

Praktisk, formell eller verklig EMC Vad är det vi verkligen vill ha?

Situationen på drivsystemsidan har utvecklats stadigt under cirka femtio år. Från att ha varit specialisternas revir inom stål och pappersindustrin har de nu blivit varje elektrikers ansvar och problem. Antalet omriktare ökar kraftigt och de installeras allt oftare i "civila" omgivningar dvs bostäder, sjukhus och kontor. Samtidigt har omriktarnas fysikaliska egenskaper med högre switchfrekvenser och snabbare halvledare gjort dem till kraftfulla störalstrare.

Ansvaret för att en omriktarinstallation är korrekt utförd ligger hos installatören och brukaren, men dessa personer vet sällan om det. I stället förlitar de sig på att omriktarleverantören levererar en störningsfri produkt och att installation med skärmade kablar och av leverantören föreskrivna filter också ger en installation som kan godkännas ur EMC-synvinkel.

Mätningar på faktiska installationer visar att detta inte är sant. Ledningsbunden störnivå ligger ofta 20 till 30 dB över föreskrivna gränser. Orsaken är att det är stor skillnad mellan riggning i ett mätlabb och en praktisk installation där väldefinierat jordplan saknas och där zontänkande inte tillämpas eftersom begreppet dels verkar vara okänt dels ger höga kostnader.

Utvecklingen under femtio år

Från att ha varit få och långsamma har omriktarna blivit många och snabba. Den totala emissionen har ökat. Samtidigt har känsligare och snabbare mätton, regulatorer och kommunikationsutrustning ökat och det blev uppenbart under åttiotalet att något måste göras för att undvika total elektromagnetisk infarkt under nästa – dvs detta – sekel. EU:s EMC-direktiv började ta form.

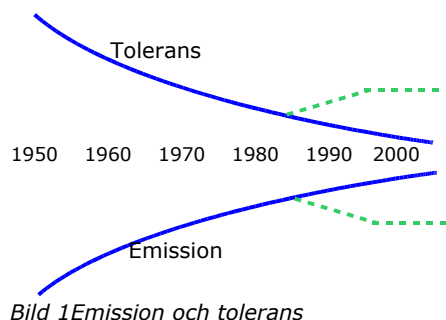


Bild 1 Emission och tolerans

Bild 1 visar hur störnivån (emissionen) ökat, samtidigt som känsligheten mot störningar (toleransen) minskat. Förberedande arbeten under åttiotal och tidigt nittiotal strävade efter att "bryta isär" trenderna (gröna linjer) och ledde till EMC-direktivet som vann laga kraft i medlemsländerna på nyåret 1996 så att skillnaden mellan tolerans och emission återställdes till sjuttitalnivå. Åtminstone var det detta som var tanken.

...och hur blev det?

Orsaken till dagens möte (Nätverk och Kunskapsplats för Elkvalitet, Möte 2 om HF och elnät den 28 november 2002) är att allt fler av oss som arbetar inom området insett att kartbild och terräng inte stämmer överens. Av dagens sex föredrag har hälften "frekvensomriktare" i rubriken. Övriga föredrag har rubriker som implicerar att det finns problem med HF-störningar i elnätet och att dessa HF-störningar härrör från frekvensomriktare. Redan detta torde vara bevis nog för att allt tal om att omriktarna uppfyller EMC-direktivet antingen är felaktigt – eller grundar sig på felaktiga antaganden.

Det finns gott om praktikfall där det visat sig vara omöjligt att komma till rätta med störningar från frekvensomriktare. Några väl dokumenterade exempel:

- I Göteborg kunde en yrkesskola inte godkännas av besiktningssmannen på grund av störspänning mellan PE och N i vägguttagen.
- Kärnkraftverk har problem med bränslehanteringen på grund av störningar från frekvensomriktare, störningar som man inte lyckats filtrera bort trots kvalificerade och ihärdiga försök.
- Hyreshus har berövats internet på grund av störningar från frekvensomriktare som enligt tillverkaren hör till de bästa i branschen i EMC-avseende.
- Bankkontor i Stockholm har emissionsnivåer som ligger 20 – 30 dB över tillåten emission, trots att installationen gjorts med skärmade kablar, EMC-genomföringar och filter klass B.

I själva verket känns det ofarligt att påstå att mycket få omriktarinstallationer uppfyller EMC-direktivet. Men i flertalet fall är användaren inte ens medveten om att omriktarna ger problem och om omriktarna ifrågasätts brukar man hänvisa till att omriktarna är CE-märkta eller till att EMC-deklarationen är underskriven. Och med detta låter sig installatörer och användare i allmänhet nöja. Men antalet fall där frekvensomriktarna stör på ett tydligt och påtagligt sätt ökar och vi är nu i en situation där det inte längre går att "snacka sig ur" problemen. De måste lösas på annat sätt.

Direktiv, normer, lagstiftning, straffsätser

EU-direktiven gäller inom hela EU. Det finns ett antal direktiv som gäller för olika verksamheter och varor. De direktiv som berör oss är i första hand EMC-direktivet, Lågspänningsdirektivet, Teleterminaldirektivet, Maskindirektivet och ytterligare några direktiv som beror av vilken specifik bransch vi arbetar inom.

Det är sällan något problem med Lågspänningsdirektivet eller Maskindirektivet. Mätmetoder och erfarenhet gör att exempelvis en hög skyddsledarimpedans eller en gulgrön fasledare för det första inte förekommer i en fackmässigt utförd installation och för det andra snabbt upptäcks vid besiktning/provning. Beträffande Maskindirektivet gäller samma sak, erfarenhet och sunt förnuft avslöjar felaktigheterna.

EMC-direktivet är så mycket mera komplicerat. Inte nog med att man skiljer mellan emission och tolerans, man måste också hålla reda på ledningsbunden och utstrålad emission. Dessutom finns det också två väsensskilda användningsområden: The First Environment (bostäder, kontor och lätt industri) och The Second Environment

(industri med eget högspänningsabonnemang). Och slutligen, för att komplicera det hela ytterligare, skiljer man mellan Restricted Distribution och Unrestricted Distribution för utrustningar avsedda för The First Environment.

Utöver detta tämligen snåriga regelverk gör ämnets teknisknivå att ganska få individer verkligen behärskar ämnet till fullo. Mätning av ledningsbunden emission kräver relativt dyrbar utrustning och mätning av utstrålad emission kräver – om resultatet ska bli bra – dessutom att mätningen görs i ett HF-tätt mättrum med filtrerad matning. I båda fallen krävs god förtrogenhet med normerna och lång erfarenhet. Få mätningar på färdiga installationer har därför gjorts, och de som gjorts har i allmänhet gett mycket nedslående resultat.

EMC-direktivet hänvisar till Europeanormer, exempelvis EN 61800-3, som är produktnorm för frekvensomriktare. Andra normer inom området elektromagnetisk kompatibilitet är EN 50081-1 som är en Generic emission standard for residential, commercial and light industry dvs First Environment och gäller all utrustning som inte omfattas av produktstandard. EN 50081-2 är samma standard för Second Environment dvs industri med eget högspänningsabonnemang.

Utrustning för the First Environment delas in i utrustning med Restricted Distribution (monteras och tas i drift av utbildad personal) samt utrustning med Unrestricted Distribution (köps och ansluts/pluggas in av användaren).

Direktivet upphöjer normen så att den blir likställd med nationell lag och brott mot normen kan ge fängelse i upp till tre månader.

Tekniska orsaker till dagens situation

Frekvensomriktare för standardanvändning utförs så gott som uteslutande med PWM-slutsteg och IGBT-transistorer. PWM-tekniken ger en motorspänning som visas i bild 2.

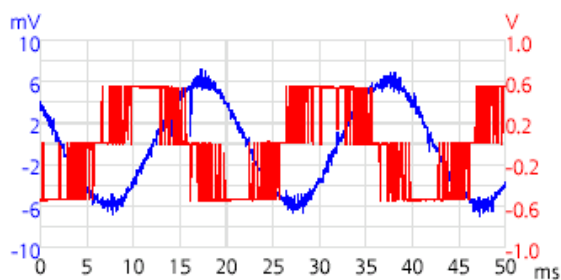


Bild 2 Spänning och ström i PWM-omriktare

PWM-signalen består i grunden av ett antal fyrkantpulser med en viss repetitionsfrekvens och en viss stigtid. Repetitionsfrekvensen är vanligen identisk med omriktarens switchfrekvens och ligger i området 1 – 20 kHz. Stigtiderna är beroende av hur hårt transistorerna styrs och ligger vanligen i området 50 - 500 ns. Moderna transistorer har ofta kortare stigtid än de äldre.

Redan Joseph Fourier (fransman, 1768 – 1830) visade att en fyrkantvåg kan representeras av en summa sinusvågor med grundtonen lika med repetitionsfrekvensen och med högfrekvenskomponenter som i praktiken sträcker sig upp till ca en tredjedel av stigtidens inverterade värde, varefter de avtar i amplitud med frekvensen i kvadrat. Stigtid 100 ns ger alltså påtaglig amplitud vid 3,3 MHz med cirka en procent kvarvarande amplitud vid 33 MHz (tio gånger högre frekvens minskar amplituden hundra gånger).

Så det är ingen överraskning att mätningar på en modern PWM-omriktare visar att spektrum för ledningsbundna störningar når upp till 10 MHz och ibland ännu högre.

Bild 3 visar hur ledningsbunden emission från en korrekt installerad PWM-omriktare kan se ut.

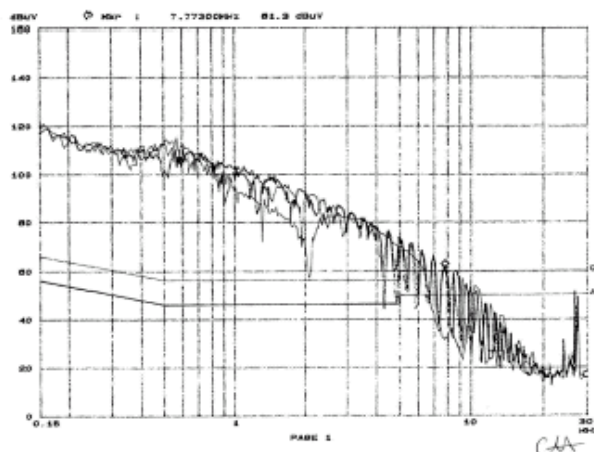


Bild 3 Emission från korrekt installerad PWM-omriktare (Elsäkerhetsverket/SEMKO)

Bilden visar mätresultat från Elsäkerhetsverkets marknadskontroll. Den aktuella omriktaren var installerad enligt leverantörens handbok för att uppnå emissionsklass B. Gränserna för klass B visas i diagrammet (AV resp QP). Den aktuella omriktaren har placerats på Elsäkerhetsverkets FF-lista, vilket innebär att den formellt sett inte får säljas inom EU.

I den aktuella omgången mätningar visade det sig att tre omriktare var ungefär lika dåliga. Andra fabrikat visade avsevärt mycket bättre värden vad beträffar ledningsbunden emission, men de gör det till priset av mycket höga avledningsströmmar till PE, något som ej mäts eller specificeras i de aktuella normerna. Detta är ett av problemen; om man vill nå goda EMC-egenskaper med hjälp av filter så sker det till priset av kraftiga HF-strömmar i skyddsledaren. Det är samma strömmar som gör att frekvensomriktare endast sällan kan installeras med jordfelsbrytare med funktionsström under 300 mA och som gör att frekvensomriktare i femledarsystem ger upphov till potentialskillnad mellan PE och N.

Zonindelning en lösning?

Många tillverkarens installationsanvisningar ger tips om zonindelning så att störande utrustning installeras i HF-täta kapslingar och ansluts till omvärlden via filter, genomföringskondensatorer och skärmade kablar. Då

denna installationstyp visserligen förbättrar situationen med avseende både på utstrålad och ledningsbunden emission så blir den ändå ofta en besvikelse genom att PE nästan alltid kontamineras.

Även om en effektiv zonindelning skulle vara möjlig så ser man sällan (aldrig?) exempel på sådana installationer. Orsaken ligger troligen mera i ekonomiska än i tekniska överväganden. Zonindelning innebär i praktiken att minst två apparatskåp – eller en intern HF-tät kapsling används. Problemen när en frekvensomriktare kompletteras med filter och dessutom förses med By-passkoppling blir ganska avsevärda; var ska kontaktorer placeras? I eller utanför störd zon? Hur kan kablar dras utan att HF läcker från störd till ostörd kabel? Var kan DUC placeras?

Svaret på rubrikens fråga är alltså att en korrekt utförd zonindelning troligen är en lösning på omriktarnas EMC-problem, framför allt om problemet med hög avledningsström i filtren kan lösas. Men lösningen blir mycket kostsam och därför ser man den sällan (förf. har aldrig sett den) i praktiken.

I stället utförs omriktarinstallationer lite som det faller sig. Ibland med nätfilter, ibland med motorfilter och ibland med skärmade kablar (där 360 graders EMC-förskruvningen kommit att bli ett nära nog magiskt begrepp medan övriga HF-jordningar ibland görs meterlånga). Och lika ofta görs installationerna utan någon som helst tanke på EMC.

Ny typ av frekvensomriktare nu tillgänglig

Utvecklingen har styrts av tillgänglig teknik. Alla kommersiellt tillgängliga omriktare i HVAC effektklassen har hittills varit PWM-omriktare och har därför krävt filter, skärmade kablar etc. Självklart skulle de ha installerats utan dessa – om störningsfria omriktare varit tillgängliga.

Situationen har ändrats under de senaste åren genom att helt störningsfria omriktare (intrinsically EMI-free frequency inverters) med sinusspänning till motorn i effektklasser upp till 11 kW blivit tillgängliga, upp till 90 kW planeras. Dessa omriktare kan behandlas som vilken passiv elektrisk apparat som helst, de stör faktiskt mindre än en kontaktor där man alltid måste räkna med vissa störningar vid till- och frånslag.

Så det är dags att se på frekvensomriktarinstallationer med nya ögon. Men vägen till acceptans är lång och den nya leverantören har en tung uppgift som dels går ut på att tydliggöra bristerna i dagens teknik, dels informera om att den som installerar eller tar i bruk störande omriktare riskerar upp till tre månaders fängelse (enligt EMC-direktivet).

Störningsfrihet och låga förluster. Går det?

Störningsfrihet kräver ren sinusvåg ut från omriktaren. Sinusspänning kräver vanligen linjära slutsteg eller tankkretsar. Det förra ger stora förluster och det senare reducerar frekvensomfånget. Men, det finns en metod som samtidigt ger sinus och bra verkningsgrad. Tekniken är utvecklad i Sverige och patenterad under namnet Switchkoppling i Sverige och alla stora industriländer. Tekniken använder sig av energilagring och mjuk switchning i stället för hård switchning och bortfiltrering av ej önskvärda frekvenskomponenter. Switchningen styrs av information om ström och spänning i slutsteget

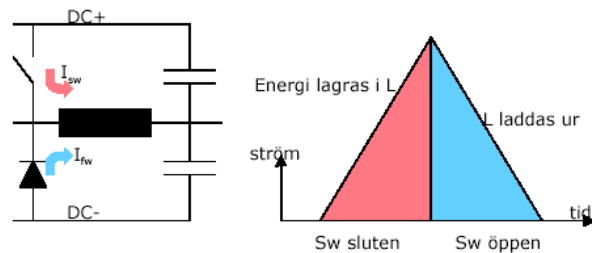


Bild 4 Energilagring i NFO Sinus

så att switcharna slås till utan strömspikar och bryter utan att några okontrollerade överspänningar uppstår. Eftersom ingen filtrering sker finns inte heller någon läckström till jord (dvs PE). En viss antydning om hur tekniken fungerar ges i bild 4.

Filter kräver att rejektet tas om hand

I ett filter separeras accept från rejekt. Accept är det man vill behålla, rejektet är det som man vill bli av med. I ett nätfilter eller motorfilter utgörs rejektet av störströmmar i frekvensområdet kHz till tiotals MHz och i dagens installationer finns inget annat sätt att bli av med rejektet än att skicka det – dvs störningarna – till PE-ledaren där de sprids till resten av installationen.

Energilagring ger inget rejekt – och inga störningar

Tekniken att switcha mjukt, utan transienter och utan branta strömderivator gör att inga störningar genereras, varken i faser, nolla eller PE. Ingen PE-anslutning för avledning av HF-strömmar behövs och därmed är Switchkopplingen inte bara en lösning på störningsproblemet utan också en lösning på problemen med jordfelsbrytare i frekvensomriktarinstallationer.

Patentet kan studeras på U.S. Patent Office hemsida www.uspto.gov och har nummer 4,947,309.

Störningsfriheten har kontrollerats av Elsäkerhetsverket och bekräftas i deras brev till tillverkaren daterat 1999-10-22 med diarienummer 84-99-0273.

Att tekniken fungerar även i verkligheten och att den ger helt störningsfri drift utan filter eller skärmade kablar har bevisats i ett stort antal installationer och NFO Sinus föreskrivs numera av de stora bostadsbolagen i Sverige.

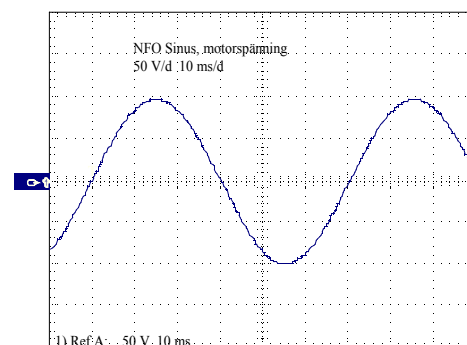


Bild 5 Ofiltrerad utspänning från sinusomriktare