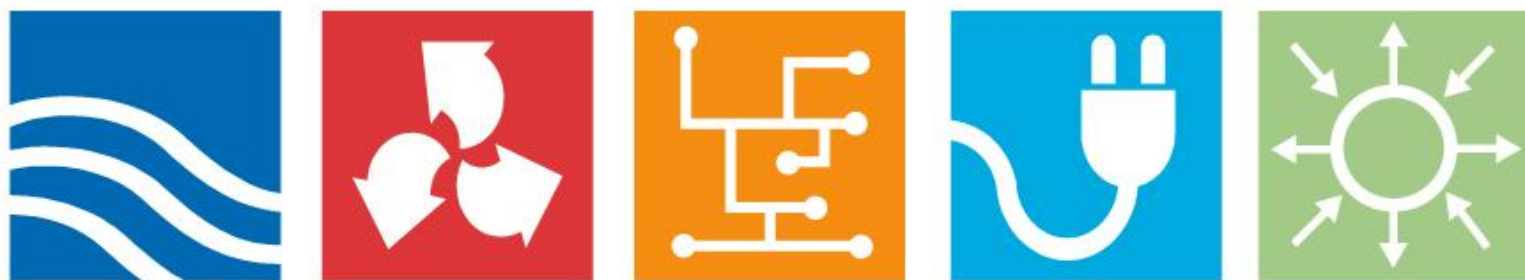


Värmepumpar och elkvalitet

Förstudie

Elforsk rapport 08:38



Jan Welinder

2008:06

ELFORSK

Värmepumpar och elkvalitet

Förstudie

Elforsk rapport 08:38

Förord

Föreliggande rapport är en förstudie över hur värmepumpar kan påverka elkvaliteten. Studien begränsar sig till villor. Fokus är på elkvalitet i närområdet, dvs. hur den egna villan och hus i grannskapet påverkas. Studien är inte en del av men har utförts i samarbete med Elforskprojektet Elektronisk last [1]. Den bygger också på erfarenheter från projektet Signalering på elnätet (Elforsk 06:22) och andra aktiviteter inom Elforsk, särskilt KFM – Kunskapsplats för Elmät [2, 3].

Arbetet är finansierat av Elforsk (E.ON Sverige, Gävle Energi, Göteborg Energi, Jämtkraft, Mälarenergi, Skellefteå Kraft och Vattenfall) och EFFSYS 2 (se www.effsys2.se) och utfört på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut med Jan Welinder som projektledare.

Stockholm oktober 2008
Bengt Hanell
Elforsk AB

Sammanfattning

Värmepumpen är en stor elförbrukare i ett småhus. När det gäller total förbrukning är den dominerande men andra tillfälliga laster kan vara väl så stora (t.ex. spisen). Det lokala elnätet kan vara både över- och underdimensionerat för värmepumpsdrift beroende på tidigare uppvärmningssystem (el eller olja).

Värmepumpens beteende mot nätet skiljer sig från andra laster. Den belastar antingen som en stor motor (till kompressorn) eller med en frekvensomriktare. Det finns därför anledning att undersöka om inverkan på nätet eventuellt blir negativ.

Beroende på funktionen har en värmepump kraftiga störkällor. En god konstruktion kan emellertid eliminera eller åtminstone reducera alla aktuella typer av störningar.

De potentiella störningarna är:

1. Startström – kan reduceras med mjukstart eller frekvensomriktare.
2. Övertoner med frekvens 150 – 2000 Hz – reduceras med s.k. power factor correction.
3. Högfrekvens – filtreras bort.

Kontakter med småhusägare, tillverkare och leverantörer visar att det enda kända problemet är startström. I svaga nät som kan förekomma på landsbygden men också i äldre villabebyggelse i stan är flimmer i belysningen när värmepumpar startar ett känt problem. Att problemet inte är stort visas av en enkät till abonnenter.

Problem med övertoner kan man inte räkna med att upptäcka enkelt. Problemet dyker egentligen först upp om det är många källor till övertoner i samma nät. De enskilda källorna har liten betydelse (om vi bortser från stora industriella störkällor).

Samma sak gäller också för högfrekvens. Det problem som kan dyka upp är i första hand att fjärravläsning av elmätare över nätet inte fungerar. Skulle värmepumpen störa ut den kanske det inte märks eftersom avläsningen kan göras när pumpen inte arbetar.

Förstudien har identifierat och värderat potentiella problem. Några mätningar har inte gjorts utan sådana kan eventuellt ske i ett fortsättningsprojekt.

Summary

Heats are one of the big consumers of electric power in small houses. This is definitely the case regarding the total energy consumption but there is other equipment like with similar installed power. Depending on the previous heating system the local grid can be strong or weak for the heat pump.

The behaviour of the heat pump is different from traditional loads. It is either a large electrical motor or a large frequency inverter. This is a reason to investigate if this has as detrimental influence on the power quality.

The heat pump has in its construction several functions that are potent disturbance sources. However, the actual emitted disturbances can be eliminated or at least reduced in a good construction. Beroende på funktionen har en värmepump kraftiga störkällor.

The potential disturbances are:

1. Inrush current – can be reduced with motor controllers frequency inverters.
2. Harmonics 150 – 2000 Hz – are reduced with power factor correction.
3. High frequency – reduced with filters.

Contacts with owners of small houses, equipment suppliers and net work owners show that inrush currents are the only known problem. Flicker in incandescent light bulbs is seen in rural areas and also sometimes in older areas in towns where the mains network is weak. A questionnaire shows that the problem is limited.

Problems with harmonics are not easily seen. A single source like a heat pump is not sufficient to generate problems but the sum of a number of sources or a large industrial source may generate a mains voltage with a too high content of harmonics.

The situation is similar for high frequency. The problem is seen when trying to read electricity meters over the mains network. This is sometimes not possible but due to a disturbance source. The reason is rarely investigated but a different technology like radio is used instead.

The pre-study has identified and analysed a number of potential problems. No connection to actual measurements is done so far. This will be done in a future project.

Innehåll

1	Inledning	2
2	Värmepumpens elsystem	3
2.1	Kompressorn	4
2.2	Pumpar/fläktar	5
2.3	Styrelektronik.....	5
2.4	Elpatron.....	5
2.5	Elektronisk last	6
2.6	Trender.....	9
3	Elkvalitetsrelaterade EMC-krav	10
3.1	Krav på värmepumpar	10
3.1.1	Flimmer och spänningsdippar	11
3.1.2	Övertoner på nätet 0 – 2 kHz	13
3.1.3	Högfrekventa störningar 2 – 150 kHz	14
3.1.4	Högfrekventa störningar 150 kHz – 30 MHz.	15
3.2	EMC-krav på apparater i villor	17
4	Elnätet i småhus	20
4.1	Impedans 50 Hz lågfrekvens	21
4.2	Impedans högfrekvens	22
4.3	Spänningsdippar från startström	24
5	Kontakter med brukare och leverantörer	26
5.1	Konsumenternas upplevelser (enkät).....	26
5.2	Tillverkarnas synpunkter	26
5.3	Elleverantörer.....	27
6	Slutsatser av förstudien	29
6.1	Mätprogram	29
7	Referenser	31

1 Inledning

Elförbrukare i bostäder har olika karaktärer och påverkar nätet och varandra på olika sätt. Traditionella elförbrukare är antingen resistiva laster som glödlampor eller värmeelement i radiatorer eller elspisar. Även om lasten eller elförbrukningen är stor så är den "snäll" ur nätets synpunkt. Betydligt besvärligare laster är motorer. Motorns elförbrukning varierar kraftigt och kan vara speciellt stor vid start. Vissa motortyper skapar stora högfrekventa störningar medan andra kan vara i stort sett helt störningsfria. Motorer introducerar också induktans i nätet vilket skapar fasförskjutning mellan ström och spänning vilket är ogynnsamt för nätet. Modern elektronik introducerar "elektronisk last". Strömförbrukningen följer inte längre spänningen över växelströmsperioden. Det introducerar övertoner och högfrekventa störningar på nätet.

Värmepumpar är en ganska stor elförbrukare i småhus jämfört med övriga system. Den största förbrukaren i en värmepump är fortfarande elpatronen som används som reserv eller stöd för att öka den totala värmeeffekten. Kompressorn kräver mindre eleffekt men belastar antingen som en motor eller som en elektronisk last (för varvvalsstyrda kompressorer). Styrsystemet är alltid elektroniskt.

Värmepumpar har alltså ett ganska mångfacetterat elsystem som kan tänkas påverka sin elektriska omgivning på flera sätt. Det är alltså ganska naturligt att frågan har väckts om värmepumpar påverkar elkvaliteten i småhus och småhusområden på ett negativt sätt. Föreliggande rapport är en inledande studie om i vilken utsträckning det sker och på vilket sätt. Studien ska också visa under vilka omständigheter eventuella problem uppstår och om det med enkla medel går att förbättra situationen.

Förstudien bygger huvudsakligen på intervjuer och teoretiska resonemang. Eftersom resonemangen är principiella så har inte alltid hänsyn tagits till att inkopplingen är 1- eller 3-fas. Tanken är att förstudien ska följas av ett antal mätningar som visar på verkligheten. Några definitiva slutsatser eller förslag presenteras därför inte i den här rapporten. Eftersom problembilden var oklar var det inte lämpligt att utforma hela projektet i en etapp.

2 Värmepumpens elsystem

Det elektriska systemet i en värmepump har ett antal huvudkomponenter:

1. kompressorn
2. pumpar/fläktar
3. styrsystem
4. elpatron

Den elektriska skillnaden mellan olika typer av värmepumpar (vatten-vatten, luft-vatten etc.) är i princip inte så stor. Det är dock vanligt att man använder olika lösningar beroende på faktorer som 1- eller 3-fasdrift etc. Detta är sin tur ofta styrt av eleffekten till kompressorn.

Två vanliga typer av värmepumpar för småhus är vatten/vatten-värmepumpar med ca 10 kW värmeeffekt och luft/luft-värmepumpar med ca 5 kW värmeeffekt. Som bekant finns fler varianter av värmepumpar och ett effektspann för varje typ men dessa två exempel kommer att användas i fortsättningen.

I tidigare installationer brukade värmepumpen underdimensioneras för att den skulle få en bättre arbetscykel och tillskottsvärme från el var en förut-sättning för dimensioneringen. Det är inte lika vanligt längre för vatten/vatten men gäller fortfarande för luft/luft-värmepumpar. Moderna varvtalsstyrda vatten/vatten-system är avsedda att klara i stort sett hela värmebehovet. Elpatronen finns kvar som reservsystem och för att med någons veckas mellanrum höja temperaturen i systemet för att hämma tillväxt av mikroorganismer (t.ex. legionella).

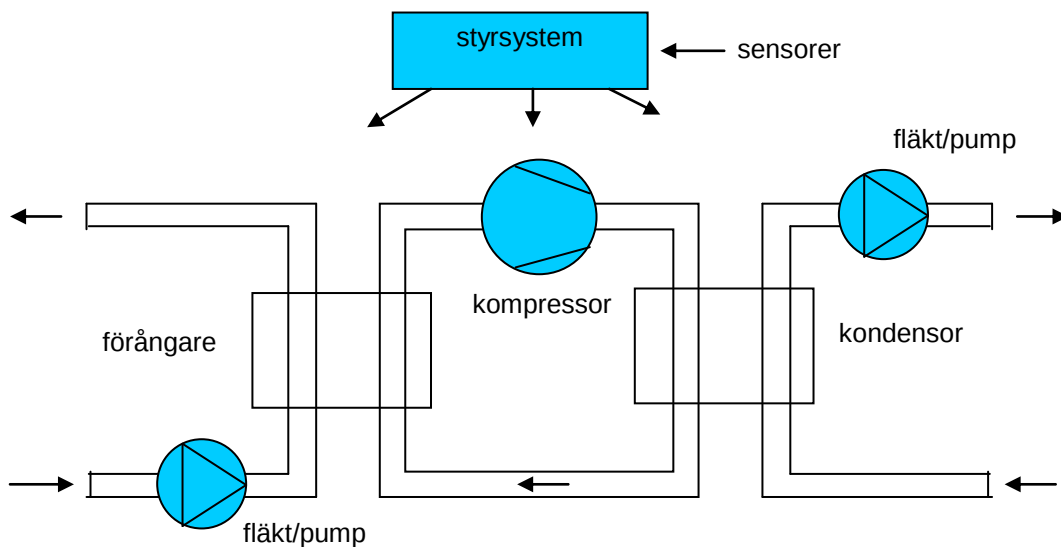


Fig 1. Enkelt blockschema för en värmepump. Huvudkomponenterna som kan påverka elkvaliteten är blåmarkerade.

2.1 Kompressorn

Kompressorns effektbehov är 25 – 30 % av värmeeffekten, i de valda exemplen alltså ca 3 kW respektive 1,5 kW. Kompressorn är en roterande maskin (t.ex. scrollkompressor) som drivs av en motor. De större kompressorerna drivs av en trefas asynkronmotor.

En asynkronmotor innehåller ingen elektronik eller kommutering (ändring av det inre magnetfältets riktning genom omkoppling via kolborstar). Den är därför en "ren" last som inte skapar några störningar vid kontinuerlig drift. Den är också stryktålig om den matande spänningen är ren. Problemet är starten. När spänningen kopplas in och motorn inte roterar uppstår en strömrusning – startström – som avtar till nominell ström i och med att motorn kommer upp i varv (se fig 2).

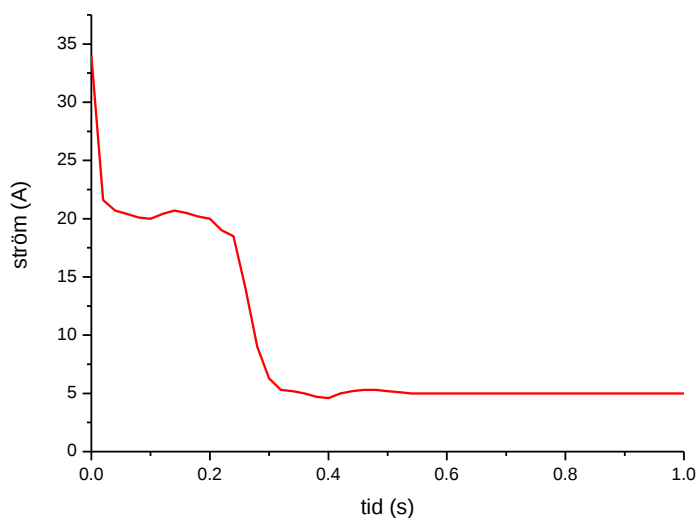


Fig 2. Typiskt utseende på startströmmen till en asynkronmotor av den typ som driver t.ex. bergvärmepumpens kompressor.

Startströmmen är i storleksordningen minst 5 gånger högre än strömmen vid kontinuerlig drift. I moderna konstruktioner där man försöker minimera motorens förluster tenderar startströmmen att öka till kanske 10 gånger. Problemet med startströmmen är att nätet måste kortvarigt kunna leverera en mycket högre ström än den maximala kontinuerliga förbrukningen (se vidare 3.1.1 om spänningsdippar).

Precis vid inkopplingen av motorn kan en mycket kortvarig strömpuls uppstå. Strömmen kan under någon period vara 10-15 gånger nominell ström. Pulsen är dock så kort att den knappast syns som flimmer och den ger heller inte en spänningsdipp som är stor nog att för att ställa till problem för elektroniska apparater. Hur det verkligen ser ut i moderna värmepumpar kan klargöras med mätningar.

Motorns varvtal styrs i huvudsak av växelströmmens frekvens (50 Hz). Vill man styra värmepumpens effekt och därmed varvtalet behövs därför en elektronisk frekvensomvandlare. Lasten på nätet blir inte längre en induktiv motor utan en elektronisk last med betydligt mer komplext beteende.

De mindre luft/luft-pumparnas kompressorer är oftast varvtalsstyrda och lasten alltså alltid elektronisk. Anslutningen är oftast 1-fas och därmed väljs andra motortyper och kanske likströmsdrift men det gör mindre skillnad ur elkvalitetssynpunkt eftersom nätlasten ändå alltid är elektronisk.

Mjukstart

För att begränsa startströmmen förses ofta motorn med någon form av begränsning av startströmmen, en s.k. mjukstart. Den enklaste formen är ett seriemotstånd som kopplas bort när motorn kommit upp i varv. Man får då två strömtransienter - vid första inkopplingen och strax efteråt då motståndet kortsluts men båda är avsevärt lägre än utan mjukstart. Mer avancerade mjukstartar är elektroniska.

Frekvensomriktaren för varvtalsstyrning kan styras till att begränsa startströmmen så att den i princip aldrig behöver vara mycket större än den kontinuerliga strömmen. En självklar följd av att begränsa startströmmen är också att motorns moment i startögonblicket minskar. Det kan i värsta fall få till följd att kompressorn aldrig kommer igång.

Startströmmen är i sig inte dimensionerande för elsystemet eftersom säkringarna ska tåla korta överströmmar. Det är i stället den maximala lasten som styr dimensioneringen ur säkerhetssynpunkt. Sedan är ju en överdimensionering önskvärd för att begränsa effekterna av startströmmen, dvs spänningsdippar.

2.2 Pumpar/fläktar

Samma resonemang gäller för motorer till pumpar och fläktar som för kompressormotorn. Varvtalsstyrning av vatten/luftflöden är vanlig och kan förekomma även om kompressorn inte är varvtalsstyrd. Motoreffekterna är däremot avsevärt lägre.

2.3 Styrelektronik

Någon form av mer eller mindre avancerat styrsystem finns alltid. Ett processorbaserat elektroniksystem mäter luft- och vätsketemperaturer och styrsystemets delar efter lämpliga strategier för att skapa en önskad inomhustemperatur samt minsta energiåtgång. Också styrsystemet är en elektronisk last.

2.4 Elpatron

Elpatroner används både som reserv och som tillskott. Värmeeffekten är av samma storleksordning som kompressorns värmeeffekt (-8 – 10 kW) och

därmed den största elförbrukaren. Lasten är rent resistiv och därmed enkel att hantera så länge nätet är starkt nog. I tidigare elvärmda hus är det inget problem men ett olje- eller vedeldat hus måste antagligen få ett förstärkt nät.

I de nyaste konstruktionerna förväntas vatten/vatten-pumparna klara hela värmebehovet och därför är elpatronen ofta mindre, t.ex. 6 kW för en 10 kW pump. Luft/luft-pumparna har ingen tillskottsfunktion eftersom att de inte är dimensionerade för att klara hela värmebehovet vid låga utetemperaturer utan det tidigare värmesystemet förväntas finnas kvar som reserv och tillskott. Vattenburna system har så gott som alltid en elpatron eftersom det finns ett behov av att då och då höja vattentemperaturen för att rena systemet från eventuella mikroorganismer.

Elpatronen regleras i allmänhet med till- och frånslag av ett eller flera steg upp till full effekt. Regleringen är långsam och ger inte upphov särskilda startströmmar. Däremot är belastningen hög.

2.5 Olika elektriska laster

Hur en apparat belastar nätet har stor betydelse för hur nätet påverkas och ska byggas upp. Detta har studerats ingående i Elforsk-projektet "Elektronisk last". Här följer in kort sammanfattning.

Resistiv last

Det enklaste fallet är den resistiva lasten. Dit hör värmeelement och glödlampor. En sinusformad nätspänning genererar en sinusformad ström (se fig 3) och den förbrukade effekten är produkten av ström och spänning.

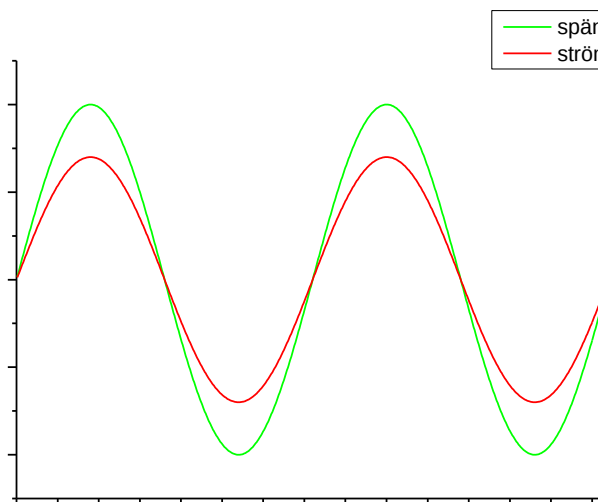


Fig 3. I en resistiv last som elpatronen följer strömkurvan direkt spänningskurvans utseende.

Reaktiv last

En kondensator eller induktans som kopplas till en sinusformad växelspanning kommer också att skapa en sinusformad ström. Däremot förbrukas ingen energi (i ett idealt fall). I komponenten byggs ett energilager upp som i nästa ögonblick matas tillbaka till nätet eftersom produkten av ström och spänning omväxlande är positiv och negativ på grund av att strömmen är fasförskjuten i förhållande till spänningen (se fig 4). Verkliga laster är sällan rent reaktiva utan en blandning av resistiv och reaktiv.

Den viktigaste reaktiva lasten är motorer av den typ som driver t.ex. kompressorn i en 3-fasansluten värmepump. Fasförskjutningen är inget problem för övriga elsystem i småhuset eller dess grannar men förekommer mycket reaktiv last måste elnätet anpassas efter det. Nätbolag och stora industriella förbrukare måste därför ta hänsyn till reaktiv last.

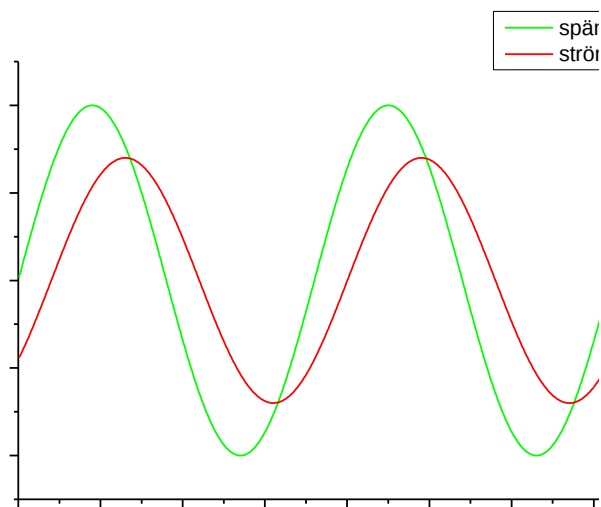


Fig 4. I en reaktiv last som en elmotor har strömmen en fasförskjutning i förhållande till spänningen. Det är inget lokalt problem för småhusägaren men har betydelse för nätet i sin helhet.

Elektronisk last

Elektronik belastar nätet på ett betydligt mera komplext sätt (se fig 5). Strömmen är inte längre sinusformig.

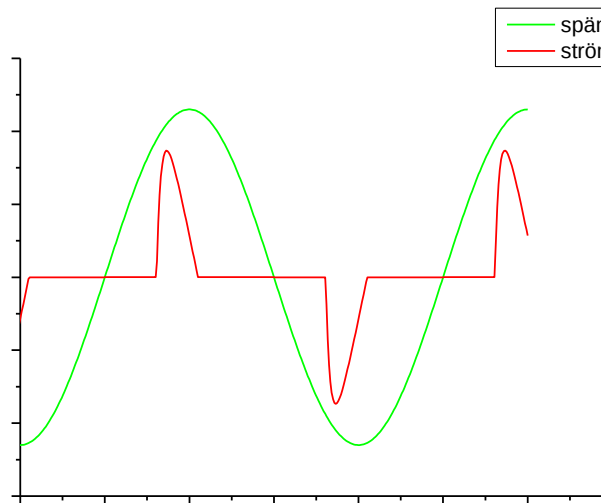


Fig 5. En elektronisk last reglerar strömbehovet på ett komplext sätt. Det kan skapa ogynnsamma förhållanden för andra apparater i nätet.

Alla elektroniska laster av typ nätaggregat till elektronikapparater och frekvensomformare för motorstyrning har gemensamma drag i konstruktionen. Kretsarna ut mot nätet är ganska likartade (se fig 6). 230/400 V växelspänningen likriktas och lagras i en kondensator. Spänningen från kondensatorn switchas med en hög frekvens som sedan används på olika sätt i apparaten. Ska en likspänning skapas kan switchfrekvensen vara upp till 200 kHz. En frekvensomvandlare som återskapar en växelspanning med annan frekvens har ofta lägre switchfrekvens.

Likriktningsprocessen skapar övertoner till 50 Hz ut mot nätet. Analyserar man den pulsformade strömmen i fig 5 hittar man inte bara 50 Hz utan också övertoner på 150, 250, 350... Hz. Det finns inget enkelt sätt att kompensera nätet för det.

Switchprocessen kan en grundfrekvens om kanske 40 kHz men skapar högfrequens från några 10-tal kHz till 10-tals eller t.o.m. 100-tals MHz. Dessa frekvenser är inget problem för nätet men kan störa annan elektronik.

Två funktioner kan eller måste läggas till för att begränsa de skapade störningarna (gulmarkerade i fig 6).

- EMC-filtret tar bort högfrequensen.
- PFC – power factor correction begränsar de bildade övertonerna upp till 2 kHz.

Det väsentliga är att de skapade störningarna kan reduceras i en bra konstruktion. Värmepumpar kräver både EMC-filter och power factor correction.

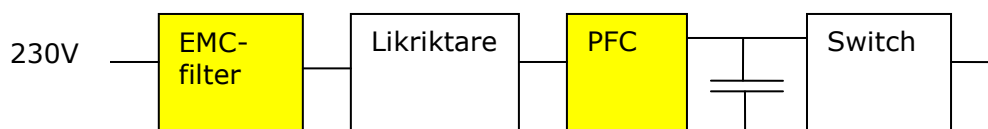


Fig 6 Principiellt utseende på en elektronisk last. EMC-filtret och PFC är enbart till för att begränsa elkvalitetsstörningarna för andra apparater.

2.6 Trender

Varvtalsstyrning anses ge effektivare värmepumpar även om det råder delade meningar om det verkliga värdet av varvtalsstyrning av vatten/vattenpumpar. Rent allmänt är det en trend att mer elektronik kommer in i konstruktioner. Man kan därför anta att direktinkoppling av asynkronmotorer i värmepumpar blir sällsynta.

Värmepumpar dimensioneras oftare för att ta hela energibehovet och blir därmed större. Samtidigt blir husen energisnålare och kräver mindre installerad värmeeffekt.

3 Elkvalitetsrelaterade EMC-krav

Elektriska apparaters påverkan på elnätet och andra apparater är reglerat i EMC-lagstiftningen. En värmepump som säljs på den svenska marknaden ska vara CE-märkt och därmed uppfylla ett antal krav som är relaterade till elkvalitet. Regelverket ska se till att apparater kan kopplas in i samma elnät utan allt för påtagligt negativ inverkan på varandra. Ytterligare krav finns som rör radiokommunikation m.m.

Man ska dock vara medveten om att myndighetskontrollen av CE-märkningen är ganska gles och att det finns ganska många produkter på marknaden som inte uppfyller kraven. Att uppnå goda EMC-egenskaper kräver en del extra som påverkar priset på en apparat.

3.1 Krav på värmepumpar

Värmepumpen har som beskrivits tidigare genom sin konstruktion olika typer av påverkan på elnätet och apparater som är inkopplade på samma nät. Ingen av komponenterna är unik i sin konstruktion men däremot är värmepumpen en stor elförbrukare i ett småhus och är i drift under långa perioder. Problemen som diskuteras i fortsättningen är alltså inte unika och inte lösningarna på dem heller [4, 5, 6, 7].

EMC-kraven för värmepumpar regleras av fyra standarder:

- EN 55014-1 Emission från hushållsapparater, 9 kHz - 400 kHz
- EN 55014-2 Immunitetskrav på hushållsapparater
- EN 61000-3-2 alternativt EN 61000-3-11 Emission av övertoner
- EN 61000-3-3 alternativt EN 61000-3-12 Flimmer på nätet

Standarderna reglerar:

1. tålighet mot elektrostatiska urladdningar
2. tålighet mot elektromagnetiska fält från framför allt radiosändare
3. tålighet mot transienter av olika slag som kommer in från nätet (åsknedslag t.ex.)
4. tålighet mot spänningssänkningar och -avbrott på nätet
5. emission av högfrekventa radiostörningar i luften
6. emission högfrekvens på nätet
7. emission av övertoner till 50 Hz
8. skapande av flimmer på nätet

Kraven 6, 7 och 8 innebär att en negativ påverkan på elkvaliteten ska begränsas. Som vi ska se är inte alla elkvalitetspåverkande parametrar reglerade. Krav finns i första hand på sådant som man har erfarenhet av att det ställer till problem för nätet eller mellan apparater. Det innebär att en teknisk utveckling kan visa sig ställa nya krav som inte är reglerade och så är faktiskt

också fallet. I avsnitt 3.1.3 diskuteras ett glapp som finns i kraven på högfrekventa störningar.

Vad de tekniska kraven innebär för elkvaliteten ska beskrivas i det följande.

3.1.1 Flimmer och spänningsdippar

Begreppet hänför sig till att glödlampsljus flimrar vid spänningsvariationer som uppkommer när en apparat har en varierande belastning på nätet (se fig 7).

Startströmmen på värmepumpar utan mjukstart eller varvtalsstyrning är uppskattningsvis 5 – 10 ggr den kontinuerliga strömmen. För en 3-fas-ansluten villavärmepump med 10 kW värmeeffekt innebär det att den kontinuerliga strömmen är ca 4 A (motsvarar en eleffekt på ca 2,7 kW) och startströmmen kanske 20 A.

Den tydligaste effekten av en spänningsändring är att ljusstyrkan i glödlampor förändras (se fig 7). Ljusstyrkan hoppar i steg eller flimrar om nätet är för svagt i förhållande till belastningsändringen. Att nätet är svagt betyder i elektrotekniska termer att impedansen (resistansen) är för hög.

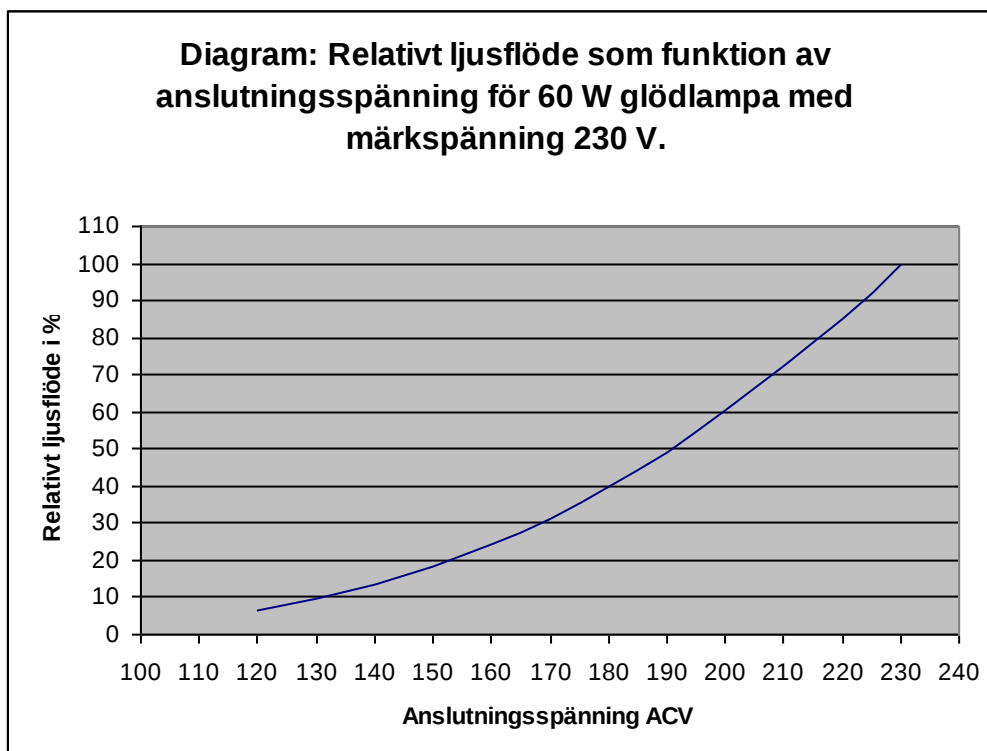


Fig 7 Ljusflödet hos en glödlampa som funktion av nätspänning. (källa:SP)

Hur irriterande flimret är beskrivs av en kurva som finns i kraven för begränsningar av spänningsfluktuationer i standarden EN 61000-3-3 (se fig 8). Ur

figuren framgår t.ex. att om spänningsändringen är 3 % får den inte förekomma oftare än 1 gång per minut. Kurvan styr t.ex. hur snabbt en mikro-vågsugn får slå till och från när den inte går på full effekt. Kurvan bygger på hur människor upplevt flimret vid olika frekvenser.

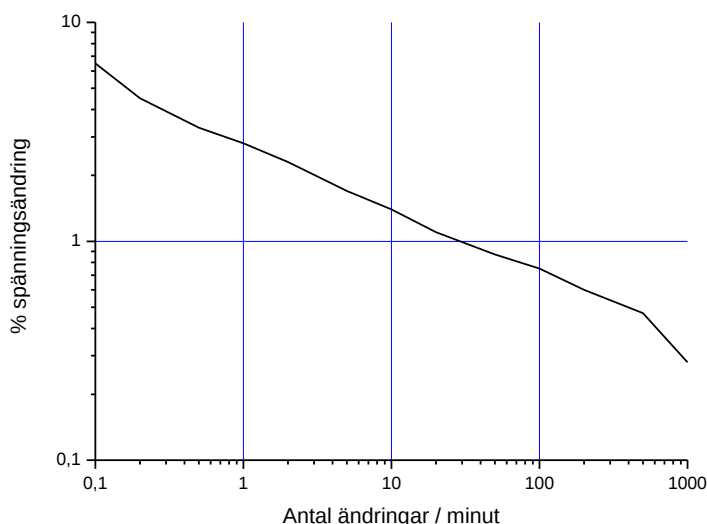


Fig 8. Maximalt tillåten spänningsändring av olika frekvens. Kurvan gäller för stegvisa förändringar (fyrkantvåg). För mera sällan återkommande händelser (t.ex. värmepumpsstarter) gäller 6 %.

När en apparat testas enligt CE-märkningskraven i EN 61000-3-3 ska ett idealt matningsnät användas som har en resistans om $0,4 \Omega$. Den komplexa impedansen ska vara $0,24 + j0,15 \Omega$ per fas $0,16 + j0,10 \Omega$ i nollan. Kortvariga spänningsdippar från värmepumpar får vara maximalt 6 % av nominell spänning. Man ska lägga märke till att testnätet är ett starkt nät. I svaga nät blir alltså flimmereffekten starkare. Har nätet högre resistans än $1,2 \Omega$ brukar det ge så pass mycket problem att nätbolagen gör åtgärder.

Kraven är som nämnts tidigare satta för glödlampor. Några andra effekter är inte kända för små spänningsdippar bl.a. beroende på att CE-märkningskraven innehåller krav på tålighet mot betydligt större dippar. Eftersom glödlampor kommer fasas ut som allmän belysningskälla kan man fundera på den framtida relevansen av kraven. Kompaktlysrör och lysdioder är elektroniskt styrda och deras känslighet mot flimmer beror på konstruktionen.

Startströmmen på uppskattningsvis 20 A ger alltså en kortvarig spänningssänkning vars storlek beror på impedansen i nätet. Om man förenklat räknar enbart på resistansen så har ett normalt nät kanske $0,5 \Omega$ resistans men i svaga nät är över 1Ω inget ovanligt. Det innebär att spänningssänkningen kan bli 5 – 20 V eller 2,5 – 8 % av nätspänningen. Resonemangen kompliceras här av resistansen fördelning på fas och nolla och på 1- eller 3-fasdrift.

Sammanfattningsvis kan man säga att kraven är relativt generösa och tillåter tydliga blink i lampor också i relativt starka nät från stora värmepumpar utan mjukstart.

3.1.2 Övertoner på nätet 0 – 2 kHz

Krafttelelektronik switchar den inkommande strömmen för att reglera effektbehovet till nätaggregat och motorstyrningar. Strömförbrukningen blir därmed inte rent sinusformad (se fig 5 och 9) utan innehåller ett antal övertoner. Övertonerna i ett 3-fassystem summeras ogynnsamt och kan i värsta fall överbelasta noll-ledaren som har klenare ledningsarea och ger dessutom ibland störningar på ljud och bild eller funktionsstörningar på mätinstrument. Kraftiga övertoner kan också ge överhettning av motorer eller vibrationer som påverkar livslängden. Vissa elektroniska kretsar styrs av när spänningen passerar noll volt. Övertoner kan ge falska nollgenomgångar och påverkar belysningsdimrar etc. Övertonerna måste därför begränsas. Två standarder är aktuella som ska användas om märkströmmen är större eller mindre än 16 A vilket motsvarar en märkeffekt på ca 11 kW (se fig 9).

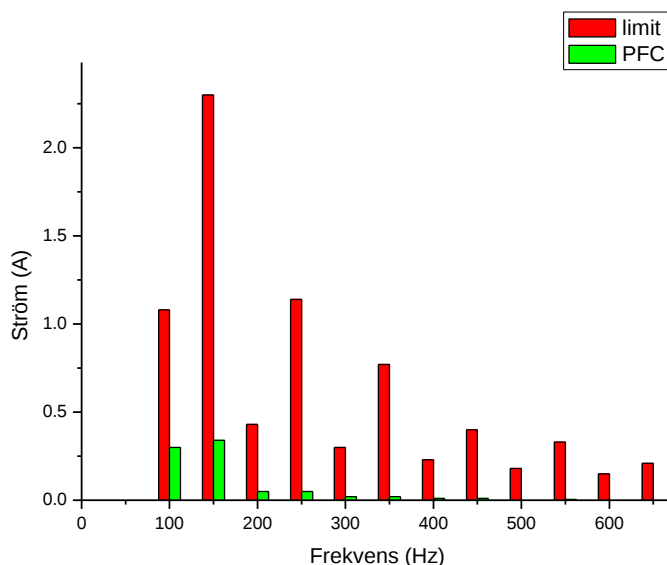


Fig 9. Max övertonsström för märkström < 16 A och uppmätta värden från en motorstyrning med PFC på några kW.

Övertonerna begränsas med en mer avancerad elektronikkonstruktion (power factor correction – PFC, se fig 6). En värmepump utan PFC skulle få mycket kraftiga övertoner men med en bra konstruktion blir de obetydliga (se fig 9).

3.1.3 Högfrekventa störningar 2 – 150 kHz

För ledningsbundna störningar i mellanområdet 2 - 150 kHz är EMC-restriktionerna små (se fig 10). Den stora mängden apparater saknar helt restriktioner. Anledningen är att frekvensområdet nästan inte alls används för radiokommunikation. Undantagna apparater är radiosändare där man ska mäta med antenn från 9 kHz och induktionshällar som använder några 10 kHz i uppvärmningsprocessen och där störspänningen mäts på elanslutningen.

Däremot används bandet för kommunikation på elnätet [8]. I liten utsträckning fjärrstyrts belysning och andra elförbrukare via signaler på nätet. Men på senare år har ett mycket stort användningsområde dykt upp i fjärravläsning av elmätare. Det finns flera olika alternativa tekniker som radio m.m. men man räknar med att ca 40 % av alla elmätare i Sverige kommer att avläsas över elnätet.

Störningar från värmepumpar kan potentiellt störa avläsningen av elmätare i villor. Det finns exempel på att också andra apparater reagerar på störningar i det här området. Det kan vara t.ex. mätinstrument eller apparater med högtalare.

Källorna till störningar är i både övertoner från likriktaren och högfrekvens från switchprocessen. Störningarna behöver alltså inte begränsas. Det blir automatiskt en viss begränsning på grund av de åtgärder som måste göras över 150 kHz och under 2 kHz (se nedan) men hur de effektiva de är i området 2 – 150 kHz undersöks inte eftersom krav saknas.

Elbranschen har väckt frågan om inte också området 2 – 150 kHz behöver regleras. EMC-direktivet ställer krav på att störningar ska begränsas så att telekommunikation inte störs men direktivet i sig ställer inte detaljerade tekniska krav och standarderna kopplade till direktivet ställer alltså inga krav. Elmätaravläsning är alltså ett problem enligt EMC-lagstiftningen och ur den synpunkten är alltså en reglering också av 2 – 150 kHz rimlig.

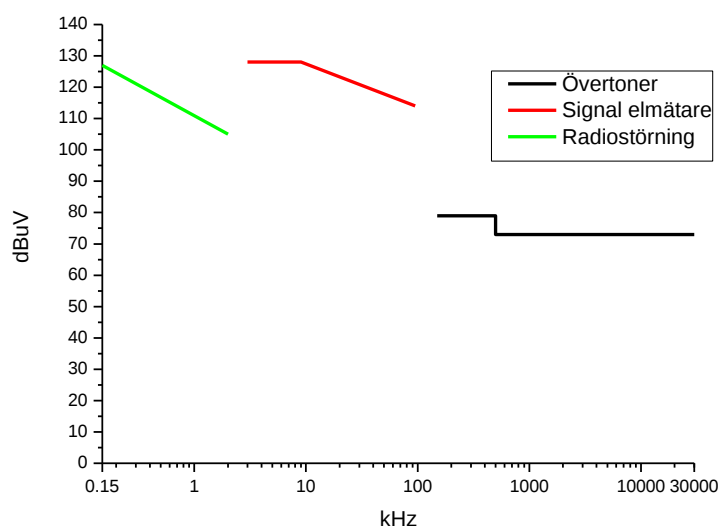


Fig 10. Upp till 2 kHz och över 150 kHz finns gränsvärden för tillåten störnivå. Området däremellan används för att avläsa elmätare men enbart elmätarens signal är begränsad och inte övriga apparaters störnivå.

3.1.4 Högfrekventa störningar 150 kHz – 30 MHz.

Fig 11 visar högfrekventa störningar kan se ut på 230 V kabeln till en apparat med otillräcklig avstörning. Den första synliga toppen ligger på strax över 200 kHz. Därefter kommer ett antal toppar med ca 100 kHz mellanrum. Den troligaste källan är en switchprocess i ett nätaggregat med grundfrekvensen 100 kHz. Vissa typer av motorer är också stora störkällor i det här frekvensområdet. Grundfrekvensen finns alltså i det band där det inte finns några krav och som därför sällan mäts upp.

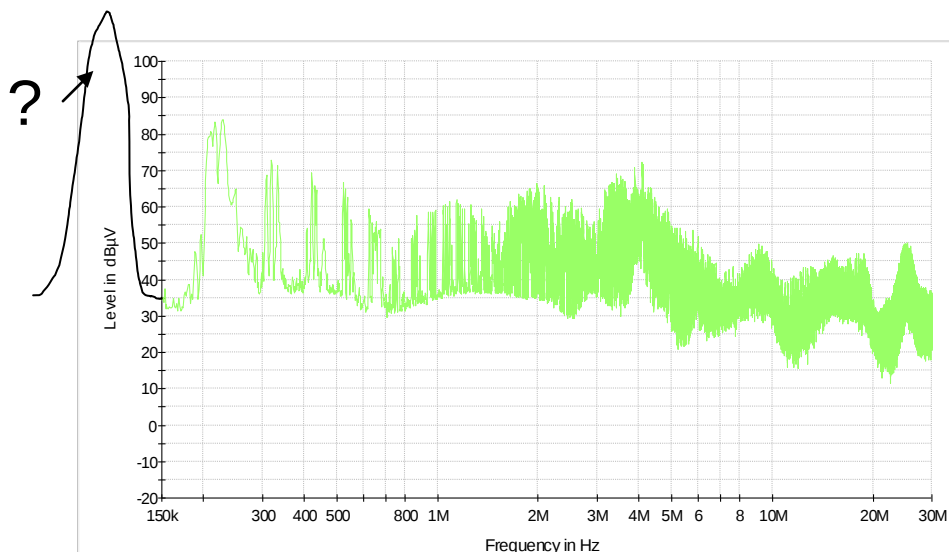


Fig 11. Högfrekventa störningar från en elektronisk last (switchat nätaggregat). Enligt standarder mäts enbart från 150 kHz. Switchfrekvensen är 100 kHz och det genereras förmodligen en kraftig störning också på grundtonen.

Syftet med emissionskraven i frekvensområdet 150 kHz – 30 MHz är att skydda radioförbindelser. Även om störningarna sprids ut via elnätet så kommer den också att sedan spridas ut i luften från den stora antennen som elnätet utgör [9]. Frekvensområdet innehåller det gamla mellanvågsbandet som nästan är ur bruk i Sverige så för allmänheten är störproblematiken liten. Däremot finns det en omfattande professionell användning för kortvågsradio och radionavigering i samma frekvensområde.

De försök som gjorts med bredbandsöverföring på elnätet har också använt samma frekvensband och internetförbindelser på elnätet är alltså också ett potentiellt störoffer. För längre förbindelser blir överföringskapaciteten dålig och därmed är tekniken ganska ointressant och verkar inte bli spridd i Sverige. Dessutom är signalnivåerna på åtminstone de första experimentella anläggningarna så pass höga att de inte är godkända enligt kraven på CE-märkning.

Mera spridda är hemnätverk som använder elnätet för datanätverk inom hemmet. Också där är nivåerna höga på äldre utrustningar men ny teknik och troligen förändrade regler gör att de antagligen blir legala och allmänt spridda.

De tillåtna nivåerna visas i fig 12 Radiokommunikation i kortvågsområdet kräver stora antenner om de ska vara effektiva. Samma sak gäller för mätantenner så därför har man valt att mäta störsignalen i elektrisk spänning på ledningarna och sätta gränsvärden efter det.

Störningarna begränsas med filter som dämpar störningar ovanför 150 kHz.

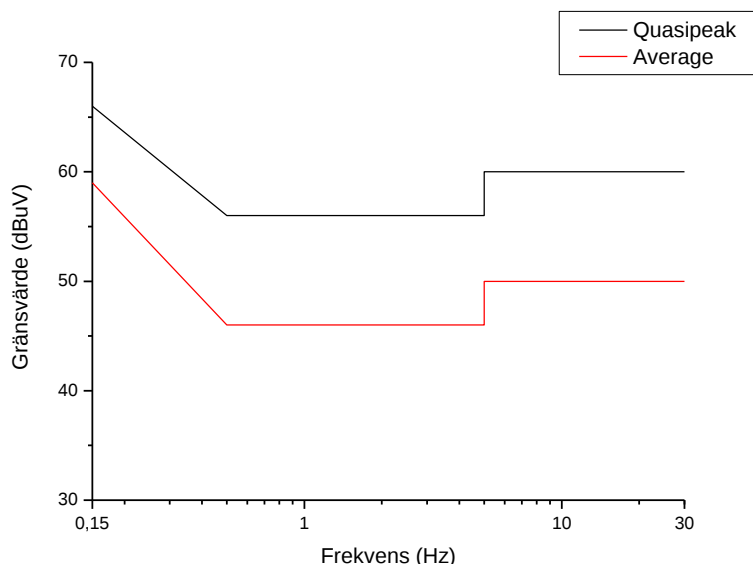


Fig 12. Gränsvärde för störningar i frekvensområdet 150 kHz – 30 MHz. Olika gränsvärden finns för medelvärdet och för ett vägt toppvärde ("quasi peak").

3.2 EMC-krav på apparater i villor

All elektronisk utrustning i hemmet har EMC-krav. Exempel är:

- Hushållsapparater
- Datorer
- TV
- Lysrörsarmaturer
- Etc.

Kraven på olika apparattyper sätts efter den miljö där de ska användas. Man eftersträvar att störnivån ska vara lika för alla apparater och därmed är också kraven likartade. De olika standarderna skiljer sig mer åt på anvisningar om hur provet ska gå till än på skillnader i EMC-krav. Detta gäller åtminstone de elkvalitetsrelaterade kraven. Ett markant undantag är generering av övertoner upp till 2 kHz ut till nätet. Här tar man hänsyn bl.a. till apparatens märk-effekt.

En del av immunitetskraven innebär tålighet mot elkvalitetsproblem som spänningsdippar, spänningsavbrott, transienter, övertoner och högfrekvens. Kraven som gäller de flesta typer av apparater i hemmiljö ser ut enligt tabell 1 Tabellen visar också var värmepumpen kan tänkas utgöra för dålig elkvalitet.

Spänningsdippar

Krav finns för både tålighet och för generering. Syftena är dock olika. Generering av dippar i apparater ska förhindra flimmer i belysning med tåligheten gäller apparatfunktion – att datorer inte stannar etc. Det är därför ganska stor skillnad på nivåerna och alla apparater ska med god marginal klara de spänningsdippar som uppkommer vid starten av värmepumpar.

- Potentiell problem: blink i belysning. Problemet är känt från installationer i svaga nät .

Snabba transienter

Det finns inget krav på begränsad generering utan enbart på tålighet. De transienter som genereras vid till- och frånslag av kompressorn är alltså inte begränsade av några krav. Eftersom kopplingar av en stor induktiv last innebär transienter finns här en potentiell störkälla för annan elektronik.

- Potentiell problem: störningar på digitala apparater.

Övertoner

Tålighetskrav saknas. Det finns metoder för test av tålighet mot övertoner men de tillämpas sällan för elektronik i hemmet. Emissionskraven är satta för att minimera risken för problem med nätet och näraliggande apparater.

- Potentiell problem: osannolikt.

Högfrekvens

I det lägre frekvensområdet kan avläsning av elmätare störas. I det högre frekvensområdet kan mellan- och kortvågsradio störas. Eftersom inga djupare utredningar görs av störproblematik från högfrekvens på elnätet är det svårt att avgöra om det finns verkliga problem.

- Potentiell problem: störning av kommunikation på elnätet.

Fenomen	Tålighetskrav andra apparater	Värmepump emissionskrav
spänningsdippar (EN 61000-4-11)		
Kvarstående spänning %	Varaktighet cykler	
0	20 ms	Inte relevant
0	5 s	Inte relevant
40 %	0,2 s	Spänningsdippar 6 % (EN 61000-3-3)
70 %	0,5 s	Inte relevant
Snabba transienter (EN 61000-4-4)	2 kV	saknas
Stötspänning (EN 61000-4-5)	1 / 2 kV	Inte relevant
Övertoner	saknas	EN 61000-3-2
Högfrekvens		
2 – 150 kHz	saknas	saknas
150 kHz – 30 MHz	saknas	EN 55014-1

Tabell 1. Krav på störningar från värmepumpar och hur tålighetskrav på andra apparater ser ut [10, 11, 12].

Inte relevant – värmepumpen skapar inte den här typen av störningar.

4 Elnätet i småhus

Elnätet i ett småhus styr hur olika störkällor påverkar varandra. I ett förenklat resonemang kan villanätet beskrivas som i fig 13. Figuren kommer från EMEC systemsimulator som är ett program avsett för att studera elmiljöproblem i anläggningar [13].

Nätet matas från en lågspänningstransformator som levererar 400 V 3-fas till alla villor. Avståndet till transformatorn kan vara något tio-tal meter upp till flera hundra meter. En lindning på transformatorn matar ett antal villor. Nära ingångspunkten till villan sitter elmätaren. Efter mätaren förgrenas nätet i huset till olika delar. En större värmepump ansluts via en grov 3-faskabel med t.ex. belysningen ansluts via klenare 1-faskablar.

I simuleringsexemplen längre fram har nätet förenklats till ett 1-fas nät. Jordningen har också förenklats. Beräkningarna i den här studien ska därför ses mera som pedagogiska kvalitativa studier än som noggranna beräkningar. Programmet tillåter avsevärt mer komplexa och realistiska modeller.

De elektriska egenskaperna hos nätet kommer att styras av kabellängder, kabelkvaliteter men också av anslutna apparater. Pga av att allt fler apparater har standby-lägen kommer också apparater som inte är igång att påverka nätet. En typisk påverkan är att det ofta sitter en filterkondensator på ingången av en apparat ("X-kondensator"). Grannhusen kommer också att påverka varandra eftersom de är inkopplade på samma nät.

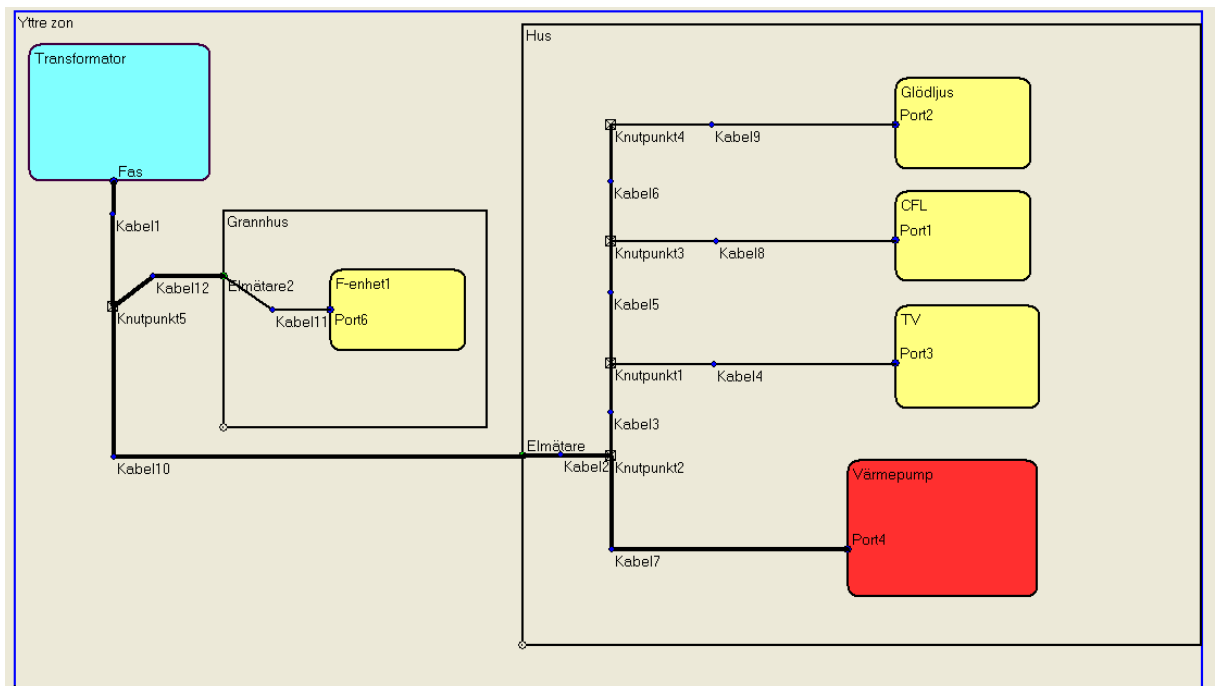


Fig 13. Modell av enkelt elnät med grannhus (EMEC systemsimulator). Resistans och induktans i kablage och apparater modelleras och modellen kan användas för att analysera hur störningar brer ut sig.

4.1 Impedans 50 Hz lågfrekvens

Nätets impedans bestäms av impedans i transformator och kabeln därifrån. Kopparresistansen är inte försumbar utan liten koppararea är en orsak till att ett nät är svagt. Resistiviteten hos koppar är $0,017 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ eller $1,7 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$. Resistansen R hos en två-ledare kopparkabel med arean $A \text{ mm}^2$ och längden $l \text{ m}$ är då:

$$R = 2 \frac{0,017l}{A}$$

En typisk kabel i en fastighet med en längd av 10 m kabel och med area $1,5 \text{ mm}^2$ har då en resistans om $0,2 \Omega$.

Vid elkvalitetsrelaterade tester behöver man ibland ansluta apparaterna till standardiserade nät för att få repeterbara förhållanden. Testmetoden för att mäta hur mycket flimmer en apparat genererar (EN 61000-3-3) beskriver nätimpedansen i fas och nolla:

- fas: $0,24 + j0,15 \Omega$
- nolla: $0,16 + j0,10 \Omega$.

Totalt är resistansen $0,4 \Omega$. Till det kommer en induktans ($j0,25 \Omega$). Eftersom flimmer är ett relativ långsamt förlopp kan man till en början nöja sig med att titta på enbart resistansen.

Ett rimligt värde att sträva efter är därför att anslutningspunkten till huset inte ska ha högre resistans än $0,4 \Omega$. Detta kan tydligen ibland vara svårt men i en ny anläggning bör man eftersträva t.ex. maximalt $0,65 \Omega$. Testnätets lägre resistans på $0,4 \Omega$ är alltså inte ovanligt men måste betraktas som ett starkt nät och inte i närheten av något värsta fall. I äldre nät på landsbygden är $1,5 \Omega$ inte ovanligt. En så hög resistans ger så pass ofta problem med flimmer att man infört en intern policy att sådana nät ska stärkas till att ha maximalt $1,2 \Omega$. Erfarenhetsmässigt vet man att om en kund klagar på flimmer så har nätet i allmänhet högre resistans än $0,8 \Omega$.

Värmepumpen är inkopplad tidigt mot det inkommande nätet så att den tillkommande resistansen i husets eget nät är ganska låg.

4.2 Impedans högfrekvens

För högre frekvenser blir förhållandena mer komplexa. Fig 14 visar ett *mycket* enkelt exempel hur en signal sprids från transformatorn till en apparat i ett hus 100 m bort via en 6 mm^2 kabel. Frekvensområdet är 50 Hz till 150 kHz. Ett verkligt fall som liknar exemplet är avläsning av elmätare över elnätet fast då brukar enbart något eller några smala frekvensband inom området användas. Lasten är en elradiator på 1300 W. Den gröna kurvan visar hur signalen dämpas enbart på grund av induktansen i kabeln. Upp till 10 kHz är påverkan liten men vid 100 kHz syns en påtaglig försvagning. Den röda kurvan visar vad som händer om en apparat med en 100 nF filterkondensator kopplas in. Över 100 kHz dämpas signalen kraftigt men under dyker en resonans upp.

En sak som är viktig att lägga märke till är att inkopplade apparater påverkar högfrekvensbeteendet kraftigt. Det är heller inte säkert att påverkan från nätfilter försvinner bara för att apparaten är frånslagen (alltså inte ens i stand-by).

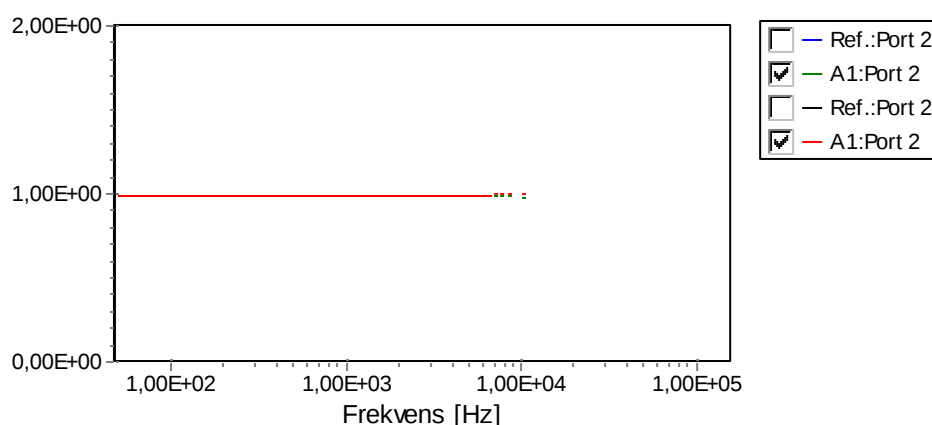


Fig 14. Högfrekventa signaler på nätet. Grön kurva visar hur höga frekvenser dämpas av induktansen i kabeln mellan transformator och last som i detta fallet är en elradiator. Röd kurva visar en resonans som uppstår när en apparat med en X-kondensator kopplas in.

Också för högre frekvenser finns det standardnät som används vid testning. Ett är det s.k. 50 μ H-nätet V-LISN. Eftersom verkligheten är så komplex blir det svårare att uttala sig om vad som är realistiskt. Impedansmätningar i verkliga nät visar betydligt komplexare bilder men både dämpning och resonanser är välkända fenomen.

Fig 15 visar verkligt beteendet hos en elmätare. Det är verkligt uppmätta värden som visar hur en enfass Addax elmätare dämpar en signal upp till 100 kHz. Elmätaren avläses med frekvenser på drygt 40 kHz som underlättas av att störningar inifrån huset dämpas.

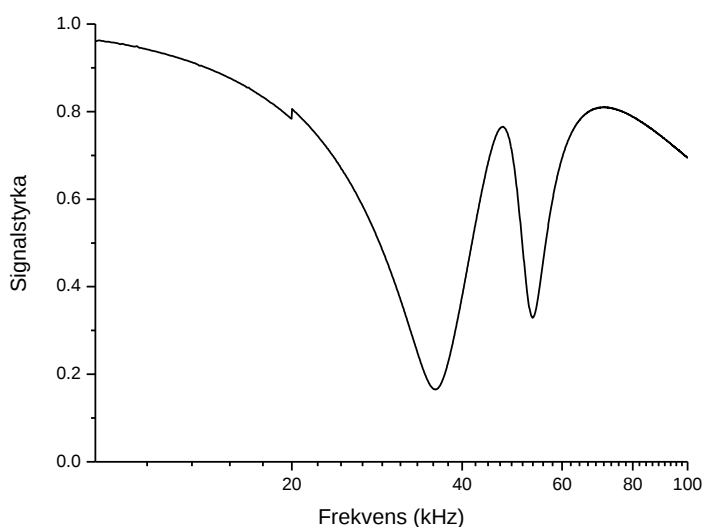


Fig 15. Kurva som visar ett exempel på hur en elmätare kan dämpa signaler kring 40 – 50 kHz. Den aktuella mätaren avläses i samma frekvensområde.

Resistansen som en apparat representerar ges enkelt av effektförbrukningen när det gäller värmeelement apparater (se tabell 2). Asynkronmotorer och transformatorer ger en induktiv last. Elektroniska laster är en kondensator på ingången.

Apparat	Effekt (Watt)	Resistans (Ω)	Kapacitans (μ F)
Glödlampa	60	900	-
Vattenkokare	2 200	25	-
Max effekt 20 A säkring (1-fas)	4 600	12	
Dator	100	500	0,1 – 1
Värmepump (luft/luft)	1 500	35	0,1 – 1

Tabell 2. Data för några vanliga laster på elnätet i småhus.

Elektroniska lasters beteende har diskuterats i avsnitt 3. Observera att elektroniska laster håller på att bli dominerande. För både bättre funktion och för energibesparing har allt fler motorer och värmeapparater elektronisk styrning.

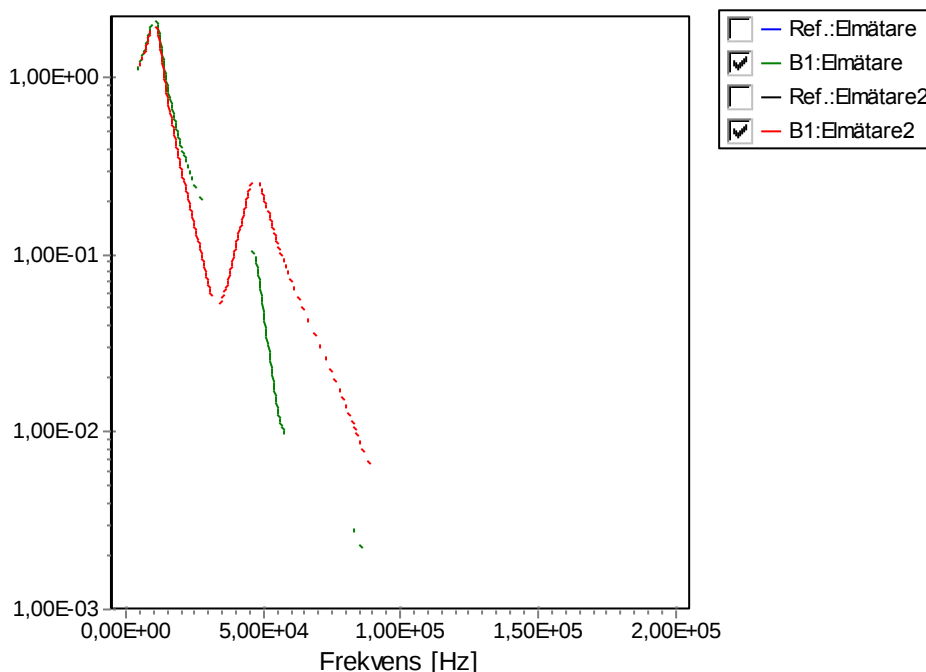


Fig 16. Högfrekvensbeteendet hos ett nät med många apparater blir komplext. Figuren visar hur signalen från transformatorn ser ut vid elmätarna i de två husen i simuleringsmodellen i fig 13.

4.3 Spänningsdippar från startström

Simulering av spänningsdippar från startström kan göras med betydligt enklare modeller. Matningen till ett ensamt hus kan beskrivas enligt fig 17a. Ledningen från transformatorn har en viss resistans och också en viss induktans. Andra elförbrukare i huset kan beskrivas med resistanser och kapacitanser. Startströmmen är ett lågfrekvensfenomen vilket gör att induktansen har liten inverkan. Strömmen är också stor vilket gör att andra inkopplade laster får liten inverkan. Modellen kan därför göras väldigt enkel. V1 är transformatorn som är inkopplad med kabelns motstånd R1 till värmepumpen I1 som drar en startström. Med ett grannhus fås en modell enligt fig 17b. Grannen är inkopplad någonstans längs kabeln vars resistans R1 delas upp i R2 och R3. Ligger grannhuset nära är R3 litet och grannen känner av i stort sett samma spänningsdipp som mäts direkt vid värmepumpen (se fig 18).

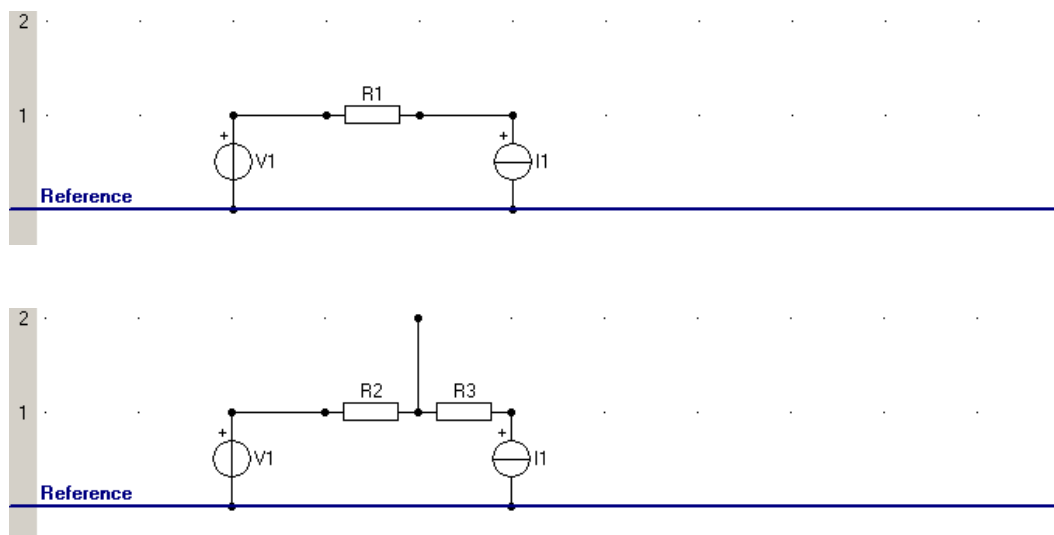


Fig 17a och b. Vid simulering av startströmsdippar kan modellen förenklas till enbart ledningsresistanser. Vid påverkan mellan hus får man ta hänsyn till ledningsresistans mellan husen.

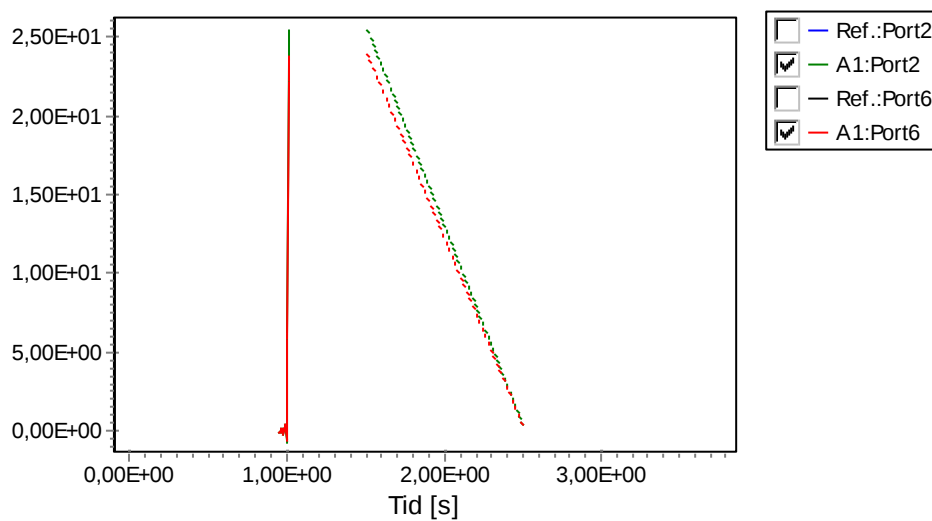


Fig 18. Spänningsdippar från en värmepump i det egna huset och i grannhuset i en modell med 200 m till transformatorn men endast 10 m mellan husen. Nästan hela dippen syns i grannhuset.

5 Kontakter med brukare och leverantörer

5.1 Konsumenternas upplevelser (enkät)

I Elforsk-projektet Elektronisk last redovisas en enkät till 1200 privatpersoner [14]. Frågorna gällde elkvalitet och skadade apparater. Några av frågorna berörde värmepumpar. Urvalet hade en viss medveten övervikt mot områden där man kan förvänta sig svagare nät och mera elkvalitetsproblem. Ca 41 % besvarade enkäten. Svaren bearbetades med multivariat analys för att undersöka kopplingar mellan olika fenomen.

Att fastigheten var försedd med värmepump gav inte några tydliga kopplingar till något annat.

Ett område berörde hur olika problem upplevdes vara kopplade till apparater. Det enda sammanhang där värmepumpar förekom var blink i lampor. Ett antal apparater upplevdes orsaka blink i lampor:

- vedklyvar
- vattenpumpar
- dammsugare
- kyl/frys
- maskiner
- värmepump (1 svar)

Enkäten visar att elkvalitetsproblem från värmepumpar inte är något utbrett problem.

5.2 Tillverkarnas synpunkter

Telefonkontakter togs med några svenska tillverkare [15].

Nibe, Holger Svensson

De värmepumpar som levereras nu ger inte upphov till elkvalitetsproblem som är kända inom Nibe.

Mjukstart är standard på alla pumpar sedan 5-6 år. Ganska säkert har de införts efter tidigare erfarenheter med flimmer. Både seriemotstånd och elektroniska mjukstarter används.

Övertoner och högfrekvensemission ger inga problem som är kända för Nibe utan man följer kraven för CE-märkning vilket tycks vara tillräckligt för att undvika problem.

Thermia, Jacob Jacobsson och Anders Lönnstam

Elsystemen i småhus är ibland dåligt förberedda för bytet från oljepanna till en värmepump som drar betydligt mer el. De kan ibland blinka i lamporna då av startströmmen. Det märks sällan i Sverige men när det förekommer här är det så gott som alltid på landsbygden. Utomlands är startströmsproblematiken vanligare eftersom elsystemen inte är byggda för stora elförbrukare som den i Sverige så vanliga elvärmen. Mjukstart är därför ett krav på många marknader och Thermia har valt att införa det på de flesta (och snart alla) pumpar i sortimentet.

Problem med högfrekvens-emission är också okända för Thermia. Thermia säljer för närvarande inte större värmepumpar med varvtalsstyrda kompressorer och har därför inga problem med övertoner. De betydligt mindre varvtalsstyrda motorerna i cirkulationspumparna riskerar inte att ge samma problem.

Thermia lyfte också behovet av belastningsstyrning. I måttligt starka nät kan den totala belastningen bli så stor att det blir svårt att upprätthålla spänningen. Det förekommer villaområden där många bytt oljepannor mot värmepumpar och nätet därmed riskerar att bli överbelastat. Problemet är naturligtvis inte kopplat till värmepumparnas konstruktion utan till den belastningsökning som blir på nätet.

5.3 Elleverantörer

I början av 2000-talet uppmärksammades värmepumpar som ett problem och det fanns mycket oro för att de förväntade installationerna av relativt sett stora berg- och jordvärmepumpar skulle orsaka problem.

Frågan har diskuterats med personer på några nätbolag: framför allt med Borås elnät (Lennart Gunneriusson). Vattenfall (Emma Aronsson) och Luleå energi. En del uppgifter från E.On presenterades på ett seminarium arrangerat av Elforsk. Bilden är ganska samstämmig. Värmepumpar är inget stort problem. Nu är det så att smärre klagomål kanske inte samlas upp centralt och därför blir inte bilden komplett om man pratar enbart med enstaka personer i stora företag. De personer som tillfrågats har däremot haft en position som ger en klar bild av alla vanliga problem.

Borås elnät har nästan enbart ett stadsnät och där har man inga negativa erfarenheter alls. Nätet är starkt nog för att klara startströmmar. Högfrekvensstörningar är kända från framför allt 3G basstationer och motorstyrningar (fläktar) som blockerar AMR (mätaravläsning).

Borås elnät håller på att installera 39 000 mätare med avläsning över elnätet. Bland de första 6000 installationerna var det ca 10 % som inte fungerade. Avläsningen var störd av i första hand 3G-master och frekvensomriktare till fläktar. Drygt hälften har kunna åtgärdas genom att lokalisera den störande

utrustningen och filtrera bort störningarna. Går det inte snabbt att lokalisera och filtrera bort störningen väljer man hellre att byta avläsningsteknik till GSM/GPRS än att fördjupa sig i problemet. Det finns alltså ett relativt stort antal anläggningar (~5 %) som inte fungerar av okänd anledning. Gemensamt är i alla fall att störningar tycks dominera över dämpning.

Signalstyrkan är ca 9 V från sändaren och sällan under hälften vid mottagaren. Låga signaler ser man mest vid långa kabellängder. Dämpning pga av kapacitiva laster var ett obekant problem.

På Vattenfall har man sagt att klagomålen på värmepumpar har minskat de senaste åren. Majoriteten av klagomålen rör flimmer vid start. Mest gäller det numera vattenpumpar till hydroforer och elmotordrivna maskiner av typ vedklyvar men stora startströmmar (40A) från värmepumpar har mätts upp. Klagomålen hänger samman med hur ofta maskinerna startas. Klagomålen dyker upp på landsbygden där näten kan vara gamla och klen dimensionerade. I stadsnätet är inga särskilda problem kända från värmepumpsinstallationer i villor.

Man säger man sig ha goda erfarenheter av mätaravläsning över nätet. Störproblematiken omfattar klart mindre än 1 % av alla installerade mätare. Vad som orsakar problem utreds i allmänhet inte, utan man föredrar också att satsa på annan avläsningsteknik i sådana fall. Man har också erfarit stora signaldämpningar vid elmätarkommunikation (15 dB).

E.ON har också redovisat erfarenheter av flimmer från värmepumpar. Problemet har uppmärksammas t.ex. i Sundsvall. E.ON har också erfarenhet av högfrekvensstörningar från felaktigt installerade frekvensomformare. I industriella sammanhang är filtren inte inbyggda utan ska installeras i anläggningen för att ta hand fler störkällor som kan ha ett gemensamt filter ut mot nätet. Allt för ofta glöms det bort. Man har också hittat enstaka apparater som stör kraftigt. Värmepumpar kan, som nämnts tidigare, innehålla ganska stora frekvensomformare men nämns trots det inte som störkälla.

6 Slutsatser av förstudien

Värmepumpar är byggda med komponenter som potentiellt är kraftfulla störkällor. I grundkonstruktionen finns ett antal källor till möjliga elkvalitetsproblem:

- Startströmmar. Vid kompressorstarten drar vissa värmepumpar under kort tid 5-10 ggr högre ström (uppskattade siffror, se fig 18) vilket orsakar blink i lampor.
- Övertoner. Elektroniskt styrd elektronik och motorer kan ha en strömförbrukning med kraftigt avvikande kurvform (se fig 5) vilket kan vara skadligt för motorer och påverka effektstyrning typ dimrar.
- Högfrekventa strömmar 2 kHz – 30 MHz som kan störa kommunikationssystem som utnyttjar elnätet eller kortvågsradio.

Samtliga källor kan ge markanta störningar på annan näraliggande el- och elektronikutrustning men kan också åtgärdas. CE-märkningsreglerna ställer krav på att problemen ska begränsas och en värmepump som följer kraven bör ge små problem. Två kvarstående problem kan noteras:

- Startströmmen vid kompressorstart kan ge blink i framför allt vanliga glödlampor i svaga nät.
- Området 2 – 150 kHz är inte skyddat av EMC-standarder men används för bl.a. avläsning av elmätare över nätet. Det är välkänt att en viss andel (någon eller några %) av elmätarna är så störda att annan avläsningsteknik måste användas. Av kostnadsskäl undersöks inte alltid orsaken utan annan teknik används (t.ex. radio).

De allt vanligare varvtalsstyrda kompressorerna ger ingen extra startström så påverkan på belysningen blir därför liten.

Påverkan i området 2 – 150 kHz är lite känd eftersom mätningar inte behövs i CE-märkningskraven. Risken för allvarliga problem reduceras också av att elmätaravläsningen kan ske när kompressorn står stilla.

6.1 Mätprogram

För att säkerställa och exemplifiera slutsatserna bör ett mätprogram enligt följande skiss genomföras. Mätningarna genomförs på typiska värmepumpar avseende konstruktion och storlek. T.ex. bör inverkan av mjukstart och varvtalsstyrning täckas in. Mätningar kan genomföras både i fält och på SP Energitekniks labb. Labbmätningar kräver självfallet tillstånd av värmepumpsleverantören men ger möjlighet att styra inkopplingen så att både spänning och ström kan mätas. Nätets impedans kan styras och bakgrundsstörningar kan reduceras. Mätvärdena ger då tydliga indikationer på värmepumpens inverkan på elkvaliteten.

Fältmätningar ger naturligtvis en mera realistisk bild och visar också på hur det verkliga nätet ser ut. Däremot blir resultaten mera svårtolkade eftersom de kommer att inkludera bakgrundsstörningar. Eftersom den elektriska installationen inte enkelt kan påverkas åtminstone för fast inkopplade aggregat begränsas mätningarna till spänningsmätningar i befintligt nät. Mätmetoderna kan särskilt vid fältmätningar behöva anpassas jämfört med standardiserade labbmätningar.

De mätningar som bör genomföras omfattar:

- Startström
- Övertoner
- Högfrekventa störningar 2 – 150 kHz
- Högfrekventa störningar 150 kHz – 30 MHz

7 Referenser

1. Martin Lundmark m.fl., redovisningar i Elforskprojektet "Elektronisk last", projektet kommer att publiceras under 2008
2. Ulrich Stein, Jan Carlsson, Jan Welinder; "Signalöverföring på lågspänningsnätet", Elforsk rapport 06:22
3. Sven-Erik Berglund, John Åkerlund; "EMC, elkvalitet och elmiljö", Elforsk februari 2007
4. EN 55014-1:2000; "Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1:Emission", CENELEC 2000
5. EN 55014-2:1997; "Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 2:Immunity", CENELEC 1997
6. EN 61000-3-2:2005; "Limits – Limits for harmonic current emissions", CENELEC 2006
7. EN 61000-3-3/A1:2001; "Limits – limitation of voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems", CENELEC 2001
8. EN 50065-1:2001; "Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances", CENELEC 2001
9. CISPR 16-1-2:2006; "Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances", IEC 2006
10. EN 61000-4-4:2004; "Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test", CENELEC 2004
11. EN 61000-4-5:2006 " " Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test", CENELEC 2006
12. EN 61000-4-11:2004" " Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests", CENELEC 2004
13. Jan Carlsson, Torbjörn Karlsson, EMEC Systemsimulator v.2.0, programvara, FMV 2007
14. Anders Mannikoff; Enkät i Elforskprojektet "Elektronisk last", publiceras 2008
15. Intervjuer med tillverkare och nätägare (refereras i texten)