ELSÄKERHETSVERKET

Projektrapport frekvensomriktare och EMC

Dnr 15EV95
2016-02-26

Henrik Olsson

ELSÄKERHETSVERKET

Författare: Henrik Olsson

Förord

Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) är utrustningars, det vill säga apparaters och fasta installationers, förmåga att fungera tillsammans i sin elektromagnetiska omgivning utan att påverka varandra negativt. EMC ska ses som ett önskat tillstånd, något att sträva efter.

Vår vardag är full av teknik och vi ser det som självklart att allt fungerar utan problem. Vi är också beroende av trådlös teknik, alltså olika former av radiokommunikation. Mobiltelefonen är ett av många exempel på trådlös teknik. Radioteknik är till sin natur känsligt för elektromagnetiska störningar och EMC är därför jämngammalt med radiotekniken, då man tidigt insåg vikten av att skydda radio från störningar. I takt med teknikutvecklingen har fler EMC-fenomen tillkommit. Mycket av tekniken kring oss kan påverkas om EMC inte råder. Då uppfattas istället EMC som något negativt.

Elsäkerhetsverket har en viktig uppgift som tillsynsmyndighet för EMC, enligt EU:s EMC-direktiv. Även andra myndigheter arbetar för EMC. En viktig del i detta arbete är att hänga med i utvecklingen och att med omvärldsanalyser känna av hur det fungerar i verkligheten.

Det här projektet är ett exempel på en omvärldsanalys, där vi tar reda på hur installationer med frekvensomriktare är utförda med avseende på EMC.

Projektledare har varit Henrik Olsson, som också skrivit rapporten. Deltog gjorde även Anders Richert, Peter Schallengruber, Rolf Källkvist, Emanuel Aldén, Lars Hansson, Jonas Bengtsson och Tomas Åberg.

Sammanfattning

Merparten, 69 % av de 39 besökta anläggningarna hade EMC-relaterade brister.

Påfallande ofta har rätt typ av materiel använts vid installationen, men på ett felaktigt sätt. En rad misstag återkommer ständigt där frånvaro av zonindelning är det främsta, orsakat av olämplig uppbyggnad av apparatskåp, felaktig kabeldragning och olämplig placering av ingående komponenter.

Bristerna tyder på att installatörerna saknar grundläggande förståelse för begreppet elektromagnetisk kompatibilitet (EMC).

Kvalitén på tillverkarnas installationsanvisningar varierar också vilket försvårar installatörens arbete. Finns grundkunskaper kan dessa tillämpas på mängder av produkter, inte bara frekvensomriktare. Exempelvis kraftaggregat och modern belysning. Mycket av det här är en följd av ökat miljömedvetande och energisparande men då gäller det att inte istället försämra den elektromagnetiska miljön.

Eftersom den allmänna teknikutvecklingen går i en riktning som innebär fler produkter med ökad potential för EMC-problem är det olyckligt att resultatet tyder på att installatörernas kunskaper inom EMC är så pass dåliga. Det gör att vi också kan riskera att få EMC-problem från många andra typer av produkter som är beroende av rätt utfört installationsarbete.

En installatör ska inte behöva ha djupa kunskaper inom EMC, men det förutsätter att tillverkare av produkter har skapat en produkt med bra grundförutsättningar för att installeras riktigt. EMC-direktivet och övrigt regelverk kring EMC nämner återkommande att god praxis ska tillämpas och det förutsätter en viss kunskapsnivå hos den som installerar.

Den som installerar behöver ha en övergripande förståelse för att utrustningar måste kunna samverka i sin elektromagnetiska miljö, och att den kunskapen saknas anser vi är huvudproblemet.

Det finns idag inget tydligt incitament för anläggningsinnehavaren att ha en EMC-mässigt korrekt installation. Elsäkerhetsverkets erfarenhet är att uppkomna störningar nästan alltid drabbar en tredje part. Även felinstallerade anläggningar verkar ha fungerat bra enligt innehavarna själva.

Innehåll

1 Mål **5**

2 Motiv **5**

3 Mängd och urval **7**
3.1 Urval ... 7
3.2 Begränsningar ... 7

4 Genomförande **8**
4.1 Tillsynsobjekt ... 8
4.2 Metod ... 8
4.3 Sammanställning från tillsynsbesök ... 8
4.4 Begrepp och förkortningar ... 8

5 Resultat **10**
5.1 Tillsynsbesöken ... 10
5.2 Typer av installationer ... 10
5.3 Produkten frekvensomriktare ... 10
5.4 Produktens dokumentation ... 11
5.5 Installatörers EMC-kunskaper ... 12
5.6 God praxis ... 12
5.7 Vanliga misstag ... 12
5.7.1 Fel typ av motorkabel ... 13
5.7.2 Anslutning av motorkabelns skärm ... 13
5.7.3 Gamla vanföreställningar ... 14
5.7.4 På vägen till motorn ... 14
5.7.5 Olämpliga motorer ... 14
5.7.6 Extrakablar till motorer ... 15
5.7.7 Nätfilter ... 16
5.7.8 Pedantiska installationer ... 18
5.7.9 Röriga apparatskåp ... 19

6 Analys och slutsatser **20**
6.1 Sammanfattning ... 20
6.2 EMC redan på projektstadiet ... 20
6.3 Installatörer ... 21
6.4 Tillverkarens anvisningar ... 21
6.5 Mekaniskt utförande ... 22
6.6 Kostnadsfrågan ... 22
6.7 Följder av installationsfel ... 22
6.8 Utbildning av installatörer ... 23
6.9 Tillverkare av frekvensomriktare ... 23
6.10 Informationskanaler ... 24
6.11 Generella råd ... 24
6.12 Gynnsam produktutveckling ... 25
6.13 Regelverk och standarder ... 25

6.13.1 Elinstallationsreglerna, SS 436 40 00 25
6.13.2 EMC-standard för frekvensomriktare, SS-EN 61800-3 ... 26
6.13.3 EMC-förordningen (1993:1067) 26
6.13.4 EMC-lagen (1992:1512) 26
6.13.5 EMC-direktivet (2004/108/EG) 26
6.13.6 Dokumentation av fasta installationer enligt EMC-direktivet 27
6.13.7 God praxis 27

7 Bilaga 29
7.1 Frekvensomriktaren – vad är det? 29
7.1.1 Inledning 29
7.1.2 Frekvensomriktarens funktion 30
7.1.3 Växelriktarens utspänning 31
7.2 Frekvensomriktare och EMC 32
7.2.1 Inledning 32
7.2.2 Zonindelning 33
7.2.3 Upprätthålla zongränsen – viktigt! 34
7.2.4 Kabelskärmarnas syfte 35

8 Referenser 36

1 Mål

Projektet ska ge svar på följande frågor:

- Är installationer med frekvensomriktare generellt utförda på ett sätt som ger tillfredsställande EMC, så att direktivets skyddskrav uppfylls?
- Har installatörer tillräckliga kunskaper inom EMC?
- Följs tillverkares anvisningar och god praxis för installationer av frekvensomriktare med avseende på EMC?
- Är produkternas installationsanvisningar tydliga?
- Finns rapporterade problem vid bristfälliga installationer?
- Finns behov att informera olika aktörer (innehavare, installatörer, tillverkare mm)?
- Behov av återkoppling till standardisering (EMC, installationer)?
- Finns dokumentation av fasta installationer enligt EMC-föreskriften där det är relevant? (utgått)
- återkoppling för eventuell marknadskontroll (utgått)

2 Motiv

Under åren har Elsäkerhetsverket återkommande haft anmälda ärenden där det visat sig att motordrifter med frekvensomriktare (ventilation, pumpar, hissar med mera) orsakat EMC-relaterade problem. För det mesta har det resulterat i radiostörningar, där i synnerhet radioamatörer har drabbats men också fjärravläsning av elmätare via elnätet har påverkats.

Utifrån tidigare ärenden har vi sett att problemen varit relaterade till *utförandet av installationen* snarare än produkten frekvensomriktare. Det har handlat om slarv eller okunskap hos installatörer, möjligen att installationsanvisningarna ibland kan uppfattas som otydliga med dålig vägledning för installationen. Tillverkare av

frekvensomriktare har lagt ner mycket jobb på att få en produkt som uppfyller kraven för CE-märkning, men det är viktigt att också installatören gör ett fullgott jobb och följer anvisningarna. I de flesta fall blir inte en korrekt utförd installation dyrare men det blir alltid kostsamt att åtgärda i efterhand.

Produkten frekvensomriktare har generellt genom sin konstruktion mycket stor potential att orsaka EMC-problem om den inte hanteras korrekt. Radiostörningar är ett vanligt exempel på EMC-problem. Se text i bilagan.

Om vi ser på det här i ett lite vidare perspektiv är det intressant att notera att så gott som all modern kraftteknik är baserad på teknik som fungerar på liknande sätt som frekvensomriktare, nämligen switchad omvandling. Den tekniken återfinns i strömförsörjning (nätaggregat) som ingår i mängder av produkter. Andra exempel är belysning med LED (lysdioder) och moderna drivdon för lysrör (HF-don). Utrustningar innehåller ofta mikroprocessorer och annan digital teknik som även den har potential för EMC-problem.

Helt klart är tiden för länge sedan förbi då installationer bestod av EMC-mässigt enkla produkter med liten eller obefintlig risk att påverka sin elektromagnetiska omgivning. Exempel på EMC-mässigt enkla produkter är direktmatade trefasiga asynkronmotorer, belysning med glödlampor, strömförsörjning baserade på vanliga transformatorer och likriktare.

Förutom att vi kan få störningar från dessa utrustningar så riskerar de också att bli påverkade av andra utrustningar i närheten med onödiga driftstörningar som följd.

Installatörer måste med andra ord ha förståelse för EMC – även för andra installationer är frekvensomriktare.

3 Mängd och urval

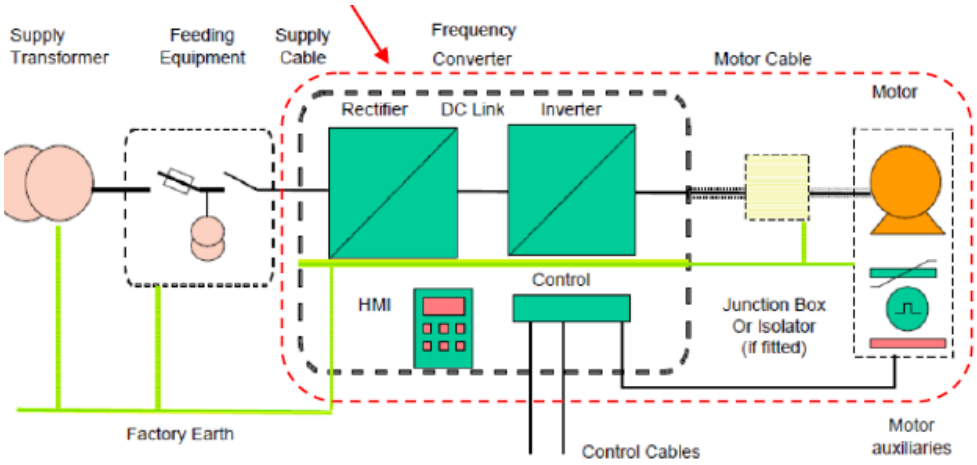
3.1 Urval

Installationer i kommersiella fastigheter (till exempel flerbostadshus, skolor och kontor). De flesta tidigare ärenden (indikationsstyrda) har rört sådana installationer. Besök har gjorts vid både nya och äldre anläggningar med slumpvis urval över hela Sverige.

3.2 Begränsningar

Installationer i privatbostäder har inte ingått med motiveringen att frekvensomriktare sällan installeras där samt att vi enligt EMC-lagen inte har rätt att utöva tillsyn i bostäder.

Eventuella överliggande styrsystem har inte ingått i projektet. Rödstreckad linje visar omfattningen:



Installationer i industrier har inte ingått med motivationen att vi haft förhållandevis få ärenden i sådan miljö, och även gjort bedömningen att EMC-problem där främst drabbar den egna verksamheten.

Installationer med drivsystem där motor och elektronik är integrerade (till exempel. EC-motorer) har inte ingått. Bedömningen är att utförandet av installationen inte påverkar EMC-egenskaperna lika mycket här.

Produkter där frekvensomriktare ingår som komponent har inte heller varit med.

4 Genomförande

4.1 Tillsynsobjekt

Under projektet har 39 tillsynsbesök utförts. Dessa har varit slumpvis spridda över hela landet med avsikten att få ett brett urval av anläggningar.

4.2 Metod

Vid tillsynsbesöket gjordes en okulär besiktning av anläggningens utförande, där vi koncentrerade oss på hur frekvensomriktaren med tillhörande motor installerats. Vid besöken undersöktes om installationerna var utförda enligt tillverkarens anvisningar och allmän praxis avseende EMC. Elsäkerhet ingick inte i projektet. Frekvensomriktarens fabrikat och typ noterades. En bedömning gjordes om installatören fått tillräckliga anvisningar, genom att studera frekvensomriktarens installationsanvisningar. Intressanta fel och goda exempel fotodokumenterades. Notering om EMC-relaterade problem förekom.

4.3 Sammanställning från tillsynsbesök

Utifrån samtliga tillsynsbesök görs en sammanställning med notering om respektive installation kan anses vara fullgod eller inte samt kortfattad notering om vilka eventuella brister som finns.

4.4 Begrepp och förkortningar

Apparat	Färdig anordning, eller kombination av sådana anordningar, som finns kommersiellt tillgänglig som en funktionell enhet och är avsedd för en slutanvändare.
CE-märkning	Produktmärkning där tillverkaren visar att alla tillämpliga EU-direktiv är uppfyllda för produkten.
Dokumentation av fast installation	Beskrivning av hur EMC-direktivets skyddskrav är uppfyllt för en viss installation. Ersätter CE-märkning för en fast installation avseende EMC.
Elektromagnetisk kompatibilitet	En utrustnings (apparat eller fast installation) förmåga att fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska miljö utan att oacceptabelt påverka något annat i den miljön.
Elektromagnetisk miljö	De sammanlagda elektromagnetiska fenomen som kan finnas på en viss plats.

Elektromagnetisk störning	Fenomen som kan försämra funktionen hos utrustning, exempelvis brus, en oönskad signal eller en förändring av ett överföringsmedium.
EMC	Elektromagnetisk kompatibilitet, även på svenska vedertagen förkortning från engelskans ”electromagnetic compatibility”.
Fast installation	En särskild kombination av olika apparater och andra anordningar som är monterade, installerade och avsedda för permanent användning på en på förhand bestämd plats. (Skilj detta från elinstallationsvärldens ”fast ansluten” som är en apparat som är strömförsörjd från ett elsystem via en fast kabel.).
Filter	Elektrisk anordning som släpper igenom signaler i önskat frekvensområde (exempelvis elnätets frekvens) och spärrar andra oönskade signaler för att hindra att de sprids via elektriska nät.
Frekvensomriktare	Produkt som används för att variera varvtalet hos en elektrisk motor genom att omvandla elnätets fasta frekvens till en annan, önskad, frekvens.
Harmoniserad standard	Standard som används för att visa överensstämmelse för kraven i ett EU-direktiv. Exempelvis SS-EN 61800-3 som kan användas för att visa att en frekvensomriktare uppfyller skyddskravet i EMC-direktivet.
Skyddskrav	Krav i EMC-direktivet som anger att utrustning inte får alstra för hög nivå av elektromagnetisk störning samt ska ha viss tålighet mot sådan störning.
Utrustning	Apparat eller fast installation.
Zonindelning	Metod att separera två olika elektromagnetiska miljöer så de inte påverkar varandra.

5 Resultat

5.1 Tillsynsbesöken

Resultatet från totalt 39 besök visade att merparten, 69 % av tillsynsobjekten, hade EMC-relaterade brister av något slag. Bristerna innebär att det inte finns någon klar zonindelning. Följden blir att elektromagnetiska signaler (som naturligt finns i frekvensomriktaren) kan spridas till omgivningen och där påverka annan utrustning i omgivningen. Även det motsatta kan inträffa, det vill säga att utrustning störs.

- Projektet visar att de flesta installatörer har begränsade kunskaper inom EMC, man har inte förstått viktiga grundläggande begrepp och principer.
- Ingen anläggningsinnehavare har meddelat att de haft några tydliga egna störningsproblem i anläggningar, oavsett om det finns brister eller inte.
- Ofta har rätt materiel använts men montaget har varit olämpligt utfört.

5.2 Typer av installationer

Ventilationssystem har stått för nästan alla projektets tillsynsbesök. Användningen av frekvensomriktare i ventilationsanläggningar har starkt motiverats av främst energisparande. Det vanligaste är att fläkt med tillhörande motor finns i någon form av luftbehandlingsenhet som sedan ansluts till ett apparatskåp där frekvensomriktaren finns.

Pumpdrifter med separata frekvensomriktare visade sig vara mycket ovanliga i projektet. För projektets tillsynsobjekt har i stället produkter där motor och drivelektronik varit integrerade varit allmänt förekommande (exempelvis cirkulationspumpar). Sådana integrerade produkter har inte ingått i projektet.

Hissar har bara ingått i några enstaka fall vilket kan vara en brist. Möjligen kan man invända att en hiss kan anses vara en produkt. Den är dock ofta uppbyggd av flera enheter där hissmotorn för det mesta är separat från ett apparatskåp som innehåller frekvensomriktare. Den som installerar produkten måste därmed ansluta motorn på lämpligt sätt.

5.3 Produkten frekvensomriktare

Produkten i sig kan inte generellt anses vara dålig avseende EMC även om det på grund av dess arbetssätt finns hög potential att orsaka EMC-problem. Tillverkarna har lagt ner mycket jobb på sina produkter för att kraven i EMC-standarder ska uppfyllas. Det förutsätter dock att de också installeras korrekt. Det är ganska stora skillnader på hur smidigt det är att installera olika produkter, vilket beror på skillnader i utförandet och hur bra tillverkarens instruktioner är.

Elsäkerhetsverkets erfarenhet från tidigare ärenden är att korrekt utförda installationer sällan ger upphov till några EMC-problem.

5.4 Produktens dokumentation

Det är avgörande för slutresultatet att det finns vettiga anvisningar för installationen på svenska och här kan vi konstatera att skillnaderna är stora. Eftersom funktionen i princip är lika för nästan alla frekvensomriktare och grundläggande EMC-praxis är samma, kan man utan vidare påstå att de flesta frekvensomriktare bör kunna installeras ungefär lika oavsett fabrikat och modell. Nu finns det en del, kanske mestadels mekaniska, avvikelser som gör att det ändå blir vissa skillnader. Många tillverkare har alldeles utmärkta EMC-guider som ger mycket bra hjälp för installatören men det kräver då att denne aktivt söker och hämtar information och inte minst inser behovet av information. En produkt ska oavsett levereras med tillräcklig dokumentation vid leveransen, skriven på svenska och i pappersform enligt EU-regelverket för produkter.

Generellt kan vi påstå att dokumentationen har blivit bättre med åren men tyvärr hittar vi fortfarande en del dåliga exempel.

Anvisningarna verkar generellt inte använda begreppet *zonindelning* vilket är synd – det ger en lättförståelig och pedagogisk beskrivning av vad som ska uppnås.

Kommentarer:

- Anvisningar täcker väldigt många modeller – svårt att hitta rätt plus att kraven kan avvika bland modellerna.
- Ibland motsägelsefull information mellan olika stycken.
- Ofta förutsätts att installatören har mycket goda EMC-kunskaper (**ska** ha vissa kunskaper enligt produktens EMC-standard).
- Krav på motorkabeln ofta otydliga (främst skärmegenskaper), ofta står bara att kabeln ska vara skärmad. Olika skärmtyper har olika egenskaper.
- Information om skärmens anslutning (”jordning”) saknas ofta.
- Begreppet ”jorda” förekommer generellt och missförstås av installatörer, ett bättre begrepp efterfrågas av oss (t ex motsvarande engelskans ”bonding”) när man inte avser skyddsjordning.

5.5 Installatörers EMC-kunskaper

Vi upplever att kunskaperna över lag är bristfälliga och högst varierande. Vi vill inte påstå att någon direkt medvetet fuskar, det är snarare så att brister har berott på dåliga kunskaper. Över lag är det ingen tvekan om att grundläggande EMC-kunskaper saknas hos många installatörer. Vi kan se att det grundläggande begreppet ”zonindelning” (förklaras i bilagan) verkar okänt i många fall.

Vi upplever att den som *vill* inhämta information inte har något problem att finna information. Problemet är snarare att förstå att man *behöver* information.

5.6 God praxis

Det är ett uttryck som ständigt återkommer, bland annat i EMC-direktivet och dess guide samt i föreskrifter och förordning. Vad som är god praxis varierar i takt med teknikutvecklingen och det är därmed inte så lätt att göra någon lista. Det finns mängder av bra exempel på god praxis i EMC-litteratur och i tillverkares speciella guider.

Förståelse för vad god praxis är kommer mer eller mindre automatiskt med goda grundkunskaper inom EMC. Här kan god praxis handla om att ansluta kabelskärmar på ett visst sätt och att separera ledningar från varandra.

5.7 Vanliga misstag

Misstag innebär att den viktiga zonindelningen försämras eller upphör helt, vilket leder till att den förhållandevis höga störnivå som naturligt finns i de flesta frekvensomriktare sedan sprids till omgivningen. Det kan också leda till att installationen blir känslig för störningar som kommer utifrån, med onödiga driftstörningar som följd. Ett antal misstag återkommer ofta och vi har valt att använda oss av bilder för att visa dem.

För det mesta har rätt material (skärmad motorkabel, EMC-förskruvningar, nätfilter med mera) i varierande grad används vid installationer men montaget har varit felaktigt. Det tyder på att installatören faktiskt har läst anvisningarna men att dessa antingen varit otydliga eller att grundförståelsen för EMC är dålig.

De absolut vanligaste misstagen är olämplig anslutning av kabelskärmar och att oskärmad motorkabel blandats med andra kablage i apparatskåp.

Fel begås av både stora och små installationsföretag.

5.7.1 Fel typ av motorkabel

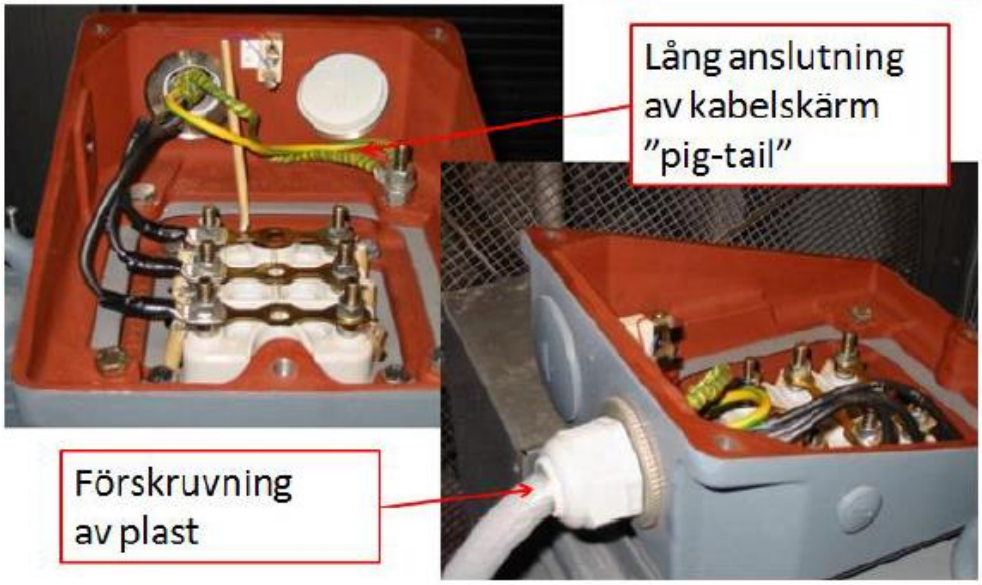
I de flesta fall krävs skärmad motorkabel. Det enda undantag vi känner till är ett fabrikat som kan installeras med oskärmad motorkabel. Tyvärr finns det mängder av olika typer av skärmad kabel och egenskaperna kan variera avsevärt. Det är inte ovanligt att äldre installationer moderniseras med frekvensomriktare och då händer det att äldre kablage behålls, ofta oskärmat. I de flesta fall har dock någon form av skärmad motorkabel använts.

5.7.2 Anslutning av motorkabelns skärm

Ofta anges att skärmen ”ska jordas” vilket är olyckligt rent språkligt eftersom det missförstås av installatörer. Att jorda något är en vanlig åtgärd för att skydda en så kallad utsatt del av metall från att spänningssättas vid ett fel, alltså en elsäkerhetsmässig åtgärd. När man jordar ur skyddssynpunkt är det tillräckligt att använda en ledare med tillräcklig area som klarar en viss felström(låg resistans vid kraftfrekvens) men det fungerar inte för EMC.

En skyddsledare kan ha avsevärd längd (åtskilliga meter). EMC-mässigt måste en kabelskärm ha en mycket låg impedans för ett stort frekvensområde som sträcker sig långt upp i radiofrekvenser (megahertz) och därför blir en traditionell skyddsjord helt verkanslös i detta fall. I engelskan finns uttrycket ”bonding” som ger en bättre beskrivning av vad som önskas. Någon riktigt bra översättning finns inte, man kanske kommer närmast med att säga att skärmen ska *förenas* med ansluten utrustning där den ska utgöra en *obruten förlängning* av zongränsen. Någon gång har skärmad kabel använts utan att alls ansluta skärmen och då blir det ingen skärmverkan alls.

Är inte skärmen ansluten enligt praxis förekommer det ganska ofta att den i stället tvinnats ihop till en kabelbit som ansluts någonstans där man tycker det passar. Resultatet blir en anslutning med en oönskad impedans i serie med kabelskärmen, vilket gör att dess prestanda försämras avsevärt. Man kan vanligen se längder som varierar mellan någon enstaka centimeter till många decimeter. I praktiken innebär det att skärmen kan anses vara i bästa fall ”halvansluten” till i värsta fall inte ansluten alls (även om den bevisligen är inkopplad). Ibland har man kanske velat spara pengar på billigare förskruvningar eller kanske har man glömt att ta med sig korrekt materiel.



Exempel på felaktig anslutning av kabelskärm

5.7.3 Gamla vanföreställningar

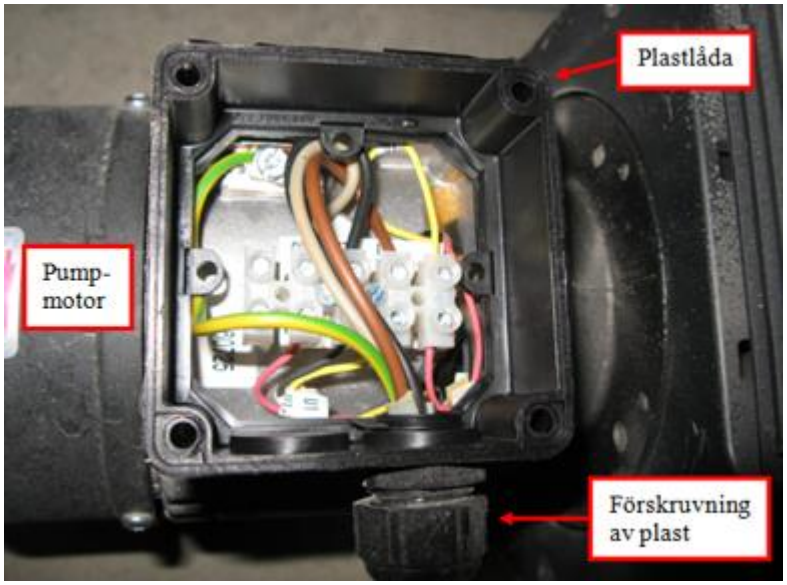
En del verkar tro att en kabelskärm bara ska anslutas i en ände. Det är troligen en kvarleva från gamla tiders lågfrekventa analoga system (ljudanläggningar är ett exempel) där jordslingor med brumproblem kan uppstå på grund av potentialskillnader. **Generellt ska alltid en skärm vara ansluten i båda ändar.** Det kan dock ibland förekomma situationer där det kan bli ett problem men det får man hantera på lämpligt sätt och hör till undantagen.

5.7.4 På vägen till motorn

Den skärmade motorkabeln bör helst vara helt obruten på sin väg. Det är dock inte ovanligt att kopplingsdosor och säkerhetsbrytare finns mellan frekvensomriktare och motor. Dessa måste utgöra en fortsättning på kabelskärmen och vara en del av zonindelningen. Det är förmodligen både enklare och mer kostnadseffektivt att placera säkerhetsbrytare på nätsidan, innan frekvensomriktaren, och då kan den dessutom göras spänningslös för underhåll.

5.7.5 Olämpliga motorer

Tyvärr förekommer det att motorer har kopplingsboxar av plast. En sådan motor är i princip omöjlig att ansluta till en frekvensomriktare eftersom skärmen inte kan anslutas EMC-mässigt riktigt.

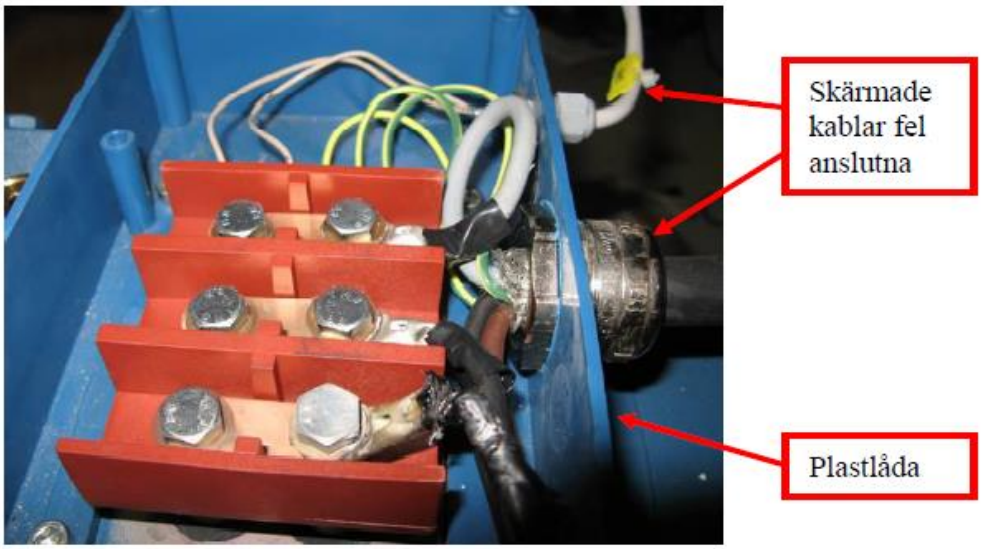


Olämplig anslutningsbox på motor

I ovanstående bild är kabelskärmen inte ansluten alls. Den gul/gröna ledningen går tillsammans med de övriga i kabeln och är avsedd för att *skyddsjorda* motorn, den har ingen som helst funktion för EMC.

5.7.6 Extrakablar till motorer

Ibland krävs extra kablar till motorn, för exempelvis temperatursensorer. När en sådan används måste tillhörande kabel uppfylla samma krav på skärmning och anslutning som motorkabeln. Här ser vi ett exempel på ”dubbelfel” där en plastlåda använts och en extra kabel dragits in på ett helt felaktigt sätt. Även om en metallåda använts hade den grå kabeln varit fel ansluten.

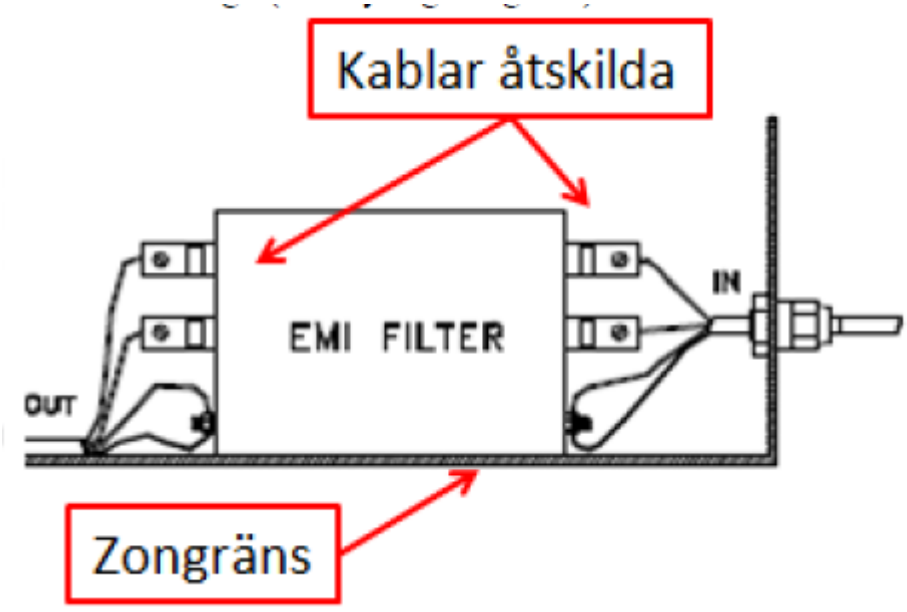


Misstag vid en kompressormotor för värmepump

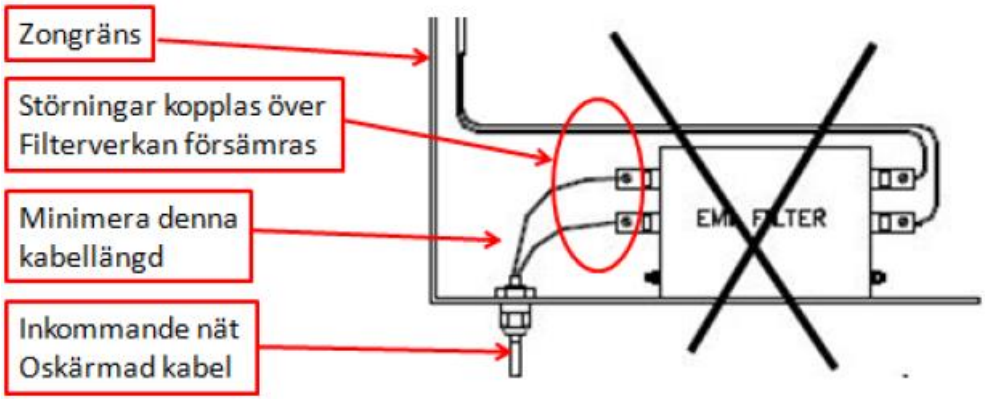
5.7.7 Nätfilter

I vissa fall krävs extra nätfilter, ibland inte. Vad som gäller framgår i frekvensomriktarens manual. Nätfilter monteras på inkommande matning till frekvensomriktaren. Det är vanligt att extra nätfilter inte krävs i industrimiljö medan det behövs i bostadsmiljö. Vissa modeller uppfyller alla krav med inbyggda filter. Installationsmässigt bör det vara en fördel med ett inbyggt nätfilter eftersom möjligheterna till misstag vid installationen minskas. Nätfilter kan bli väldigt dyra och fysiskt stora, speciellt för större effekter. Man kan misstänka att de ibland ”prutas bort” av dessa anledningar. Står det i tillverkarens anvisningar att filter krävs för en viss installation **skall** filter också användas, i annat fall uppfylls inte EMC-kraven.

Nätfiltret måste anslutas så de bidrar till zonindelningen, något som innebär att man aldrig någonsin får blanda ihop ledningarna på respektive sida. Det är ett vanligt misstag som innebär att filtret i praktiken blir mer eller mindre verkanslöst, och dyra pengar blir bortkastade.



Exempel på rätt installation.

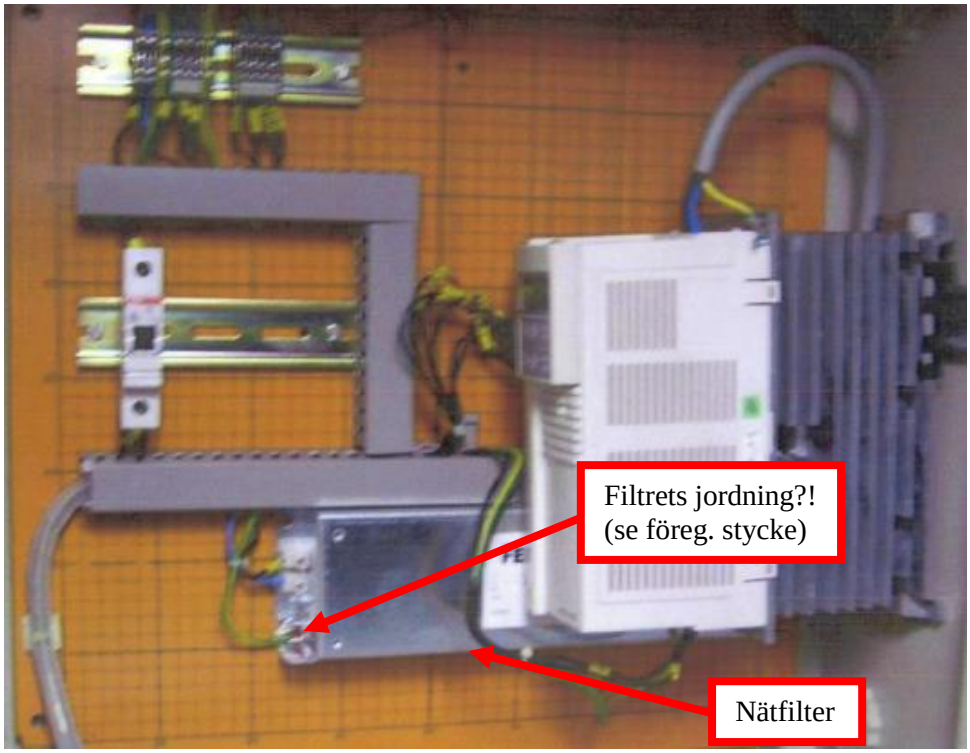


Ett vanligt misstag.

För att fungera krävs också att filtret är anslutet direkt till zongränsen. Det ska precis som för kabelskärmarna ske med låg impedans för radiofrekvenser. Förekommande misstag är färg som isolerar eller att en bit ledning använts.

5.7.8 Pedantiska installationer

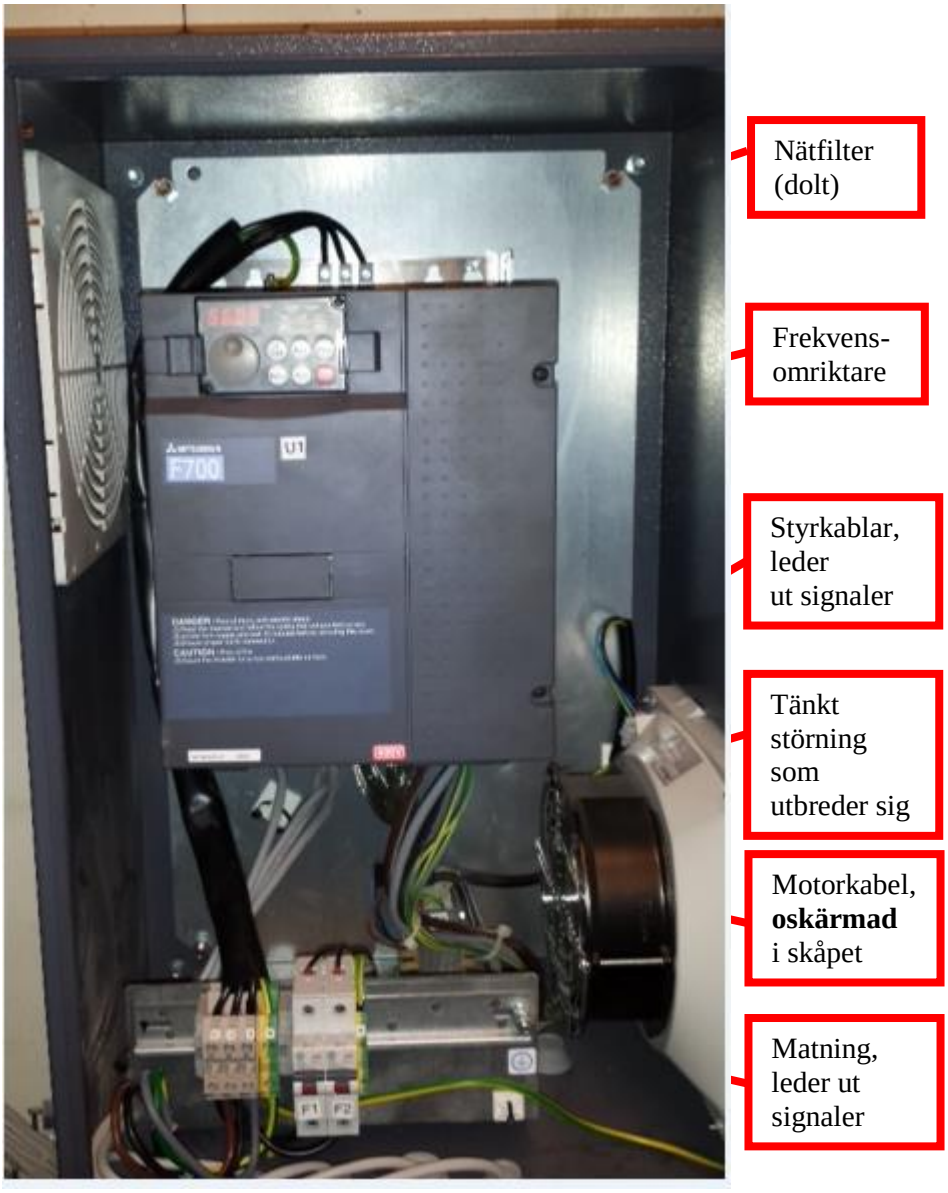
Vissa installatörer sätter en ära i att lämna ifrån sig en snygg installation, gärna med ledningar prydligt lagda i kabelkanaler. Tyvärr finns det exempel på där detta har resulterat i något som blivit EMC-mässigt direkt dåligt. Man har i vissa fall placerat ut ingående delar godtyckligt på ett snyggt sätt i ett apparatskåp. Tyvärr har det inneburit att den så viktiga zonindelningen inte uppnås.



Här har kraftkablar på nätfiltrets båda sidor blandats ihop med ledningar till motorn plus diverse signalkablar i kabelkanalerna. Här får vi en helt okontrollerad spridning av störande signaler i apparatskåpet och störningarna leds sedan ut på de olika ledningarna som lämnar apparatskåpet. Det hade varit fullt möjligt att med samma materiel som på bilden få en fullgod installation om man disponerat utrymmet i skåpet annorlunda och byggt med tanke på zonindelning.

5.7.9 Röriga apparatskåp

Exemplet visar hur en rätt vald skärmad motorkabel har en oskärmad del, flera decimeter lång, inne i apparatskåpet. Det gör att störningar kopplas över till övriga ledningar, exempelvis inkommande spänningsmatning längst till vänster. Här finns ett nätfilter vars funktion försämras avsevärt på grund av detta onödiga misstag. Även styrkablarna bidrar till att leda ut störningar ur apparatskåpet.



Ingen zonindelning i rörigt apparatskåp.

Misstag av den här typen kan undvikas genom grundläggande EMC-kunskaper men också genom god planering när anläggningen ska projekteras och byggas.

6 Analys och slutsatser

6.1 Sammanfattning

Vi har sett att det är utförandet av installationen snarare än produkten frekvensomriktare som är det viktigaste att angripa för att undvika EMC-problem orsakade av frekvensomriktare. Uppnår vi god förståelse för det är mycket vunnet eftersom samma fenomen återfinns för andra moderna produkter. Resultatet kan med andra ord användas i ett vidare sammanhang utöver installationer med frekvensomriktare.

Teknikutvecklingen har tydligt gått i en riktning som gör att installatörer får hantera allt mer komplexa utrustningar, inte bara frekvensomriktare, där EMC är viktigt. Därför blir resonemanget principiellt viktigt. Förutom motordrifter med frekvensomriktare har vi fått switchade nätaggregat, LED-belysning och datoriserade styrsystem. Även dessa utrustningar kan innebära EMC-problem om de installeras felaktigt.

Lösningen borde i första hand vara mer EMC-utbildning för installatörer. Dessutom finns i vissa fall behov av bättre installationsanvisningar för produkterna.

6.2 EMC redan på projektstadiet

I litteratur om EMC trycker man ofta på att det blir dyrt att lösa misstag i efterhand, och kunskaper tillsammans med planering blir därför nyckelordet för ett bra slutresultat. I större projekt är det vanligt att någon projekterar en anläggning och överlämnar det praktiska till någon annan som utför installationen. Redan från början bör man tänka på EMC och välja ingående komponenter som kan fungera tillsammans och är avsedda för aktuell miljö. Under projektet har vi sett exempel som tyder på att projektören valt olämplig materiel som inte kan installeras på rätt sätt. Det finns anledning att påstå att även de som projekterar kan ha tveksamma EMC-kunskaper alternativt inte sätter sig in i uppgiften.

En fast installation ska också enligt EMC-direktivet dokumenteras avseende den elektromagnetiska miljön på platsen, för att säkerställa att direktivets skyddskrav uppfylls. Det här bör man ta upp redan på projektstadiet. Kraven på dokumentationen blir mer omfattande vid avvikelser från tillverkarens anvisningar.

Det är också bra om EMC uppmärksammas vid upphandling av installationer. För vissa installationer kan anpassning (hårdare eller lättare krav) till miljön krävas.

6.3 Installatörer

Projektet visar att installatörers EMC-kunskaper generellt är dåliga plus att anvisningar antingen är otydliga eller inte följs. Vi tror inte att några djupa kunskaper krävs men det är absolut nödvändigt att:

- förstå vad EMC handlar om
- förstå grundläggande begrepp (som exempelvis zonindelning)
- följa tillverkares anvisningar
- följa god praxis.

Det är beklagligt att slutresultatet verkar bli så beroende av installatörens kunskapsnivå. Så gott som alltid är installationer med frekvensomriktare ett behörighetskrävande elarbete och därför är man utlämnad till att använda lämplig installatör (alternativt elektriker som arbetar under behörig installatör). Då förväntas det att installatören har tillräckliga kunskaper avseende alla arbetsmoment, inklusive EMC.

6.4 Tillverkarens anvisningar

Som tidigare nämnts är det inga svårigheter att hitta EMC-relaterad information. Vi vill ännu en gång peka på utmärkta guider som tillverkarna erbjuder, i allmänhet gratis. Det mesta är dock skrivet på engelska.

Det är ett absolut krav enligt regelverket för produkter att dessa levereras med tryckta anvisningar på svenska. Anvisningarna bör ge mesta möjliga information som krävs för installationen. Tyvärr är det ofta svårt att hitta information eftersom det ofta är många varianter med olika krav som beskrivs i manualerna.

Det finns anledning att ifrågasätta om installatörerna generellt förstår varför de ska läsa anvisningarna, och förstår varför exempelvis en skärmad kabel ska anslutas på ett visst sätt. Vidare har man nog inte alltid insett behovet av ytterligare information som kan behövas för vissa installationer.

Tillverkarens anvisningar är något som återkommer hela tiden i regelverken kring EMC och elinstallationsreglerna. Därför är det av stor vikt att anvisningarna verkligen är utförliga. Från projektet har vi dock sett att det verkar som om installatörer inte alltid förstår varför kraven finns och därför behövs grundläggande EMC-kunskaper. Det är inte rimligt att ha med så mycket information i alla manualer.

Det är inte alltid säkert att tillverkarens anvisningar räcker för en fullgod installation. I EMC-regelverket hänvisas också till god praxis för fasta installationer vilket kan kräva ytterligare kunskaper (se punkt 6.13.7).

Det är en skillnad mot anvisningar till vanliga konsumentprodukter där man generellt utgår från att användaren inte har något tekniskt (än mindre EMC) kunnande och därför överlåter till tillverkaren att skapa en produkt som vid korrekt användning i avsedd miljö inte riskerar att orsaka några EMC-problem. En frekvensomriktare däremot installeras i en viss miljö och kan behöva anpassas till aktuell miljö. Kraven på anvisningarna och installatören blir därför betydligt högre för produkten frekvensomriktare än ordinära konsumentprodukter.

6.5 Mekaniskt utförande

Det är en stor fördel om det är lätt att göra rätt och här finns variationer. Ett bra exempel är om det är tydligt var kabelskärmar ska anslutas och att det i bästa fall är mer eller mindre omöjligt att blanda ihop olika ledningar. Det är exempelvis inte lämpligt att blanda ihop motorkabeln med andra kablar.

Helst ska man inte behöva köpa några extra tillbehör för en grundläggande installation om det är möjligt. Några bra exempel har varit lättanvända klämmor som ansluter kabelskärmar på ett bra sätt.

Det mekaniska utförandet bör aktivt bidra till en god zonindelning.

6.6 Kostnadsfrågan

Vi kan generellt påstå att i de flesta fall hade det inte kostat speciellt mycket, om ens något, extra för att få de dåligt utförda installationerna att vara fullgoda från början. Många gånger har rätt materiel köpts in men montaget har varit felaktigt.

Det finns flera exempel hos Elsäkerhetsverket från tidigare ärenden där innehavare fått åtgärda problem som upptäckts efter att en anläggning tagits i drift, många gånger på egen bekostnad. För nyare installationer kan det bli reklamationsärenden mot installatören.

6.7 Följder av installationsfel

Anläggningens innehavare har i allmänhet inte varit medveten om förekommande installationsfel. De har inte heller kunnat peka på om några reella problem finns. Här vet vi inte om man har sett ett eventuellt samband mellan driftstörningar och EMC. Troligtvis är också innehavares kunskaper om EMC generellt dåliga. Från tidigare störningsärenden hos Elsäkerhetsverket vet vi att det så gott som alltid är en tredje part som drabbas när frekvensomriktare installerats felaktigt. Tyvärr gör det att innehavaren inte har något bra incitament att arbeta för EMC, jämför det

med exempelvis elsäkerhetsfrågor där så gott som alla inser att det finns risker (elolyckor och bränder) med felaktigt utförda installationer.

Baserat på projektets resultat kan man därför lätt förledas att tro att innehavaren inte har något att vinna på en EMC-mässigt korrekt utförd installation. Installationerna verkar ha fungerat alldeles utmärkt oavsett hur de är utförda. Kanske har vissa installatörer gjort fel gång på gång och dragit den förhastade slutsatsen att EMC-kraven är onödiga eftersom frekvensomriktare med tillhörande motor ändå fungerat.

I praktiken bör förstås en korrekt installation ha större tålighet mot störningar som kommer utifrån. Att det ändå verkar ha fungerat bra för projektets felinstallerade anläggningar beror med stor sannolikhet på att EMC-miljön i det flesta fall har varit förhållandevis enkel, det vill säga att störnivån på platsen har varit begränsad. Verkligheten hade antagligen varit annorlunda i exempelvis en tung industrimiljö.

Om vi jämför med tidigare ärenden hos Elsäkerhetsverket finns inga anmälningar om att frekvensomriktare blivit störda av något i sin omgivning. Det har skrivits en del om problem med elkraftsrelaterade fenomen (exempelvis spänningsdippar) som gjort att motordrifter påverkats men den typen av installationsfel som beskrivs i projektet har inget direkt med det att göra.

6.8 Utbildning av installatörer

Eftersom frekvensomriktare numera är så allmänt förekommande vid installationer, och att moderna produkter (inte bara frekvensomriktare) i allmänhet har potential för EMC-problem om de installeras felaktigt, borde installatörers utbildning inkludera grundläggande kunskaper inom EMC. Det blir en pedagogisk utmaning eftersom EMC ofta uppfattas som ganska abstrakt och svårt att ta till sig. Det kan också bli svårt att avgöra vilken teknisk nivå som är lagom, men troligen räcker det med ganska grundläggande kunskaper som då bör täcka upp god praxis inom EMC.

Genom åren har vi fått en känsla av att installatörer ofta känner till att viss materiel (exempelvis skärmade kablar, rätt förskruvningar) ska användas vid installationerna, vilket tyder på att man faktiskt har läst anvisningarna eller kanske att kunskapen spridits muntligen via kollegor. Det som däremot verkar saknas är kunskapen om varför materielen ska väljas och hur avgörande montaget är för slutresultatet avseende EMC.

6.9 Tillverkare av frekvensomriktare

Tillverkarna måste se till att det finns bra anvisningar som är entydiga, lättlästa och inte lämnar utrymme för tveksamheter och egna tolkningar. Det är också värdefullt

om produkterna konstrueras för att underlätta en bra installation, det ska helt enkelt vara lätt och intuitivt att göra rätt. Det bästa vore om det dessutom inte krävs några extra inköp av montagedetaljer.

6.10 Informationskanaler

Resultatet från detta projekt bör spridas på följande sätt:

- Utbildare
  Förklara begreppet EMC, vikten av att alltid följa anvisningar

- Tillverkare, importörer och grossistföretag
  Ta fram bra installationsanvisningar. Tillgång till support för installatörer.

- Branschtidningar/organisationer för elektriker, VVS, ventilation med mera.

- Bostadsbolag (i synnerhet ventilation, hissar och så vidare) och industrier
  Beställarkompetens för att ställa krav.

- Elsäkerhetsverket
  EMC-information på hemsidan och i informationsbladet Aktuellt, speciellt inriktat på elinstallatörer. Verka för att branschen, i synnerhet elinstallatörer/elektriker, ska ha grundläggande EMC-kunskaper.

6.11 Generella råd

Vid installationer i bostäder, kommersiella fastigheter och lättare industrimiljö vet man oftast inte så mycket om EMC-miljön på platsen. Generellt bör man anta att innehavare, boende och brukare med mera på en sådan plats inte har några EMC-kunskaper. Det är också rimligt att anta att diverse radiokommunikation (rundradio, TV, mobiltelefoni, kommunikationsradio) används i närheten. Diverse styrsystem för exempelvis värme och ventilation men också larmsystem och datornätverk finns tillsammans med mängder av elektrisk utrustning. Samtliga inblandade kring en anläggning kommer med all rätt att förvänta sig att allt fungerar tillsammans – det är ju avsikten med EMC.

Installationer i dessa miljöer ska som ett minimum alltid utföras helt enligt tillverkarens anvisningar **och** god praxis inom EMC. I vissa fall kan det behövas ytterligare åtgärder, exempelvis om antenner för radiosystem är monterade i närheten. Följs tillverkares anvisningar och god praxis bör också dokumentationen av den fasta installationen (enligt EMC-direktivet) bli enklare.

För mer komplicerade miljöer (exempelvis tung industrimiljö) är det lämpligt att analysera miljön utförligare för att undersöka om installationen behöver anpassas enligt exempelvis god praxis.

6.12 Gynnsam produktutveckling

Utvecklingen inom ventilation och cirkulationspumpar går i en för EMC gynnsam riktning där vi får motorer med drivelektroniken integrerad i motorn (så kallade EC-motorer). En sådan produkt är vanligen mycket enkel att installera ur ett EMC-perspektiv. Förutom spänningsmatning finns möjligen några enstaka ledningar för styrning av motorvarv, larm med mera. Eftersom den främsta felkällan, motorkabeln, är helt eliminerad bör det finnas små möjligheter att göra fel för installatören. Sådana motorer ersätter dock inte separata frekvensomriktare för alla tillämpningar.

Som tidigare nämnts finns goda exempel på mekanisk konstruktion hos moderna frekvensomriktare som underlättar installationsarbetet.



Exempel på lösning för att ansluta kabelskärmar.

6.13 Regelverk och standarder

6.13.1 Elinstallationsreglerna, SS 436 40 00

Enligt Elsäkerhetsverkets föreskrifter för elinstallationer ska de utföras enligt ”god elsäkerhetsmässig praxis”. Ett sätt att uppnå det är att använda relevant svensk standard, vanligen denna standard. Där finns några punkter av speciellt intresse för EMC, även om det inte uttryckligen står så i standarden.

> *Elinstallationsarbete ska utföras av kvalificerade personer och med användning av lämpligt material. Elmateriel ska installeras i enlighet med tillverkarens anvisningar*, standardens punkt 134.1.1

Det finns också en del generella råd i standardens kapitel 444.

Även om standarden nämner ”bra funktion” i omfattningen (punkt 11) är det klart att det mesta i standarden handlar om elsäkerhet. Eftersom standarden är en allmänt

vedertagen referens för elinstallationsarbete skulle det vara bra med ytterligare text om EMC. Över lag är standardens texter om EMC ganska summariska och ger inte mycket praktisk hjälp till installatören. I allmänhet hänvisas till tillverkarens anvisningar vilket i och för sig är förståeligt av utrymmesskäl.

6.13.2 EMC-standard för frekvensomriktare, SS-EN 61800-3

Standarden avser varvtalsstyrda elektriska drivsystem, där frekvensomriktare ingår. Den är främst avsedd för tillverkare men ger också viss information för installation. Vi gör dock bedömningen att standarden ligger på en alldeles för hög teknisk nivå för de flesta installatörer och de har med andra ord inte så stor användning av den.

De frekvensomriktare som används i de anläggningar projektet avser tillhör standardens ”PDS of category C2”, alltså bostäder, kommersiella byggnader och lättare industrier. Utmärkande för den kategorin är att spänningsmatning från ett publikt lågspänningsnät (230/400 volt). Enligt standarden ska sådana frekvensomriktare installeras och driftsättas av fackkunnig personal och det är särskilt markerat att fackkunskapen också inkluderar EMC-kunskaper. Det bör man tolka som att installatören ska ha grundläggande EMC-kunskaper, exempelvis om zonindelning, skärmning och filtrering. Ett rimligt krav med tanke på produktens potential för EMC-problem.

De kravnivåer som standarden anger för ledningsbunden och utstrålad störning är att anse som ganska typiska för elektriska utrustningar och brukar för det mesta fungera bra i en genomsnittlig omgivning utan att störa annan utrustning. Det förutsätter dock att installationen är utförd enligt tillverkarens anvisningar och enligt sedvanlig god praxis avseende EMC.

6.13.3 EMC-förordningen (1993:1067)

Även förordningen trycker på god branschpraxis och att följa anvisningar från tillverkare. Dessutom att utrustning bara får användas så den fungerar tillfredsställande i sin elektromagnetiska omgivning och inte alstrar oacceptabla störningar. Vidare framgår det att Elsäkerhetsverket är tillsynsmyndighet för den här typen av produkter.

6.13.4 EMC-lagen (1992:1512)

Lagen medger tillträde för tillsyn, dock inte i bostäder, och det finns också möjligheter att kräva åtgärder om störningar uppstår. Den som inte följer lagen kan dömas till böter eller fängelse (högst ett år).

6.13.5 EMC-direktivet (2004/108/EG)

Vid sidan av direktivet kan man med fördel läsa ”Guide for the EMC Directive 2004/108/EC” som ger bra förklaringar till texten i direktivet.

Den som installerar har egentligen ingen anledning att fördjupa sig i EMC-direktivet, förutom möjligen stycket om fasta installationer. Där anges tydligt (direktivets Bilaga I) att en fast installation ska utföras enligt god branschpraxis och i enlighet med informationen om hur ingående komponenter är avsedda att användas.

6.13.6 Dokumentation av fasta installationer enligt EMC-direktivet

En fast installation ska inte CE-märkas (avseende EMC) eftersom den är avsedd att användas på en fast, förutbestämd plats. Begreppet ”fri rörlighet” är alltså inte tillämpbart på fasta installationer till skillnad från produkter som ska CE-märkas. Frekvensomriktaren är ett typiskt exempel på en produkt som så gott som alltid ska CE-märkas när den säljs inom EU. I en fast installation får det dock ingå delar som inte är CE-märkta, det vill säga specialtillverkade för installationen, men det förutsätter också att det finns en EMC-dokumentation för installationen som visar att skyddskravet är uppfyllt. För den CE-märkta produkten ska en så kallad EG-försäkran (declaration of conformity) finnas där tillverkaren bland annat intygar att skyddskravet är uppfyllt.

EMC-direktivets skyddskrav gäller alltid, också för fasta installationer! För att visa att installationen uppfyller skyddskravet ska det finnas en särskild EMC-dokumentation som visar detta. Dokumentationen ersätter alltså CE-märkningen för en fast installation och är ett krav enligt EMC-direktivet. Dokumentationskravet framgår också i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ELSÄK-FS 2007:1. Kravet på dokumentation av fasta installationer gäller från införandet av direktivet 2004/108/EG, det vill säga från 2009 (inklusive övergångsbestämmelser). Skyddskravet gäller alltid, även för äldre installationer, enligt EMC-förordningen.

För en fast installation finns ganska stora friheter att anpassa utförandet till förutsättningarna på platsen och det är möjligt att avvika från både god praxis och tillverkares anvisningar, men då är det extra viktigt att det finns dokumenterat. Rent praktiskt innebär det sannolikt mer arbete att avvika från praxis och anvisningar så rådet för en ”normal” installation är att följa praxis och anvisningar.

För en genomsnittlig ”normal” installation, där CE-märkta produkter för avsedd miljö används och tillverkares anvisningar samt god praxis vid installationen följts, kan man sannolikt anse att direktivets dokumentationskrav för en fast installation i allmänhet uppfylls om tillverkarens anvisningar för ingående produkter sparas och anläggningen är dokumenterad enligt kraven i SS 436 40 00.

6.13.7 God praxis

Uttrycket dyker upp lika ofta som hänvisningar till tillverkarens anvisningar. En bra förklaring finns i guiden till EMC-direktivet. Det är för övrigt inget unikt i EMC-sammanhang utan nämns i Elsäkerhetsverkets föreskrifter för elinstallationer.

Vad som är god praxis kan variera med tiden (på grund av teknikutveckling) och kan vara beroende på installationen. Exempel på god praxis kan hämtas från handböcker om EMC, guider från tillverkare med mera. Helt klart kräver det här att den som ska installera är kompetent och har satt sig in i ämnet men minst lika viktigt är att denne förstår varför kunskaperna krävs, något som vi upprepat flera gånger i denna projektrapport. Vetskap om vad som är god praxis, eller hur man hittar informationen, är ett nödvändigt komplement till tillverkarens anvisningar.

7 Bilaga

7.1 Frekvensomriktaren – vad är det?

7.1.1 Inledning

En frekvensomriktare är en elektronisk produkt som medger att varvtalet hos en trefas asynkronmotor kan varieras. Den trefasiga asynkronmotorn hör till klassikerna bland elektriska maskiner och den har hängt med länge, inte utan anledning. Det är en elmotor som är billig, driftsäker och standardiserad. Den främsta nackdelen har varit svårigheter att varvtalsreglera den. Ibland har man kunnat anpassa motorns varvtal med exempelvis någon form av utväxling (rem- eller kuggtransmission), i de fall när motorn drivit exempelvis en pump eller fläkt har man låtit den gå på ett fast varvtal och sedan strypt pumpens eller fläktens flöde. Det här ger upphov till onödiga energiförluster och är i dagens miljömedvetna samhälle inte längre acceptabelt.



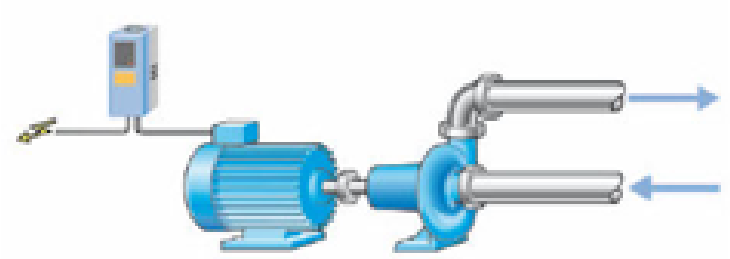
En trefas asynkronmotor.



Reglering – före frekvensomriktaren.

Motorns varvtal är kopplat till vilken frekvens elnätet har, vanligen 50 Hz. Med modern kraftelektronik är det ganska lätt att omvandla elnätets fasta frekvens till valfri frekvens för att få motorn att gå på önskat varvtal. Vanligen mellan noll upp till kanske 200 Hz. Dessutom fås en massa extra funktioner ”på köpet”, exempelvis

överbelastningsskydd, inbyggda regulatorer, möjlighet till dator-styrning med mera. Men den kanske största fördelen är att mycket energi kan sparas och därför är nästan alla motordrifter elektroniskt styrda numera, och kanske vanligast är kombinationen trefas asynkronmotor och frekvensomriktare.



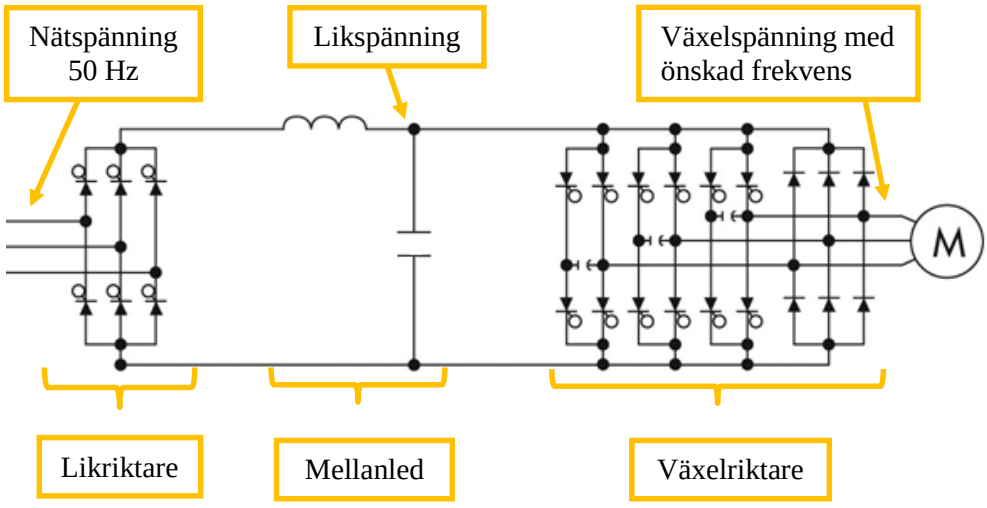
Modern reglering – med frekvensomriktare.

I det moderna systemet har man kunnat ta bort ventilen som ställdes in för att få lagom flöde. Istället ser frekvensomriktaren till att varvtalet blir rätt för att få lagom flöde.

7.1.2 Frekvensomriktarens funktion

För att förstå meningen med projektet, och inte minst varför EMC-problem kan uppstå, kan det vara intressant att studera hur en frekvensomriktare fungerar. Vi går inte in på djupet utan nöjer oss med en schematisk beskrivning av de ingående byggblocken.

Det vi vill uppnå är att elnätets konstanta frekvens (50 Hz) ska omvandlas till en godtycklig frekvens (ofta 0 – 200 Hz). Först likriktas nätspänningen, därefter följer en energireservoar som består av kondensatorer, kallas för mellanled. Det sista steget är den så kallade växelriktaren där vi utifrån mellanledets likspänning skapar en trefasig växelspänning med önskad frekvens. Det här är en ganska grov förenkling men räcker för att beskriva hur det fungerar.

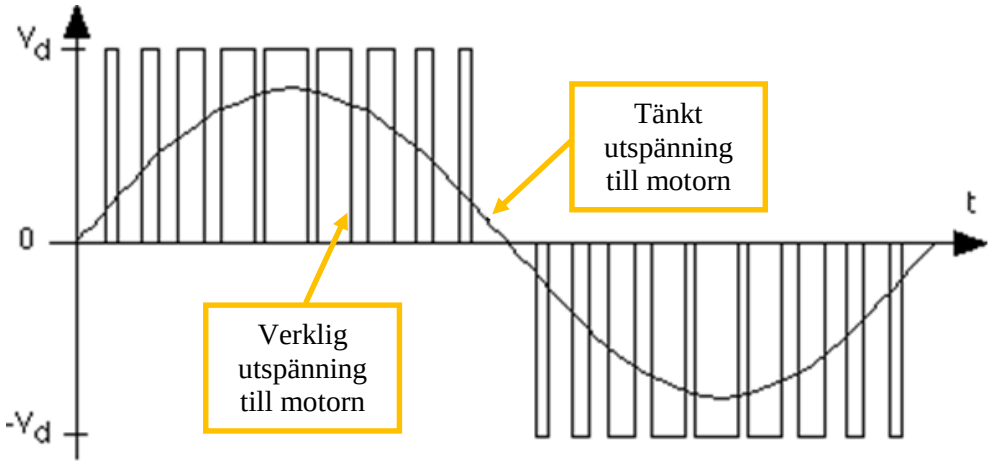


Blockschema.

Man kan tycka att det är mycket besvär bara för att ändra frekvensen men faktum är att det med moderna komponenter är ganska lätt. De senaste åren har det varit en enorm utveckling av den så kallade switchade krafttekniken och det har gjort att priserna sjunkit kraftigt samtidigt som prestanda ökat. Dessutom finns en hel del datakraft, även där har utvecklingen varit minst sagt imponerande och det har gjort att mängder av funktioner har integrerats i frekvensomriktaren, som vi nämnde tidigare finns övervakning, möjlighet till regulatorer och datakommunikation.

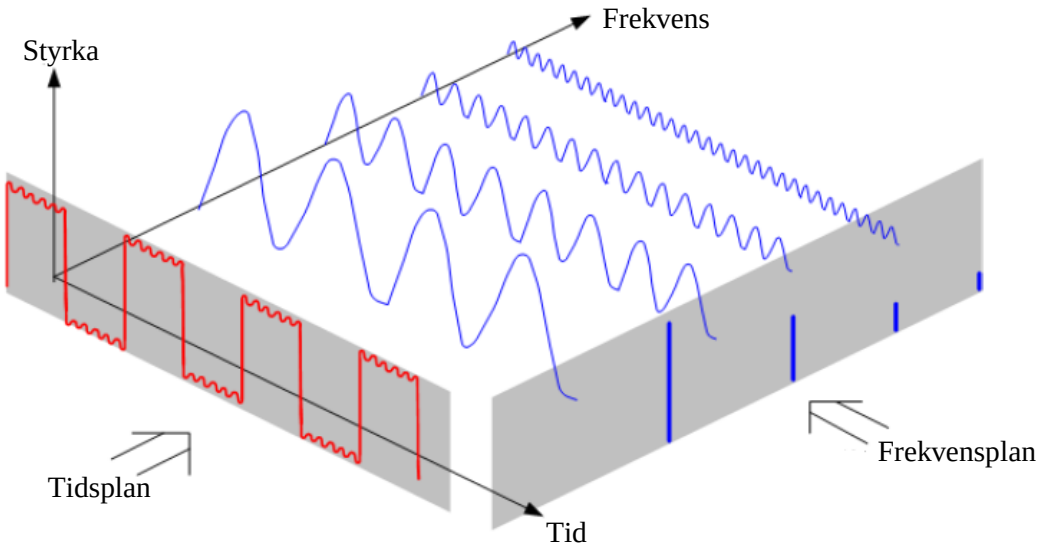
7.1.3 Växelriktarens utspänning

Den främsta anledningen till att det kan bli EMC-problem är utan tvekan växelriktaren. Där hackas mellanledets likspänning upp till en växelspänning. Det görs med en teknik som heter pulsbreddsmodulering. På så vis skapas en utspänning som med ganska god vilja kan anses efterlikna en sinuskurva. För de flesta typer av frekvensomriktare är dock signalen väldigt pulsformad.



Utspänning från växelriktaren.

Av praktiska skäl, främst för att få låga effektförluster, vill man låta växelriktaren hacka upp likspänningen av/på så snabbt som möjligt. Det ger en fyrkantform som blir väldigt ”kantig”, med skarpa flanker. Denna kantighet ger upphov till ett stort frekvensinnehåll av så kallade övertoner som trots att grundfrekvensen är ganska låg, storleksordning tiotals kHz, skapar frekvenser som finns i ett stort frekvensområde – många MHz. Det här kan matematiskt bevisas med fouriertransform.



Fyrkantsignalens frekvensinnehåll.

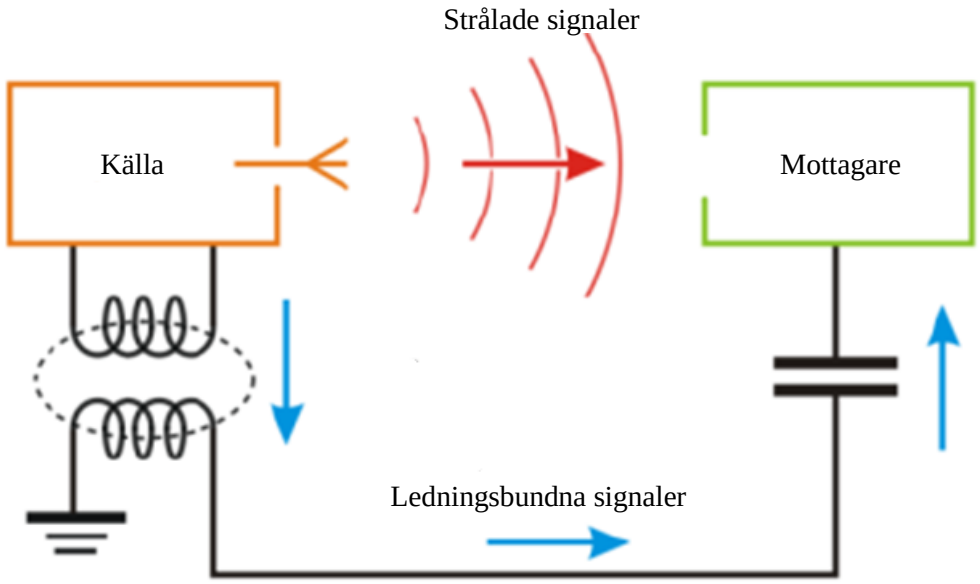
Teorin bakom det här är ganska komplicerad, vi får här nöja oss med att konstatera att en fyrkantsignal ger upphov till mängder av extra frekvenser i ett mycket stort frekvensområde. Dessa frekvenser kan man se som en oönskad biprodukt till funktionen. Biprodukten behöver inte vara något problem genom en lämplig konstruktion. Hur man undviker att en viss utrustning, exempelvis en frekvensomriktare, inte orsakar problem för någon annan utrustning är en del av det som kallas elektromagnetisk kompatibilitet – EMC.

7.2 Frekvensomriktare och EMC

7.2.1 Inledning

Eftersom vi lever i ett samhälle som är fullmatat med olika utrustningar är det viktigt att de inte påverkar varandra på ett oönskat sätt. Därför finns ett omfattande regelverk som börjar i ett EU-direktiv, det så kallade EMC-direktivet. Direktivet har sedan förts in i svensk lagstiftning med lag, förordning och föreskrifter.

Utrustningar (apparater och fasta installationer) kan påverka varandra på olika sätt. Signaler kan spridas genom luften (som radiosignaler) men också fortplanta sig via metalliska ledare.



Kopplingsvägar för signaler.

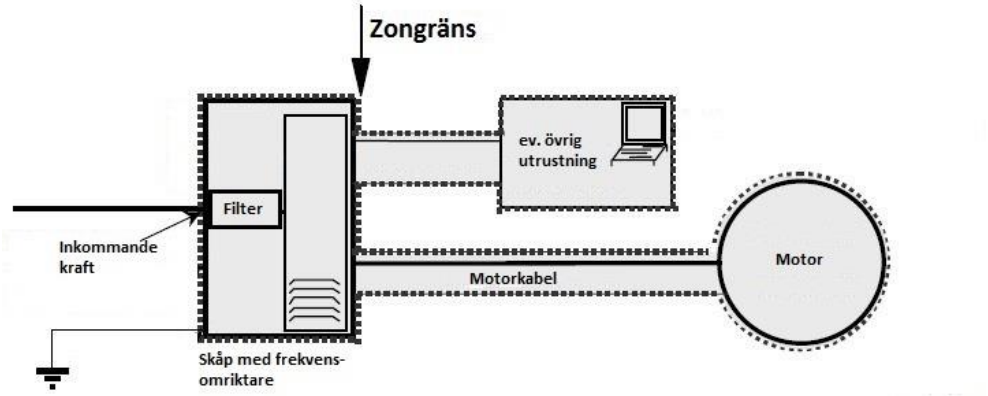
Ledningsbundna signaler kan omvandlas till strålade signaler, och tvärtom. Det blir en antennverkan precis som vid radiosändning/mottagning.

Störningar kan också överföras induktivt och kapacitivt mellan olika ledare, det händer vanligtvis när ledningar förläggs olämpligt i apparatskåp eller på kabelstegar. Ett vanligt exempel är när en bit av motorkabeln är oskärmad inne i ett apparatskåp på vägen mellan apparatskåpets vägg och frekvensomriktaren, samtidigt som andra oskärmade kablar finns inne i lådan. Enkelt uttryckt kan man se det som att olika kablar smittar varandra med oönskade signaler.

Som tidigare nämnts behöver inte de högfrekventa signalerna, som är en biprodukt från frekvensomriktaren, vara något problem så länge de inte kommer ut och ställer till bekymmer för något annat i omgivningen. Ett vanligt exempel på EMC-problem är radiostörningar. Rent tekniskt är det ganska lätt att konstruera en produkt för att undvika EMC-problem. Några grundläggande EMC-begrepp för att uppnå detta är zonindelning, skärmning och filtrering.

7.2.2 Zonindelning

Det är enkelt uttryckt en fråga om segregering, i det här fallet är det faktiskt önskvärt att skapa en tydlig skillnad mellan två världar. Elektroniken i frekvensomriktaren kan byggas in i en skärmad låda som gör att signalerna i den hindras att nå omvärlden. En ganska enkel zonindelning. Men vi måste förse frekvensomriktaren med elkraft utifrån och vi ska driva en elmotor. Dessutom behövs säkert vissa styrsignaler. Vi kan inte ostraffat dra kablar genom apparatlådans zongräns, det gäller att tänka sig för och göra rätt för att inte sabotera zonindelningen.



Exempel zonindelning

Den skuggade delen av bilden innehåller störande signaler som omgivningen måste skyddas från. Den prickade linjen på bilden är zongränsen. En typisk lösning på det är att använda en skärmad kabel till motorn och ett nätfilter för inkommande kraft. Läser man i anvisningarna till frekvensomriktare är det här vanlig praxis vid installation. Väldigt ofta är nätfiltret inbyggt i frekvensomriktaren. Filtrets uppgift är att obehindrat släppa igenom nätspänningens låga frekvens (50 Hz) men blockera andra oönskade signaler från att komma ut. Både filtret och den skärmade motorkabeln har också en funktion att skydda frekvensomriktaren från störningar som kommer från omgivningen, exempelvis från andra apparater, mobiltelefoner med mera. Störningar kan medföra att motorn går med fel varvtal, stannar eller kanske startar när den inte ska.

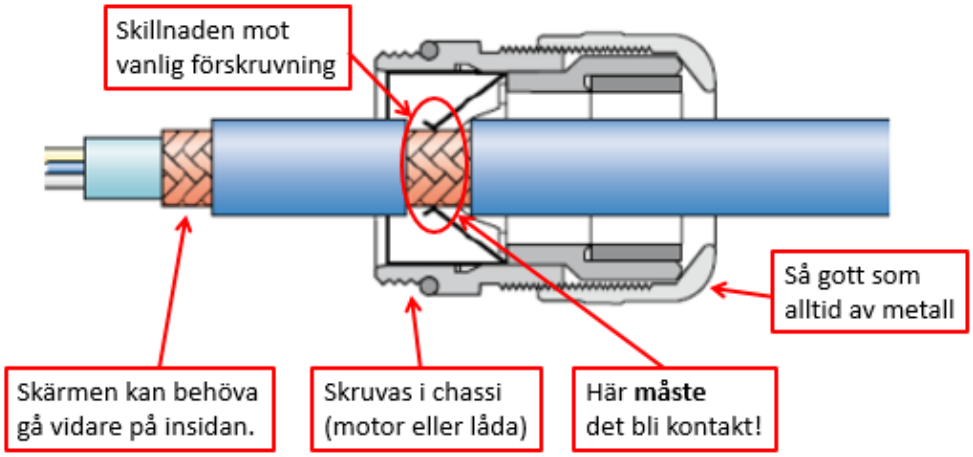
Bilden visar frekvensomriktaren monterad i ett skärmat skåp men det kan också vara möjligt att zonindelningen finns i själva frekvensomriktaren och då behövs inget extra apparatskåp. Vanligtvis finns ändå ett skåp för att skydda rent fysiskt, exempelvis mot fukt, smuts och liknande.

Tillverkare av frekvensomriktare har lagt ner mycket jobb på att få en produkt som uppfyller EMC-direktivets krav så den dels inte stör annan utrustning men inte heller påverkas av andra utrustningar. Det kallas för skyddskravet i EMC-direktivet och är direktivets viktigaste del. Kan tillverkaren visa att skyddskravet är uppfyllt så är det en av grunderna för att sedan kunna CE-märka sin produkt så den får säljas på europamarknaden. Utan CE-märke får den för övrigt inte säljas alls.

7.2.3 Upprätthålla zongränsen – viktigt!

För att EMC-kraven ska uppfyllas är det avgörande att det finns en klar, väldefinierad zongräns. Tyvärr är det mycket lätt att sabotera gränsen och det gäller att inte fuska eller försöka ta några genvägar. Vid installation är det förstås viktigt att följa tillverkarens anvisningar men minst lika viktigt är det att ha en god förståelse för vad EMC är och hur signaler kan sprida sig på oönskade sätt.

Motorkabeln är en mycket kritisk del och för nästan alla frekvensomriktare krävs en skärmad kabel. Skärmen måste vara tät för att inte släppa ut signaler, man kan likna det med att leda vatten genom ett rör. Men röret måste också anslutas på rätt sätt till övriga delar för att bibehålla zonindelningen och slippa oönskat läckage. Denna skärmanslutning ska ske med speciella förskruvningar eller överfallsklämmor. Man talar om att skärmen ska anslutas till apparatdelarna runt hela sin omkrets, 360 grader. Anledningen är att vi ska få en anslutning med låg impedans för höga frekvenser (radiofrekvenser) och då blir kraven något speciella.



Anslutning med EMC-förskruvning

Skärmen ska som generell regel alltid anslutas i bägge ändar, vid såväl frekvensomriktare som vid motorn. Vi ska ha en obruten zongräns hela vägen fram till motorn och det inkluderar också eventuella kopplingsdosor och säkerhetsbrytare.

7.2.4 Kabelskärmarnas syfte

Syftet med skärmen är att hindra spridning av oönskade signaler och inte för skyddsjordning. Skyddsjordning kan också behövas för att hindra att ledande delar (exempelvis en motors hölje) antar skadlig potential vid fel. För skyddsjordning finns vanligen en separat ledare i motorkabeln. En sådan *skyddsledare* är helt verkanslös i EMC-sammanhang eftersom en sådan ledares impedans (växelströmsmotstånd) blir mycket högt för radiofrekvenser och ska betraktas som avbrott även om det faktiskt finns någon form av elektrisk förbindelse.

Det är för övrigt inte alls säkert att kabelskärmen har tillräcklig ledararea med mera för att duga som skyddsledare. Med andra ord är kraven på en *skyddsledare* och den *funktionsjordning* som skärmen utgör fullständigt olika och därför består oftast en motorkabel av både skyddsledare och skärm, förutom ledarna som överför kraft.

För att fungera bra ska en kabelskärm ha vissa egenskaper där den viktigaste är att den är tät, något som vanligen uppnås med en flätad skärm.

8 Referenser

Regelverk

- Elsäkerhetsverkets föreskrifter om EMC (ELSÄK-FS 2007:1)
- Förordning (1993:1067) om EMC
- Lag (1992:1512) om EMC
- EMC-direktivet (2004/108/EG) Ersätts av 2014/30/EU
- Guide for the EMC Directive 2004/108/EC
- "Blå guiden", Information om hur EU-direktiven fungerar

Standarder

- Standard SS-EN 61800-3 "Varvtalsstyrda drivsystem – Del 3: EMC-fordringar och speciella provningsmetoder"
- Standard SS 436 40 00, utgåva 2 "Elinstallationsreglerna – Utförande av elinstallationer för lågspänning"

EMC-litteratur

- "EMC for Product Designers", 4:e utgåvan Tim Williams ISBN 978-0-75-068170-4
- "EMC For Systems and Installations", Tim Williams/Keith Armstrong, ISBN 0 7506 4167 3
- "Electromagnetic Compatibility Engineering", Henry W. Ott, ISBN 978-0-470-18930-6
- "Elektromagnetisk miljö användarhandbok" EMMA. Försvarets materielverk. M7773-000750
- "Background and Comments on the EMC Performance of Cable Trays", Ulf Nilsson och Lennart Hasselgren, Electronic Environment nr 2, 2015

Diverse guider

- ”Complying with IEC/EN 61800-3 Good EMC Engineering Practices in the Installation of Power Drive Systems”, REO UK LTD/Keith Armstrong

- “Good Engineering Practices in the Design and Construction of Industrial Cabinets”, REO UK LTD/Keith Armstrong

- ”Frekvensomriktare – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet” Rapport från Elforsk, Teknikföretagen och Energimyndigheten

- Energieffektivisering av elmotordrifter, Elförlaget. ISBN 978-91-976728-1-8

Manualer och guider från tillverkare av frekvensomriktare. Se respektive tillverkares hemsida på internet. Här följer ett litet urval:

- ”Technical guide No. 3. EMC compliant installation and configuration for a power drive system”, ABB

- ”Drive Engineering – Practical Implementation”, SEW Eurodrive

- “Installationsanvisning. Kortfattad beskrivning av frekvensomriktare Vacon NX”, Vacon AB