

Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet



guide för elanvändare och allmänt
sakkunniga inom elområdet



Energimyndigheten



Teknikföretagen

ELFORSK

Denna guide har sammanställts av:

Sven-Erik Berglund, SEB-Elkonsult
Reidar Gustavsson, NORBO Kraftteknik AB
Ulf Grape, Vattenfall Utveckling AB
John Åkerlund, Avbrottsfria Kraftnät UPN AB

på uppdrag av Elforskprojektet "Kunskapsplats elkvalitet"

Stockholm i november 2004

Åke Sjödin
Projektledare, Elforsk

Sammanfattning

För att säkerställa en problemfri drift ur elkvalitetssynpunkt krävs det en aktiv kund som i dialog med utrustningsleverantören beskriver de befintliga förutsättningarna ur elkvalitetssynpunkt samt även de immunitets- och emissionsnivåer som ställs på den nya utrustningen. Vid de flesta projekt är det även nödvändigt att ta upp en dialog med den lokala nätägaren för att inhämta dennes synpunkter på projektet och dess eventuella återverkan på elnätet. Utifrån den lokale elnätsägarens planeringsnivåer kan vi tilldelas ett störutrymme (tillåten emission).

Anläggningsinnehavaren måste alltid specificera den anläggning han ska upphandla. Elnätstandarder och apparatstandarder är inte i alla avseenden avstämde mot varandra och att enbart hänvisa till standarder ger inte med automatik god elkvalitet, kompatibilitet och driftsäkerhet.

I dokumentet diskuteras upphandlingsprocessen där just specificeringsskedet är avgörande för en lyckad upphandling. De viktigaste elkvalitetsfenomenen som bör specificeras i samband med en upphandling kommenteras. Några rekommenderade värden anges dock inte. Vissa värden från standarder anges som information. Kompatibilitetsbegreppet inom elkvalitet förklaras. Det är dock alltid anläggningsägaren som måste ange vad han vill kräva för sin anläggning oberoende av standarder. En anläggningssinnehavare är alltid ytterst ansvarar för sin anläggning och för att få kompatibilitet och driftsäkerhet bör han alltid i samband med upphandling tillvarata sin rätt att ställa krav. Efter leverans och vid utebliven kompatibilitet och bristande driftsäkerhet tar sällan utrustningsleverantörer eller elnätsägare något ekonomiskt ansvar om inte specifikationen och kontraktet är mycket tydlig angående krav på kompatibilitet och elkvalitet.

Om anläggningsinnehavaren har varit noggrann i sitt förarbete i samband med offertspecifikationen, så kommer de olika momenten i projektet att kunna genomföras utan tidsödande detaljdiskussioner då köparen och säljaren här har kommit överens om "alla" detaljer som berör projektet. Ofta utdragna diskussionerna som uppstår vid olika driftstörningar som ofta skylls på det lokala elnätet kan även minimeras. Vid leverans är det enkelt att verifiera alla relevanta elkvalitetsnivåer, som offertspecifikationen angivit, som objektet förväntas kunna hantera. Om eventuella brister finns i elkvalitet och dess nivåer är under angivna nivåer, så ligger problemet antagligen hos utrustningsleverantören.

Observera att det är viktigt att vi mäter elkvalitet på det lokala elnätet kontinuerligt under igångkörningstestet och provdriften. En del elkvalitetsstorheter kan kräva mätningar under mycket lång tid för att verifiera avtalade nivåer.

Dokumentets struktur

Dokumentet består av tre delar:

Del 1 är ett prefix som innehåller en checklista. Checklistan är mycket konkret och inriktad på att de viktigaste elkvalitetsaspekterna beaktas vid den tekniska specificeringen av en anläggning i samband med upphandling.

Del 2 utgör den egentliga rapportdelen. Här ges en beskrivning av var elkvalitetsaspekter kommer in i upphandlingsprocessen. De standarder som beskriver kompatibilitetsbegreppet inom elområdet redovisas och den tekniska specificeringen av de viktigaste elkvalitetsfenomen diskuteras.

Del 3 är en bilaga till rapportdelen dit hänvisningar görs. Det är huvudskriften om elkvalitet som Elforsk givit ut med namnet, "EMC, elkvalitet och elmiljö – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet"

Prefix

Beaktande av elkvalitetsaspekter vid teknisk specifikation

CHECKLISTA

Aktivitet/elkval.fenomen	Dippar		Övertoner		Obalans, sp-nivå, effektfaktor		Flimmer		Transienter		Anmärkning
	Ja ¹⁾	Nej ²⁾	Ja ¹⁾	Nej ²⁾	Ja ¹⁾	Nej ²⁾	Ja ¹⁾	Nej ²⁾	Ja ¹⁾	Nej ²⁾	
<u>Elektromagnetiska miljön</u>											
Är elmiljön känd – finns tillräckligt underlag?		3)		3)		3)		3)		3)	
Kan nuvarande elmiljö tjäna som underlag?		4)		4)		4)		4)		4)	
Elmiljön specificerad											
<u>Förslag på funktionskrav/påverkan</u>											
Finns tidigare erfarenheter av störningar?		5)		5)		5)		5)		5)	
Finns bedömning av störningskostnader?		5)		5)		5)		5)		5)	
Färdigt förslag på funktionskrav, ev. flera alternativ relaterade till störningskostnad											
<u>Teknisk/ekonomisk bedömning av olika krav</u>											
Diskussion med nätägare											
Diskussion med utrustningstillverkare											
Tekniska krav fastlagda											
<u>Teknisk specifikation</u>											
Tekniska krav formulerade	6)		6)		6)		6)		6)		
Verifikationskrav formulerade	7)		7)		7)		7)		7)		
Ekonomi-/garantibest. formulerade											
Teknisk specifikation klarställd											

- 1) Gäller även "ej relevant"
- 2) Gäller även "osäker"
- 3) Genomför kompletterande undersökning (mätning, analys etc)
- 4) Undersök/identifiera förändringar i elmiljön pga ändringar i egna installationen resp. matande nät. Diskutera möjligheter och kostnader för förbättringar.
- 5) Tag fram bästa möjliga underlag.
- 6) I första hand referens till standard/tekniska regler. Ange nivå om alternativ finns. Resterande krav noteras specifikt.
- 7) Typprovning, verkstadsprov, provdrift, beräkning och/eller annan verifiering.

Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet

- Råd för elanvändare och allmänt
sakkunniga inom elområdet**

Innehållsförteckning

Inledning	4
Elkvalitetsaspekter i upphandlingsprocessen	5
Teknisk specificering	5
Konstruktion	6
Fabrikstest	6
Montage	6
Montagetest	7
Igångkörningstestet	7
Provdrift	7
EMC-direktiv och CE-märkning	8
Kompatibilitet	9
Standarder som beskriver kompatibilitet	9
Övriga standarder och kriterier för kompatibilitet	10
Teknisk specificering av elkvalitet	12
Teknisk specificering med avseende på spänningsdippar	12
Teknisk specificering med avseende på övertoner	14
Teknisk specificering med avseende på osymmetri i spänning (obalans) ...	14
Teknisk specificering med avseende på spänningsnivå	14
Teknisk specificering med avseende på flimmer	15
Teknisk specificering med avseende på transienter	15

Inledning

Att idag ansvara för upphandlingen av teknisk utrustning till olika projekt inom svensk industri är att hantera många svåra ekonomiska och tekniska frågeställningar. Tidigare var kunderna mer aktivt engagerade i den detaljerade tekniska specifikationen och konstruktionen av den apparat eller maskin som skulle upphandlas. Företagens kompetens var inom många områden större än idag. Detta medförde att större företag hade en stab av tekniska experter med för företaget avgörande kompetens.

Nu minskar många företag sina konstruktionsavdelningar och förlitar sig alltmer på extern kompetens. Alltmer av konstruktionsarbetet överläts åt konsulter och den leverantör som väljs. Detta utifrån antagandet, att dessa trots allt är experter inom sitt område. Upphandling inriktas alltmer på inköp av en funktion utan att den specificeras tekniskt i detalj. Detta förfaringssätt kan mycket väl vara framgångsrikt och rationellt om funktionens samtliga kvantitets- och kvalitetsparametrar finns med i specifikationen för den aktuella upphandlingen.

Detta dokument behandlar de kvalitetsparametrar som har stor betydelse för objektets driftsäkerhet som många gånger starkt beror av elkvalitet och elmiljö. Vi koncentrerar oss på elkvalitet vid installation av eldrivna maskiner anslutna till elnät. Utgående från en vanlig upphandlingsprocess diskuteras var elkvalitetsfrågorna kommer in. De vanligaste elkvalitetsfenomenens parametrar diskuteras för teknisk specificering för att inte något av dessa ska lämnas åt slumpen.

En viktig del är mätningar av elkvalitet i matande elnät och i befintlig anläggning för att skaffa fram underlag till specificeringsarbetet. Dessa mätningar ger anläggningsägaren och utrustningsleverantören en god uppfattning om den elmiljö som den tänkta utrustningen skall arbeta i. Mätningarna är ett bra komplement till de av kunden angivna gränsvärdena för olika elkvalitetstorheter. Dessa mätningar är även värdefulla som en jämförelse av elkvalitet före/efter installationen av ny utrustning för att kunna påvisa eventuella försämringar/störningar som introducerats med den nya utrustningen. Det är viktigt att vid mätningen beakta att alla driftsituationer av intresse inryms under mätperioden.

Grundläggande för lyckade upphandlingar är en tydlighet, avseende krav på tålighet för bristande elkvalitet, samt krav på den nya utrustningen, så att den inte ger upphov till en försämring av befintlig elkvalitet. Det finns flera exempel på problem som har uppstått på grund av att man i upphandlingsfasen inte ställt tillräckligt stora krav på den nya utrustningen med avseende på elkvalitet. Exempelvis fick en kund problem med driftstörningar på en datastyrd maskin, efter att han hade kopplat in en ny punktsvets. Orsaken till problemen var att punktsvetsen orsakade för stora spänningsdippar.

Det kan tyckas att dokument endast lämpar sig för upphandling av kompletta fabriksenheter. Men detta dokument kan användas vid inköp av enstaka frekvensomriktare till kompletta pappersmaskiner.

Elkvalitetsaspekter i upphandlingsprocessen

Nedanstående visar en vanlig projektmodell och upphandlingsprocess som brukar genomföras i kronologisk ordning:

1. Projektstart
2. Teknisk specificering
3. Offertdiskussion
4. Upphandling
5. Konstruktion
6. Fabrikstest
7. Montage
8. Montagetest
9. Igångkörning
10. Igångkörningstest
11. Provdrift
12. Övertagande (Leverans)
13. Garanti
14. Prestandatest
15. Projektslut

Listan kan verka omfattande men det är upphandlingens storlek som bestämmer hur detaljerat vi måste behandla varje punkt. Vid små projekt kan många punkter snabbt klaras av medan köp av en större maskin eller hel anläggning kan kräva betydande arbete för varje punkt. Vi kommer inte att diskutera varje punkt i projektmodellen endast förtydliga några punkter som är av särskild vikt ur elkvalitetssynpunkt. De allra flesta organisationer som skall utföra upphandlingar har ofta en allmän kompetens runt upphandlingsprocessen.

Teknisk specificering

Vi kan konstatera att specificering är en av de viktigaste punkterna för att det slutgiltiga resultatet av vår upphandling ska bli bra. Det som vi inte specificerar under denna punkt lämnar vi åt utrustningsleverantören att själv bestämma under konstruktionsfasen av objektet. Om vi har glömt någon viktig detalj efter det att kontraktet skrivits under och konstruktionen och eller installationen redan påbörjats, kan detta misstag bli mycket svårt

och dyrbart att rätta till i efterhand. Kunden måste nästan alltid själv stå för alla ändringskostnader i detta skede!

Vi utgår ifrån att det finns en detaljerad specifikation som beskriver kvantitets- och vanliga kvalitetsönskemålen för det objekt som skall beställas. Hur kommer elkvalitetsaspekterna in i specificeringen?

Det är lätt att förledas att tro att den el som levereras i våra elnät är en produkt som inte har några kvalitetsproblem. Men elnätet är utsatt för påverkan som ligger utanför nätägarens kontroll, t.ex. åska. Elnätet kan även drabbas av störningar som orsakas av andra anslutna abonnenter i det lokala elnätet.

Det är lätt att hänvisa till att en maskin och dess ingående apparater skall uppfylla gällande standarder. Men om vi tittar närmare på många apparatstandarder så är dessa framtagna av apparattillverkarna själva och standardernas driftkrav speglar i många fall vad som närmast kan beskrivas som laboratoriemässiga miljöer. Det medför att många apparater kan ha immunitetsnivåer som underskrider de nivåer som det lokala elnätet kräver. Om vi då studerar det lokala elnätet finner vi oftast att detta med god marginal uppfyller de krav som gällande standarder för våra elnät ställer. Men observera att dessa standarder oftast är framtagna av elbolagen och inte ställer så stora krav på elnätets störningsnivåer. Dessa störningsnivåer kan vara för höga för den immunitetsnivå som en apparat kan ha.

Vi kan sammanfattningsvis konstatera att apparatstandarder kan ange tillåtna störningsnivåer som är lägre än de nivåer som standarderna för matande elnät tillåter. Det omvända förhållandet vore mera önskvärt.

Detta innebär att vi för den tilltänkta utrustningsleverantören noggrant måste beskriva hur vårt elnät faktiskt ser ut i termer av olika parametrar som spänningsvariationer, spänningsdippar, spänningsövertoner, spänningsobalanser osv. Detta beskriver vår "elnätsvardag". Som en förberedelse för en större upphandling, kan det mycket väl löna sig att genomföra elkvalitetsmätningar på det elnät som den nya utrustningen ska anslutas till.

Vi måste därefter ange de gränsvärden för dessa parametrar inom vilka vi förväntar oss att maskinen skall fungera störningsfritt. Till vår hjälp kan vi använda miljöbeskrivande standarder som anger kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalnivåer på elnät. Vi måste även ange vilka krav som gäller för acceptabel nätåterverkan mot det lokala elnätet som elnätsägaren godkänner.

Vi har därmed angivit krav där vi förväntar oss av leverantörens utrustning ska fungera. Ofta innebär det att vi accepterar driftstörningar i de fall som elnätet uppvisar störnivåer som överstiger objektets specificerade immunitetsnivå. Därmed blir det även enklare att vid eventuella driftstörningar kontrollera om det är störningar från det matande elnätet som kan förorsakar driftproblemen. Vi har i kontraktet kommit överens med utrustningsleverantören om vilka nivåer som skall gälla.

En viktig egenskap vid frågor om elkvalitet är kortslutningseffekten (nätipedansen). Ökad kortslutningseffekt (minskad nätipedans) är effektivt mot de flesta störningsfenomen. Därmed är kortslutningseffekten en viktig parameter vid upphandling.

När man har utländska leverantörer är det extra viktigt att mycket tydligt visa hur det lokala elnätet uppför sig och vilka nivåer av störningar vi förväntar oss att utrustningen ska kunna hantera störningsfritt. Detta då det svenska elnätet uppvisar vissa "egenheter" som många utländska leverantörer kan ha svårt att förstå. Ett exempel är att vi kopplar våra kondensatorbatterier dagligen, vilket ger upphov till ett transient förlopp som kan orsaka driftstörningar.

Vi måste även vara mycket tydliga med att ange vilka krav vi ställer på hur mycket nätåterverkan den nya maskinen får ge upphov till mot vårt befintliga elnät. Det är inte ovanligt att problem uppstår med befintlig utrustning vid installation av ny apparatur.

Se vidare kapitlet "Teknisk specificering av elkvalitet".

Innehållet i den tekniska specifikationen ger underlag och utgångspunkt för arbetet med de fortsatta stegen i upphandlingsprocessen, som beskrivs i de följande avsnitten i detta kapitel.

Konstruktion

Omfattningen på köparens deltagande under denna punkt är helt beroende av projektets omfattning. En liten frekvensomriktare köps färdig medan en pappersmaskin kräver ett betydande deltagande av kunden under konstruktionsfasen. Arbetet under denna punkt underlättas betydligt om vår offertspecifikation är genomtänkt och utförlig. Köparens roll blir då i första hand att löpande svara på allmänna frågor som alltid kommer upp under ett större projekt.

Fabrikstest

Vid större projekt utförs mer eller mindre omfattande prov av utrustningen innan den levereras till kunden för montage. Det är nu lämpligt att i möjligaste mån undersöka emission- och immunitetsnivå för de apparater som skall ingå i projektet. Observera att dessa tester avser att verifiera de nivåer som angavs i offertspecifikationen. Det är fortfarande förhållande vis enkelt att åtgärda eventuella problem innan utrustningen skeppas till kunden.

I en del fall kan det vara svårt att utföra realistiska prov, vilket innebär svårigheter att verifiera om utrustningen uppfyller de krav vi ställer på den med avseende på elkvalitet.

Montage

När utrustningen har uppfyllt köparens krav i fabrikstestet skeppas den till kunden för montage. Detta moment är av yttersta vikt ur EMC-synpunkt. Det är inte ovanligt att montaget närmast ses som en bisak i projektet och kan utföras på rutin. Men här gäller det att vi i offertspecifikationen varit mycket tydliga med våra krav på hur utrustningen skall monteras.

Det kan gälla följande exempel:

- Hur skall kabelstegar användas dvs. vilka kablar förläggs var
- Vilka motorkablar skall användas t.ex. mellan frekvensomriktare och motor
- Hur skall maskindelar jordas med hänsyn till både personsäkerhet och störreducering
- Alla utrustningar skall monteras enligt tillverkarens anvisningar för att CE-märkning skall gälla

Montagetest

Här har köparen möjlighet att kontrollera att allt montage utförts enligt offertspecifikationen och eventuella felaktigheter åtgärdas innan igångkörningen. Normalt startar inte igångkörningen innan montaget godkänts av köparen och eventuellt berörda myndigheter.

Igångkörningstest

Detta är en viktig milstolpe i projektet. Efter avslutad igångkörning skall nu ett igångkörningstest utföras för att påvisa möjligheten till start av provdrift.

Nu skall köparen undersöka och i möjligaste mån verifiera att den installerade utrustningen uppfyller de i offertspecifikationen angivna nivåerna för de specificerade elkvalitetsstorheterna. Det är viktigt att så tidigt som möjligt kontrollera dessa nivåer, då säljaren oftast har teknisk expertis på plats under igångkörningstestet. Om avvikelser från specifikationen upptäcks under testet kan säljaren snabbt åtgärda eventuella problem.

Provdrift

Efter godkänd igångkörningstest börjar provdriften. Nu skall säljaren visa att den levererade maskinen fungerar som avtalat under normala driftsförhållanden. Provdriften kan sträcka sig från någon dag upp till flera månader beroende

på projektets omfattning. Nu har köparen möjlighet att verifiera att den nya utrustningen inte stör den befintliga utrustningen dvs. att alla drifter fungerar störningsfritt. Nu kommer även den levererade utrustningen att arbeta mot det lokala elnätet.

Det är viktigt ur testsynpunkt för elkvalitetsrelaterade frågor att provtiden är tillräckligt lång för att kunden ska hinna upptäcka eventuella problem. Det är inte ovanligt att specifika problem endast uppstår under vissa driftsförhållanden och konfigurationer av berörda maskinavsnitt. Om vi t ex har specificerat en viss immunitetsnivå för spänningsvariationer kan det vara mycket svårt att försöka variera det lokala nätets spänningsnivå utan vi tvingas vänta på de ”normala” variationer som uppträder.

För lite större projekt är inte en test tid av 6-12 månader orimlig för att hinna utsätta anläggningen för de olika driftsmoder som kan förekomma samt olika elkvalitet relaterade interna och externa störningar.

Observera att det är viktigt att vi mäter elkvalitet på det lokala elnätet kontinuerligt under igångkörningstestet och provdriften.

En del elkvalitet storheter kan kräva mätningar under mycket lång tid för att verifiera avtalade nivåer. Vi måste använda standardiserade mätmetoder för att verifiera avtalade nivåer.

EMC-direktiv och CE-märkning

Beträffande EMC-direktivet och CE-märkning, se avsnittet ”EMC” i bilagan sidan 5.

En apparat som är CE-märkt innebär att den uppfyller minikraven vid provningstillfället, vilket innebär att när apparaten åldras är det inte säkert att apparaten skulle klara en ny testning

Testningen för att få CE-märka en apparat utförs under ideala förhållanden i laboratoriemiljöer som knappas förekommer i normala miljöer. Vid testningen provas apparater en och en. När de kopplas tillsammans är det inte säkert att de fungerar på avsett vis.

Även om en enskild komponent t ex en frekvensomriktare uppfyller EMC-kraven kan

denna förorsaka stora problem för angränsande utrustningar. Frekvensomriktaren är endast en av många komponenter som skall sammankopplas för att man ska få en fungerande anläggning.

Det krävs kunskaper om hur vi skall installera en frekvensomriktare i en anläggning för att den inte skall förorsaka störningar eller bli störd.

Apparater som är provade för miljöer avseende utrustningar i bostäder, kontor, butiker och liknade miljöer kan få problem med funktionen i industrimiljöer.

Kompatibilitet

Det finns flera olika vägar att beskriva nivåer för den elektromagnetiska miljön med avseende på elkvalitet. En väg är att använda miljöbeskrivande standarder som anger kompatibilitetsnivåer för fenomenen.

Det finns två väsentliga krav för kompatibilitet:

- Emissionen av elektromagnetiska störningar till elnätet måste hållas under en viss nivå för att inte ge upphov till en oacceptabel försämring av egenskaperna hos andra utrustningar som anslutits till samma elnät
- Alla utrustningar som är anslutna till elnätet måste ha en tillräcklig immunitet mot elektromagnetiska störningar med de nivåer som förekommer på elnätet.

Gränser för emission och immunitet kan inte bestämmas oberoende av varandra. Ju effektivare störningarna från övrig utrustning begränsas, desto mindre är de krav på tålighet (immunitet), som måste ställas på andra utrustningar. På motsvarande sätt fordras det inte så hårda krav på en begränsning av störningar om andra utrustningar har stor tålighet mot dessa störningar.

Det krävs därför en samordning av de nivåer som fastställs för emission och immunitet. Detta är syftet med de kompatibilitetsnivåer som anges nedanstående standarder

Standarderna omfattar brister i elkvalitet som överförs på det elnätet (växelström).

Elnätet, som är avsett att vara den kanal som överför den elektriska energin från kraftverken till förbrukarna, utgör också oavsiktligt en kanal som överför elektromagnetiska störningar, från den källa där dessa uppstår till den utrustning som de påverkar.

När kompatibilitetsnivån för ett visst fenomen bestämts har tre förhållanden beaktats

- Kompatibilitetsnivån är den störningsnivå som kan förväntas i miljön, med hänsyn tagen till en liten sannolikhet 5 % att denna överskrids. För några störningsfenomen är störningsnivån stadd i ökande varför ett långtidsperspektiv fordras

- Kompatibilitetsnivån är den störningsnivå som kan upprätthållas med hjälp av praktiskt fungerande emissionsgränser
- Kompatibilitetsnivån är den störningsnivå som med en lämplig marginal understiger den immunitet som den utrustning måste ha som skall fungera i den tillämpliga miljön.

Man måste komma ihåg att det är normalt att flera olika störningsfenomen förekommer samtidigt i miljön och att det är möjligt att egenskaperna hos någon utrustning kan nedsättas av en viss kombination av störningar, även om varje enskild störning har en nivå som understiger kompatibilitetsnivån.

Standarder som beskriver kompatibilitet

Se även avsnittet "Korta sammanfattningar av aktuella standarder" i bilagan sidan 15.

SS-EN 61000-2-2

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 2-2: 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 nominell spänning av högst 420 V enfass 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) Del 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 driftsförhållanden. 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. De är avsedda att tjäna som vägledning för att fastställa gränser för emission av störningar i industrinät och planeringsnivåer samt immunitetsgränser.

Klass 1

Avser ett elnät för favoriserad kraft i en industrianläggning, t ex för matning av datorer och styrsystem. Huvudkriteriet för klassningen är att nätet innehåller för störningar känslig apparatur.

Klass 2

Avser ett industrinät med störnivåer som motsvarar ungefär de störnivåer vi kan förvänta på det allmänna elnätet. Apparater som är konstruerade att användas i det allmänna nätet bör alltså kunna användas i denna miljö

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 låg- spänning, avsedda att tjäna som vägledning för att fastställa gränser för emission av störningar till allmänna distributionsnätet och planeringsnivåer samt immunitetsgränser

Övriga standarder och kriterier för kompatibilitet

Övriga standarder som beskriver kraven på elnätets egenskaper ur elkvalitetssynpunkt är SS 421 18 11 Spänningsgodhet i lågspänningsnät för allmän distribution och SS-EN 50160 Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution. SS 421 18 11 upphör att gälla 2005-05-01. Därefter är endast SS-EN 50160 gällande.

EN 50160 innehåller en beskrivning av avvikelser från ideala förhållanden.

I inledningen till EN 50160 anges att standarden ger huvudkaraktistika för spänningen i abonnentens leveranspunkt i publika låg- och mellanspänningsnät under normala förhållanden.

Vidare anges i inledningen att egenskaperna hos spänningen som anges i standarden inte är avsedda att användas som EMC-nivåer eller emissionsgränser för ledningsbundna störningar i publika distributionssystem. Av EMC- produktansvars- och lågspänningsdirektiven kan man dock dra slutsatsen att kravspecifikation för produkten el måste vara en EMC-standard.

Standarden anger att gränserna för olika de olika parametrarna ska innehållas i vissa fall endast 95 % av en tidsperiod på en vecka. Under återstående 5 % (8,4 timmar) uppges i dessa fall inga gränser alls.

SS-EN 50160 anger gränser eller värden mellan vilka alla kunder kan förvänta sig att spänningens egenskaper bibehålls i hela Europa. De värden som anges här är inte avstämde mot och förenliga med de värden som normalt anges i utrustningarnas produktstandarder.

De gränsvärden som har betydelse för produkternas immunitet mot störning har högre värden än vad produktstandarderna normalt

kräver för apparaternas immunitet vilket är ett problem.

Uppfyllandet av apparatstandarder ger inte på grund av detta förhållande med automatik kompatibilitet och förenlighet mellan elnät apparater och anläggningar. Det är alltid anläggningsinnehavaren som ytterst får ansvara för att en anläggning fungerar driftsäkert och förenligt.

Vad som anges i SS-EN 50 160 kan upphävas helt eller delvis genom särskilda villkor i kontrakt mellan enskilda kunder och elleverantören. Se avsnittet ”Korta sammanfattningar av aktuella standarder”, se bilagan sidan 16.

Exempel på en avtalsbunden handling som upphäver SS-EN 50 160, är ”Svensk Energis Kriterier för spänningsgodhet vid leverans över 1000 V”. Denna handling brukar användas av medlemsföretag i Svensk Energi, som avtal mellan nätbolag och deras högspänningskunder. Se avsnittet, ”Korta sammanfattningar av aktuella standarder” i bilaga sidan 16.

Elnätsägare använder planeringsnivåer vid planering av sina nät för att uppnå en lämplig kompatibilitetsnivå. Se avsnittet ”Planeringsnivåer” i bilagan sidan 8.

Teknisk specificering av elkvalitet

I detta avsnitt kommenteras de viktigaste elkvalitetsfenomenen som bör specificeras i samband med en upphandling. I dokumentet sätts dock inte några rekommenderade värden ut. Vissa värden från standarder anges som information. Det är dock alltid anläggningsägaren som har rätten att och måste ange vad han vill kräva för sin anläggning oberoende av standarder. Vid utebliven kompatibilitet och bristande driftsäkerhet tar sällan utrustningsleverantörer eller elnätsägare något ekonomiskt ansvar om inte specifikationen och kontraktet är mycket tydlig i dessa avseenden.

Anläggningsinnehavaren måste alltid specificera den anläggning han ska upphandla. Elnätstandarder och apparatstandarder är inte i alla avseenden avstämda mot varandra och att enbart hänvisa till standarder ger inte med automatik god elkvalitet, kompatibilitet och driftsäkerhet.

Teknisk specificering med avseende på spänningsdippar

Kortvariga spänningssänkningar, s.k. dippar, är det elkvalitetsfenomen som orsakar störst problem och kostnad, i varje fall inom processindustrin. Dessa störningsproblem har ökat genom åren eftersom det i första hand är elektronisk utrustning som drabbas. Dipparna karaktäriseras av djup och varaktighet och hur många faser som påverkas. Även fasvinkelskift kan inverka. Dipparna kan alstras inom den egna installationen, men de värsta dipparna brukar vara de som uppstår pga. fel i matande nät.

Djupet beror i regel på avståndet ("elektriskt avstånd") från felet och det gör att flertalet dippar är relativt grunda. Andelen djupa och därmed svårhanterade dippar beror på nätets utformning, men i regel är djupa dippar, t.ex. sådana med 50 % återstående spänning eller lägre, förhållandevis ovanliga. Varaktigheten beror i normalfallet på reläskyddsfunktionen. En typisk varaktighet kan vara 50-150 ms, men såväl kortare som längre tider förekommer. För trefasobjekt är osymmetriska dippar, som i huvudsak påverkar 1 eller 2 faser, ofta mindre allvarliga än trefasiga dippar.

En bra början då immunitet mot dippar skall specificeras är att bedöma karaktären hos de dippar som förväntas drabba den aktuella anläggningen. Som utgångspunkt vid en sådan bedömning kan mätresultat med tillhörande analys för liknande anläggningar användas. Exempel på sådana studier är rapporter som bland annat utgivits av Elforsk inom projektet Utveckling Elkvalitet och projektet ELVIS mellan Elforsk och SSG – Skogsindustrins Teknik AB. En mer förfinad bedömning av förekomst och karaktär hos dipparna kan göras med en predikteringsmodell som använder statistiskt material och nätuppgifter som indata.

Om den förväntade karaktären hos dipparna ser ogynnsamma ut kan i första hand en diskussion tas med nätägaren om åtgärder i det matande nätet. Oftast är det dock, sett till den totala ekonomin, en mer framkomlig väg att åstadkomma tillräcklig funktionssäkerhet genom att specificera en förstärkt immunitet i utrustningen i samband med en upphandling. Baserat på den förväntade dipparkaraktären föreslås immunitetsegenskaper som diskuteras med utrustningsleverantören. De tekniska möjligheterna och kostnader för olika immunitetsnivåer vägs mot de förväntade störningskostnaderna för de olika alternativen.

Dipparna påverkar såväl enskilda apparater som system. Objekt med förhållandevis låg effekt (datorer, processtyrningsutrustning etc.) kan säkras genom UPS-matning eller motsvarande. För högre effekter blir emellertid sådana backupsystem dyrbara.

I processanläggningar kompliceras problemen av att belastningsobjekten inte är oberoende av varandra. En fläktmotor kan normalt tillåtas gå ner i varv tillfälligt, men motorerna i t.ex. en pappersmaskin får inte komma i otakt. Hanteringen av varvtalsstyrda motorer behandlas i **Elforsks guide om frekvensomriktare**.

Faktorer som förtjänar en extra påminnelse är möjligheten att förbättra likriktaren (styrd likriktare är en möjlighet), likspänningsmellanledet efter likriktaren kan ges stor lagringsförmåga. En förfinad inställning av skyddsnivåer i drivsystemen med anpassning till olika driftstadier och -fall kan visa sig mycket verk-samma. Allt för känsligt ställda skyddsnivåer,

som ger alltför snabba reaktioner på spänningssändringar på olämpliga platser i processen kan vara helt onödiga. Automatisk återstartfunktion kan i vissa fall begränsa störningens svårighetsgrad.

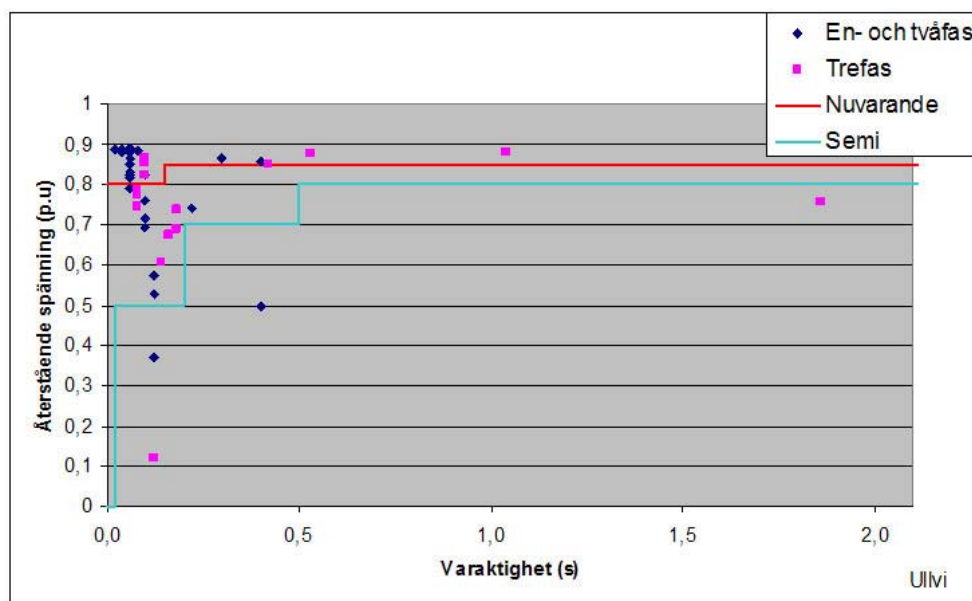
Praktikexempel:

Under ett år från och med sommaren 2002 och till slutet av sommaren 2003 gjordes dippmätningar på en rad olika platser i hela Sverige. I ett ställverk på Ullvi industriområde i Köping registrerades ett antal dippar se figur 1 nedan. Figuren illustrerar möjligheten att reducera antalet driftstörningar genom förbättrad immunitet hos processutrustning. I ett spänningstidsdiagram visas de spänningsdippar som förekommit på 130 kV-nivå i ett ställverk. Ställverket matar ett industriområde, förekomsten och karaktären hos dessa dippar kan anses vara typiska för nätrelaterade dippar mot större industrier i Mellansverige.

stort antal driftstörningar kan undvikas. Med den högre immuniteten störs driften endast av ett litet antal dippar som är svåra och kostsamma att komma tillrätta med genom åtgärder i processutrustningen.

Figuren visar också att såväl dippens djup som varaktighet har betydelse för dess störningsspåverkan. Om dipparna mellan den röda och den blå kurvan skulle ha haft längre varaktighet, p.g.a. dåligt fungerande reläskydd, skulle immunitetsförbättringen från röd till blå kurva ha blivit begränsad. Att begränsa dipparnas djup genom åtgärder i elnätet är i allmänhet kostsamt. I de fall man inom processindustrier har egen generering kan man genom åtgärder inom den egna elanläggningen minska dipparnas djup på ställverksskenor med känslig last. Genom s.k. ödrift kan verkningarna av nätrelaterade dippar mot anläggningen elimineras eller starkt begränsas.

*Figur 1.
Spridningen av
spänningsdippar
i Ullvi.*



Två immunitetskurvor har ritats in i diagrammet: Den röda kurvan avses representera en immunitet som är typisk för dagens utrustning, och dipparna under denna kurva förväntas ge driftstörningar. Den blå kurvan visar en tänkbar gränslinje för processtörningar om upphandling med hög immunitet genomförs. I det senare fallet har Semi-standarden F47 tillämpats vilken är ett amerikanskt förslag till immunitetsstandard för industriutrustning.

Det framgår tydligt ur exemplet att en förbättring från röd till blå kurva innebär att ett

Även immunitetsförbättringar med något lägre krav än Semi-standards kan ge goda resultat, samtidigt som merkostnaden relativt standardutrustning blir lägre än i Semi-fallet. Exempelvis rekommenderar SSG (Skogsindustrins Teknik AB) en immunitet mot dippar på 65 % återstående spänning upp till 150 ms varaktighet.

Exemplet i figuren visar att en sådan immunitetsnivå skulle ge en betydande reduktion av antalet driftstörningar i jämförelse med den röda standardkurvan.

Teknisk specificering med avseende på övertoner

I jämförelse med spänningsdippar ger övertoner andra typer av olägenheter. Akuta driftstörningar är inte så vanliga pga. övertoner. Istället handlar det om att fortlöpande hålla övertons-emissionen mot den egna installationen och matande nät inom givna nivåer.

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

Övertoner av hela 3-multipelsordningen i strömmen adderar sig i vissa fall i noll-ledaren, som därmed kan bli överbelastad och kan ge upphov till vagabonderande strömmar och därmed höga magnetfält.

Vid nyanskaffning av främst elektronisk utrustning kan en situation inträffa att utrymmet för ytterligare övertonsemission blir starkt begränsat. I sådana lägen bör man göra en teknisk – ekonomisk värdering utifrån faktorer såsom övertonsemission hos de nya apparaterna (teknik och kostnad för olika alternativ), återstående utrymme, inte minst med tanke på senare installationer, samt eventuell anskaffning av filter. I dag finns det ett krav i EMC-direktivet avseende utrustningar i bostäder, kontor, butiker och liknade miljöer. Kravet innebär, att apparater med en märkström under 16 A, ska ha en begränsad emission av övertoner i belastningsströmmen. Kraven finns beskrivna i Svensk Standard SS-EN 61000-3-2. Detta innebär att utrustningar avsedda för installation i industrier inte omfattas av detta krav.

När man exempelvis ska köpa en frekvensomriktare för installation i kontorsfastigheter är det viktigt att påpeka detta vid inköpet, att den ska användas i denna miljö.

För övertoner i strömmen mot elnätsägarens lokala elnät, skall elnätsägarens krav följas.

Om det trots allt uppstår problem med för höga halter av strömövertoner och/eller spänningsövertoner i anläggningen, kan man använda övertonsfiltrering.

Övertonsfiltrering är en etablerad teknik som dessutom utvecklas fortlöpande. Val av filtertyp och placering (val av skena i den egna installationen alternativt i matande nät) kan förtjäna en egen analys. Många gånger kan det vara fördelaktigt att kombinera övertonsfiltrering med korrigering av effektfaktorn.

I samband med hantering av övertoner är det uppenbart att en dialog med tillverkare och elnätsägaren är angelägen.

Vid dimensionering av anläggningar med många enfasiga laster som ger upphov till övertoner ska detta beaktas med avseende på dimensionering av noll-ledaren eller PEN-ledaren.

Vid installation av kondensatorbatterier, avsedda för kompensering av reaktiveffekt, skall lösningar väljas med kondensatorer i serie med en spole, ett s.k. filterkondensatorbatteri.

Teknisk specificering med avseende på osymmetri i spänning (obalans)

En symmetrisk trefasspänning 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.

Det är i första hand trefasiga laster som störs av osymmetri i spänningen t ex frekvensomriktardrifter och direktanslutna asynkronmaskiner som arbetar nära märklaster.

Osymmetri i spänning kan exempelvis uppstå vid regleringen av eluppvärmda processer, som är utförda med en eller tvåfasiga styrningar av elvärmen. Vid utförande av eluppvärmda processer ska man eftersträva att utföra dessa med symmetriska trefasiga styrningar av elvärmen. Ett annat problem är dålig fördelning mellan faserna vid anslutning av enfasiga belastningar.

Lösningar av problem med höga nivåer av osymmetri i spänning, är att försöka hitta källan till problemet, vilket ofta innebär studier av anläggningen, samt mätningar.

Frekvensomriktare som arbetar nära märklaster kan få problem redan vid en osymmetri på 1 %.

De flesta standarder för elnät anger ett gränsvärde för osymmetri i spänning på 2 %, vilket innebär att problem kan uppstå om elnätet ligger nära detta gränsvärde.

Teknisk specificering med avseende på spänningsnivå

Spänningsnivån i ett lågspänningsnät varierar med belastningen på grund av spänningsfall och utförande av elnätet. Är lågspänningsnätet utfört

med friledning kommer spänningsvariationerna att vara relativt stora. Medelspänningsnivån kommer att vara högre nära nätstationen än i nätets borte ändpunkter, där även den största variationen uppstår.

Eftersom alla apparater är konstruerade för ett visst driftspänningsområde kommer de att få en sämre eller utebliven funktion om dessa gränser inte innehålls. Känsligast är motorer tillverkade enligt SS-EN 50034-1. I standarden anges ett driftspänningsområde på $\pm 5\%$ för fulla prestanda. Märk dock följande, att maskiner utförda enligt SS-EN 60204-1, Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning anger att maskiner skall fungera inom ett driftspänningsområde på $\pm 10\%$. Ansvar för detta ligger på konstruktören av maskinen.

Okänsligast är vissa strömförsörjningsenheter, som kan acceptera spänning mellan t ex 95 och 270 V. En modern dator har ett driftspänningsområde på 180 – 264 V.

För kunder anslutna till lågspänningsnät där spänningssgodheten uppfyller kraven enligt SS 421 18 11 och SS-EN 50 160 kan spänningen variera i leveranspunkten från 207 V till 244 V, samt kunden kan ha ytterligare 4 % spänningsfall i installationen, vilket innebär att spänningen kan vara mellan 198 V och 244 V i ett godtyckligt vägguttag.

För kunder anslutna till högspänningsnät där spänningssgodheten uppfyller kraven i SS-EN 50160 kan spänningen variera i leveranspunkten $\pm 10\%$.

Teknisk specificering med avseende på flimmer

Flimmer (eng. flicker) är snabba variationer i spänningens effektivvärde man säger att spänningen blir modulerad. Dessa variationer ger upphov till ljusflimmer från belysningskällor. Flimmer mäts med ett speciellt instrument s.k. 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.

Flimmer är störande när det förekommer på lågspänningsnätet. Normalt är spänningsfluktuationer så små att de inte är störande på tekniska system. Problemet med flimmer är att det ger upphov till att människor upplever

elektrisk belysning som obehaglig. Människor reagerar psykiskt på ljusflimmer men det som är störande för en person kanske är mindre problem för en annan.

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

Apparater provade enligt gällande flimmerstandards kan orsaka flimmer trots de uppfyller kraven. Problem uppstår om nätimpedansen är högre än de värden som apparaten är provad med.

Teknisk specificering med avseende på transienter

Transienter kan komma från överliggande elnät genom åsknedslag eller genom kopplingar ute i elnäten. I lokala elnät, som i 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 maskiner innehållande motorer.

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

För skydd mot atomsfäriska överspänningar som åska är den enda lösningen riktigt utförda inledningskydd, där valet av skyddskomponenter inte har en avgörande betydelse för funktionen.

Det som är viktigt för att uppnå bra skyddsfunktion är att installation görs på ett korrekt sätt.

Vid inkoppling av kondensatorbatterier på mellanspänningsnät uppstår ett övergångsförlopp som kan orsaka driftstörningar i anläggningar anslutna till samma elnät. Eftersom vi i Sverige kopplar våra kondensatorbatterier dagligen, kan det vara svårt att få utrustningsleverantörer i andra länder att förstå, att detta är ett problem.

Bilaga

EMC, elkvalitet och elmiljö



guide för elanvändare och allmänt
sakkunniga inom elområdet

Denna guide har sammanställts av:

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

på uppdrag av Elforskprojektet "Kunskapsplats elkvalitet"

Stockholm i december 2004 (reviderad upplaga)
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 elnätsägarna 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
Definitioner och ansvar	5
EMC	5
Elkvalitet och elmiljö	5
Konsekvenser av bristande elkvalitet	6
Vem ansvarar för elkvaliteten?	6
Standarder och rekommendationer	8
Planeringsnivåer	8
Avvikelser i elkvalitet	9
Spänningsdipp och kortvarigt avbrott	9
Hur uppkommer spänningsdippar och kortvariga avbrott?	9
Förekomst av spänningsdippar och kortvariga avbrott	9
Skador vid spänningsdippar och kortvariga avbrott	9
Åtgärder	9
Spänningsnivåer	10
Övertoner	10
Hur uppkommer övertoner?	10
Förekomst av övertoner	11
Skada orsakade av övertoner	11
Åtgärder och gränser	11
Flimmer	12
Hur uppkommer flimmer?	12
Nivåer	12
Vilken skada orsakar flimmer?	13
Åtgärder	13
Spänningsosymmetri	13
Hur uppkommer osymmetri?	13
Förekomst av osymmetri	13
Skador	13
Åtgärder	13
Transienter	13
Uppkomst	14
Förekomst	14
Skador	14
Åtgärder	14
Skydd mot åska	14
Bilaga 1, korta sammanfattningar av aktuella standarder	15
Sammanställning av standarder per elkvalitetsfenomen	17
Bilaga 2, Litteraturförteckning	20
Bilaga 3, Ordlista	22

Inledning

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

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 översättas 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 försämra 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.

En helt och hållet ostörd elmiljö är emellertid svår att åstadkomma. Elanvändare som ansluter apparater till det gemensamma elnätet måste också se till att apparaterna har tillräcklig immunitet för att kunna fungera på elnätet. Dessutom måste elanvändarna ansvara för att apparaterna inte stör elnätet på ett otillbörligt sätt.

De elektriska standarderna för publika elnät beskriver de störnivåer som kan förekomma på dessa nät. Det är dock inte säkert att alla apparatstandarder överensstämmer med nätstandarderna.

Erfarenheten visar att många problem kan orsakas av exempelvis fel i en apparat eller att apparaten är felaktigt installerad. I många fall beskylls elnätet för en felaktig funktion därför att den verkliga orsaken till problemet är okänd.

Elkvalitet är alltså ett resultat av det tekniska samspelet mellan elnätet och den anslutna utrustningen. Verkligheten ser därför inte alltid ut som den borde enligt gällande standarder.

God elkvalitet är således något som måste skapas tillsammans

- med nätägare
- med apparat-/anläggningsleverantörer
- elanvändare
- inom arbetet med utformning av standarder för apparater, produkter och elnät

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*.

EMC-begreppet har i dag stor spridning inom branschen. Det innebär att en elektrisk apparat skall fungera på avsett vis i sin elektromagnetiska miljö. Apparaten får inte heller inverka störande på denna miljö. För att nå detta mål finns ett antal standarder som är accepterade i Europa, t ex för emission, immunitet, installation och produkter.

EMC-miljön delas vanligtvis upp i två grupper

- avseende utrustningar i bostäder, kontor, butiker och liknade miljöer
- avseende utrustningar i industrimiljö

Inom EU finns olika direktiv som anger gemensamma och övergripande riktlinjer för europeisk harmonisering inom olika områden. För EMC-området har EU givit ut ett EMC-direktiv. Observera att EMC-direktivet inte anger några nivåer. De standarder som styr olika nivåer för t.ex. tillåtna störnivåer har tagits fram av olika branschorganisationer. Dessa standarder godkänns av EU-kommissionen och anses därmed harmonisera med EMC-direktivet. I och med detta blir den en Europapnorm och tvingande inom EU. Motsvarande gäller för andra standarder som harmoniseras mot övriga direktiv.

I den svenska tillämpningen av EMC-Direktivet (SFS 1993:1067) står under Skydds-krav, (4 §):

En apparat skall vara så konstruerad att:

- den elektriska störning den alstrar inte överstiger en nivå som tillåter radio- och teleutrustning och andra apparater att fungera som avsett
- apparaten har en tillräcklig inbyggd tålighet mot elektromagnetisk störning så att den kan fungera som avsett.

Märk dock att denna tålighetsnivå ej avser skydd mot förstörelse. Detta omfattas ej av EMC-direktivet

Tillverkaren eller importören skall utfärda en tillverkardeklaration (Declaration of Conformity) samt CE-märka apparaten. Därefter får apparaten säljas och tas i bruk.

I Elsäkerhetsverkets författningssamling (ELSÄK FS 2003:2) beskrivs de procedurer som skall tillämpas.

En apparat, som är försedd med en CE-märkning, har genomgått ett antal specifika kompatibilitetstester. Detta anger att apparaten varken ska störa eller störs i det elnät den är ansluten till eller av andra apparater.

Dock fungerar det inte så enkelt i verkligheten. Även om en enskild komponent, t.ex. en frekvensomriktare, uppfyller EMC-kraven, kan denna förorsaka stora problem för angränsande utrustningar. Frekvensomriktaren är endast en av många komponenter som skall kopplas samman för att man ska få ”en fungerande anläggning”.

Det krävs även kunskap om hur vi skall installera en frekvensomriktare i en anläggning för att den inte skall förorsaka störningar eller bli störd.

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 leverans-kvalitet, d v 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 besväras 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. Underspanning 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. 1

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 föransmälan.

Vad som krävs av elnätkunderna i detta avseende 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 421 18 11, 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 leveransspänningen 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 störutrymmet.

De båda nätnormerna, SS 421 18 11 och 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 störningsutrymmet 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

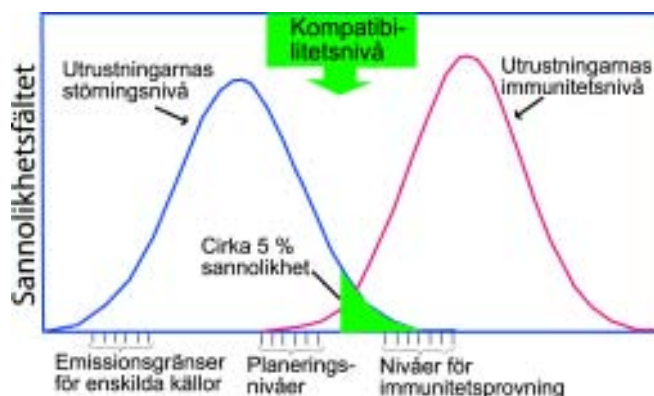


Fig. 2
Grundläggande faktorer
för spänningskvalitet inom
EMC-systemet

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 friledningar 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 fördelningsstationen 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. Är 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 osv.

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, lågspänningsavledare, 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 apparattillverkaren
- kunden kan se över inställningen av under-spänningskydd 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 421 18 11 och 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 överton 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 spänningskurvans 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 lågenergilampor, lysrörsarmaturer, datorer och annan hemelektronikutrustning.

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

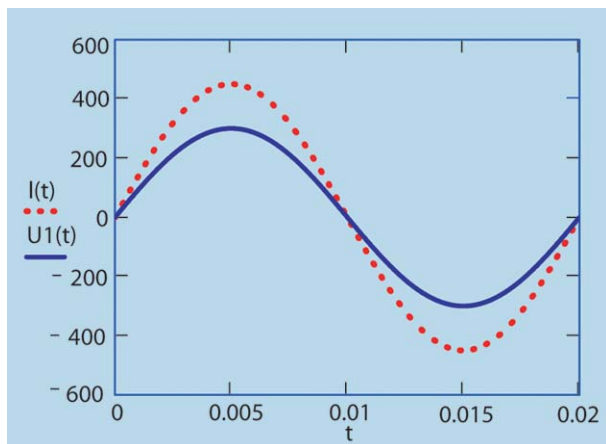


Fig. 4
 Linjär last – ger inga övertoner. Konstant förhållande mellan ström och spänning

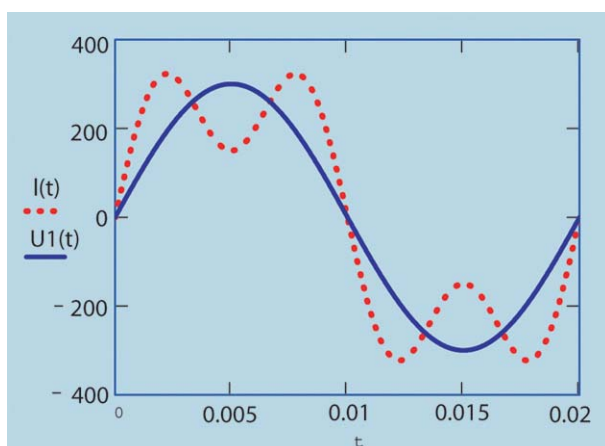


Fig. 5
 Olinjär last – ger övertoner. Inte konstant förhållande mellan ström och spänning

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 övertonssamplituder, 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 spänningssgodhet 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 uppfattning 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 flimret inte stör.

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

Hur uppkommer flimmer?

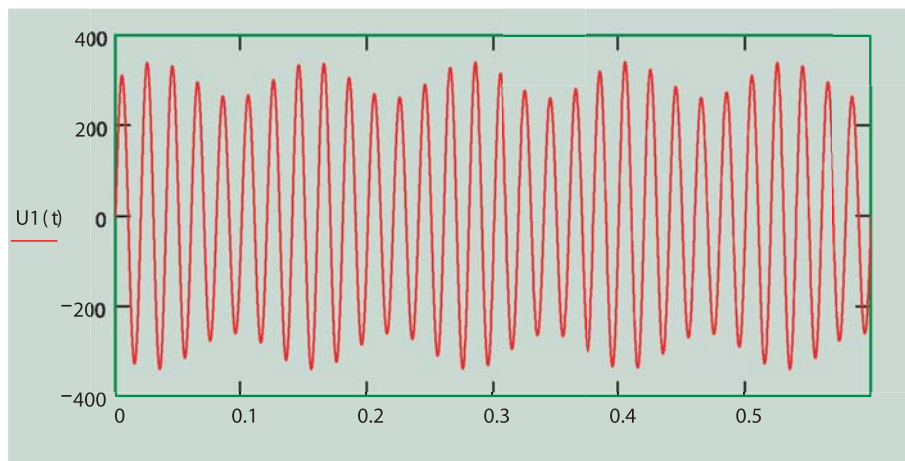
Typiska orsaker till flimmer på högre spänningsnivåer är ljusbågsugnar. Deras störningar kan breda ut sig i elnäten över relativt stora geografiska områden. Lokalt, och vid lägre spänningsnivåer, kan svetsapparater, kopieringsmaskiner, värmepumpar, hissmotorer och kompressorer etc. vara källor till flimmer. 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. 3
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 flimmer?

Flimmer är störande när det förekommer på lågspänningsnätet. Vanligtvis är spänningsfluktuationer så små att de inte är störande på tekniska system. Problemet med flimmer 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 flimmer vid en given spänningsfluktuation än en glödlampa.

Åtgärder

För att öka tåligheten mot flimmer 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 effektuttag. En kostsam lösning är att öka kortslutningseffekten med förstärkningar av elnätet.

Mer information

Begränsning av emission av flimmer från apparater

SS-EN 61000-3-3 (+tillägg)

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) gränser för spänningsfluktuationer och flimmer 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 flimmer 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 värdena 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) "spikar", 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.

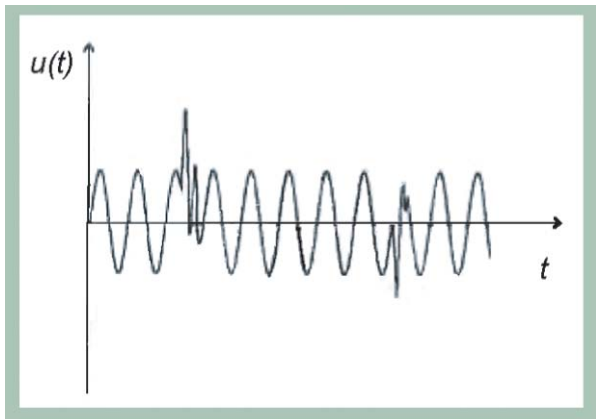


Fig. 6
Vanligt förekommande transient

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 luftledningarna 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.

Luftledningsnät

Atmosfäriska överspänningar inom lågspänningssinstallationer, erhållna vid närbelägna blixtnedslag, kan nå amplituder på 6 - 10 kV, beroende på den matande anläggningens egen överslags-hållfasthet. Mot rörledningar och/eller tele-system 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 421 18 11

Spänningsgodhet i lågspänningsnät för allmän distribution.

Standarden gäller för lågspänning för allmän distribution. Det är en nationell miljöbeskrivande EMC-standard framtagen för Sverige.

Här anges normala maximalvärden på olika avvikelser i spänningen. EMC-nivåer, och apparater och utrustningar som ansluts till nätet, bör naturligtvis tåla den störnivån. Det finns en samstämmighet i de flesta apparat-standarder

Standarden gäller för spänningen i leveranspunkten och ej nödvändigtvis i kundens interna installation och nät. Den är ej tvingande i alla delar för svårare leveranser. Vid speciella, enstaka tillfällen, t ex vid reservdriftslägen, kan någon EMC-nivå kortvarigt överskridas. Standardiserade EMC-nivåer gäller, i tillämpliga delar, för samtliga fasspänningar.

En EMC-nivå är ett specificerat gränsvärde för en elektrisk storhet vid vilket EMC förväntas gälla.

SS 421 18 11 upphör att gälla 2005-05-01.

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 mellan-spänning under normala driftsförhållanden. 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 produktstandar-

der, men bör beaktas. Notera att en utrustningsfunktion kan påverkas om utrustningen utsätts för distributionsförhållanden som inte beaktas i produktstandarden.

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 nominell spänning av högst 420 V enfass, 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) Del 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 driftsförhållanden. 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 industri- anläggning, 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 mätetal 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 ström-övertoner. 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 ytterliggare 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 421 18 11

Spänningen får variera mellan 207 – 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 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 $\pm 5\%$

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

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 421 18 11 Obs lågspänning

En spänningsosymmetri på upp till 2 % minusföljdskomponent av nominell fas-spänning, mätt under 1 minut, kan tillåtas.

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 Plt skall vara högst 1 för 95 % av tiden för en veckomätning.

SS-EN 61 000-2-2

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

SS 421 18 11

I SS 421 18 11 gäller nedanstående gränskurva för acceptabla stegvisa spänningsändringar

Exempel

Vid 30 spänningsändringar per minut får den maximala relativa spänningsändringen uppgå till maximalt 1 %.

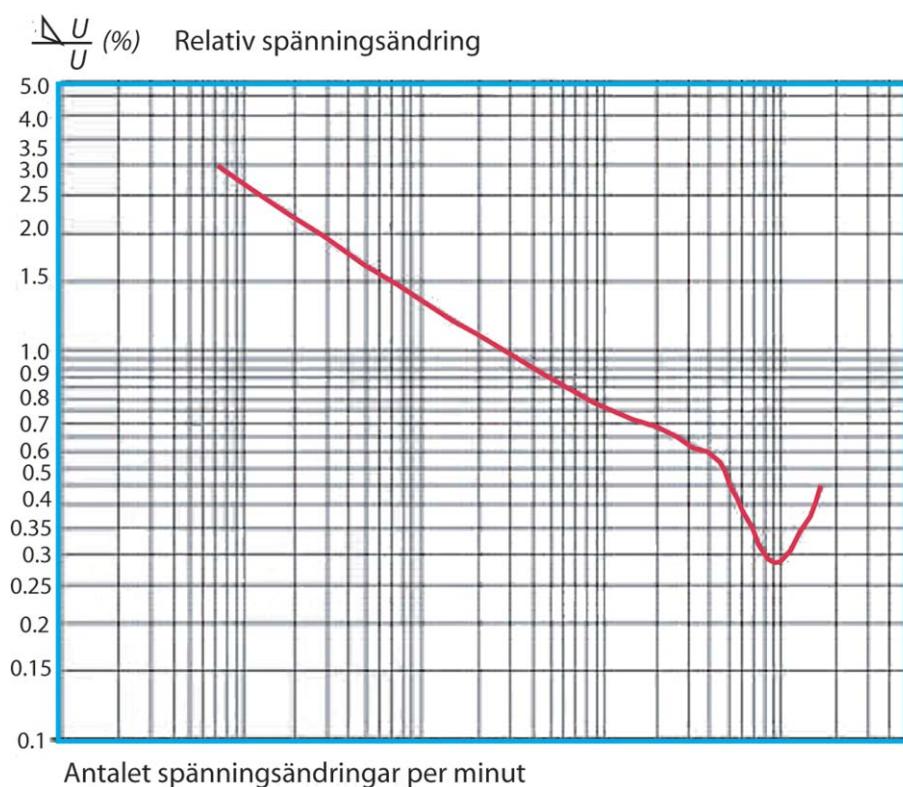


Fig. 7

Antalet spänningsändringar per minut enligt SS 421 18 11

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 421 18 11

Övertoner mätta som medelvärden under 3 sekunder (normalt t o m 7:e tonen)

Udda enskild ton: 4 %

Jämn enskild ton: 1 %

Som EMC-nivå för total relativ övertonshalt gäller 6 %

SS-EN 50 160

OBS mätprincip och 95 % värden. Det medför att värden ej är direkt jämförbara mellan SS 421 18 11 och SS-EN 50 160

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	6 %	5 %	3,5 %	3 %	2 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Spänning								

Udda övertoner multipler av 3

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

Jämna övertoner

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

SS-EN 61000-2-2

Udda övertoner ej multipel av 3		Udda övertoner multipel av 3		Jämna övertoner	
Ordning h	Relativ spänning %	Ordning h	Relativ spänning %	Ordning h	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
$17 \leq h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$21 \leq h \leq 45$	0,2	$10 \leq h \leq 50$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$

De värden som angivits för de udda övertoner som är en multipel 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: Märk-
data och driftsegenskaper

Maximal övertonshalt enligt nedanstående
ekvation

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

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

U_n = 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 sum-
man av 6:e t o m 30:e deltonerna tillåts ytterli-
gare 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: Spänningsgodhet i lågspänningsnät för allmän distribution. SS 421 18 11. SIS 1989.
- 5 Svensk Standard: Standardspänningar för överföring och distribution av elenergi. SS 421 05 01. SEK 2002.
- 6 Svensk Standard: Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution. SS-EN 50 160. SEK 2000.
- 7 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del -2: Miljöförhållanden - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa ledningsbundna störningar och signalöverföringar på elnät. SS-EN 61000-2-2. SEK 2003
- 8 Svensk Standard: Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) Del 2 - 4: Miljöbetingelser - Kompatibilitetsnivåer för lågfrekventa störningar och signalöverföringar på Industrinät. SS-EN 61000-2-4. SEK 2003
- 9 Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänningen över 1000 V. Svensk Energi
- 10 Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication ICE 1000-3-6. IEC 1996.
- 11 Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication ICE 1000-3-7. IEC 1996.
- 12 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power systems. IEEE std 519-1992.
- 13 Svensk Standard: Roterande elektriska maskiner – Del 1: Märkdata och drift-egenskaper. SS-EN 60034-1, SEK 1999
- 14 Svensk Standard: Maskinsäkerhet – Maskiners elutrustning. SS-EN 60204-1. SEK 1998.
- 15 Svensk Standard: Provning av immunitet mot kortvariga spänningssänkningar, spänningsavbrott och spänningsvariationer. SS-EN 61000-4-11 (+tillägg). SEK 1995 och 2001.
- 16 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.
- 17 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.
- 18 Friman E: Förslag till gränser och ansvars fördelning rörande elkvalitet. Teknisk rapport nr S94-056, STRI 1994.
- 19 Berglund S-E: EMC - kravspecifikation för kontrollutrustning och strömriktare till tryckpress, SEB-Elkonsult 1997.
- 20 Berglund S-E: Föreläsnings kompendium hösten 1999, SEB-Elkonsult 1999.
- 21 Axelberg Peter: Measurement Methods for Calculation of the Direction to a Flicker Source, Chalmers 2003.

- 22 Lundquist Johan: On Harmonic Distortion in Power Systems, Chalmers 2001.
- 23 Spänningskvalitet, Wilhelm Liander Stockholm Energi AB.
- 24 Basnivå för elkvalitet, Göteborgs Energi Nät AB, 1997.
- 25 Vattenfalls elkvalitetsblad.
- 26 Power Quality in European Electricity Supply Networks – 1st edition. Eurelectric. February 2002.
- 27 Rapport 96:15 Förslag till definitioner och mätmetoder för elkvalitet, Elforsk 1996.
- 28 PQ Madrid, EMC and PQ, Practical and strategic aspects of the ongoing development (EMC), Gerhard Bartak, VEÖ, Vienna, Austria.
- 29 PQ Madrid, PQ and EMC Generalities (part 1), and Harmonics (part 2), Jose Iglesias UNESA, Madrid Spain.
- 30 PQ Madrid, PQ in the light of liberalisation and mass market equipment, Ralf Gretsch Institute for Electrical Systems, Technical University Nürnberg, Germany.
- 31 Riktvärden för elnätsägarnas leverans-kvalitet. Svensk Energi, 2001.
- 32 Wahlström Bo, Teknisk elkvalitet i transmissionsnät 40 – 400 kV, STF 1997.
- 33 Gustavsson, Reidar, Praktisk Elkvalitet Betaversion, NORDBO Kraftteknik AB 2003.
- 34 Ridell Gunnar, Ny europeisk standard för spänningen i elnätet, ERA nr 5, 2000.
- 35 Häger Mats m.fl. Elvis- del 2, Lägre elkvalitetsrelaterade störningskostnader för skogsindustrin.
- 36 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 asynkronmotorn 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 växelströms-system 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 växelspanning och där amplitudvariationen har en betydligt lägre frekvens än den modulerade växelspanningen. 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	Växelspannings 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 nät-avsnitt 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 trefassystemet.

Reaktiv effekt	Effektslag i trefasssystemet som inte producerar nyttigt arbete.
Resonans	Farligt 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 kraft-elektronik.
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 sinuskurvans 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

Adress: 101 53 Stockholm
Besöksadress: Olof Palmes gata 31
Telefon: 08-677 25 30
www.elforsk.se



Teknikföretagen

Elif inom Teknikföretagen

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



Energimyndigheten

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