger måtet för ett antal kvalitetsparametrar för leveranser över 1000 V, som både nätägare och kund bör följa för att begreppet "god teknisk praxis" i NÄT 2000 H skall vara uppfyllt. Den anger även gränsvärden för tillåten emission av strömvärtoner. Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänningen över 1000 V kan användas som avtal mellan nätägare och kund.

Sammanställning av standarder per elkvalitetsfenomen

Långsamma variationer i matningsspänningen, lågspänning

Förutom de angivna gränserna för spänningen, tillåts ytterligare 4 % spänningsfall i kundens installation, vilket innebär att spänning kan vara 198 V i kundens vägguttag. Den utrustning kunden ska ansluta bör därför ha ett driftspänningsområde på 198 – 244 V.

SS-EN 50 160

Hänvisning till HD 421 S1, som finns i svensk standard 421 01 05, utgåva 3, och är omnämnd i det nationella förordet till S-EN 50 160.

HD 472 S1 gäller till år 2008.

Detta innebär att spänningen får variera mellan 207 – 244 V.

SS-EN 61000-2-2

Anger ingen kompatibilitetsnivå för långsamma variationer i matningsspänningen.

Apparatstandarder

Motorer tillverkade enligt SS-EN 50034-1 ska klara ett driftspänningsområde som är märkspänningen ± 5 %

Maskiner tillverkade enligt SS-EN 60204-1 ska klara ett driftspänningsområde som är märkspänningen ± 10 %.

Osymmetri, lågspänning och högspänning

SS-EN 50 160

Under normala driftförhållanden skall, under varje period av en vecka, 95 % av antalet 10 minuters medelvärden av effektivvärdet av matningsspänningens minusföljdskomponent vara inom 0 till 2 % av plusföljdskomponenten.

SS-EN 61 000-2-2 Obs lågspänning

Denna standard anger max 2 % minusföljdskomponent som kompatibilitetsnivå i lågspänningsmatningar.

Apparatstandarder

Motorer tillverkade enligt SS-EN 50034-1, Roterande Elektriska Maskiner- Del 1: Märkdata och driftsegenskaper.

Trefas motorer skall vara anpassade för en minusföljd komponent som inte överstiger 1 % av plusföljdskomponenten för en längre mätperiod eller 1,5 % för en kort mätperiod (några minuter). Nollföljdskomponenten får inte överstiga 1 % av plusföljdskomponenten.

Trefas motorer skall klara att gå med en minusföljd komponent < 2 % men det får påverka livslängden på motorn.

Maskiner enligt SS-EN 60204-1, Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning

Varken spänningens minusföljdskomponent eller dess nollföljdskomponent får överstiga 2 % av plusföljdskomponentens.

Flimmer och snabba spänningsändringar

SS-EN 50 160

För normala driftförhållanden gäller att P_{lt} skall vara högst 1 för 95 % av tiden för en veckomätning.

SS-EN 61 000-2-2

Kompatibilitetsnivåerna är: $P_{st} = 1$ $P_{lt} = 0.8$
Apparatstandarder.

Apparatstandarder

SS-EN 61000-4-11

Provning av immunitet mot kortvariga spänningssänkningar, spänningsavbrott och spänningsvariationer.

Observera att detta är en provningsstandard, som INTE anger gränsvärden för immunitet eller emission.

Övertoner

SS-EN 50 160

OBS mätprincip och 95 % värden.

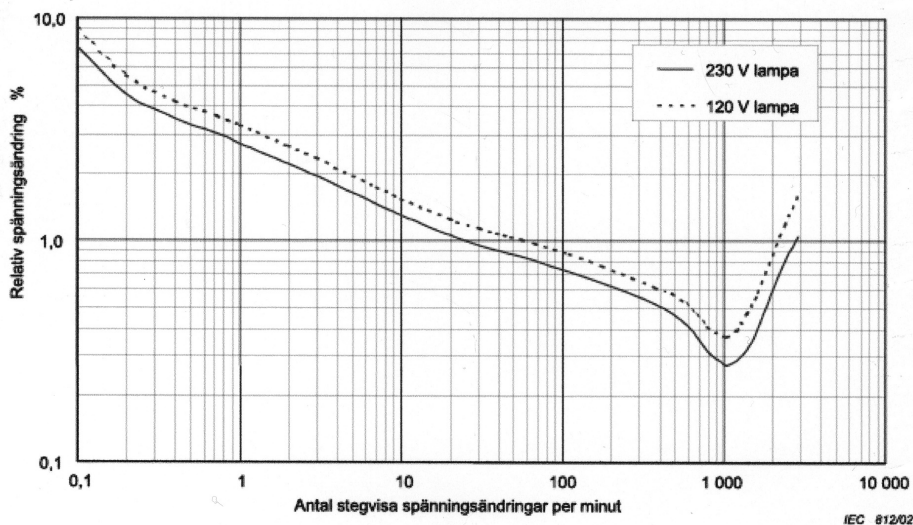


Fig. 9

Flimmer – Kurva för likvärdiga flimmervärden ($P_{st}=1$) för stegvisa spänningsändringar i distributionssystem för lågspänning.

Övertoner i anslutningspunkten

Total övertonshalt THD (total harmonic distortion)
maximalt 95 %-värde 8 %.

Udda övertoner icke multipler av 3

Ordning	5	7	11	13	17	19	23	25
Relativ Spänning	6 %	5%	3,5 %	3 %	2 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %

Udda övertoner multipler av 3

Ordning	3	9	15	21
Relativ Spänning	5 %	1,5 %	0,5 %	0,5 %

Jämna övertoner

Ordning	2	4	6..24
Relativ Spänning	2 %	1 %	0,5 %

SS-EN 61000-2-2

Udda övertoner ej multipl av 3		Udda övertoner multipl av 3		Jämna övertoner	
Ordning <i>h</i>	Relativ spänning %	Ordning <i>h</i>	Relativ spänning %	Ordning <i>h</i>	Relativ spänning %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,4	6	0,5
13	3	21	0,3	8	0,5
17 ≤ <i>h</i> ≤ 49	2,27x (17/ <i>h</i>) - 0,27	21 ≤ <i>h</i> ≤ 45	0,2	10 ≤ <i>h</i> ≤ 50	0,25x(10/ <i>h</i>)+0,25
De värden som angivits för de udda övertoner som är en multipl av tre avser nollföljdsövertoner. I trefasnät, utan neutralledare, eller där det inte finns någon last ansluten mellan fas och jord, kan värdena för tredje och nionde övertonerna till följd av obalans i systemet väsentligt understiga kompatibilitetsnivåerna.					

Tabell 1.
Kompatibilitetsnivåer för enskilda övertoner i lågspänningsnät angivet som effektivvärde i procent av grundtonens effektivvärde.

Apparatstandarder

Motorer tillverkade enligt SS-EN 50034-1, Roterande Elektriska Maskiner- Del 1: Märkdata och driftsegenskaper.

Maximal övertonshalt enligt nedanstående ekvation.

HVF (harmonic voltage factor) i nedanstående ekvation är ett vägt värde!

$$HVF = \sqrt{\sum \frac{U_n^2}{n}}$$

Un = relativ övertonshalt i spänningen
n = ordningsnummer för övertoner

HVF tillåts maximalt uppgå till 0,02

Maskiner enligt SS-EN 60204-1,
Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning.

Övertonshalten, bestämd som summan av 2:a t o m 5:e övertonerna, får inte överstiga 10 % av spänningens totala effektivvärde. För summan av 6:e t o m 30:e deltonerna tillåts ytterligare 2 %.

Bilaga 2

Litteraturförteckning

Referenser

- 1 Förordning (1993:1067) om elektromagnetisk kompatibilitet.
- 2 Elsäkerhetsverkets författningssamling om elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) samt allmänna råd om dessa föreskrifters tillämpning. ELSÄK-FS 2003:2. Elsäkerhetsverket 2003
- 3 Svensk Standard: Anslutning av lågspänningsinstallationer till Elnätet. SS 437 01 40. SEK 2000.
- 4 Svensk Standard: Standardspänningar för överföring och distribution av elenergi. SS 421 05 01. SEK 2002.
- 5 Svensk Standard: Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution. SS-EN 50 160. SEK 2000.
- 6 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del -2: Miljöförhållanden – Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalöverföringar på elnät. SS-EN 61000-2-2. SEK 2003
- 7 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 2 - 4: Miljöbetingelser - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa störningar och signalöverföringar på Industrinät. SS-EN 61000-2-4. SEK 2003
- 8 Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänningen över 1000 V. Svensk Energi
- 9 Assessment of emission limits for disturbing loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication ICE 1000-3-6. IEC 1996.
- 10 Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication ICE 1000-3-7. IEC 1996.
- 11 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power systems. IEEE std 519-1992.
- 12 Svensk Standard: Roterande elektriska maskiner – Del 1: Märkdata och drift-egenskaper. SS-EN 60034-1, SEK 1999
- 13 Svensk Standard: Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning. SS-EN 60204-1. SEK 1998.
- 14 Svensk Standard: Provning av immunitet mot kortvariga spänningssänkningar, spänningsavbrott och spänningsvariationer. SS-EN 61000-4-11 (+tillägg). SEK 1995 och 2001.
- 15 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 3-2: Gränser för övertoner förorsakade av apparater med matningsström högst 16 A per fas SS-EN 61000-3-2 (+tillägg). SEK 1995, 1997, 1998, 2000 och 2001.
- 16 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 3: Gränsvärden - Begränsning avspänningsfluktuationer och flimmer i lågspänningsdistributionssystem förorsakade av apparater med märkström högst 16 A. SS-EN 61000-3-3 (+tillägg) SEK 1995, 1997 och 2001.
- 17 Friman E: Förslag till gränser och ansvars fördelning rörande elkvalitet. Teknisk rapport nr S94-056, STRI 1994.
- 18 Berglund S-E: EMC - kravspecifikation för kontrollutrustning och strömriktare till tryckpress, SEB-Elkonsult 1997.
- 19 Berglund S-E: Föreläsnings kompendium hösten 1999, SEB-Elkonsult 1999.
- 20 Axelberg Peter: Measurement Methods for Calculation of the Direction to a Flicker Source, Chalmers 2003.
- 21 Lundquist Johan: On Harmonic Distortion in Power Systems, Chalmers 2001.
- 22 Spänningskvalitet, Wilhelm Liander Stockholm Energi AB.
- 23 Basnivå för elkvalitet, Göteborgs Energi Nät AB, 1997.
- 24 Vattenfalls elkvalitetsblad.

- 25 Power Quality in European Electricity Supply Networks – 1st edition. Eurelectric. February 2002.
- 26 Rapport 96:15 Förslag till definitioner och mätmetoder för elkvalitet, Elforsk 1996.
- 27 PQ Madrid, EMC and PQ, Practical and strategic aspects of the ongoing development (EMC), Gerhard Bartak, VEÖ, Vienna, Austria.
- 28 PQ Madrid, PQ and EMC Generalities (part 1), and Harmonics (part 2), Jose Iglesias UNESA, Madrid Spain.
- 29 PQ Madrid, PQ in the light of liberalisation and mass market equipment, Ralf Gretsch Institute for Electrical Systems, Technical University Nürnberg, Germany.
- 30 Riktvärden för elnätsgarnas leverans-kvalitet. Svensk Energi, 2001.
- 31 Wahlström Bo, Teknisk elkvalitet i transmissionsnät 40 – 400 kV, STF 1997.
- 32 Gustavsson, Reidar, Praktisk Elkvalitet Betaversion, NORDBO Kraftteknik AB 2003.
- 33 Ridell Gunnar, Ny europeisk standard för spänningen i elnätet, ERA nr 5, 2000.
- 34 Häger Mats m.fl. Elvis- del 2, Lägre elkvalitetsrelaterade störningskostnader för skogsindustrin.
- 35 ELFAkatalogen nr 50.

Bilaga 3

Ordlista

De ord som finns här är inte definierade i dokumentet i övrigt

Dipp, Spänningsdipp	Kortvarig spänningssänkning ofta bara upp till några hundra millisekunder [ms] eller kanske 10 tal perioder. Spänningen sänks sällan helt till noll.
EMC	Electro Magnetic Compatibility, på svenska; elektromagnetisk förenlighet.
Emission	Utsändning eller utstrålning av ledningsbunden eller icke ledningsbunden elektromagnetisk störning.
Faskompensering	Metod att med olika slags utrustning kompensera lokalt stor förbrukning av icke önskvärd reaktiv effekt.
Frekvensomriktare	Kraftelektronisk utrustning för varvtalsreglering av asynkronmotorer. Genom att variera frekvensen i den matande spänningen till asynkronmotor kan varvtalet regleras.
HF-don	Elektroniskt don i lysrörsarmatur med samma elektronik som i lågenergilampor.
Induktans/Induktor	Elektrisk storhet med sorten H [Henry] och elektrisk komponent (en spole) som i ett växelströmssystem används för att lagra energi eller ändra fasvinkel (tidsförskjutningen) mellan spänning och ström. Induktans kan också vara utbredd efter en lång ledning. För likström uppvisar en induktans låg resistans. För växelström uppvisar en induktans ökande impedans med ökande frekvens hos växelströmmen. Induktanser används ofta som komponenter i olika filterkretsar och som strömbegränsande och svängningsdämpande element.
Immunitet	Tålighet eller motståndskraft mot olika former av elektromagnetisk störning ledningsbundet eller icke ledningsbundet.
Impedans	Benämning på motstånd mot växelström. Motstånd i en krets för växelström kan beroende på dess utformning variera med växelströmmens frekvens. En växelströmskrets kan innehålla resistans, induktans och kapacitans, vilka samtliga bidrar till kretsens impedans.

Kapacitans/kondensator	Elektrisk storhet med sorten F [Farad] och elektrisk komponent som i ett växelströmssystem används för att lagra energi eller ändra fasvinkel (tidsförskjutningen) mellan spänning och ström. För likström uppvisar en kondensator hög resistans, i praktiken avbrott. För växelström uppvisar en kapacitans minskande impedans med ökande frekvens hos växelströmmen. Kapacitans kan också vara utbredd efter en lång ledning.
Kondensatorbatteri	Flera serie eller parallellkopplade kondensatorer.
Kopplingsgrupp för transformatorer	Transformatorlindningar kan kopplas på olika sätt och kan därigenom ändra fasvinklar mellan primär och sekundär spänning.
Kortslutningseffekt	En hjälpstorhet som beskriver elnätets elektriska styvhet. Högre kortslutningseffekt ger mindre påverkan på spänningen vid inkoppling av laster.
Ljusbågsugn	Ugn för elektrisk smältning av stål med hjälp av hög ström.
Lågspänningsavledare	Skyddskomponent mot övergående transienta överspänningar. Här för lågspänning. Skyddet verkar genom att kortsluta en ledning till jord om spänningen t.ex. vid åska skulle få otillåtet hög nivå och därigenom skada elinstallationen genom överslag och förstörelse av ledningsisolationen.
Modulation/Modulerad	Periodiskt varierande amplitud hos en växelspänning och där amplitudvariationen har en betydligt lägre frekvens än den modulerade växelspänningen. Alternativt beskrivet: Varierande amplitud av grundfrekvens med fast eller varierande frekvens.
Nolledare	Returledaren i trefassystemet som ansluts till den så kallade nollpunkten i y-kopplad trefas transformator.
Nominell spänning	Den spänning som är den nominella i det svenska växelströmssystemet är 230 volt.
Period	Växelspännings fullständiga svängningsförlopp från noll till max positiv genom noll till max negativ och till noll igen. Vid 50 Hz tar detta 20 ms.
Planeringsnivå	Planeringsnivån är ett gränsvärde för ett nätavsnitt och som används då störningsutrymmet ska fördelas mellan större laster och installationer i nätavsnittet.

Plus-, minus-, nollföljdskomponent	En beskrivning av spännings- eller strömkomponent i en speciell beräkningsmetod som används vid beräkningar inom trefasssystemet.
Reaktiv effekt	Effektslag i trefasssystemet som inte producerar nyttigt arbete.
Resonans	Färligt instabilt tillstånd i elektriska system och kretsar. Självsvängning med stark förstärkning, vilket kan leda till förstörelse av ingående komponenter p.g.a. otillåtet hög spänning eller ström.
Seriereaktor	I serie liggande induktans.
Statisk omriktare	Annat namn för omriktare utförd med kraftelektronik.
Topplina	Åskskyddslina ovanför högspänningsledning.
Transient	Ofta pulsformad våg eller diskontinuitet som överskrider de normala fortvarighetstillstånden i ett elektriskt ledningssystem, och som kommer överlagrat på den riktiga kurvformen.
Underspänning	Spänning som är lägre än normal driftspänning. För vanlig 230 V leveranser är spänning under 207 V i leveranspunkten alltså underspänning.
Urladdningslampa	Lamptyp som används för belysning av bl a gator och idrottsplatser.
Vagabonderande strömmar	Strömmar i installationer och nät som på olika sätt hittar andra returvägar än avsett i elsystemet, genom andra metalliska ledningar eller strukturer t.ex. byggnadsstommar till spänningskällans jordtag.
Vågform	Växelspänningens kurvform, vanligen sinusform.
Övertoner	Orenhet i sinuskurvas form, grundton och grundfrekvens beroende på belastningens återverkan på distributionsnät och generator. Sinuskurvan får då frekvensinnehåll som uttrycks i multipler av grundtonen 50 Hz. Detta kallas övertoner. Dessa strömmar med högre frekvenser leder till orenheter i driften och högre förluster, eftersom systemet inte är konstruerat för dessa strömmar.
6, 12, 24 – puls omriktare	Likriktare eller omriktare med diod- eller tyristorkopplingar med varierande antal dioder eller tyristorer. Därigenom ges den omriktade spänningen en pulsation med respektive pulstal. Det påverkar de ordningstal som övertonerna får.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se



Teknikföretagen

Elif inom Teknikföretagen

Adress: Box 5510 114 85 Stockholm
Besöksadress: Storgatan 5
Telefon: 08-782 08 00
www.teknikforetagen.se



ELSÄKERHETSVERKET

Adress: Box 1371, 111 93 Stockholm
Besöksadress: Drottninggatan 92
Telefon: 08-508 905 00
www.elsakerhetsverket.se



Energimyndigheten

Adress: Box 310, 631 04 Eskilstuna
Besöksadress: Kungsgatan 43
Telefon: 016-544 20 00
www.stem.se