



ABB frekvensomformere

Teknisk veiledning nr. 6 Veiledning om harmoniske med frekvensomformere

Power and productivity
for a better world™



Teknisk veiledning nr. 6

Veiledning om harmoniske med frekvensomformere

© Copyright 2011 ABB. Alle rettigheter forbeholdt.

Spesifikasjoner kan endres uten varsel.

3AUA0000110048 REV C EN 2.12.2011

Innhold

Kapittel 1 – Innledning	7
Generelt	7
Kapittel 2 - Grunnleggende om fenomenet harmoniske	8
Kapittel 3 - Kilder til og virkninger av harmonisk forvrenging.....	10
Kapittel 4 - Beregning av harmonisk forvrenging ved bruk av programvaren DriveSize.....	11
4.1 Kretsskjema for beregningseksempel.....	11
4.2 Inndata for motorlast	11
4.3 Motorvalg.....	12
4.4 Frekvensomformervalg	12
4.5 Data om frekvensomformerens tilførselsenhet	12
4.6 Data om nett og transformator	13
4.7 Beregnet harmonisk strøm og spenning.....	13
4.8 Beregnede harmoniske strømmer i grafisk visning	13
4.9 Deler av den utskrevne rapporten	14
Kapittel 5 - Standarder for harmoniske grenser.....	15
5.1 EN61800-3 (IEC1800-3) Frekvensomformersystemer for variabel hastighetsstyring	15
5.2 IEC61000-2-2, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)	16
5.3 IEC61000-2-4, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)	16
5.4 IEC61000-3-2, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)	16
5.5 IEC61000-3-4, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)	16
5.6 IEEE519, Anbefalt praksis og krav til harmonisk styring i elektriske kraftsystemer	17
Kapittel 6 - Evaluering av harmoniske	19
Kapittel 7 - Hvordan redusere harmoniske ved å gjøre strukturelle endringer i frekvensomformersystemer	20
7.1 Faktorer i drifter som påvirker harmoniske	20
7.2 Tabell: Liste over forskjellige faktorer og deres virkninger	21
7.3 Bruk av 6-pulsdiodelikeretter	21
7.4 Bruk av 12-puls eller 24-puls diodelikeretter.....	22
7.5 Bruk av fasestyrt tyristorlikeretter.....	22
7.6 Bruk av IGBT-bro	23
7.7 Bruk av en større DC- eller AC-drossel	24

Kapittel 8 - Andre metoder for harmonisk reduksjon	27
8.1 “Tuned single arm” passivt filter	27
8.2 “Tuned multiple arm” passivt filter	27
8.3 Eksternt aktivt filter	28
Kapittel 9 - Sammendrag	30
9.1 6-pulslikeretter uten drossel	30
9.2 6-pulslikeretter med drossel	30
9.3 12-pulslikeretter med polycon-transformator	30
9.4 12-puls med dobbeltviklet transformator.....	30
9.5 24-pulslikeretter med 2 3-viklingers transformatorer	31
9.6 Aktiv IGBT-likeretter	31
Kapittel 10 - Definisjoner	32

Kapittel 1 - Innledning

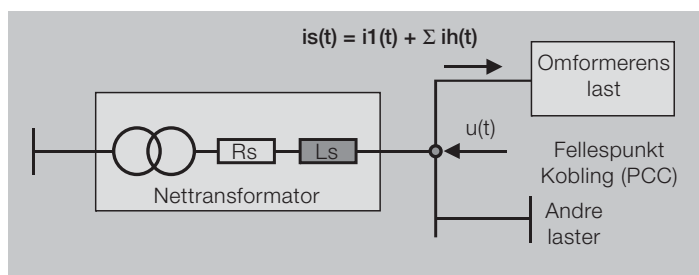
Generelt

Denne veiledningen tar for seg harmonisk forvrenging, dets kilder og effekter, og også beregning og evaluering av forvrenging. Det er lagt spesiell vekt på metodene som brukes for å redusere harmoniske med frekvensomformere.

Kapittel 2 - Grunnleggende om fenomenet harmoniske

Harmoniske strømmer og spenninger skapes av ulineære laster tilkoblet strømforsyningsnettet. Harmonisk forvrenging er en form for forurensing i elektriske anlegg som fører til problemer hvis summen av de harmoniske strømmene stiger over et bestemt nivå.

Alle elektroniske kraftomformere som brukes i forskjellige typer elektroniske systemer kan øke den harmoniske støyen ved å injisere harmoniske strømmer direkte inn på nettet. Figur 2.1 viser hvordan strømharmoniske (i_h) i tilførselsstrømmen (i_s) til en elektronisk kraftkonverter påvirker tilførselsspenningen ($u(t)$).



Figur 2.1 Anlegg med omformerlast, nett transformator og andre laster.

Linjestrømmen til en 3-fas, 6-puls likeretter kan beregnes fra direkte utgangstrøm basert på følgende formel.

$$I_1' = \sqrt{\frac{2}{3}} * I_d, \text{ hvor}$$

$$I_1' = \text{total RMS-strøm og}$$

$$I_d = \text{likestrøm ut fra likeretteren. (gjelder for ideell filtrert DC-strøm)}$$

Grunnstrømmen er da

$$I_1 = I_1' * \frac{3}{\pi}$$

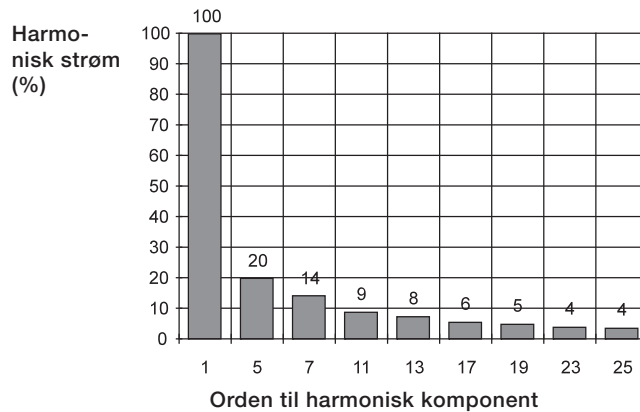
I et teoretisk tilfelle hvor utgangsstrømmen kan estimeres som ren DC-strøm, vil den harmoniske strømfrekvensen til en 6-puls trefas likeretter være n ganger grunnfrekvensen (50 eller 60 Hz). Informasjonen gitt under gjelder i tilfeller hvor linjeinduktansen ikke er signifikant sammenlignet med DC-reaktorinduktansen. Linjestrømmen er da en firkantstrøm med 120° blokker. Ordensnummeret n beregnes fra formelen under:

$$n = 6k \pm 1, \text{ hvor } k = 1, 2, 3, \dots$$

Rms-verdiene til harmoniske komponenter er:

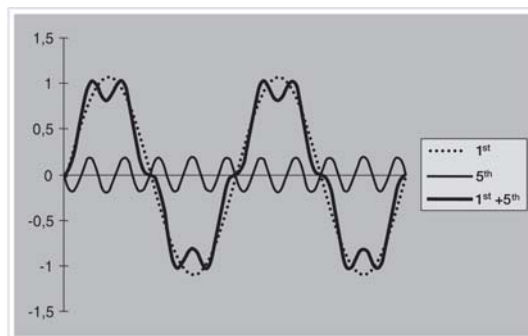
$$I_{ni} = \frac{I_1}{n}$$

og harmoniske komponenter er vist i figur 2.2.



Figur 2.2 Harmonisk innhold i en teoretisk firkantstrøm fra en 6-puls likeretter.

Prinsippet for hvordan harmoniske komponenter legges til grunnstrømmen er vist i figur 2.3, kun hvor 5. harmoniske er vist.



Figur 2.3 Totalstrømmen er summen av grunnharmonisk og 5.-harmoniske.

Kapittel 3 - Harmoniske forvrengingskilder og effekter

Vanlige ulineære laster inkluderer motorstartere, variable hastighetsstyringer, datamaskiner og andre elektroniske enheter, elektronisk belysning, sveiseutstyr og avbruddsfrie strømforsyninger.

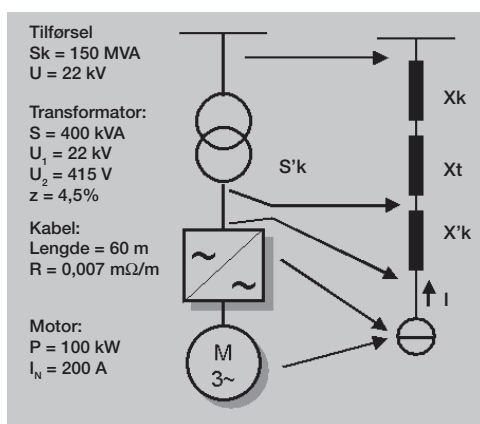
Virkningene av harmoniske kan være overoppheting av transformatorer, kabler, motorer, generatorer og kondensatorer som er koblet til samme strømtilførsel med enheter som genererer harmoniske. Elektronikkskjermer og lys flimrer, skillebrytere kan utløses, datamaskiner kan svikte og måleapparater kan gi feilavlesing.

Når det gjelder symptomene beskrevet over, er det grunn til å undersøke den harmoniske forvrengingen fra kraftfordelingen på anlegget. Effektene vises normalt på kundens anlegg før det oppdateres i kraftverket. Denne tekniske veiledningen er utgitt for å hjelpe kunden med å forstå problemer forbundet med harmoniske og sikre at nivået til harmoniske forstyrrelser ikke blir for stort.

Kapittel 4 - Beregning av harmonisk forvrenging ved bruk av programvaren DriveSize

Harmoniske strømmer forårsaker forstyrrelser i linjespenningen. I prinsippet kan spenningsharmoniske beregnes i ethvert punkt i nettet hvis harmoniske strømmer og tilhørende kildeimpedanser er kjent. Kretsskjemaet i figur 4.1 viser nettet som forsyner omformeren og andre viktige deler av anlegget. ABB DriveSize-programmet brukes til beregning.

4.1 Kretsskjema for beregningseksempel



Figur 4.1. Nettet som mater frekvensomformeren i midten og dens tilsvarende diagram til høyre. Data for dette eksemplet er gitt til venstre.

4.2 Inndata for motorlast

Motorlast

Lasttype:

Overlast type:

	min	base	maks
Hastighet [o/min]	0	1450	1500
Effekt [kW]	0	100	100
Overlast [%]		100	100

Overlasttid [s]: hvert [s]:

Figur 4.2. De viktigste motorlastdataene for beregning av harmoniske er grunneffekten i kW.

4.3 Motorvalg

Valgte motordata M2BA 315 SMC 6	
Valg	DriveSize
Spenning [V]	415
Tilkobling	D
Frekvens [Hz]	50
Effekt [kW]	110
Poler	6
Hastighet [o/min]	992
Maks. mek. hastighet [o/min]	2300
Strøm [A]	197
Moment [Nm]	1060
T max/Tn	3,2
Effektfaktor	0,82
Virkningsgrad [%]	95,6
Isolasjonsklasse	F

Figur 4.3. Programvaren velger motor for definert last. Hvis nødvendig kan man velge en annen motor enn den DriveSize velger.

4.4 Valg av frekvensomformer

Valgte frekvensomformerdata ACS607-0140-3	
Valg	Bruker
Utvalgsmetode	Strøm (normal)
Spenning [V]	400
Driftseffekt [kVA]	140
Pn [kW]	110
Normal Icont [A]	216
Normal Icont [A]	238
Phd [kW]	90
Tunglast Icont [A]	178
Tunglast Imax [A]	267
Puls	6
Rammetype	R8
P&F 12Nsq [A]	260

Figur 4.4. Frekvensomformervalget er basert på forrige motorvalg og her kan brukeren også velge frekvensomformer manuelt.

4.5 Data for frekvensomformer-tilførselsenhet

Data for tilførselsenhet	
Puls #	6
Lv [µH]	110
Cdc [mF]	4,95
Udc [V]	560
Idc [A]	191

Figur 4.5. Dataene for tilførselsenheten kan defineres av DriveSize iht. valgt frekvensomformer.

4.6 Nett- og transformatorinndata

Primærspenning [V]	<input type="text" value="22000"/>	Sekundærspenning [V]	<input type="text" value="415"/>
Frekvens [Hz]	<input type="text" value="50"/>		
Nettverk Sk [MVA]	<input type="text" value="150"/>	<input type="checkbox"/> ukjent	
Transformator Sn [kVA]	<input type="text" value="400"/>		
Transformator Pk [kW]	<input type="text" value="3,0"/>		
Transformator Zk [%]	<input type="text" value="3,8"/>		
Tilførselskabeltype	<input checked="" type="radio"/> Kabel <input type="radio"/> Samleskinne		
Kabelantall	<input type="text" value="3"/>	Impedans [$\mu\Omega$]	<input type="text" value="70"/>
Kabellengde [m]	<input type="text" value="60"/>		

Figur 4.6. Nett og transformator-data innlegging er gitt her. For standard ABB transformatorer vises dataene automatisk.

4.7 Beregnet harmonisk strøm og spenning

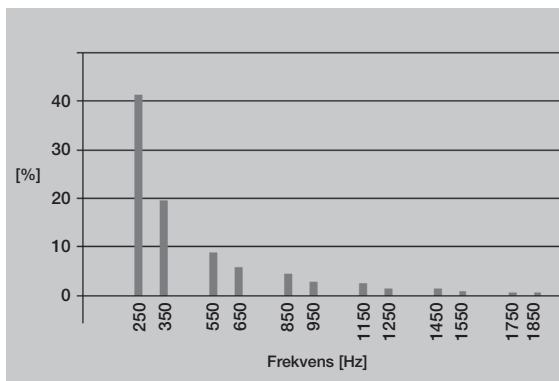
THD							
	Strøm	Spenning	n	f [Hz]	Strøm [A]	In/I1	Spenning [V]
Resultat	47,1%	0,2%	1	50	2,8	100,0%	21996,6
IEEE Calc	0,2%/	0,2%/	5	250	1,2	41,2%	32,9
IEEE Limit	15,0%	0,5%	7	350	0,6	19,5%	21,7
			11	550	0,2	8,6%	15,1
			13	650	0,2	5,6%	11,7
			17	850	0,1	4,2%	11,3
			19	950	0,1	2,7%	8,1
			23	1150	0,1	2,3%	8,2
			25	1250	0,0	1,4%	5,5
			29	1450	0,0	1,2%	5,3
			31	1550	0,0	0,8%	3,7
			35	1750	0,0	0,5%	3,0
			37	1850	0,0	0,6%	3,3

Data		
<input checked="" type="radio"/> Primærside		
<input type="radio"/> Sekundær		

Visningsmodus		
<input checked="" type="radio"/> Tabell		
<input type="radio"/> Graf		

Figur 4.7. De harmoniske beregnes ved å foreta en Fourier-analyse av den simulerte fasestrømmen for inngående enhet. Forskjellige typer kretsmodeller benyttes, én for SingleDrive med AC-drosler, og en for diode- og tyristorforsyning med DC-drosler. Det finnes også modeller for 6, 12 og 24 pulstilkoblinger.

4.8 Beregnede harmoniske strømmer i grafisk visning



Figur 4.8. Resultatene av beregningen kan vises i tabellform som vist over eller som en graf.

4.9 Deler av den utskrevne rapporten



Nettverkssjekk							
				ACS607-0140-3			
Nett- og transformator inndata				Data for tilførselsenhet			
Normalspenning [V]	22000 (primærside)			Puls #	6		
Frekvens [Hz]	50			Lv [μ H]	110		
Nettverk Sk [MVA]	150			Cdc [mF]	4,95		
Transformator Sn [kVA]	400			Udc [V]	560		
Transformator Pk [kW]	3,0			Idc [A]	191		
Transformator Zk [%]	3,8						
Tilførselskabeltype	Kapel						
Kabelantall	3						
Kabelengde	60						
Resultat				IEEE 519-grenser		beregnet/grense	
Cos ϕ	0,999			THD-strøm	47,1%	THD-strøm	0,2%/15,0%
Tot. effektfaktor	0,90			THD-spenning	0,2%	THD-spenning	0,2%/5,0%
Unmax mot.	98%						

Figur 4.9. Inndata og beregnede resultater kan skrives ut som rapport, delvis vist her.

Kapittel 5 - Standarder for harmoniske grenser

De vanligste internasjonale og nasjonale standarder angir grenser for harmoniske som beskrevet under. Figur 5.1 viser et eksempel på grenser for harmonisk forvrenging.

5.1 EN61800-3 (IEC61800-3) Frekvensomformersystemer for variabel hastighetsstyring

Del 3: EMC produktstandard inklusive spesifikke testmetoder

Landene innen det europeiske økonomiske området (EEA) er blitt enige om felles minimumskrav for å sikre fri flyt av produkter innen EEA. CE-merkingen indikerer at produktet vil fungere konformt hvis direktivene gjelder for produktet. Direktivene angir at disse prinsippene må følges. Standardene spesifiserer at kravene skal følges. EN61800-3 er EMC produktstandard for variable elektriske drivsystemer (PDS). Ved å oppfylle kravene i denne standarden, oppfyller man minimumskravene for fri handel med elektroniske kraftomformere innen EEA.

EN61800-3 spesifiserer at produsenten skal levere dokumentasjon for PDS, eller på forespørsel, det strømharmoiske nivået, ved merkebetingelser, som prosentdel av merkestrøm for kraftutgangen. Refererte verdier skal beregnes for hver orden opp til minimum 25.. Strøm THD (ordener opp til og inklusive 40), og dets høy-frekvenskomponent PHD (ordener fra 14 opp til og med 40) skal evalueres. For disse standardberegninger, skal PDS forutsettes å være tilkoblet en PC med Rsc = 250 og med startspennings-forvrenging under 1%. Den interne impedansen til nettet skal forutsettes å være ren reaktans.

I et lavspennings offentlig tilførselsnett, gjelder grensene og kravene til IEC61000-3-2 for utstyr med merkestrøm mindre eller lik 16 A. Bruken av den framtidige IEC61000-3-4 anbefales for utstyr med merkestrøm > 16 A. Hvis PDS brukes i et industrilegg, skal man ta en fornuftig økonomisk tilnærming, som ser på totalkostnaden til installasjonen. Metoden for å beregne harmoniske i totalinstallasjonen er avtalt, og grensene for enten spenningsforvrenging eller total harmonisk strømforvrenging er avtalt. Grensene for kompatibilitet er gitt i IEC61000-2-4 og kan brukes som grenseverdier for spenningsforvrenging.

5.2 IEC61000-2-2, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)

Del 2: Miljø - Kapittel 2: Kompatibilitetsnivåer for lavfrekvent ledningsbundet støy og signalutbredelse i offentlige lavspennings kraftsystemer

Denne standarden angir kompatibilitetsgrensene for lavfrekvent ledningsbundet støy og signalutbredelse i offentlige lavspenningsstilførselssystemer. Støyfenomenet inkluderer harmoniske, mellomharmoniske, spenningsvariasjoner, spenningsdipper og korte brudd, spenningsubalanse etc. I utgangspunktet angir denne standarden designkriteriet for utstyrsprodusenten, og minimum immunitetskrav til utstyret. IEC61000-2-2 er på linje med grenseverdiene angitt i EN50160 for spenningskvaliteten nettverkseieren må levere på kundens inntaksklemmer.

5.3 IEC61000-2-4, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)

Del 2: Miljø - Kapittel 4: Kompatibilitetsnivåer i industrianlegg for lavfrekvent ledningsbundet støy

IEC61000-2-4 tilsvarende IEC61000-2-2, men angir kompatibilitetsnivåer for industrielle og ikke-offentlige nett. Den dekker lavspenningsnett og mellomspennings-forsyninger, unntatt nett i skip, fly, offshoreplattformer og jernbaner.

5.4 IEC61000-3-2, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)

Del 3: Grenser - Kapittel 2: Grensene for harmonisk strømutslipp (utstyrsstrøm < 16 A per fase)

Denne standarden tar for seg grenser for harmoniske strømutslipp for individuelt utstyr koblet til offentlige nett.

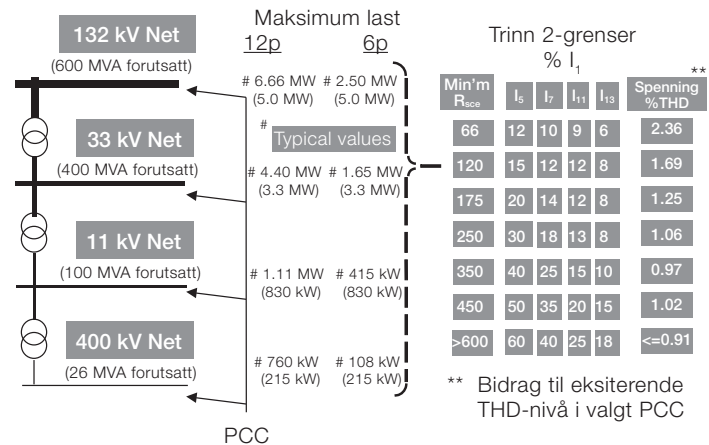
5.5 IEC61000-3-4, Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC)

Denne standarden gir grenser for harmoniske strømutslipp for individuelt utstyr med merkestrøm på fra 16 A opp til 75 A. Den omfatter offentlige nett med merkespenninger fra 230 V enfas til 600 V trefas.

Standarden opp gir tre forskjellige trinn for tilkoblingsprosedyrer for utstyr. Oppfyllelse av de individuelle harmoniske grensene for trinn 1 tillater tilkobling av utstyret til et hvilket som helst punkt i tilførselssystemet. Trinn 2 gir individuelle harmoniske strømgrenser, THD og dets vektete høyfrekvent motpart PWhd. Grenseverdiene er klassifisert og tabulert av kortslutningsforholdet. Tredje trinn for tilkobling er basert på en avtale mellom

brukeren og tilførselsmyndighetene, basert på avtalt aktiv effekt på forbrukerens installasjon. Hvis merkestrømmen er over 75 A, gjelder trinn 3 i alle tilfeller.

Strukturen i denne standarden er generelt god, men man kan stille spørsmål om enfas eller trefas utstyr skal ha forskjellige grenser i trinn 2. Det er svært sannsynlig at strukturen til standarden vil forbli slik den er, men nye versjoner av standarden vil inneholde forskjellige grenser for enfas og trefas utstyr.



Figur 5.1 Grenser for harmoniske i foreslåtte EN61000-3-4.

5.6 IEEE519, anbefalte praksiser og krav til harmonisk styring i elektriske kraftsystemer

Filosofien for utvikling av harmoniske grenser i denne anbefalte praksisen er å begrense den harmoniske tilførselen fra enkeltkunder, slik at de ikke forårsaker uakseptable spenningsforstyrrelser for normale systemkarakteristikker, og å begrense den totale harmoniske forvrengingen av systemspenningen som energiverket leverer. Denne standarden er også anerkjent som amerikansk nasjonal standard, og brukes mye i USA, spesielt i det kommunale kraftforsyningsmarkedet.

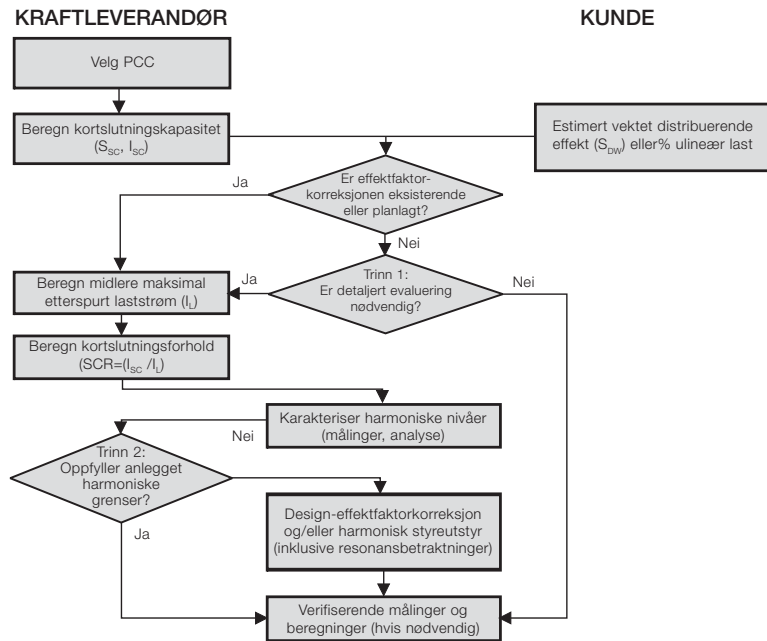
Standarden gir ingen grenser for individuelt utstyr, men for individuelle kunder. Kundene er kategorisert av forholdet mellom tilgjengelig kortslutningsstrøm (Isc) og deres maksimumslast (IL) i felles koblingspunkt. Den totale etterspurte laststrømmen er summen av både lineære og ulineære laster. I et industrianlegg er PCC tydelig definert som punktet mellom ulineær last og andre laster.

Tillatt individuelle harmoniske strømmer og total harmonisk forvrenging er tabulert av forholdet mellom tilgjengelig kortslutningsstrøm og total etterspurt laststrøm (I_{sc}/I_L) i felles koblingspunkt. Grensene er angitt som prosentverdi av I_L for alle odde og like harmoniske fra 2 opp til uendelig. Total harmonisk forvrenging kalles total etterspørselsforvrenging og denne skal også beregnes opp til uendelig. Mange aktører begrenser beregningen av både individuelle komponenter og TDD til 50.

Tabell 10.3 i standarden feiltolkes enkelte ganger til å angi grenser for harmoniske utslipp fra et enkelt apparat ved å bruke R_{sc} til utstyret i stedet for I_{sc}/I_L til hele installasjonen. Grensene i tabellen må ikke brukes på denne måten, da forholdet til kortslutningsstrømmen i forholdt til totale strømlasten til installasjonen alltid skal brukes.

Kapittel 6 - Evaluering av harmoniske

“Guide for Applying Harmonic Limits on Power Systems” P519A/D6 Jan 1999 introduserer noen generelle regler for evaluering av harmoniske grenser i et industrianlegg. Prosedyren er vist i flytskjemaet i figur 6.1.



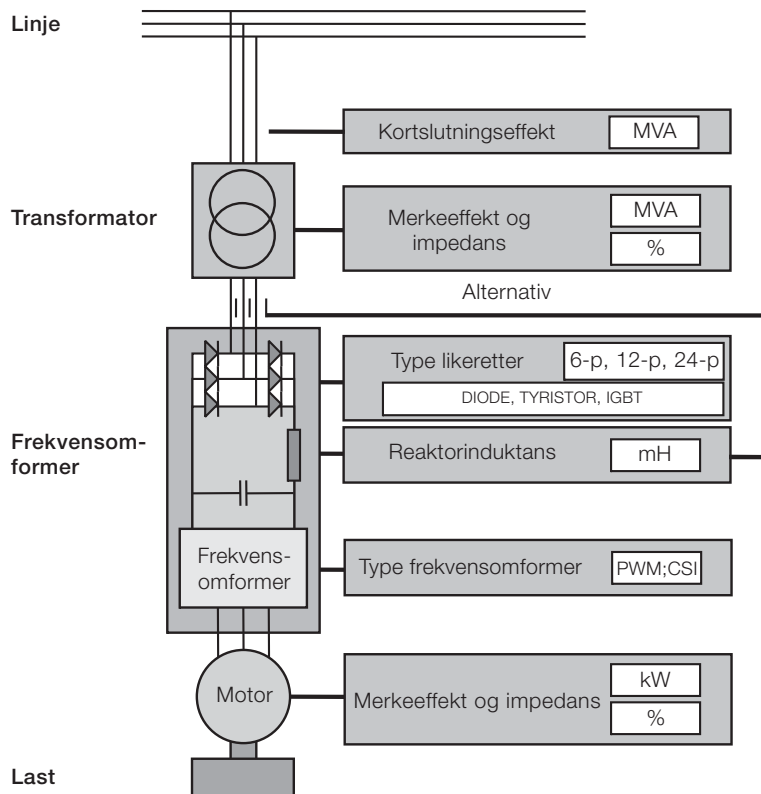
Figur 6.1 Evaluering av harmonisk forvrenging.

Kapittel 7 - Hvordan redusere harmoniske ved å gjøre strukturelle endringer i frekvensomformersystemer

7.1 Faktorer i frekvensomformer drifter som påvirker effekter fra harmoniske

Harmonisk reduksjon kan enten skje ved strukturendringer i drivsystemet eller ved å bruke ekstern filtrering. Strukturendringene kan gjennomføres for å styrke tilførselen, ved å bruke 12 eller fler pulsdriifter, å bruke en styrt likeretter, eller ved å forbedre den interne filtreringen i enheten.

Figur 7.1 viser faktorene i et driftssystem som har påvirkning på harmoniske. Strømharmoniske avhenger av konstruksjonen av driften og spenningsharmoniske er strømharmoniske multiplisert med tilførselsimpedansen.



Figur 7.1 Drivsystemets egenskaper som påvirker harmoniske.

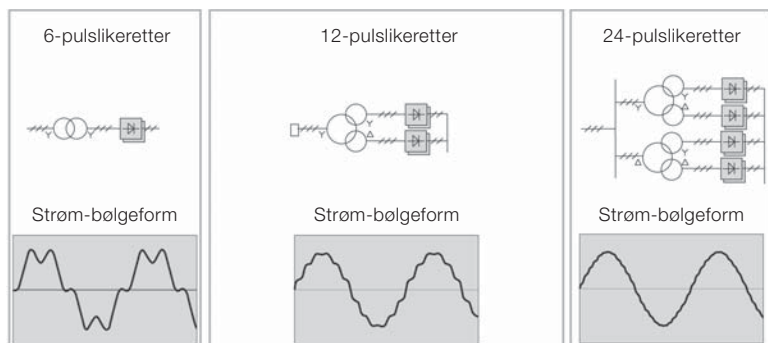
7.2 Tabell: Liste over forskjellige faktorer og deres virkninger

Årsak	Virkning
Større motor...	Høyere strømharmoniske
Høyere motorlast...	Høyere strømharmoniske
Større DC- eller AC- induktans...	Lavere strømharmoniske
Høyere antall pulser i likeretteren...	Lavere strømharmoniske
Større transformator...	Lavere spenningsharmoniske
Lavere transformatorimpedans...	Lavere spenningsharmoniske
Høyere kortslutningskrets-kapasitet på tilførselen...	Lavere spenningsharmoniske

7.3 Bruk av 6-pulsdiodelikeretter

Tilkoblingene for forskjellige likeretterløsninger er vist i figur 7.2. Den vanligste likeretterkretsen i 3-fas drifter er en 6-puls diodebro. Den består av seks ukontrollerbare likerettere eller dioder og en drossel, som sammen med en DC-kondensator utgjør et lavpassfilter som glatter DC-strømmen. Drosselen kan sitte på DC- eller AC-siden, eller den kan utelates fullstendig. 6-puls likeretteren er enkel og billig, men den genererer mye lavordens harmoniske (5., 7., 11.) spesielt ved lave impedanser.

Strømskjemaet er vist i figur 7.2. Hvis hoveddelen av lasten består av konvertere med en 6-puls likeretter, må tilførselstransformatoren være overdimensjonert og å oppfylle kravene i standardene kan være vanskelig. Ofte er det behov for noe filtrering.



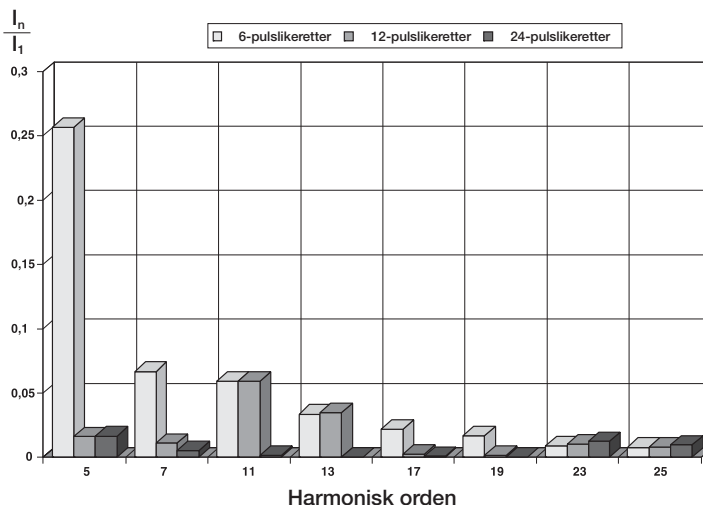
Figur 7.2 Harmoniske i linjestrømmen med forskjellige likeretterkonstruksjoner.

7.4 Bruk av 12-puls eller 24-puls diodelikeretter

12-puls likeretteren er bygd opp ved å koble sammen to 6-puls likerettere i parallell og som mater en felles DC-bus. Inngangen til likeretterne er utstyrt med en transformator med tre viklinger. Transformatorens sekundærviklinger er 30° faseforskjøvet. Fordelene med dette arrangementet er at i tilførselssiden vil noen harmoniske komme i motsatt fase og dermed bli eliminert. Teoretisk vil den harmoniske komponentene med lavets frekvens sett fra primærsiden av transformatoren være den 11'e.

Den største ulempen er spesialviklede transformatorer og en noe høyere kostnad for likeretteren.

Prinsippet med 24-puls likeretter er også vist i figur 7.2. Den har to 12-puls likerettere i parallell, med to treviklings transformatorer og 15° faseforskyving. Fordelene er at praktisk talt alle lavfrekvente harmoniske er eliminert, men ulempen er den høyere kostnaden. I tilfeller med en singledrive med høy effekt eller en stor multidrive installasjon så kan et 24-puls system være den mest økonomiske løsningen for å oppnå lavest mulig harmonisk forvrenging.



Figur 7.3 Harmoniske komponenter med forskjellige likerettere.

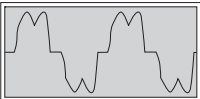
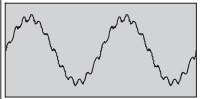
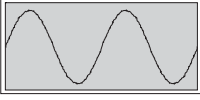
7.5 Bruk av fasestyrt tyristorlikeretter

Man får en fasestyrt likeretter ved å erstatte diodene i en 6-puls likeretter med tyristorer. Siden en tyristor trenger en triggepuls for å skifte fra ikkeledende til ledende tilstand, er det mulig å forsinke fasevinkelen som tyristoren starter med. Ved å forsinke avfyringsvinkelen over 90°, kan DC-busspenningen bli negativ. Dette tillater en regenerativ effektstrøm fra DC-busen tilbake til krafttilførselen.

Standard DC-bus og frekvensomformer-konfigurasjoner tillater ikke polaritetsendring av DC-spenningen og det er vanligere å koble en annen tyristorbro anti-parallelt med den første for å tillate reversering av polariteten til strømmen. I denne konfigurasjonen leder den første broen i likerettermodus og den andre i regenereringsmodus.

Strømmens bølgeformer til fasestyrte likerettere tilsvarer de man har på 6-puls diodelikerettere, men fordi de trekker effekt med vekslende forskyvnings-effektfaktor, er den totale effekt faktoren ved delast dårlig. Den dårlige effekt faktoren forårsaker tilsynelatende høy strøm og absolutte harmoniske strømmer som er høyere enn de en diodelikeretter gir .

I tillegg til disse problemene forårsaker fasestyrte konvertere kommuteringsspor i bølgeformen til nettspenningen. Vinkelposisjonen til sporene varierer med avfyringsvinkelen.

Tilførsels-type	Strøm TDH (%)	Spenning TDH (%) RSC=20	Strøm TDH (%) RSC=100	Strøm-bølgeform
6-pulslike- retter	30	10	2	
12-pulslike- retter	10	6	1.2	
IGBT supply unit	4	8	1.8	

Forvrenging er i % til RMS-verdier

Figur 7.4 Forvrenging for forskjellige typer tilførselsenheter. Verdier kan variere fra tilfelle til tilfelle.

7.6 Bruk av IGBT-bro

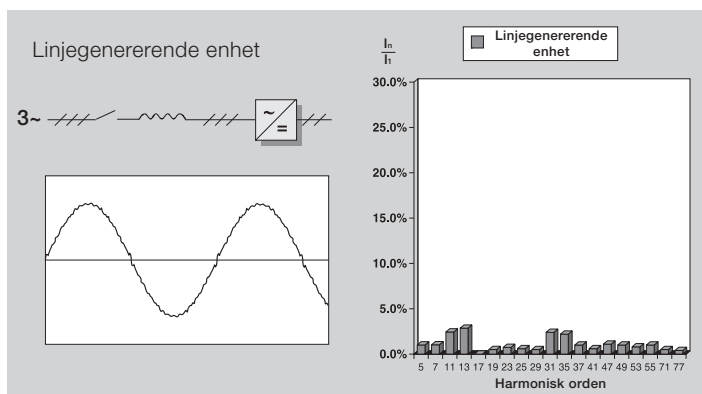
Det å introdusere en likeretterbro basert på selvkommuterte komponenter medfører flere fordeler og muligheter sammenlignet med fasekommuterte. Som for en fasekommutert likeretter, tillates både likeretting og regenerering, men det er mulig å styre DC-spenningsnivået og forskyvningen i effekt faktor uavhengig av retningen strømmen flyter i.

Hovedfordelene er:

- Sikker funksjon i tilfelle nettilførselen forsvinner.
- Høy dynamikk i driftstyringen selv i feltsvekkingsområdet.
- Mulig å generere reaktiv effekt.

- Nesten sinusformet strømtilførsel med lavt harmonisk innhold. Målte resultater for en drift er vist i figur 7.5. Når man sammenligner med figur 7.3 kan vi se en klar forskjell. IGBT har svært lave harmoniske ved lavere frekvenser, men noe høyere ved høyere frekvenser.
- Spenningsøkingskapasitet. I tilfelle lav tilførselsspenning, kan DC-spenningen boostes for å holde motorspenningen høyere enn tilførselsspenningen.

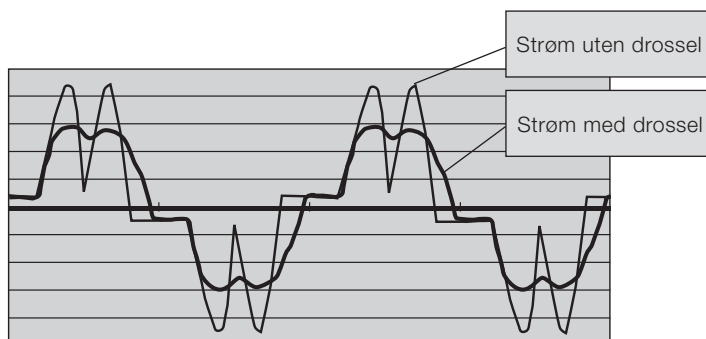
Den største ulempen er den høye kostnaden samt behovet for ekstra filtrering.



Figur 7.5 Harmoniske i linjestrøm IGBT-linjegererende enhet.

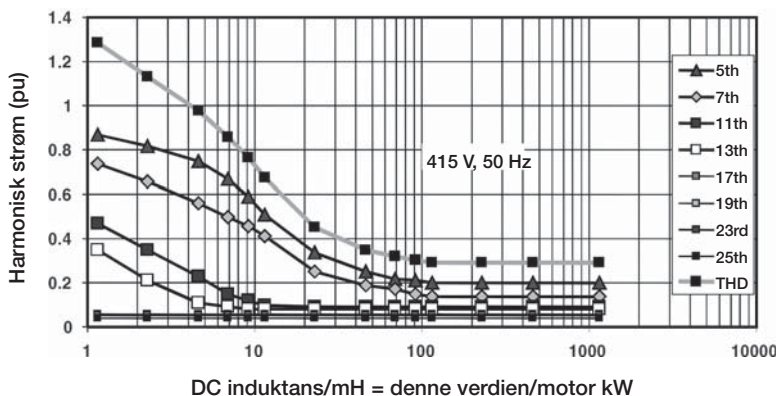
7.7 Bruk av en større DC- eller AC-drossel

Harmoniske til en spenningsstyrt frekvensomformer kan bli vesentlig redusert ved å koble en stor nok drossel på inngangen eller i DC-linken. Det har vært en trend i markedet at man reduserer drosselstørrelsen eller utelater den fullstendig for å redusere de fysiske byggemålene og spare kostnader. Effekten av dette kan sees fra kurveformen i figur 7.6.



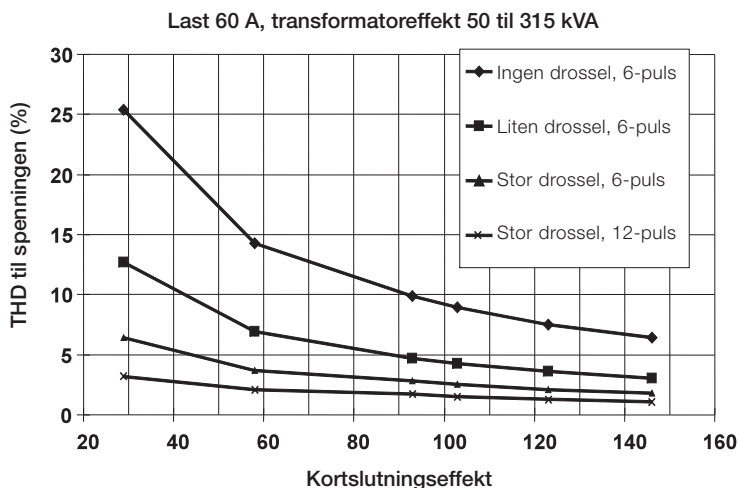
Figur 7.6 Effekten av drossel på linjestrømmen.

Diagrammet i figur 7.7 viser effekten størrelsen til DC-drosselen har på de harmoniske. For de første 25 harmoniske komponentene er den teoretiske THD minimum 29%. Denne verdien er praktisk talt nådd når induktansen er 100 mH dividert med motorens kW eller 1 mH for en 100 kW motor (415 V, 50 Hz). Praktisk fornuftig er omtrent 25 mH dividert med motorens kW, noe som gir en THD på omtrent 45%. Dette er 0,25 mH for en 100 kW motor.



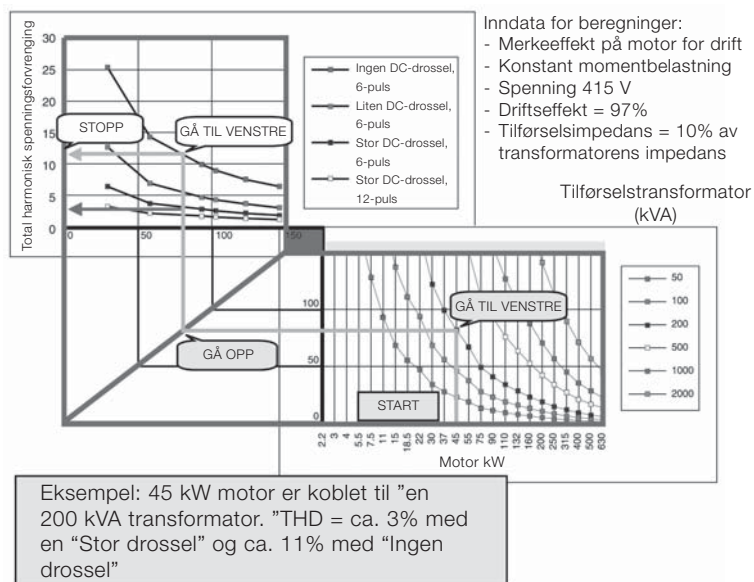
Figur 7.7 Harmonisk strøm som funksjon av DC-drossel.

Spenningsforvrengingen ved en bestemt strømforvrenging avhenger av kortslutningsstrømforholdet R_{sc} til tilførselen. Dess høyere kortslutningseffekt, dess lavere spenningsforvrenging. Dette kan sees i figur 7.8.



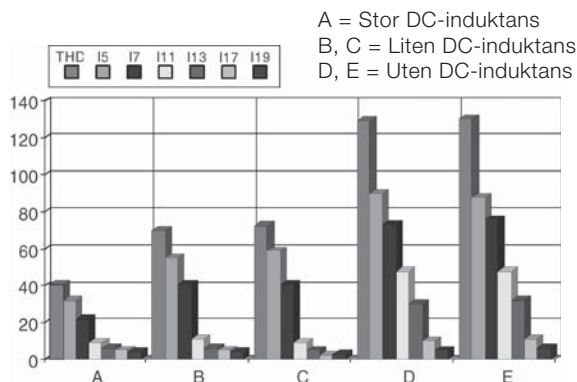
Figur 7.8 THD-spenning vs type frekvensomformer drift og transformatorstørrelse.

Figur 7.9 viser et enkelt monogram for estimering av harmoniske spenninger. På grafen under til høyre må man først velge motorens effekt, deretter transformatorens kVA og så gå horisontalt til den diagonale linjen hvor du går oppover og stopper på kurven som gjelder for ditt bruksområde. Deretter går du til venstre til y-aksen og leser av total harmonisk spenningsforvrenging.



Figur 7.9 Total harmonisk forvrengings-nomogram.

Resultater fra laboratorietester med frekvensomformere fra forskjellige produsenter er vist i figur 7.10. Drift A med stor DC-drossel har laveste harmoniske strømforvrenging, og drifter uten drossel installert har høyeste forvrenging.



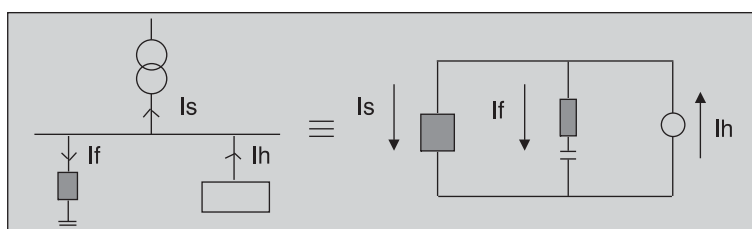
Figur 7.10 Harmonisk strøm med forskjellige DC-induktanser.

Kapittel 8 - Andre metoder for harmonisk reduksjon

Filtrering er en metode for å redusere harmoniske i et industrianlegg når harmonisk forvrenging gradvis er økt eller som en total-løsning i et nytt anlegg. Det finnes to grunnleggende metoder: passive og aktive filtre.

8.1 “Tuned single arm” passivt filter

Prinsippet med et passivt filter med tunet arm er vist i figur 8.1. Et passivt filter med tunet arm skal brukes på den enkeltstående laveste harmoniske komponenten hvor det er signifikant harmonisk generering i systemet. For systemer som forsyner en industriell last, vil dette sannsynligvis være femteharmoniske. Over tunet frekvens absorberes harmoniske, men under denne frekvensen vil de bli forsterket.



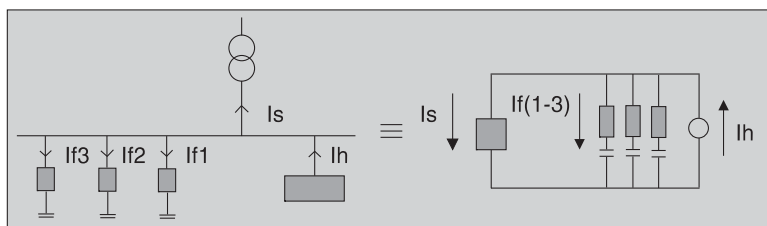
- Detunet - Enkel tunet-frekvens
- Over tunet frekvens absorberes harmoniske
- Under tunet frekvens kan harmoniske bli forsterket
- Harmonisk reduksjon kan bli begrenset av mulig overkompensering på tilførselsfrekvensen og selve nettet

Figur 8.1 “Tuned single arm” passivt filter.

8.2 “Tuned multiple arm” passivt filter

Denne typen filter består av en drossel i serie med en kondensatorbank og beste plassering for det passive filteret er tett inntil lasten som genererer harmoniske. Denne løsningen brukes normalt for nyinstallasjoner.

Prinsippet for dette filteret er vist i figur 8.2. Dette filteret har flere armer tunet til to eller flere harmoniske komponenter som skal være de laveste signifikante harmoniske frekvensene i systemet. Flere filtre har bedre harmonisk absorpsjon enn et ettarms-system.



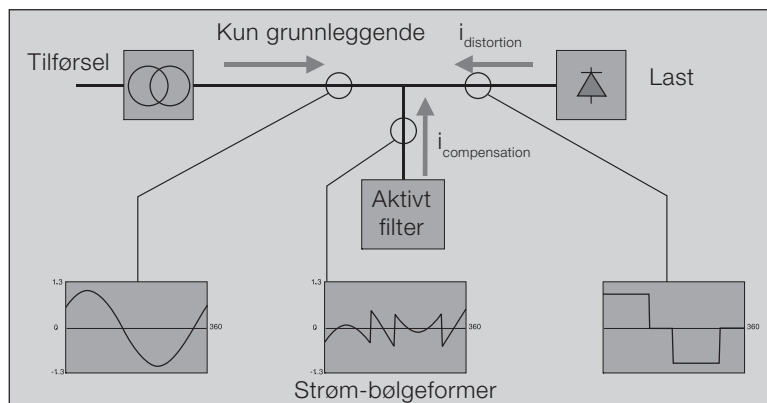
- Kapasitiv under tunet frekvens/induktiv over
- Bedre harmonisk absorpsjon
- Begrenset av KVAR og nett

Figur 8.2 "Tuned multiple arm" passivt filter.

Flerarms passive filtre brukes ofte til store DC-frekvensomformer installasjoner hvor en dedikert transformator forsyner hele installasjonen.

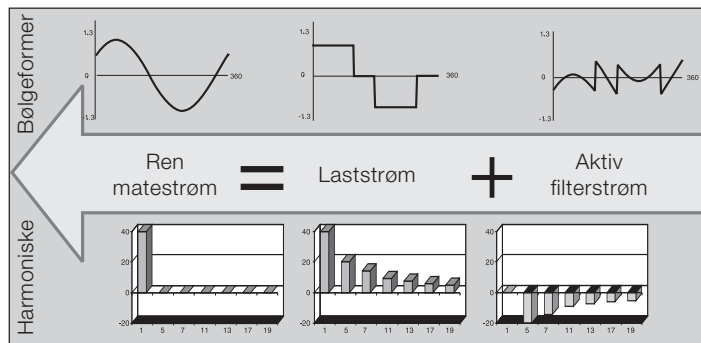
8.3 Eksternt aktivt filter

Et passivt tunet filter introduserer nye resonanser som kan medføre harmoniske tilleggsproblemer. Ny kraftelektronikk teknologi er brukt i produkter som kan styre harmonisk forvrenging gjennom aktiv styring. Disse aktive filterne, se figur 8.3, kompenserer for harmoniske komponenter i krafttilførselen basert på eksisterende harmonisk generering på et gitt tidspunkt.



Figur 8.3 Eksternt aktivt filter, prinsippkjema.

Det aktive filteret kompenserer for harmoniske generert av uli-
nære laster ved at de genererer de samme harmoniske kom-
ponentene i motsatt fase som vist i figur 8.4. Eksterne aktive
filtre er best egnet ved flere små drifter. De er relativt kostbare
sammenlignet med andre metoder.



Figur 8.4 Eksternt aktivt filter bølgeformer og harmoniske.

Kapittel 9 - Sammendrag

Man kan dempe harmoniske på mange måter, enten inne i drivsystemet eller eksternt. Alle metoder har fordeler og ulemper, og alle koster noe. Den beste løsningen avhenger av totallasten, tilførselen til anlegget og forvrengingen.

I følgende tabeller sammenlignes forskjellige interne løsninger med et grunnsystem uten drossel. Harmonisk innhold er gitt ved 100% last. Kostnadene gjelder for små drifter. For multidrive er 12-puls løsningen ganske mye rimeligere.

9.1 6-puls likeretter uten drossel

Produksjonskostnad 100%
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	63%	54%	10%	6,1%	6,7%	4,8%

9.2 6-puls likeretter med drossel

Produksjonskostnad 120%. AC- eller DC-choke lagt til
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	30%	12%	8,9%	5,6%	4,4%	4,1%

9.3 12-puls likeretter med polycon-transformator

Produksjonskostnad 200%
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	11%	5,8%	6,2%	4,7%	1,7%	1,4%

9.4 12-puls med dobbeltviklet transformator

Produksjonskostnad 210%
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	3,6%	2,6%	7,5%	5,2%	1,2%	1,3%

9.5 24-puls likeretter med 2 3-viklingers transformatorer

Produksjonskostnad 250%
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	4,0%	2,7%	1,0%	0,7%	1,4%	1,4%

9.6 Aktiv IGBT-likeretter

Produksjonskostnad 250% Ingen signifikans hvis elektrisk bremsing er nødvendig uansett.
Typisk harmoniske strømkomponenter.

Fundamental	5.	7.	11.	13.	17.	19.
100%	2,6%	3,4%	3,0%	0,1%	2,1%	2,2%

Kapittel 10 - Definisjoner

S: Tilsynelatende effekt

P: Aktiv effekt

Spm: Reaktiv effekt

Rsc: Kortslutningsforholdet er definert som kortslutnings-effekten til tilførselen på PCC i forhold til tilsynelatende merkeeffekt på utstyret. $Rsc = Ss / Sn$.

ω_1 : Vinkelfrekvens til grunnkomponent $\omega_1 = 2\pi f_1$, hvor f_1 er grunnfrekvens (f.eks. 50 Hz eller 60 Hz).

n: Heltall $n = 2, 3, \dots \infty$. Harmoniske frekvenser er definert som $\omega_n = n\omega_1$.

I_n : RMS-verdi til n: harmonisk komponent til linjestrøm.

Z_n : Impedans ved frekvens $n\omega_1$.

% U_n : Harmonisk spenningskomponent som prosent av grunn- (linje) spenning.

THD: Total harmonisk forvrenging er inngangsstrøm som definert som:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

hvor I_1 er rms-verdi til grunnfrekvens-strømmen. THD i spenningen kan beregnes på tilsvarende måte. Her er et eksempel for de 25 laveste harmoniske komponentene med teoretiske verdier:

$$THD = \frac{\sqrt{20^2 + 14.3^2 + 9.1^2 + 7.7^2 + 5.9^2 + 5.3^2 + 4.4^2 + 4^2}}{100}$$

$$THD = 29\%$$

PWHD: Delvis vektet harmonisk forvrenging definert som:

$$PWHD = \sqrt{\sum_{n=14}^{40} n \left(\frac{I_n}{I_1} \right)^2}$$

PCC: Sammenkoblingspunktet er definert i denne teksten som et punkt hvor strømtilførselen til anlegget er koblet sammen med utstyret det er snakk om og annet utstyr. Det finnes flere definisjoner på PCC i forskjellige standarder, og enda flere tolkinger av disse definisjonene i litteraturen.

PF: Effektfaktor definert som $PF = P/S$ (effekt / volt-ampere) = $I_1 / I_s * DPF$ (Med sinusformet strøm PF tilsvarende DPF).

DPF: Forskyvning Effektfaktor definert som $\cos\phi_1$, hvor ϕ_1 er fasevinkelen mellom grunnfrekvensstrømmen som utstyret trekker og tilførselsspennings grunnfrekvenskomponent.

Kontakt oss

For mer informasjon, kontakt
din lokale ABB-representant eller se:

www.abb.com/drives

www.abb.com/drivespartners

© Copyright 2011 ABB. Alle rettigheter forbeholdt.
Spesifikasjoner kan endres uten varsel.

3AAUA0000110048 REV C EN 2.12.2011 #15946