



ABB frekvensomformere

Teknisk veiledning nr. 4

Veiledning for frekvensomformere for hastighetsstyring

Power and productivity
for a better world™



Teknisk veiledning nr. 4

Veiledning for frekvensomformere for hastighetsstyring

© Copyright 2011 ABB. Alle rettigheter forbeholdt.

Spesifikasjoner kan endres uten varsel.

3AUA0000110047 REV C NO 25.11.2011

Innhold

Kapittel 1 – Innledning	7
Generelt	7
Kapittel 2 – Prosesser og deres krav	8
Hvorfor variabel hastighetsstyring?	8
Industrisegmenter med prosesser som krever variabel hastighet	9
Variabler i prosess-systemer	10
Maskiner brukes til å endre materialers egenskaper.....	11
Veldefinert form	11
Udefinert form	11
...og til å transportere stoffer	12
Faste stoffer	12
Flytende stoffer.....	12
Gassholdige stoffer	12
Kapittel 3 – Arbeidshesten i industrien: elektromotoren.....	13
Elektriske motorer driver de fleste maskiner	13
Motorer konverterer elektrisk energi til mekanisk energi	14
Frekvensomformere styrer elektromagnetisk induksjon	15
Effektfaktor til drivsystemet	16
Revers rotasjon eller moment er noen ganger nødvendig.....	17
Last, friksjon og treghet bremser rotasjonen	18
Motoren må overvinne lastmomentet	19
Drivmomentet og lastmomentet er like stort ved nominell hastighet	20
Kapittel 4 – Variable volumer krever noe form for styring	21
Variabelt materialflyt og inn/ut krav	21
Enklere styremetoder.....	22
Den beste formen for styring er VSD (variabel hastighetsstyring)	23
Mekanisk, hydraulisk og elektrisk VSD	24
Hydraulikk-kobling	24
DC-frekvensomformer	24
AC-frekvensomformer	24
Elektrisk VSD dominerer markedet	25
Vedlikeholdskostnader	25
Produktivitet	25
Energibesparelse	25
Høyere kvalitet.....	25
Markedet for Frekvensomformerdrift vokser hurtig.....	26

Kapittel 5 – Frekvensomformerdrift: Den ledende styremetoden.....	27
Grunnfunksjonene til en Frekvensomformerdrift	27
Motorens belastningskurver med Frekvensomformerdrift	28
Frekvensomformerdrift gir bedre prosessstyring	29
Reversering	30
Momentstyring.....	30
Eliminere mekaniske vibrasjoner	30
Effekttap ved gjennomkjøring.....	31
Stalling funksjon	31
Slurekompensering	32
”Flying” start.....	32
Miljø	33
EMC.....	33
 Kapittel 6 – AC-frekvensomformernes kostnadsfordeler	 34
Tekniske forskjeller mellom andre systemer og frekvensomformere.....	35
Ingen mekanisk styrte deler er nødvendig	36
Faktorer som påvirker kostnadene.....	37
Investeringskostnader: mekaniske og elektriske	
komponenter.....	38
Motoren	38
Frekvensomformeren.....	38
Installasjonskostnader: Struping sammenlignet med	
Frekvensomformerdrift	39
Driftskostnader: Vedlikehold og frekvensomformerenergi	40
Sammenligning av total kostnader.....	41
 Kapittel 7 – Innhold.....	 42

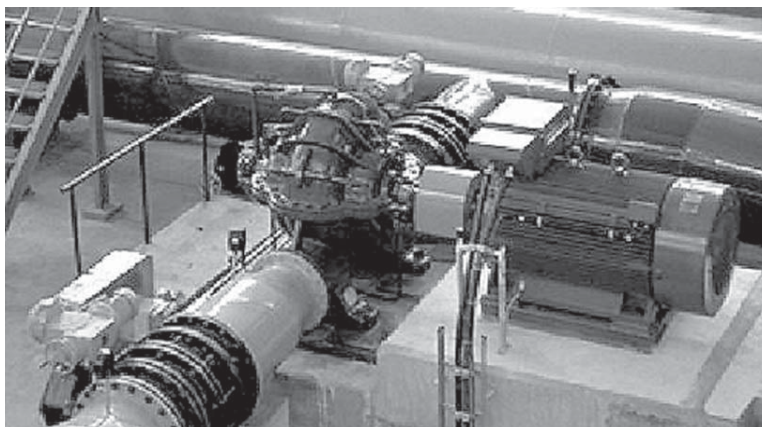
Kapittel 1 - Innledning

Generelt

Denne veiledningen viderefører ABBs serie med tekniske veiledninger, og vi beskriver forskjellige typer frekvensomformere og hvordan de brukes i industriprosesser. Vi fokuserer spesielt på elektriske frekvensomformere og spesielt AC-frekvensomformere.

Veiledningen forsøker å være så praktisk som mulig. Det kreves ingen spesiell kunnskap om frekvensomformere, men grunnleggende teknisk kunnskap er nødvendig for å forstå uttrykkene og beskrivelsene.

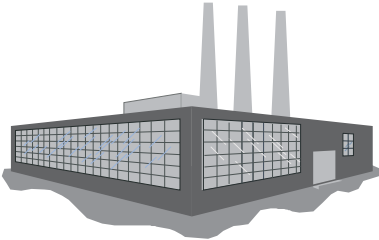
Kapittel 2 - Prosesser og deres krav



Hvorfor variabel hastighetsstyring?

For å forstå hvorfor variabel hastighetsstyring er nødvendig, må vi først forstå kravene de forskjellige prosessene stiller. Disse prosessene kan deles inn i to hovedkategorier; materialbehandling og materialtransport, selv om det finnes mange forskjellige underkategorier som faller under disse to hovedoverskriftene.

Felles for begge hovedkategoriene er imidlertid at det er behov for å styre prosessen. Dette gjøres ved å bruke VSD. Dette kapitlet beskriver de viktigste industrielle og ikke-industrielle prosessene som bruker VSD-er.

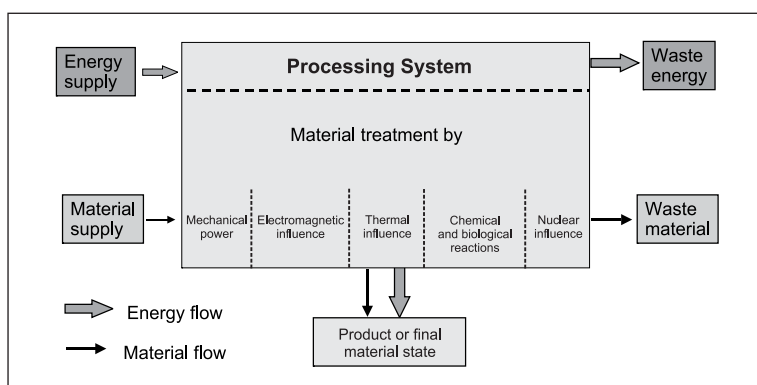
Eksempler	
<p>Industriell:</p> <p>Kjemisk industri</p> <p>Masse, papir, trykking</p> <p>Nærings- og nytelsesmiddelindustrien</p> <p>Kraftverk</p> <p>Gruveindustri</p> <p>Metallbearbeidende industri</p> <p>Maskinverksteder</p> <p>Plast</p> <p>Tekstiler</p>	 <p>Ikke-industrielt:</p> <p>HVAC</p> <p>Vannbehandling</p>

Industrisegmenter med prosesser som krever variabel hastighet

Det finnes mange industriprosesser, og listen over nevner bare noen få av industrisegmentene hvor det eksisterer prosesser med variabel hastighetsstyring. Det de har felles er at de alle krever en eller annen form for hastighetsstyring.

For eksempel i ventilasjonsanlegg (del av HVAC), endrer kravene til luftgjennomstrømning seg i forhold til fuktighet og temperatur i rommet. Dette kan løses ved å justere hastigheten på tillufts- og avtrekksviftene. Dette justeres ved å bruke variabel hastighetsstyring.

Vifter brukes også i kraftverk og kjemisk industri. I begge tilfeller må viftene justeres avhengig av hovedprosessen. I kraftverk kan hovedprosessen endre seg avhengig av behovet for kraft til forskjellige tider på året, ukedager eller uke. På samme måte forandrer behovet for variabel hastighetsstyring av prosessen.



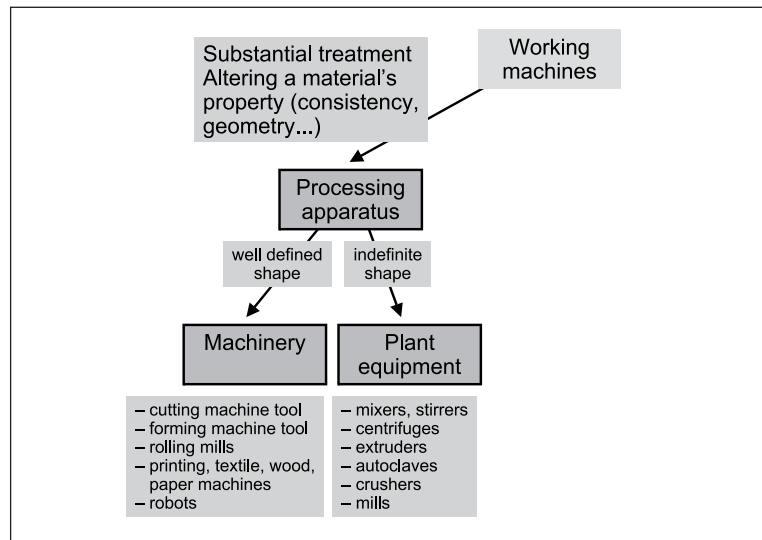
Variabler i prosesseringssystemer

Dette diagrammet viser hvilke variabler som påvirker prosesseringssystemet. Disse variablene kan deles inn i energi- og materialvariabler. I selve prosesseringssystemet prosesseres materialer eller energi ved hjelp av mekanisk kraft, elektromagnetisk påvirkning, termisk påvirkning, kjemiske eller biologiske reaksjoner, og til og med kjernekraft.

Hver prosess trenger materialer og energi for å kunne utføre prosessen. Produktet eller sluttmaterialet er resultatet av prosessen, men i hver prosess vil avfall i form av energi og/eller materialer også bli produsert.

I prosesseringssystemer brukes VSD-er til å styre den mekaniske kraften til de forskjellige maskinene som er involvert i prosessen.

Materialbehandlingen kan også styres av VSD-er. Et godt eksempel er en tørkeovn, hvor varmlufttemperaturen må være konstant. Prosessen reguleres ved å styre hastigheten til varmluftviftene ved å bruke VSD-er.



Maskiner brukes til å endre materialers egenskaper..

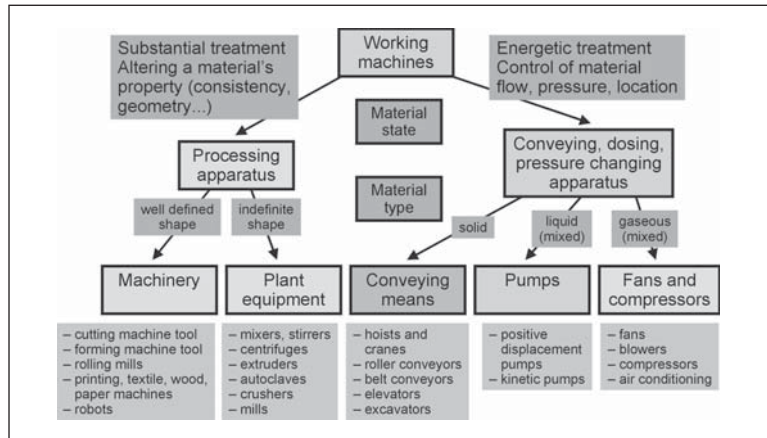
Som nevnt foran i denne veiledningen, kan prosessene hvor det arbeider maskiner inndeles i to kategorier. Den første kategorien er materialbehandling, som utføres ved å bruke forskjellige typer prosesseringsapparater for å endre egenskapene til materialene på en eller annen måte.

Veldefinert form

Prosesseringsapparaterne kan deles inn i to grupper avhengig av den resulterende formen til materialet som behandles. Formen kan enten være veldefinert eller udefinert. Materialer med veldefinert form, som f.eks. papir, metall og tre, prosesseres med maskiner. Eksempler er papirmaskiner, valsemøller og sagelinjer.

Udefinert form

Materialer med udefinert form, som forskjellige næringsmiddelprodukter, plaster etc., prosesseres med anleggsutstyr. Eksempler på denne typen utstyr er margarinomrører, forskjellige typer sentrifuger og ekstrudere.



...og til å transportere stoffer

Den andre kategorien består av maskiner som transporterer materialer til et ønsket sted. Denne gruppen består av transporterende, doserende og trykkendrende apparater. Disse maskinene kan inndeles i tre forskjellige undergrupper avhengig av type materiale som behandles er i fast form, flytende eller en gass.

Faste stoffer

Faste stoffer, som for eksempel transportcontainere, metaller, tre, mineraler og selvfølgelig mennesker, transporteres ved hjelp av transportapparater. Slike apparater omfatter kraner, transportører og heiser.

Flytende stoffer

Flytende stoffer, som f.eks. vann, olje eller flytende kjemikalier, transporteres ved hjelp av pumper.

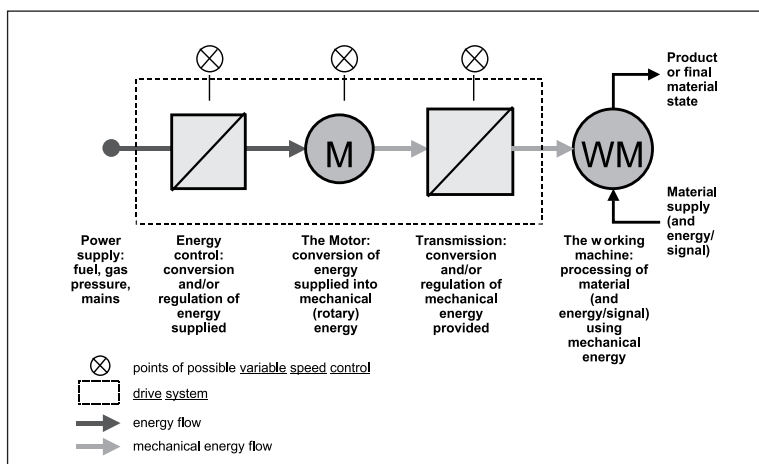
Gassholdige stoffer

Gassholdige stoffer som luft transporteres ved å bruke vifter, kompressorer eller blåsere. En spesialanvendelse av disse maskinene er til ventilasjon.

I diagrammet over er det vist fem forskjellige typer maskiner. De enten former eller transporterer forskjellige typer materialer, men alle kan potensielt brukes med variabel hastighetsstyring.

Kapittel 3 - Arbeidshesten i industrien: elektromotoren

Alle maskiner som er nevnt foran i denne veiledningen drives som oftest av elektromotorer. Man kan godt si at elektromotoren er arbeidshesten i den industrielle prosessen. I dette kapitlet skal vi se nærmere på elektromotorer - spesielt kortslutning AC-motorer, som er den vanligste motoren i en industriprosess.

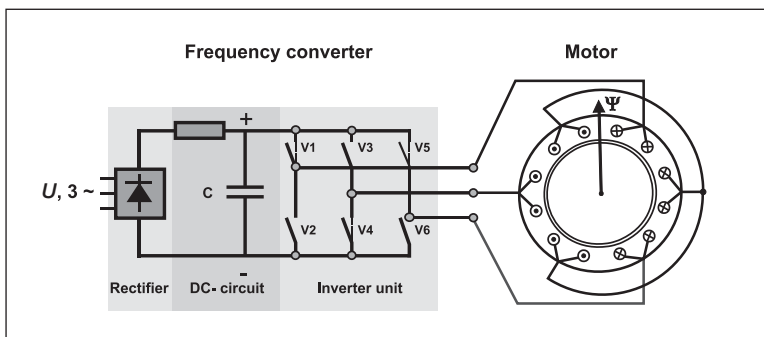


Elektriske motorer driver de fleste maskiner

Alle maskiner består av fire forskjellige komponenter, som er vist i diagrammet. Disse komponentene er energistyring, motor, gir og arbeidsmaskin. Samlet kalles de tre første komponentene "drivsystemet". Dette drivsystemet kan omforme en gitt type energi, vanligvis elektrisitet, til mekanisk energi, som i sin tur brukes av arbeidsmaskinen. Energi leveres til drivsystemet fra strømtilførselen.

I hver av de tre drivsystemkomponentene kan man benytte variabel hastighetsstyring. Variabel hastighetsstyring kan skje ved for eksempel å bruke en frekvensomformer som den energistyring komponentene, en tohastighets motor som motorkomponent og gir som overføringskomponent.

Som nevnt tidligere drives de fleste maskiner av en elektrisk motor. Elektriske motorer kan deles inn i AC- og DC-motorer. AC-motorer, spesielt kortslutningsmotorer, er de vanligste motorene i industriprosesser.



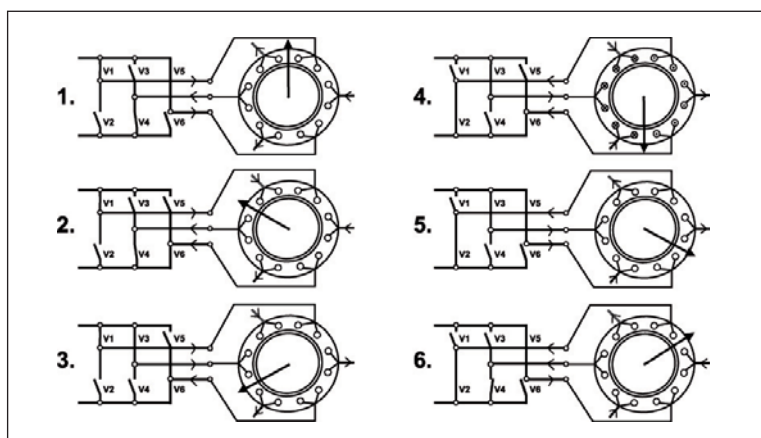
Motorer konverterer elektrisk energi til mekanisk energi

Evnen en AC-motor har til å gjøre elektrisk energi om til mekanisk energi er basert på elektromagnetisk induksjon. Spenningen i statorviklingene former strømmen og magnetisk fluks. Retningen til denne fluksen kan bestemmes ved hjelp av høyrehåndsregelen fra statorstrømmen.

Ved å endre retningen til strømmen i statorviklinger kan også retningen til fluksen endres. Ved å endre retningen til strømmen i trefas motorviklingene i riktig rekkefølge, begynner den magnetiske fluksen til motoren å rotere. Motorens rotor vil deretter følge denne fluksen med et etterslep. Dette er grunnprinsippet som brukes til å styre AC-motorer.

Denne styringen kan oppnås ved hjelp av en frekvensomformer. Som navnet sier endrer en frekvensomformer frekvensen til vekselstrømmen og spenningen. En frekvensomformer består av tre deler. Vanlig 50 Hz 3-fas strøm mates inn i likeretterdelen, som gjøres om til likestrøm. DC-spenningen mates inn i DC-buss krets, som filtrerer den pulserende spenningen. Frekvensomformeren kobler deretter hver motorfase enten til den negative eller den positive DC-bussen i en bestemt rekkefølge.

For å motta fluksretningen som vises i diagrammet, skal bryterne V_1 , V_4 og V_5 være lukket. For å få fluksen til å rotere mot urviseren, må bryter V_6 være lukket, men V_5 må være åpen. Hvis bryter V_5 ikke er åpen, vil kretsen kortslutte. Fluksen har dreid 60° mot urviseren.



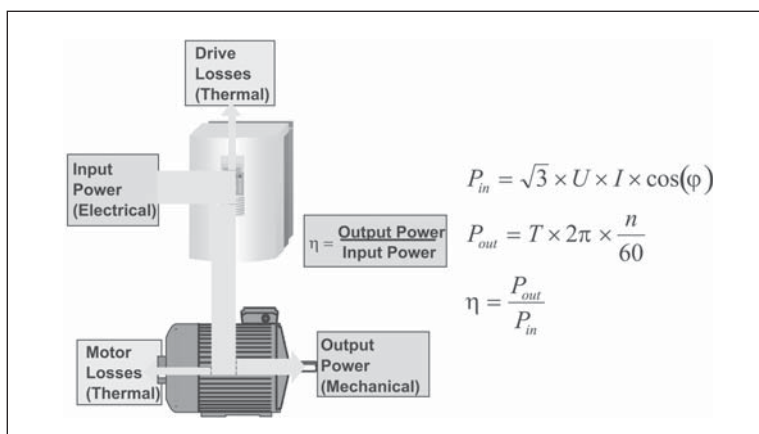
Frekvensomformere styrer elektromagnetisk induksjon

Det er åtte forskjellige svitsjestillinger i omformeren. I to posisjoner er spenningen null, dvs. når alle fasene er koblet til samme DC-buss, enten negativ eller positiv. I de gjenværende seks svitsjestillingene er det spenning over motorviklingene som lager strøm fra + til -. Denne strømmen lager en forhåndsbestemt fluksretning.

Diagrammet viser disse seks svitsjestillingene og fluksretningene som strømmen i viklingene genererer i hvert tilfelle. Strømretningene er markert med piler i hver fase.

I praksis er ikke styring så enkelt som det er fremstilt her. Magnetisk fluks genererer strømmer i rotoren. Disse rotorstrømmene gjør situasjonen komplisert. Eksternt grensesnitt, som f.eks. temperatur- eller lastendringer, kan også forårsake styringsproblemer. Men med dagens teknologi og kunnskap er det likevel mulig å håndtere interferens på en effektiv måte.

Elektriske variable hastighetsstyringer gir mange ekstra fordeler, som f.eks. energibesparelser, fordi motoren ikke bruker mer strøm enn nødvendig. Videre er styring bedre enn med tradisjonelle metoder fordi elektriske variable hastighetsstyringer også muliggjør trinnløs styring.



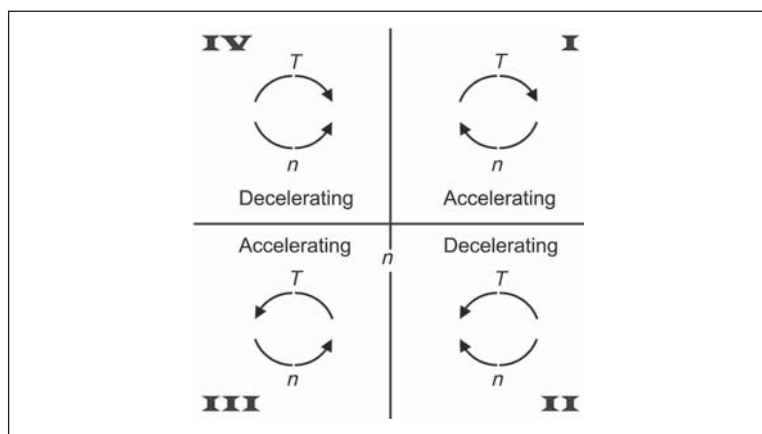
Virkningsgraden til drivsystemet

Den totale virkningsgraden til drivsystemet er avhengig av tapene i motoren og dens styring. Både drift- og motortap er termiske, slik at de vises som varme. Inngangseffekt til drivsystemet er i elektrisk form, mens utgangseffekten er mekanisk. Det er grunnen til at beregning av virkningsgrad krever kunnskap om dette både elektrisk og mekanisk.

Elektrisk inngangseffekt P_{in} avhenger av spenning (U), strøm (I) og effektfaktoren ($\cos \phi$). Effektfaktoren forteller oss hvilken del av den totale elektriske strømmen som er aktiv effekt og hvor mye som er såkalt reaktiv effekt. For å produsere nødvendig mekanisk effekt er aktiv effekt nødvendig. Reaktiv effekt er nødvendig for å produsere magnetisering i motoren.

Mekanisk utgangseffekt P_{out} avhenger av nødvendig moment (T) og rotasjonshastighet (n). Jo større hastighet eller moment som trengs, desto større effekt er nødvendig. Dette har direkte innvirkning på hvor mye effekt drivsystemet trekker fra strømforsyningen. Som nevnt tidligere, regulerer frekvensomformerer spenningen som mates til motoren, og på denne måten styrer den direkte effekten som brukes i motoren samt i prosessen som styres.

Elektrisk svitsjing med transistorer er svært effektivt, så effektiviteten til frekvensomformerer er svært høy, fra 0,97 til 0,99. Motoreffekten er typisk mellom 0,82 og 0,97, avhengig av motorstørrelsen og motorens nominelle hastighet. Så man kan si at den totale effektiviteten til drivsystemet alltid er over 0,8 når det styres av en frekvensomformer.



Revers rotasjon eller moment er noen ganger nødvendig

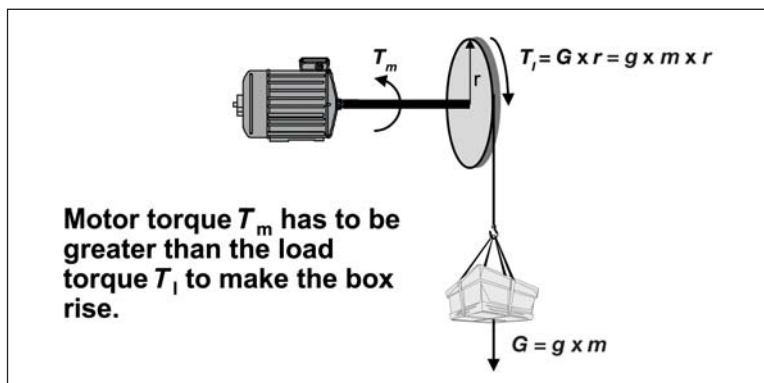
I noen tilfeller er revers rotasjon av motoren nødvendig. I tillegg kan kravene til momentretning endres. Disse faktorene danner den såkalte "firekvadrant-driften". Navnet kommer fra de fire ulike kvadrantene (I til IV) som er vist i diagrammet.

I kvadrant: I den første kvadranten roterer motoren med urviseren. Fordi momentet er i samme retning som hastigheten, akselererer driften.

II kvadrant: I den andre kvadranten roterer motoren fortsatt med urviseren, men momentet er i motsatt retning, slik at driften retarderer.

III & IV kvadranter: I den tredje og fjerde kvadranten roterer motoren mot urviseren, og frekvensomformerer akselererer eller retarderer igjen, avhengig av momentretningen.

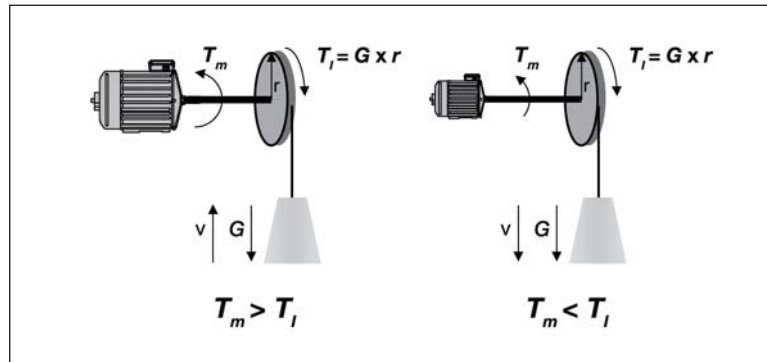
Med en frekvensomformer kan endringer i momentretningen implementeres uavhengig av rotasjonsretningen. For å produsere en effektiv fire kvadrant drift er et slags bremsearrangement nødvendig. Denne typen momentstyring er spesielt nødvendig i kranapplikasjoner, hvor rotasjonsretningen kan endres, men momentretningen forblir den samme.



Lasten, friksjonen og treghet bremser rotasjonen

Motoren må produsere nødvendig moment for å overvinne lastmomentet. Lastmoment består av friksjon, treghet til de bevegelige delene og selve lasten, som avhenger av applikasjonen. I eksemplet i diagrammet må motormomentet være større enn lastmomentet, som avhenger av massen til kassen, hvis kassen må løftes.

Lastfaktorene endres i henhold til applikasjonen. I en knuser for eksempel er lastmomentet ikke bare avhengig av friksjon og treghet, men også av hardheten til det knuste materialet. I vifter og blåsere påvirker endringer i lufttrykket lastmomentet, og så videre.

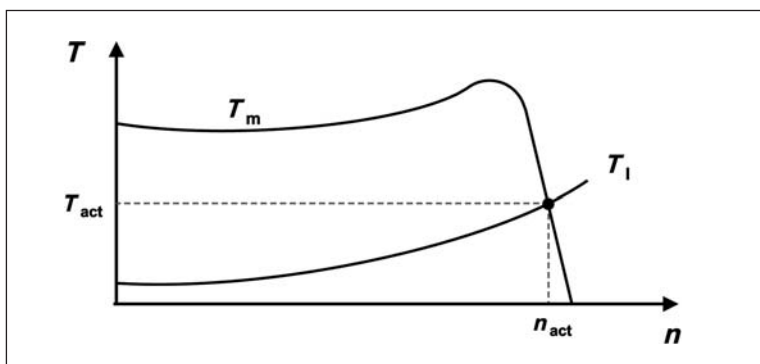


Motoren må overvinne lastmomentet

Uansett må lastmomentet være kjent før man velger motor for anvendelsen. Nødvendig hastighet må også være kjent. Bare da kan man velge en egnet motor for anvendelsen.

Hvis motoren er for liten, kan ikke kravene oppfylles og dette kan føre til alvorlige problemer. I krananvendelser for eksempel er det ikke sikkert at en for liten motor er i stand til å løfte den nødvendige lasten raskt nok til ønsket høyde. Det kan til og med føre til at lasten faller fullstendig, som vist i diagrammet. Dette kan være farlig for de som arbeider på havna eller på anlegg hvor denne kranen brukes. For å beregne nominelt moment til motoren kan man bruke følgende formel:

$$T[Nm] = 9550 \times \frac{P[kW]}{n[1/min]}$$



Drivmomentet og lastmomentet er like stort ved merkehastighet

En motors moment/hastighetskurve er unik, og må beregnes separat for hver motortype. En typisk moment/hastighetskurve vises i grafen som T_m . Som man kan se, nås maksimum lastmoment like under merkehastighet.

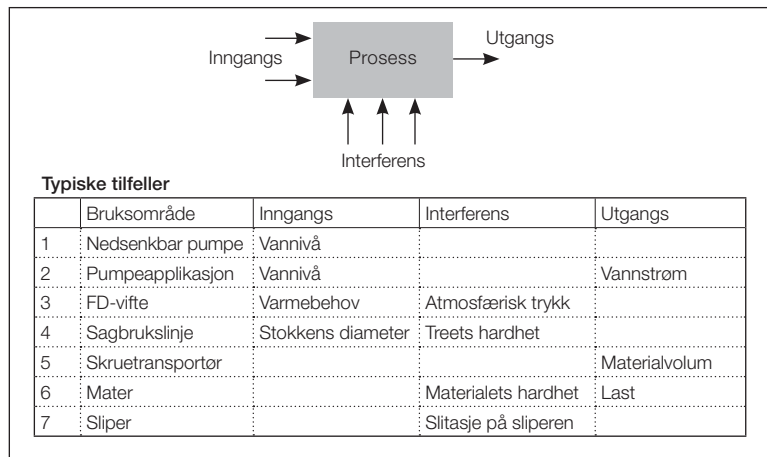
Lastmoment T_l øker vanligvis med hastigheten. Det kan være lineært eller kvadratisk, avhengig av anvendelsen. Motoren vil akselerere automatisk til lastmomentet og motormomentet er likt. Dette punktet vises på grafen som skjæringspunktet til T_m og T_l . Gjeldende moment (T_{act}) vises på y-aksen og gjeldende hastighet (n_{act}) på x-aksen.

Dette er prinsippene som styrer hvordan en vanlig kortslutningsmotor fungerer. Med en frekvensomformer kan man oppnå optimal ytelse fra motoren og hele drivsystemet. Dette vil bli omtalt senere i denne veiledningen.

Kapittel 4 - Variable volumer krever styring

I de fleste prosessene er det minst én variabel. Denne variabelen forårsaker behov for prosessjustering. Derfor trenger variable prosesser og materialvolumer en form for styring.

I dette kapitlet vil vi se på prosesser og variablene til disse. Vi vil også gå inn på ulike styringsmetoder.

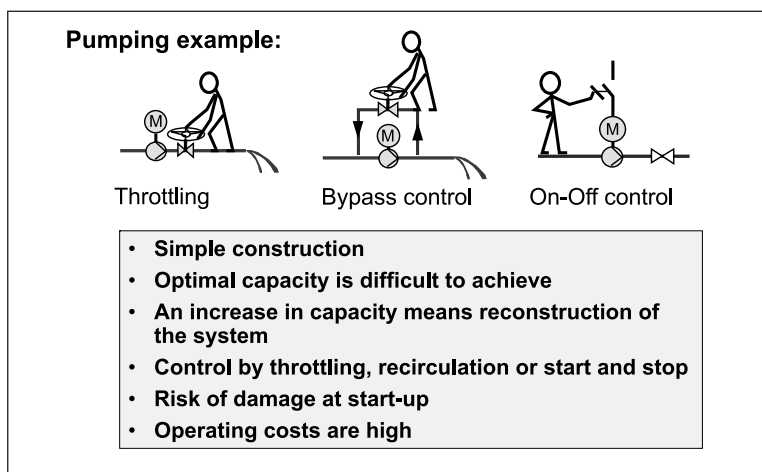


Variable materialflyt og inn/ut-krav

Det kan være mange ulike parametere involvert i en prosess, de vanligste er inngang, utgang og interferens. Disse parameterne kan måtte være konstante, eller de kan måtte endres i henhold til et forhåndsinnstilt mønster. Som det ble drøftet i det første kapitlet, er det alltid innganger og utganger i en prosess, og så godt som alltid, også interferens.

I noen prosesser er det ingen interferens og inngangen er konstant. Denne typen prosess fungerer uten noen variabel hastighetsstyring. Men hvis utgangsparametrene må endres, er inngangen variabel, eller hvis det er interferens, kan variabel hastighetsstyring være løsningen for å oppfylle prosesskravene.

Tabellen ovenfor liser opp noen prosesser hvor variabel hastighetsstyring er nødvendig. Den viser også årsaker for styringen; inngang, interferens eller utgang.



Enklere styremetoder

Det finnes mange enklere styringsmetoder som f.eks. struping eller bypass-styring. Slikt utstyr er vanligvis svært enkelt konstruert, og til å begynne med kan det virke som investeringen er kostnadseffektiv.

Men det er mange ulemper. Optimal prosesskapasitet for eksempel, som gir den beste kvaliteten på prosessen, er svært vanskelig å oppnå med enkel styring. Økning i produksjonskapasiteten krever vanligvis at man rekonstruerer hele prosessen, og med hver direkte on-line oppstart er det fare for elektrisk og/eller mekanisk skade.

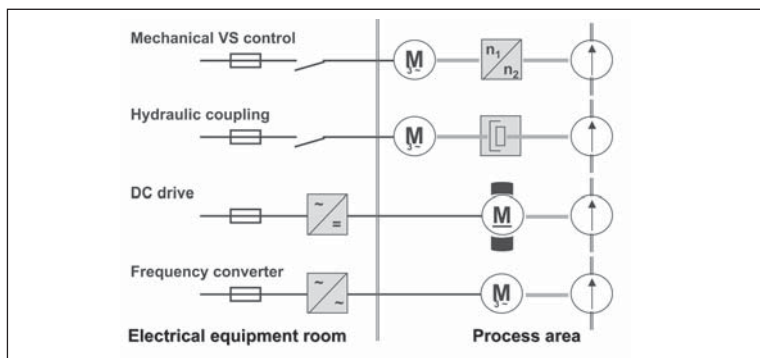
De enkle styringsmetodene er også energikrevende, så i tillegg til at de totale driftskostnadene er høyere enn med frekvensomformere med variabel hastighet, øker også miljøpåvirkningene, som f.eks. CO₂-utslipp fra kraftverk. Derfor er den totale livssyklus kostnadsinvesteringen i enkle styringsmetoder mye høyere enn med frekvensomformere med variabel hastighet.



Den beste formen for styring er VSD (variabel hastighetsstyring)

Den beste styringsmetoden for de fleste systemer er variabel hastighetsstyring. Tenk deg at du for eksempel kjører en bil. Hvis du kjører på en motorvei og kommer inn i et tett befolket området, må du redusere hastigheten slik at du ikke setter ditt eget og andres liv i fare.

Den beste måten å gjøre dette på er selvsagt å redusere motorens rotasjonshastighet ved å ikke trække så hardt på gasspedalen, og om nødvendig skifte til et lavere gir. En annen mulighet ville være å bruke samme gir, holde foten på gassen og redusere hastigheten ganske enkelt ved å bremse. Dette vil ikke bare forårsake slitasje på motor og bremser, men du vil også bruke mye drivstoff og du får mindre kontroll over kjøretøyet. Videre ville ikke det opprinnelige målet om å redusere hastigheten uten å sette eget og andres liv i fare være oppnådd.



Mekanisk, hydraulisk og elektrisk VSD

Ovenfor finner du de fire vanligste VSD-er i industrien. Mekanisk variabel hastighetsstyring benytter vanligvis drivreimer, og styres ved å bevege koniske trinser manuelt eller med posisjoningsmotorer.

Hydraulikkobling

I hydraulikkoblinger benyttes turbinprinsippet. Ved å endre oljemengden i koblingen, endres hastighetsforskjellen mellom de drivende og drevne akslingene. Oljemengden styres med pumper og ventiler.

DC-frekvensomformer

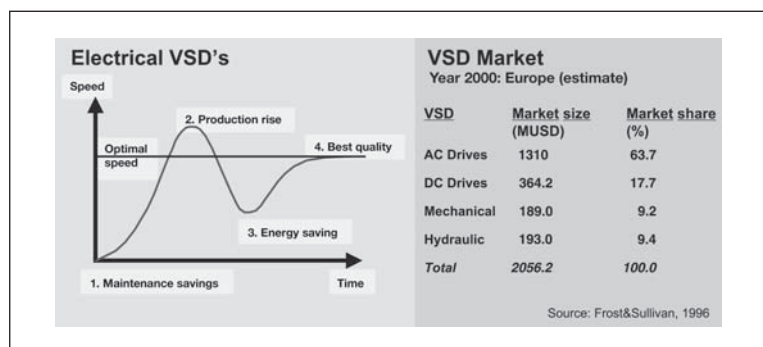
I DC-frekvensomformerer endrer en DC-omformer motorens tilførselsspenning som mates til DC-motoren. I motoren gjør en mekanisk frekvensomformer, en kommutator, om likestrøm til vekselstrøm.

Frekvensomformerdrift

I frekvensomformerer eller AC-omformerer brukes det en standard kortslutningsmotor, så ingen mekaniske frekvensomformere er nødvendig. Motorens hastighet reguleres av en frekvensomformer som endrer frekvensen til motorspenningen, som omtalt tidligere i denne veiledningen. Selve frekvensomformerer styres med elektriske signaler.

Diagrammet viser plasseringen av kontrollutstyret for hver type variabel hastighetsstyring. I mekaniske og hydrauliske variable styringer er kontrollutstyr plassert mellom motoren og arbeidsmaskinen, noe som gjør vedlikehold svært vanskelig.

I elektriske VSD-er er alle styresystemene i et elektrisk utstyrsrom, og bare drivmotoren befinner seg i prosessområdet. Dette er bare én av fordelene med elektriske VSD-er. På neste side finner du andre fordeler.



Elektriske VSD-er dominerer markedet

Her er fire av de viktigste argumentene for å bruke elektriske VSD-er, de er presentert sammen med estimerte VSD markedsandeler i Europa i 2000. De fire viktigste fordelene med å bruke elektriske VSD-er er markert i vendepunktet til hastighetskurven.

Vedlikeholdskostnader

DOL-start stresser motoren og også det elektriske utstyret. Med elektriske VSD-er er mykstart mulig, og dette har direkte påvirkning på vedlikeholdskostnadene.

Produktivitet

Prosessutstyr er vanligvis designet for å gi økt produktivitet i fremtiden. Skifte av utstyr med konstant hastighet for å gi høyere produksjonsvolum krever tid og penger. Med Frekvensomformerdrift er hastighetsøkninger på 5 til 20 prosent ikke noe problem, og man kan oppnå produksjonsøkning uten ekstra investering.

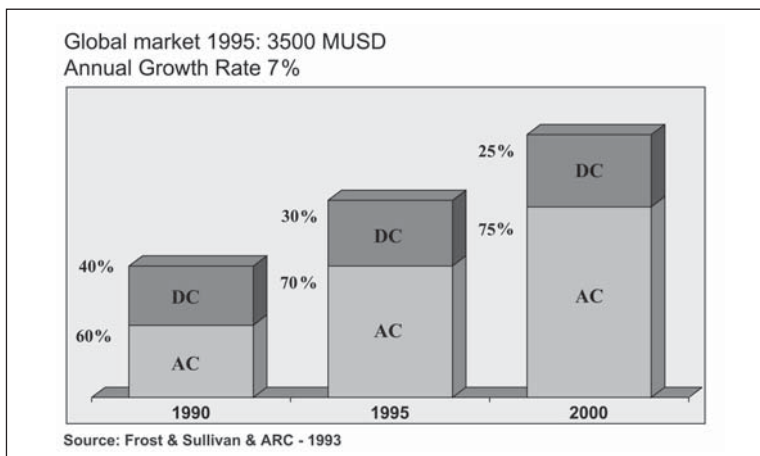
Energibesparelse

I mange prosesser endres produksjonsvolumet. Å endre produksjonsvolumet med mekaniske hjelpemidler er vanligvis svært lite effektivt. Med elektriske VSD-er kan man endre produksjonsvolumet ved å endre motorhastigheten. Dette sparer mye energi, spesielt i pumpe- og vifteapplikasjoner, fordi akselkraften er proporsjonal med strømningshastigheten i 3. potens

Høyere kvalitet

Den nøyaktige hastighetsstyringen som kan oppnås med elektriske VSD-er fører til optimalisering av prosessen. Optimal prosessstyring gir et sluttprodukt av beste kvalitet, som betyr best fortjeneste for kunden.

På grunn av disse fordelene er elektriske VSD-er dominerende på markedet, dette vises i tabellen ovenfor. Til sammen utgjorde AC- og DC-drifter over 75%, og Frekvensomformerdrifter over 50%, av det totale VSD-markedet i Europa i år 2000.



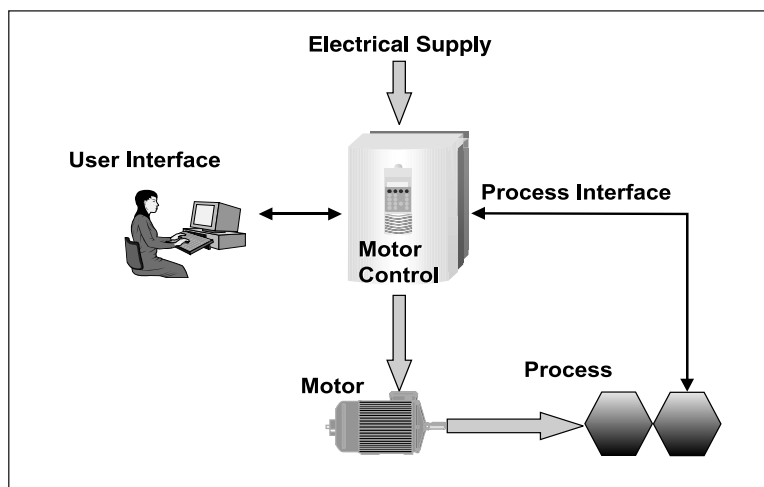
Markedet for Frekvensomformerdrifter vokser hurtig

Dette diagrammet viser den prosjekterte utviklingen til det elektriske VSD-er markedet fram til år 2000. Som du ser, vokser Frekvensomformerdrifter markedet med nesten 10% per år, som utgjør hele veksten til det elektriske VSD-markedet. Markedsandelen til DC-drifter er minkende, og den totale størrelsen på markedet for DC forblir omtrent konstant. Denne fremgangen skyldes utviklingen av frekvensomformerdrifter teknologi.

Som omtalt tidligere i denne veiledningen, har Frekvensomformerdrifter mange fordeler sammenlignet med andre prosessstyringsmetoder. Forskjellen mellom AC- og DC-motoren er at DC-motoren har en mekanisk kommutator som bruker kullbørster. Disse børstene trenger regelmessig vedlikehold og selve kommutatoren kompliserer motorstrukturen og bruker energi. Dette er hovedårsakene til at markedsandelen til frekvensomformerdrifter vokser sammenlignet med DC-drifter.

Kapittel 5 - Frekvensomformerdrift: den ledende styremetoden

Tatt i betraktning alt som er presentert hittil, kan vi trygt si at frekvensomformerdrifter er den ledende styringsmetoden. I det følgende kapitlet vil vi se nærmere på de ulike funksjonene til frekvensomformerdrifter, og ytelsesnivåene frekvensomformerer kan tilby.

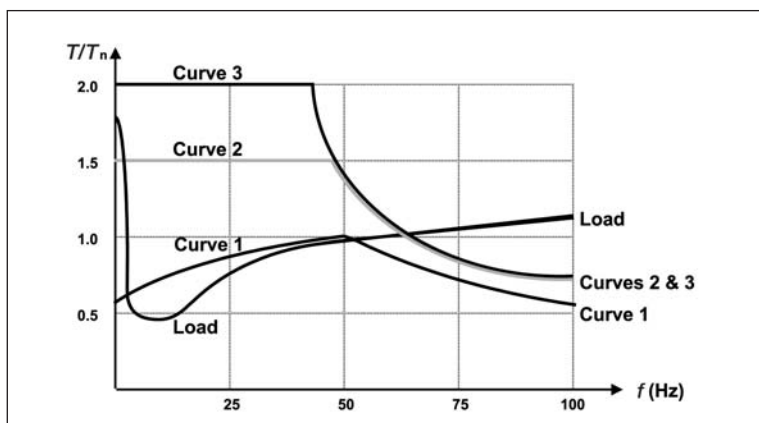


Grunnfunksjonene i en frekvensomformer

Dette diagrammet viser grunnfunksjonene til en frekvensomformerdrift. Det er fire forskjellige komponenter i frekvensomformerdriftens motorstyring. Disse komponentene er brukergrensesnittet, motoren og strømforsyningen og prosessgrensesnittet.

En strømforsyning mater nødvendig strøm til frekvensomformerer. Ett utvalgsriterium for frekvensomformerer er matespenningen og frekvensen til denne. Frekvensomformerdriften konverterer frekvensen og spenningen og mater motoren. Denne konverteringsprosessen styres av signaler fra prosessen eller brukeren via prosessen og brukergrensesnittene.

Brukergrensesnittet gjør det mulig å observere Frekvensomformerdrifter og motta forskjellig prosessinformasjon via frekvensomformerer. Dette gjør at frekvensomformerer er enkel å integrere med annet prosessstyringsutstyr og overstyre prosessstyringssystemer.



Motorens belastningskurver med Frekvensomformerdrift

Hvis motoren drives uten frekvensomformer, kan ikke belastningskurvene modifiseres. Den vil produsere et angitt moment ved en bestemt hastighet og maksimum moment kan ikke overskrides.

Med en frekvensomformer er det forskjellige lastealternativer. Standardkurven, kurve 1 i diagrammet, kan brukes kontinuerlig. Andre kurver kan kun brukes i bestemte tidsperioder fordi motorens kjølesystem ikke er designet for denne typen tung bruk.

Disse høyere belastningsnivåene kan være nødvendige, for eksempel under oppstart. I noen applikasjoner er så mye som det dobbelte av momentet nødvendig for å starte. Med en frekvensomformer er dette mulig, det betyr at en motor kan dimensjoneres i henhold til normal bruk. Dette reduserer investeringskostnadene.

For å kunne bruke disse funksjonene er det svært viktig at lasten, Frekvensomformerdriften og motoren er kompatible. Ellers vil motoren eller omformeren bli overopphetet og ødelagt.

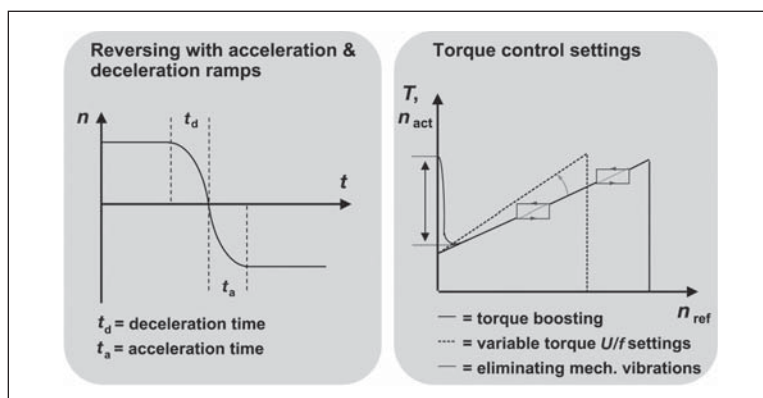
Viktige funksjoner:

- innganger og utganger
- reverseringsfunksjon
- rampetid akselerasjon/retardasjon
- variabelt moment V/Hz innstillinger
- moment
- eliminere mekaniske vibrasjoner
- lastgrenser for å hindre støy
- effekttap ved gjennomkjøring
- stallefunksjon
- etterslepskompensering
- "flying" start

Frekvensomformerdrift gir bedre prosessstyring

Frekvensomformerdrifter har også andre interne egenskaper og funksjoner som noen ganger er nødvendig for å oppnå bedre prosessstyring. Eksempler på disse egenskapene er listet opp i diagrammet. Med innganger og utganger for eksempel kan ulike typer prosessinformasjon mates til frekvensomformereren, og den vil styre motoren deretter. Alternativt kan lasten begrenses for å hindre støyfeil og for å beskytte den arbeidende maskinen og hele drivsystemet.

I de følgende delene omhandles de opplistede egenskapene i detalj.



Reversering

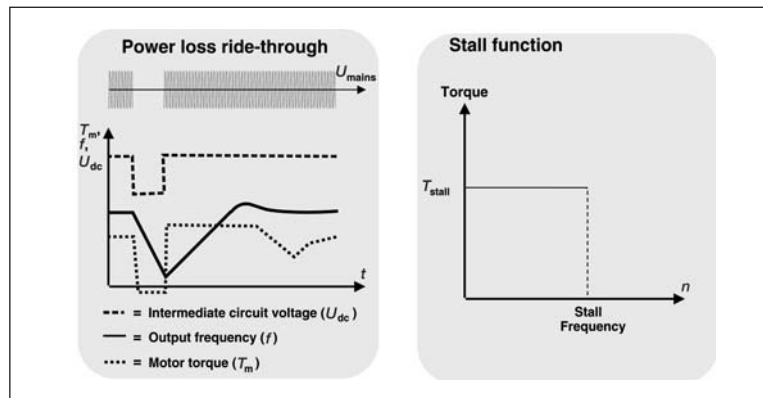
Det er enkelt å reversere dreieretningen til motoren når man bruker en Frekvensomformerdrift. Med ABBs frekvensomformere kan man oppnå dette ganske enkelt ved å trykke én knapp. Videre kan man velge forskjellig akselerasjons- og retardasjonsrampetider. Rampeformen kan også endres etter brukerens ønsker. I diagrammet (over, til venstre) er en S-rampe vist. En annen mulighet kan være en lineær rampe.

Momentstyring

Momentstyring er relativt enkelt med en AC-frekvensomformer. Moment"boost", som ble omtalt tidligere, er nødvendig hvis svært høyt startmoment er nødvendig. Variable moment U/f innstillinger betyr at maks. moment kan oppnås ved lavere rotasjons hastighet enn normalt.

Eliminere mekaniske vibrasjoner

Mekaniske vibrasjoner kan elimineres ved å forbygge kritiske hastigheter. Dette betyr at når en motor akselereres i nærheten av den kritiske hastigheten, vil ikke frekvensomformeren la den aktuelle hastigheten til motoren følge referansehastigheten. Når det kritiske punktet er passert, vil motoren gå tilbake til den firkantkurven svært raskt og passere den kritiske hastigheten.



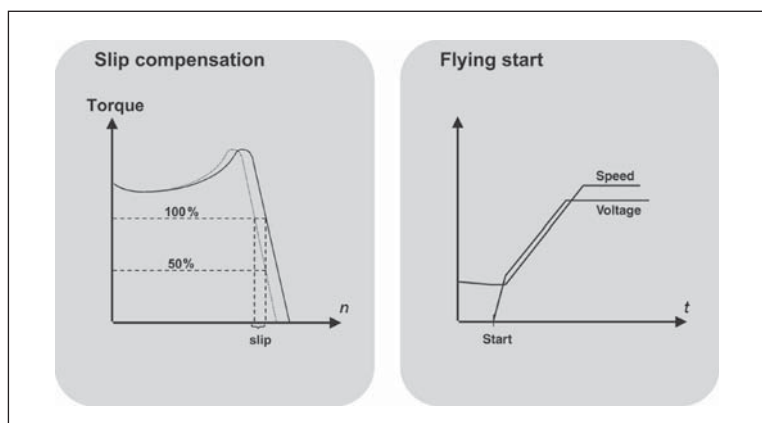
Effekttap ved gjennomkjøring

Funksjonen effekttap ved gjennomkjøring brukes hvis matespenningen er brutt. I en slik situasjon vil frekvensomformerdrifter fortsette å fungere ved å bruke den kinetiske energien til den roterende motoren. Frekvensomformerer vil fungere fullt ut så lenge motoren går rundt og genererer energi til motoren.

Stallefunksjon

Med Frekvensomformerdrifter kan motoren beskyttes med stallefunksjonen i en stallesituasjon. Man kan justere overvåkingsgrenser og velge hvordan omformerer reagerer på motorens stalletilstand. Beskyttelse aktiveres hvis tre betingelser oppfylles samtidig.

1. Driftsfrekvensen må være under den forhåndsinnstilte stallefrekvensen.
2. Motormomentet må øke til en bestemt grense, beregnet av frekvensomformerens programvare.
3. Den siste betingelsen er at motoren har vært i stallegrensen lenger enn tidsperioden som brukeren har satt.

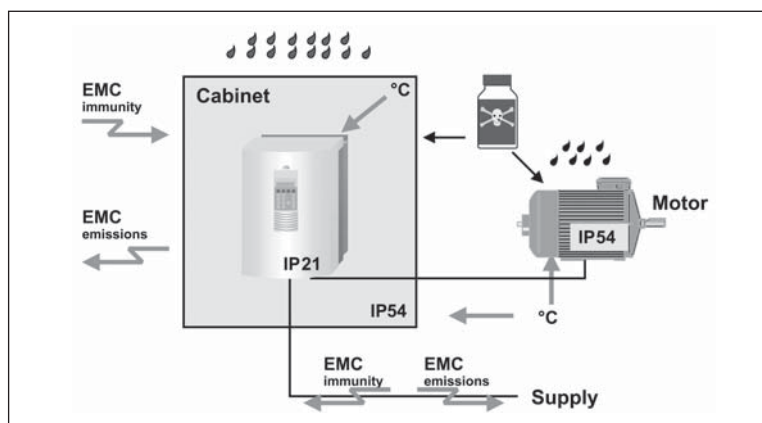


Slurekompensering

Hvis motorens lastmoment økes, vil motorhastigheten reduseres som vist i diagrammet (over, til venstre). For å kompensere for dette etterslepet, kan moment/hastighetskurven modifieres med frekvensomformerer slik at momentøkningen kan bli oppfylt med den samme hastigheten som tidligere.

Flying start

Funksjonen "flying" start brukes når en motor kobles til et svinghjul eller høy treg last. Flying start fungerer også uten hastighetstilbakemelding. Hvis motoren går rundt, starter omformerer først med redusert spenning og synkroniseres deretter til den roterende rotoren. Etter at den er synkronisert, øker spenningen og hastigheten til de tilsvarende nivåene.



Miljø

Ethvert drivsystem må håndtere forskjellige miljøpåkjenninger, som fuktighet eller strømforstyrrelser. Kortslutningsmotoren er svært kompakt, og kan brukes under alle ugjestmilde værforhold. Kapslingsklasse IP54 garanterer at den fungerer i støvete miljø, og at den tåler vann fra sprinklersystemer fra alle retninger.

Frekvensomformeren har vanligvis kapslingsklasse IP21. Dette betyr at det ikke er mulig å berøre strømførende deler og at vann som drypper loddrett ikke vil forårsake skade. Hvis høyere kapslingsklasse er nødvendig, kan man oppnå dette for eksempel ved å installere frekvensomformeren i et skap som har den nødvendige kapslingsklassen. I slike tilfeller er det viktig å sørge for at temperaturen inne i skapet ikke vil overskride de tillatte grensene.

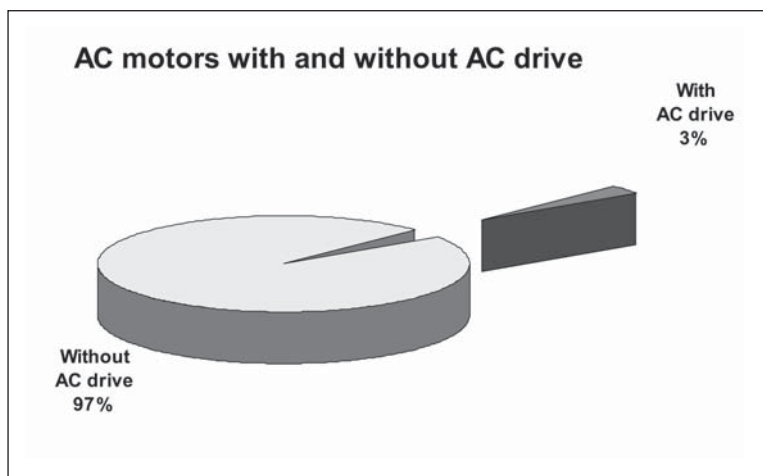
EMC

En annen viktig miljørelatert egenskap er elektromagnetisk kompatibilitet (EMC). Det er svært viktig at et frekvensomformersystem oppfyller EMC-direktivene i EU. Dette betyr at frekvensomformersystemet tåler ledningsbundet og utstrålt støy, og at det ikke sender ledningsbundet eller utstrålt støy selv, verken til strømforsyningen eller omgivelsene rundt.

Hvis du ønsker mer informasjon om EMC-direktivene og hvordan de påvirker frekvensomformen, se ABBs tekniske veiledning nr. 3, Installasjon og konfigurasjon i samsvar med EMC-kravene for et frekvensomformersystemer.

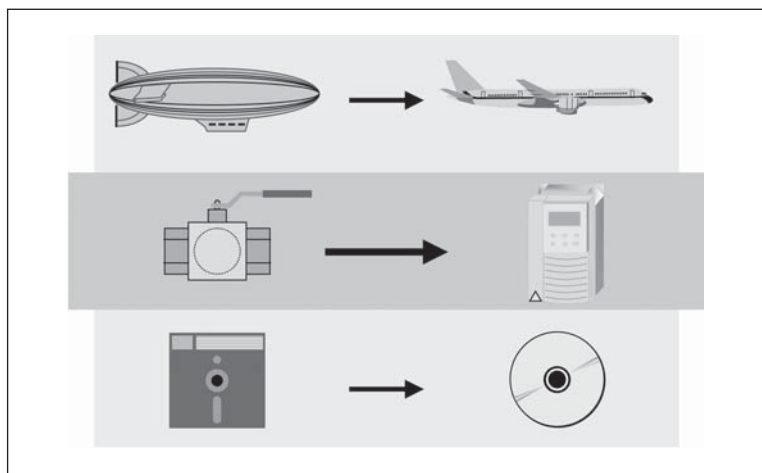
Kapittel 6 - AC-frekvensomformernes kostnadsfordeler

I tillegg til de tekniske fordelene har Frekvensomformerdrifter også mange kostnadsfordeler. I dette kapitlet blir disse fordelene gjennomgått, med kostnader delt inn i investerings-, installasjons- og driftskostnader.



Det selges fortsatt mange motorer uten AC-frekvensomformere med variabel hastighet. Dette kakediagrammet viser hvor mange motorer under 2,2 kW som er solgt med frekvensomformere, og hvor mange som er solgt uten. Hvert år selges bare 3% av motorene i dette effektområdet med frekvensomformer; 97% selges uten AC-frekvensomformer.

Dette er overraskende tatt i betraktning det vi har sett så langt i denne veiledningen. Og det blir enda mer overraskende etter å ha sett nærmere på kostnadene til en frekvensomformerdrifter sammenlignet med konvensjonelle styringsmetoder. Men la oss først gå gjennom frekvensomformerdrifter teknologien sammenlignet med andre styringsmetoder.

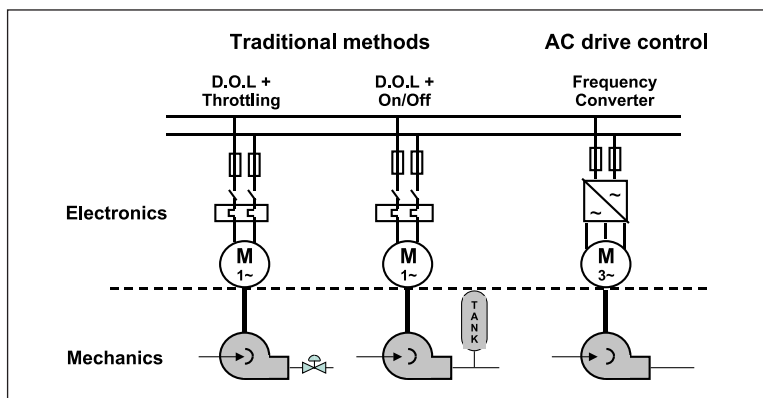


Tekniske forskjeller mellom andre systemer og AC-frekvensomformere

AC frekvensteknologi er helt annerledes enn andre og enklere styringsmetoder. Den kan for eksempel sammenlignes med forskjellen på et luftskip og et moderne fly.

Vi vil også sammenligne AC-frekvensomformerteknologi med utviklingen fra diskett til CD-ROM. Selv om det er en enklere metode å lagre informasjon på, kan en diskett behandle bare en liten del av informasjonen sammenlignet med det en CD-ROM kan.

Fordelene med begge disse oppfinnelsene er generelt godt kjent. Likeledes er AC-frekvensomformernes teknologi basert på en helt annen teknologi enn tidligere styringsmetoder. I denne veiledningen har vi presentert fordelene med AC-frekvensomformere sammenlignet med enklere styringsmetoder.



Ingen mekanisk styrte deler er nødvendig

For å kunne foreta en korrekt prissammenligning må vi se på konfigurasjonene til ulike styringsmetoder. Her har vi brukt pumpe som et eksempel. I tradisjonelle metoder er det alltid en mekanisk del og en elektrisk del.

Ved struping trenger du sikringer, kontaktorer og reaktorer på strømsiden og ventiler på den mekaniske siden. I på/av-styring er de samme elektriske komponentene nødvendig, samt en trykktank på den mekaniske siden. AC-frekvensomformere gir en ny løsning. Ingen mekanikk er nødvendig fordi all styring allerede befinner seg på strømsiden.

En annen fordel med tanke på kostnad er at med en AC-frekvensomformer kan vi bruke en vanlig 3-fase motor, som er mye billigere enn 1-fase motorer. Dette gjelder primært for effekter under 2,2 kW.

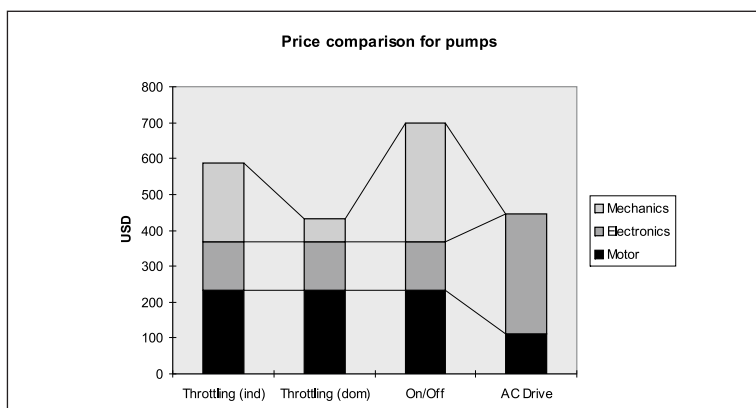
Tradisjonelle metoder:	AC-frekvensomformer:
både elektriske og	alt i ett
mange elektriske deler	kun én elektrisk komponent
mekaniske deler trenger regelmessig vedlikehold	ingen mekaniske deler, ingen slitasje
mekanisk styring er energikrevende	sparer energi

Faktorer som påvirker kostnadene

Denne listen sammenligner egenskapene til konvensjonelle styringsmetoder med egenskapene til AC-frekvensomformere, samt virkningen de har på kostnadene. I tradisjonelle metoder er det både elektriske og mekaniske komponenter som vanligvis må kjøpes separat. Kostnadene er vanligvis høyere enn hvis alt kunne vært kjøpt med en gang.

Videre slites mekaniske deler raskt. Dette har direkte påvirkning på vedlikeholdskostnadene, og i det lange løp er vedlikehold en svært viktig utgiftspost. I konvensjonelle metoder er det også mange elektriske komponenter. Installasjonskostnaden blir minimum fordoblet når det er flere forskjellige typer komponenter i stedet for bare én.

Sist, men ikke minst, er mekanisk styring svært energikrevende, mens AC-frekvensomformere praktisk talt sparer energi. Dette bidrar ikke bare til å redusere kostnadene, men det bidrar også til å minimere miljøpåvirkningen ved at utslippene fra kraftverk reduseres.



Investeringskostnader: mekaniske og elektriske komponenter

I denne grafen presenteres investeringsstrukturen, samt totalprisen til hver pumpestyringsmetode. Det er bare selve pumpen som ikke er tatt med i kostnadene, fordi prisen på denne er den samme uansett om man bruker AC-frekvensomformere eller ventiler. Ved struping er det to muligheter, avhengig av om pumpen brukes i industrien eller privat. I et industrimiljø er det strengere krav til ventiler, og dette øker kostnadene.

Motoren

Som man ser er motoren mye dyrere for tradisjonelle styringsmetoder enn for AC-frekvensomformere. Dette skyldes at 3-fase motoren som brukes sammen med AC-frekvensomformere, og 1-fase motoren som brukes i andre styringsmetoder.

AC-frekvensomformeren

AC-frekvensomformere trenger ingen mekaniske deler, noe som reduserer kostnadene dramatisk. De mekaniske delene i seg selv er nesten alltid rimeligere enn en frekvensomformer, men man må også regne med de elektriske delene til totalinvesteringen.

Når man har tatt alle kostnadene i betraktning, er en AC-frekvensomformer nesten alltid den mest økonomiske investeringen, sammenlignet med ulike styringsmetoder. Kun struping ved privat bruk er like rimelig som AC-frekvensomformere. Disse utgjør uansett ikke de totale kostnadene. Sammen med investeringskostnader må vi også se på installasjons- og driftskostnader.

	Throttling	AC drive
Installation material	20 USD	10 USD
Installation work	5h x 65 USD = 325 USD	1h x 65 USD = 65 USD
Commissioning work	1h x 65 USD = 65 USD	1h x 65 USD = 65 USD
Total	410 USD	140 USD
Savings in installation: 270 USD!		

Installasjonskostnader: struping sammenlignet med AC-frekvensomformere

Fordi struping er den nest laveste investeringen etter AC-frekvensomformere, vil vi sammenligne installasjons- og driftskostnadene med kostnadene til AC-frekvensomformere. Som tidligere nevnt, er det både elektriske og mekaniske komponenter ved struping. Dette innebærer dobbelt så mye installasjonsmateriell som nødvendig.

Det er også minst dobbelt så mye installasjonsarbeid ved struping sammenlignet med Frekvensomformerdrifter. Det er ikke så enkelt å installere en mekanisk ventil i et rør, og dette øker installasjonstiden. Det tar vanligvis fem timer å ha en mekanisk ventil klar for bruk sammenlignet med én time for Frekvensomformerdrifter. Multipliser dette med timesatsen som en godkjent installatør tar for å komme fram til den totale installasjonskostnaden.

Igangkjøring av et strupe-basert system tar vanligvis ikke mer tid enn igangkjøring av et AC-frekvensomformer basert system. Det tar vanligvis én time i begge tilfellene. Nå kan vi summere de totale installasjonskostnadene. Som du ser, sparer Frekvensomformerdrifter opp til USD 270 per installasjon. Så selv om investeringskostnadene til struping er lavere enn prisen på en 1-fase motor (ca. USD 200), vil AC-frekvensomformer være inntjent før den tas i bruk.

	Struping	AC-frekvensomformer sparer 50%
Nødvendig effekt	0.75 kW	0.37 kW
Årlig energi 4000 timer/år	3000 kWh	1500 kWh
Årlig energikostnad med 0,1 USD/kWh	300 USD	150 USD
Vedlikehold/år	40 USD	5 USD
Total kostnad/år	340 USD	155 USD
Besparelser på ett år: 185 USD!		

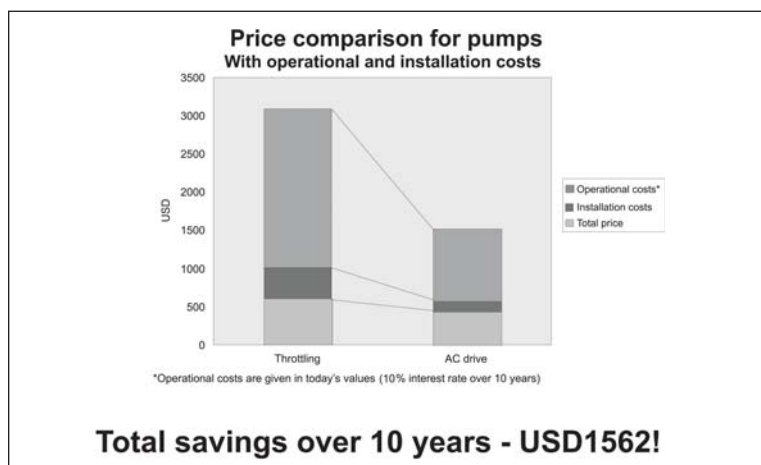
Driftskostnader: vedlikehold og drivenergi

I mange undersøkelser og eksperimenter er det bevist at det er enkelt å oppnå en energibesparelse på 50% med en AC-frekvensomformer. Dette betyr at hvor effektkrav med struping ville være 0,75 kW, ville det være 0,37 kW med AC-frekvensomformere. Hvis en pumpe brukes 4000 timer per år, trenger struping 3000 kWh og AC-frekvensomformere 1500 kWh energi per år.

For å beregne besparelsene må vi multiplisere energiforbruket med energiprisen, denne varierer avhengig av landet. Her er USD 0,1 per kWh blitt brukt.

Som tidligere nevnt, slites mekanisk deler mye og det er grunnen til at de trenger regelmessig vedlikehold. Det er estimert at mens struping koster USD 40 per år for service, er vedlikeholdskostnadene for en AC-frekvensomformer USD 5. Ofte trenger imidlertid ikke en frekvensomformer vedlikehold.

Derfor vil de totale besparelsene i driftskostnader være USD 185, som er omtrent halvparten av det frekvensomformeren koster. Dette betyr at nedbetalingstiden for frekvensomformeren er to år. Så det lønner seg å vurdere dette i stedet for årlig service på en gammel ventil, det kan være mer lønnsomt å skifte hele systemet til en AC-frekvensomformerbasert styring. For å oppgradere et eksisterende strupesystem er nedbetalingstiden to år.



Sammenligning av totalkostnader

I figuren ovenfor er alle kostnadene summert. Tidsperspektivet ved beregning av driftskostnader for denne typen investering er 10 år. Her er driftskostnadene beregnet til den nåværende verdien med en rentesats på 10%.

I det lange løp vil den tradisjonelle metoden være over dobbelt så dyr som en frekvensomformer. Det meste av besparelsen med AC-frekvensomformere stammer fra driftskostnadene, og spesielt fra energibesparelsene. Det er i installasjonen man oppnår de høyeste individuelle besparelsene, og disse besparelsene realiseres straks frekvensomformere installeres.

Når man tar den totale kostnadsberegningen i betraktning, er det svært vanskelig å forstå hvorfor bare 3% av motorene som selges har frekvensomformer. I denne veiledningen har vi forsøkt å presentere fordelene med AC-frekvensomformer og hvorfor vi hos ABB mener at det er absolutt den beste måten å styre prosessen din på.

Kapittel 7 - Stikkord

A

ABB 30, 33, 41
AC-frekvensomformere 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
AC-frekvensomformere marked 26
AC-motor 13, 14
aktiv energi 16

B

belastningskurver 28
beltedrev 24
blåsere 18
bremses 17, 23
bypass-styring 22

D

DC-buss 14, 15
DC-frekvensomformer 24, 26
DC-motor 24, 26
DC-omformer 24
direktestart 25

E

effektfaktor 16
effekttap ved gjennomkjøring 29, 31
elektriske forstyrrelser 33
elektrisk utstysrom 24
elektromagnetisk kompatibilitet 33
elektromagnetisk induksjon 14, 15
EMC 33
EMC-direktiver 33
energi 14, 15, 22, 25, 26, 31, 37, 40, 41
etterslep 14, 29, 32

F

firekvadrant drift 17
fluks 14, 15
flying start 29, 32
frekvensomformer 14, 16, 17, 20, 24, 28, 32, 33, 34, 40, 41
frekvensomformer 14, 15, 24
frekvensomformer frekvens 31
frekvensomformer programvare 31
frekvensomformersystem 16, 20, 29, 33
friksjon 18

H

havn 19
hydraulikkobling 24
høyrehåndsregel 14

I

Igangkjøring 39
industriprosesser 13
inngangseffekt 16
interferens 15, 21
IP21 33
IP54 33

K

knuser 18
koeffisient til effektivitet 16
kommutator 24, 26
kontakter 36
kortslutningsmotor 20, 24, 33
kraftverk 22, 37
kran 17, 19
kritisk hastighet 30

L

likeretter 14
lineær rampe 30

M

magnetisk fluks 14, 15
maskin 11, 13, 24, 29
mekanisk effekt 16
mekaniske vibrasjoner 29, 30
moment 16, 17, 18, 19, 20, 28, 29, 30, 31, 32
motorbelastning 32
motorfase 14
motorstørrelse 16
motor stallebetingelse 31
motortap 16
motorviklinger 14, 15

N

nominell hastighet 16

P

prosesseringsssystem 10
prosesstyring 25, 26, 27, 29
pumpe 24, 25, 36, 40

R

reaktiv effekt 16
reaktiv effekt 16
reaktorer 36
referansehastighet 30
reverseringsfunksjon 29

S

S-rampe 30
sikringer 36
spenning 14, 15, 16, 24, 27, 31
stallefrekvens 31
stallefunksjon 29, 31
stator 14
struping 22, 36, 39, 40
strøm 14, 15, 16, 24
støyfeil 29
strømforsyning 16, 27, 33
svinghjul 32

T

temperatur 15, 33
transistorer 16
tregghet 18, 32
trinnløs styring 15

U

utgangseffekt 16

V

variabel hastighetsstyring 8, 21, 24
variabel hastighetsdrift 1, 3
vedlikehold 24, 25, 26, 37, 40
ventil 40
ventiler 24, 36
vifter 18
VSD 9, 15, 22, 23, 24, 25, 26

Kontakt oss

For mer informasjon ta kontakt med
din ABB-kontakt eller nærmeste ABB kontor.

www.abb.com/drives

www.abb.com/drivespartners

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

3AAUA0000110047 REV C NO 25.11.2011 #15945