

Nopeussäädettyjen käyttöjen opas



Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
	Yleistä	5
2	Prosessit ja niiden vaatimukset	6
	Mihin nopeuden säätöä tarvitaan?	6
	Teollisuusprosessit ja nopeussäädetyt käytöt	7
	Prosessijärjestelmien muuttajat	8
	Koneet materiaalin käsittelyssä	9
	Määritely muoto	9
	Määrittelemätön muoto	9
	...ja materiaalin kuljetuksessa	10
	Kiinteät aineet	10
	Nesteet	10
	Kaasut	10
3	Teollisuuden työmyrä: sähkömoottori	11
	Useimmissa koneissa on sähkömoottori	11
	Sähköenergiasta mekaanista energiaa	12
	Sähkömagneettisen induktion säätö taajuusmuuttajalla	13
	Sähkökäytön hyötysuhde	14
	Pyörimissuunnan tai momentin suunnan vaihto	15
	Kuorma, kitka ja hitausmomentti estävät pyörimistä	16
	Moottorin momentin on ylitettävä kuormitusmomentti	17
	Käytön momentti ja kuormitusmomentti yhtä suuria nimellisnopeudella	18
4	Muuttajat edellyttävät säätöä	19
	Muuttuvan materiaalivirran sekä tulon ja lähdön vaatimukset	19
	Yksinkertaiset säätömenetelmät	20
	VSD - paras säätömenetelmä	21
	Mekaaniset, hydrauliset ja sähköiset VSD-käytöt	22
	Hydraulinen kytKentä	22
	DC-käyttö	22
	AC-käyttö	22
	Nopeussäädetyillä sähkökäyttöillä johtava asema	23
	Huoltokustannukset	23
	Tuottavuus	23
	Energiansäästö	23
	Parempi laatu	23
	AC-käyttöjen kasvavat markkinat	24

5	AC-käyttö: johtava säätömenetelmä	25
	AC-käytön perustoiminnot	25
	Moottorin kuormitettavuuskäyrät AC-käytössä	26
	AC-käytöllä parempaan prosessinsäätöön	27
	Suunnanvaihto	28
	Momentin säätö	28
	Mekaanisten värähtelyiden eliminointi	28
	Verkkokatkossäätö	29
	Jumitoiminto	29
	Jättämän kompensointi	30
	Vauhtikäynnistys	30
	Ympäristöolosuhteet	31
	EMC	31
6	AC-käyttöjen kustannushyödyt	32
	Tekniset erot muiden järjestelmien ja AC-käyttöjen välillä	33
	Mekaanisia säätöosia ei tarvita	34
	Kustannuksiin vaikuttavat tekijät	35
	Investointikustannukset: mekaaniset ja sähköiset komponentit	36
	Moottori	36
	AC-käyttö	36
	Asennuskustannukset: kuristussäätö verrattuna AC-käyttöön	37
	Käyttökustannukset: huoltoon ja käyttöön kuluva energia	38
	Kokonaiskustannusten vertailu	39
7	Hakemisto	40

Luku 1 - Johdanto

Yleistä

Tämä opas on jatkoa ABB:n teknisten oppaiden sarjaan. Oppaassa esitellään erilaisia nopeussäädettyjä käyttöjä (Variable Speed Drive, VSD) ja niiden käyttöä teollisuusprosesseissa. Erityisesti oppaassa tarkastellaan nopeussäädettyjä sähkökäyttöjä ja vaihtovirtakäyttöjä (AC).

Oppaasta on pyritty tekemään mahdollisimman käytännönläheinen. Vaikka nopeussäädettyjen käyttöjen erityistuntemusta ei tarvita, oppaassa käytettyjen termien ja kuvausten ymmärtäminen edellyttää teknisiä perustietoja.

Luku 2 - Prosessit ja niiden vaatimukset



Mihin nopeuden säätöä tarvitaan?

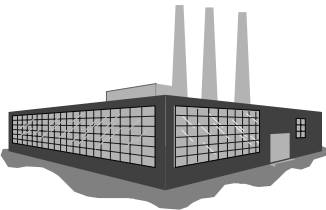
Jotta ymmärtäisimme, mihin nopeuden säätöä tarvitaan, meidän on ensin tunnettava erilaisten prosessien vaatimukset. Prosessit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: materiaalin käsittely ja materiaalin kuljetus. Näillä kahdella ryhmällä on useita eri alaryhmiä.

Yhteistä molemmille pääryhmille on tarve sopeutua prosessin vaatimuksiin, ja juuri tähän nopeussäädetyt käytöt tarjoavat ratkaisun. Tässä luvussa esitellään tärkeimpiä teollisuuden ja muiden alojen prosesseja, joissa nopeussäädettyjä käyttöjä käytetään.

Muutamia esimerkkejä!

Teollisuus:

- Kemian teollisuus
- Sellu-, paperi- ja painoteollisuus
- Elintarvike- ja virvoitusjuomateollisuus
- Voimalaitokset
- Kaivosteollisuus
- Metalliteollisuus
- Konepajat
- Muoviteollisuus
- Tekstiiliteollisuus



Muut:

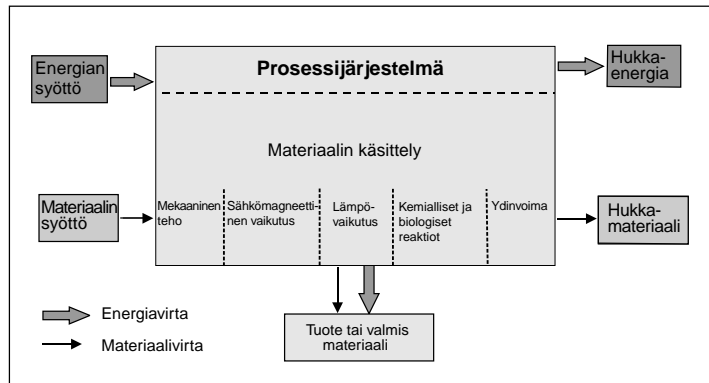
- LVI
- Vedenkäsittely

**Teollisuus-
prosessit ja
nopeus-
säädetty
käytöt**

Yllä olevassa kuvassa on esimerkkinä lueteltu muutamia teollisuuden aloja, joilla hyödynnetään nopeussäädettyjä käyttöjä. Näille aloille on yhteistä se, että kaikissa niissä tarvitaan jonkinlaista nopeussäädetyillä käytöillä tehtävää säätöä.

Esimerkiksi ilmastointisovelluksissa (LVI-teollisuus) ilmanvirtauksen vaatimukset muuttuvat huoneen kosteuden ja lämpötilan mukaan. Vaatimukset voidaan täyttää säätämällä tulo- ja poistoilman puhaltimia. Säädot tehdään nopeussäädettyjen käyttöjen avulla.

Puhaltimia käytetään myös voimalaitoksissa ja kemian teollisuudessa. Molemmissa puhaltimia on säädettävä pääprosessin mukaan. Voimalaitosten pääprosessissa tapahtuu muutoksia tehontarpeen vaihdellessa eri vuodenaikoina, päivinä tai viikkoina. Siten myös nopeussäädettyjen käyttöjen tarve on erilainen eri aikoina.



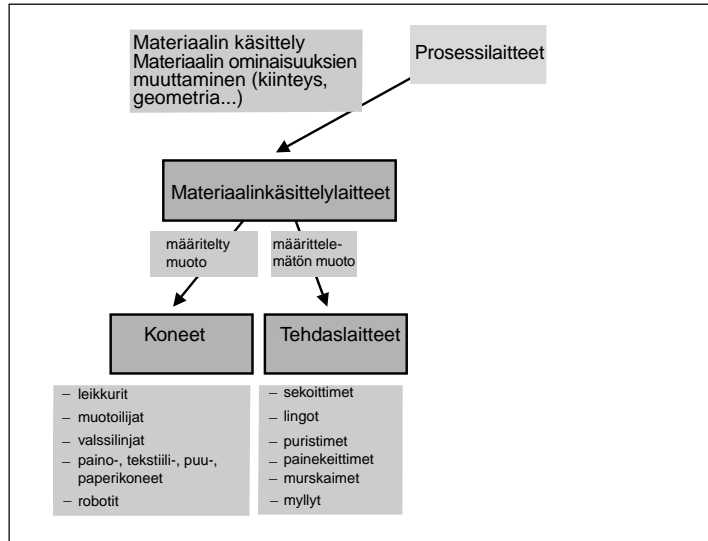
Prosessi- järjestelmien muuttujat

Yllä olevasta kaaviosta nähdään, mitkä muuttujat vaikuttavat prosessijärjestelmään. Muuttujat voidaan jakaa energia- ja materiaalmuuttujiin. Itse järjestelmässä ainetta tai energiaa käsitellään mekaanisen tehon, sähkömagneettisen vaikutuksen, lämpövaikutuksen, kemiallisten ja biologisten reaktioiden tai ydinvoiman avulla.

Jokaisen prosessin toteuttamiseen tarvitaan ainetta ja energiaa. Prosessin tuloksena saadaan tuote tai valmis materiaali, mutta jokaisessa prosessissa syntyy myös energian ja/tai aineen muodossa olevaa jätettä.

Prosessijärjestelmissä nopeussäädettyjä käyttöjä käytetään koneiden mekaanisen tehon säätöön.

Materiaalin käsittelyä voidaan myös säätää nopeussäädetyillä käytöillä. Hyvä esimerkki on kuivausuuni, jossa kuumen ilman lämpötilan on oltava vakio. Prosessia ohjataan säätämällä kuumailmapuhaltimien nopeutta nopeussäädetyillä käytöillä.



Koneet materiaalin käsittelyssä...

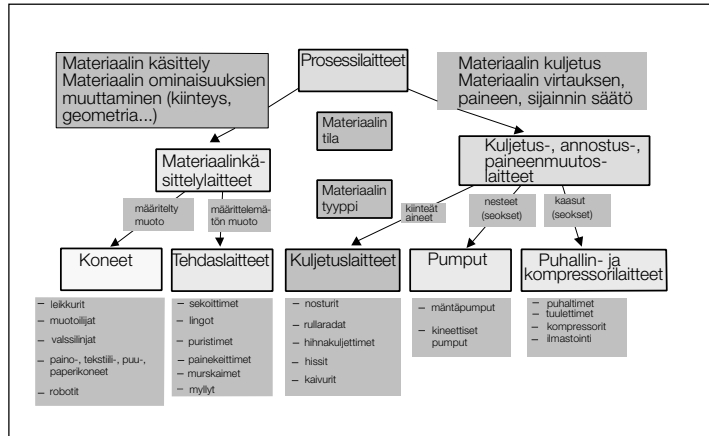
Kuten edellä mainittiin, prosessilaitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä on materiaalin käsittely, jossa materiaalin ominaisuuksia muutetaan erilaisilla materiaalinkäsittelylaitteilla.

Määritelty muoto

Materiaalinkäsittelylaitteet voidaan puolestaan jakaa kahteen ryhmään käsittelyn seurauksena syntyvän materiaalin muodon mukaan. Materiaali voi olla muodoltaan joko määritelty tai määrittelemätön. Muodoltaan määriteltyjä materiaaleja, kuten paperi, metalli ja puu, käsitellään erilaisilla koneilla. Esimerkkejä ovat paperikoneet sekä valssi- ja sahalinjat.

Määrittelemätön muoto

Muodoltaan määrittelemättömiä materiaaleja, kuten erilaiset elintarvikkeet tai muovit, käsitellään tehdaslaitteilla. Esimerkkejä tällaisista laitteista ovat margariinin sekoittimet sekä erilaiset lingot ja puristimet.



...ja materiaalin kuljetuksessa

Toinen ryhmä koostuu koneista, jotka kuljettavat materiaalin haluttuun paikkaan. Tähän ryhmään kuuluvat erilaiset kuljettimet sekä annostelusta ja paineen muutoksesta huolehtivat laitteet. Nämä koneet voidaan jakaa kolmeen alaryhmään sen mukaan, onko käsiteltävänä materiaalina kiinteä aine, neste vai kaasu.

Kiinteät aineet

Kiinteät aineet, kuten laivauskontit, metalli, puu, mineraalit ja esimerkiksi ihmiset, kuljetetaan kuljetuslaitteilla. Kuljetuslaitteita ovat muun muassa nosturit, siirtolaitteet ja hissit.

Nesteet

Nesteet, esimerkiksi vesi, öljy tai nestemäiset kemikaalit, kuljetetaan pumpuilla.

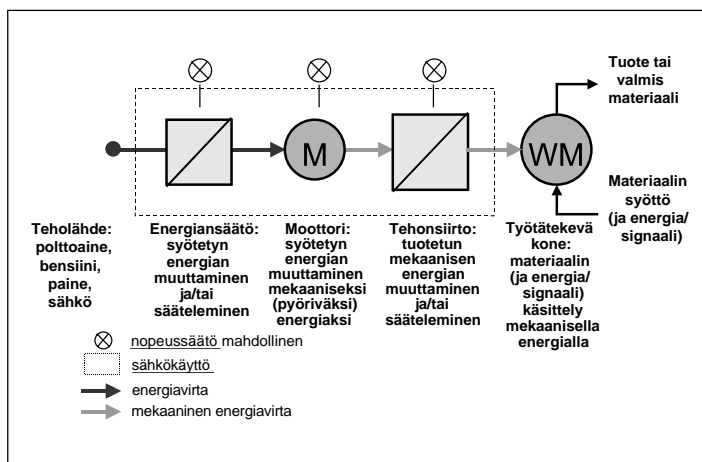
Kaasut

Kaasujen, kuten ilman, kuljetuksessa käytetään puhaltimia, kompressoreita tai tuulettimia. Erikoissovelluksena voidaan mainita ilmastointi.

Yllä olevassa kaaviossa on viisi eri konetyyppiä. Koneet joko muokkaavat tai kuljettavat erilaista materiaalia, ja niitä kaikkia voidaan säätää nopeussäädetyillä käytöillä.

Luku 3 - Teollisuuden työmyyrä: sähkömoottori

Kaikkia tässä oppaassa edellä mainittuja koneita käytetään yleensä sähkömoottorilla. Sähkömoottoria voidaan kutsua teollisuusprosessien työmyyräksi. Tässä luvussa tutustutaan tarkemmin sähkömoottoreihin ja erityisesti vaihtovirralla toimivaan oikosulkumoottoriin, joka on yleisin teollisuusprosesseissa käytetty moottori.

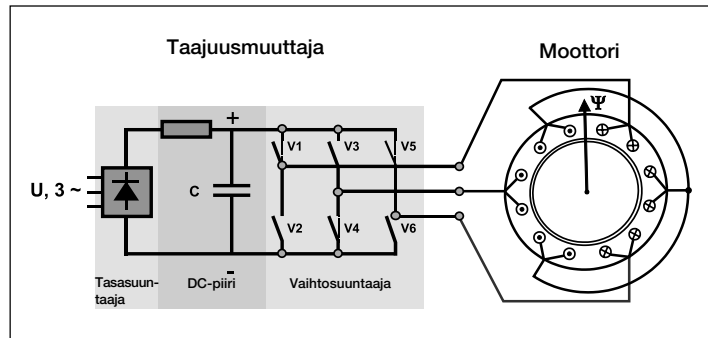


Useimmissa koneissa on sähkömoottori

Jokainen kone koostuu neljästä yllä olevasta komponentista. Komponentteja ovat energiansäätö, moottori, tehonsiirto ja työtätekevä kone. Ensimmäiset kolme komponenttia muodostavat yhdessä ns. sähkökäytön. Sähkökäyttö pystyy muuttamaan syötetyn energian, yleensä sähköenergian, työtätekevien koneiden käyttämäksi mekaaniseksi energiaksi. Energia saadaan sähkökäyttöön tehollisuudesta.

Jokaisessa kolmessa sähkökäytön komponentissa nopeuden säätö on mahdollista. Nopeutta voidaan säätää käyttämällä esimerkiksi taajuusmuuttajaa energiansäätökomponenttina, kahta nopeusmoottoria moottorikomponenttina ja vaihteita tehonsiirtokomponenttina.

Kuten edellä jo mainittiin, useimpia koneita käytetään sähkömoottorilla. Sähkömoottorit voidaan jakaa vaihtovirta- ja tasavirtamoottoreihin. Vaihtovirtamoottorit, etenkin oikosulkumoottorit, ovat teollisuusprosesseissa tavallisimmin käytettyjä moottoreita.



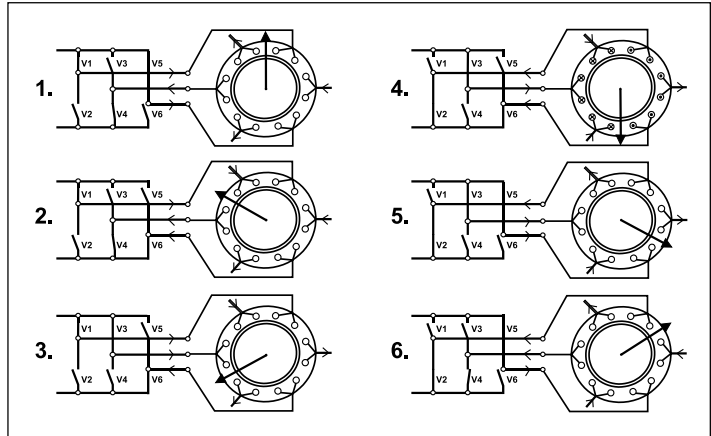
Sähköenergiasta mekaanista energiaa

Vaihtovirtamoottorin kyky muuntaa sähköenergia mekaaniseksi energiaksi perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Staattorin käämissä oleva jännite muodostaa virran ja magneettivuon. Vuon suunta voidaan määrittää oikean käden säännöllä staattorivirrasta.

Kun jännitteen suuntaa muutetaan staattorin käämissä, myös vuon suunta voidaan muuttaa. Jos jännitteen suuntaa muutetaan kolmivaiheisen moottorin käämissä oikeassa järjestyksessä, moottorin magneettivoo alkaa pyöriä. Moottorin roottori seuraa vuota tietyllä jättämällä. Tämä on vaihtovirtamoottoreiden säädön peruseriaate.

Säätö voidaan tehdä taajuusmuuttajalla. Kuten nimikin jo kertoo, taajuusmuuttaja muuttaa vaihtovirran ja -jännitteen taajuutta. Taajuusmuuttaja koostuu kolmesta osasta. Tavallista 50 Hz:n 3-vaiheista virtaa syötetään suuntaajaosaan, joka muuntaa virran tasavirraksi. Tasajännitettä syötetään tasajännitevälipiiriin, joka suodattaa sykkivän jännitteen. Vaihtosuuntaajayksikkö kytkee sitten jokaisen moottorivaiheen joko negatiiviseen tai positiiviseen tasajännitevälipiiriin tietyssä järjestyksessä.

Vuo saadaan pyörimään kaaviossa kuvattuun suuntaan sulkemalla kytkimet V1, V4 ja V5. Vuo saadaan pyörimään vastapäivään sulkemalla kytkin V6 ja pitämällä kytkin V5 auki. Jos kytkin V5 ei ole auki, piirissä tapahtuu oikosulku. Vuo on kääntynyt 60° vastapäivään.



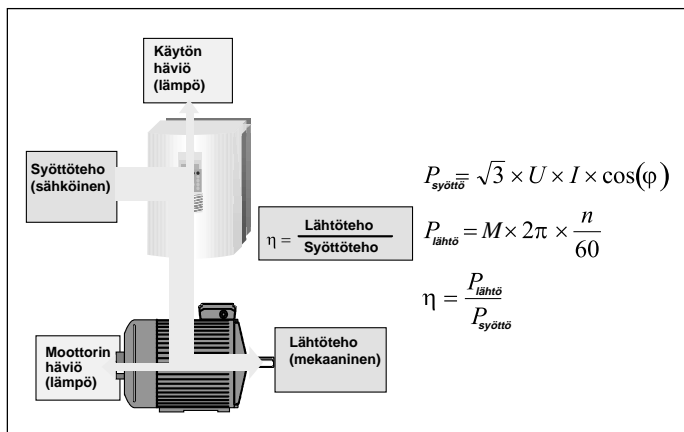
Sähkö- magneettisen induktion säätö taajuus- muuttajalla

Vaihtosuuntaajassa on kahdeksan erilaista kytkinasentoa. Kahdessa kytkinasennossa jännite on nolla eli kaikki vaiheet on kytketty samaan tasajännitevälipiiriin, joko negatiiviseen tai positiiviseen. Lopuissa kuudessa kytkinasennossa moottorin käämissä on jännite, joka luo magneettivuon.

Yllä olevassa kaaviossa on esitetty kuusi kytkinasentoa ja käämeissä olevan jännitteen luomat vuon suunnat. Jännite synnyttää käämeissä myös virran, jonka suunnat on merkitty nuolilla jokaisessa vaiheessa.

Käytännössä säätäminen ei ole aivan niin helppoa kuin tässä on kuvattu. Magneettivuo synnyttää virtoja roottorissa. Nämä roottorivirrat monimutkaistavat tilannetta. Myös ulkoiset häiriöt, kuten lämpötilan tai kuormituksen muutokset, saattavat vaikeuttaa säätämistä. Nykyisellä tekniikalla ja asiantuntemuksella häiriöitä voidaan kuitenkin käsitellä tehokkaasti.

Nopeussäädetyissä sähkökäytöissä on myös monia lisäetuja, kuten energiansäästö, sillä moottori käyttää niissä vain tarvittavan määrän sähköenergiaa. Lisäksi säätäminen on tarkempaa kuin perinteisillä menetelmillä, sillä nopeussäädetyissä sähkökäytöissä on mahdollisuus myös portaattomaan säätöön.



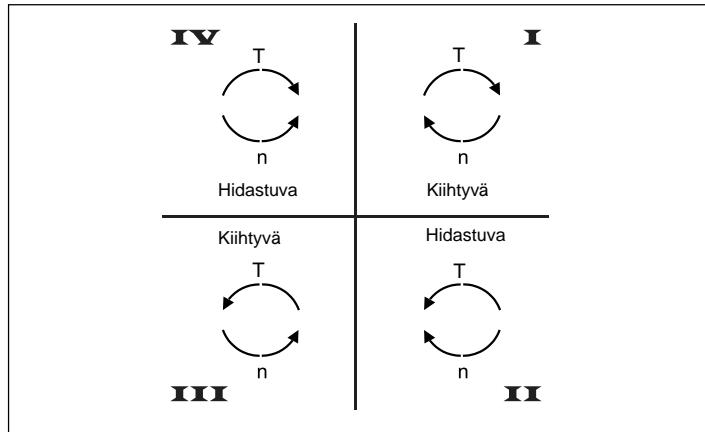
Sähkökäytön hyötysuhde

Sähkökäytön kokonaishyötysuhde riippuu moottorin ja sen säädön häviöistä. Sekä käytön että moottorin häviö on lämpöhäviötä. Sähkökäyttöön tuleva syöttöteho on sähköisessä muodossa, kun taas lähtöteho on mekaanisessa muodossa. Tästä syystä hyötysuhteen (η) laskeminen edellyttää sekä sähkö- että konetekniikan tuntemusta.

Sähkön syöttöteho $P_{\text{syöttö}}$ riippuu jännitteestä (U), virrasta (I) ja tehokertoimesta ($\cos\varphi$). Tehokerroin kertoo, kuinka paljon sähkötehosta on pättötehoa ja kuinka paljon ns. loistehoa. Vaaditun mekaanisen tehon tuottamiseen tarvitaan pättötehoa. Loistehoa taas tarvitaan tuottamaan magneetointi moottorissa.

Mekaaninen lähtöteho $P_{\text{lähtö}}$ riippuu vaaditusta momentista (T) ja pyörimisnopeudesta (n). Mitä suurempi vaadittu kierros- tai momentti on, sitä suurempi on vaadittu teho. Tämä taas vaikuttaa siihen, kuinka paljon tehoa sähkökäyttö saa sähkön syötöstä. Kuten edellä jo mainittiin, taajuusmuuttaja säätelee moottoriin syötettävää jännitettä ja säättää tällä tavalla sekä moottorin tehoa että prosessia.

Sähkökytkentä transistoreilla on erittäin tehokas, joten taajuusmuuttajien hyötysuhde on hyvin korkea: 0,97...0,99. Moottorin hyötysuhde on yleensä välillä 0,82...0,97 moottorin koosta ja nimellisnopeudesta riippuen. Voidaan siis sanoa, että sähkökäytön kokonaishyötysuhde on aina yli 0,8, kun säätämiseen käytetään taajuusmuuttajaa.



Pyörimis- suunnan tai momentin suunnan vaihto

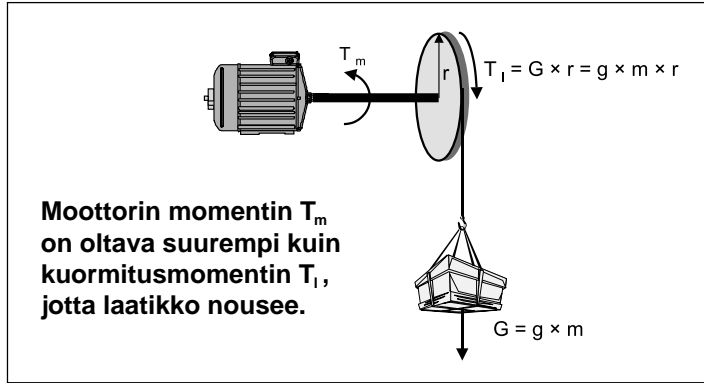
Joskus sekä moottorin pyörimissuuntaa että momentin suuntaa on muutettava. Tällaisessa tapauksessa on kyse ns. nelikvadranttikäytöstä. Nimi tulee neljästä neljänneksestä (I - IV), jotka näkyvät yllä olevassa kuvassa.

I neljännes: Ensimmäisessä neljänneksessä moottori pyörii myötäpäivään. Koska momentti pyörii samaan suuntaan kuin kierrosluvu, käytön nopeus kiihtyy.

II neljännes: Toisessa neljänneksessä moottori pyörii yhä myötäpäivään, kun taas momentti pyörii vastakkaiseen suuntaan, joten käytön nopeus hidastuu.

III ja IV neljännes: Kolmannessa ja neljännessä neljänneksessä moottori pyörii vastapäivään ja käytön nopeus kiihtyy tai hidastuu momentin suunnasta riippuen.

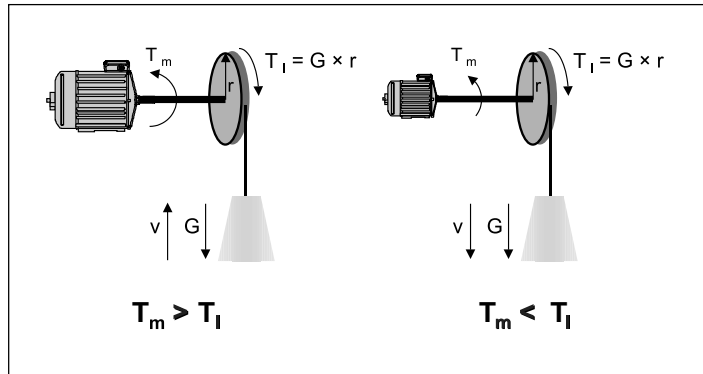
Taajuusmuuttajan avulla momentin suuntaa voidaan vaihtaa moottorin pyörimissuunnasta riippumatta. Tehokas nelikvadranttikäyttö vaatii jonkinlaisen jarrutusjärjestelmän. Tämäntyyppinen momentin säätö sopii erityisesti nosturisovelluksiin, jossa moottorin pyörimissuunta saattaa muuttua, mutta momentin suunta säilyy samana.



Kuorma, kitka ja hitausmomentti estävät pyörimistä

Moottorin on tuotettava tietty momentti ylittääkseen kuormitusmomentin. Kuormitusmomentti muodostuu kitkasta, liikkuvien osien hitausmomentista ja itse kuormasta, joka on riippuvainen sovelluksesta. Kuvassa annetussa esimerkissä moottorin momentin on oltava suurempi kuin laatikon painosta riippuvan kuormitusmomentin, jotta laatikko saadaan nousemaan.

Kuormitustekijät ovat sovelluskohtaisia. Esimerkiksi murskaimessa kuormitusmomentti riippuu kitkan ja hitausmomentin lisäksi myös murskattavan materiaalin kovuudesta. Puhaltimissa ja tuulettimissa taas ilmanpaineen muutokset vaikuttavat kuormitusmomenttiin jne.

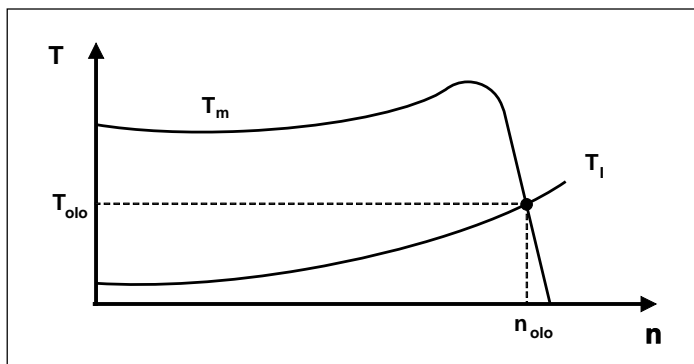


Moottorin momentin on ylitettävä kuormitusmomentti

Kuormitusmomentti on tiedettävä ennen sovellukseen sopivan moottorin valitsemista. Myös vaadittu kierrosluku on oltava selvillä. Vain näillä tiedoilla sovellukseen voidaan valita sopiva moottori.

Jos moottori on liian pieni, vaatimuksia ei voida täyttää ja seurauksena voi olla vakavia ongelmia. Esimerkiksi nosturisovelluksissa liian pieni moottori ei välttämättä pysty nostamaan kuormaa haluttuun korkeuteen tarpeeksi nopeasti, vaan kuorma saattaa jopa pudota kokonaan kuten kuvassa. Tämä voisi aiheuttaa vaaratilanteen satamassa tai muissa nosturin käyttöpaikoissa työskenteleville henkilöille. Moottorin nimellismomentti lasketaan seuraavalla kaavalla:

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



**Käytön
momentti ja
kuormitus-
momentti yhtä
suuria nimellis-
nopeudella**

Moottorin momentti/kierroslukukäyrä on moottorikohtainen, ja se on laskettava erikseen jokaiselle moottorityypille. Kaaviossa on kuvattu tyypillinen momentti/kierroslukukäyrä (T_m). Siitä voidaan nähdä, että suurin mahdollinen kuormitusmomentti saavutetaan juuri nimelliskierrosluvun alapuolella.

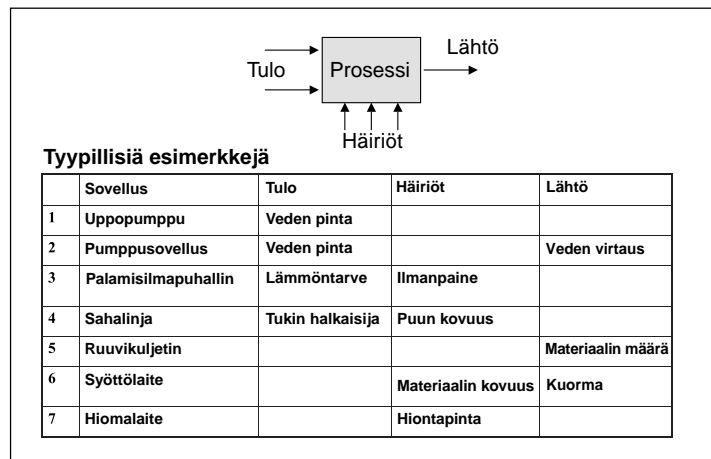
Kuormitusmomentti T_l kasvaa kierroslukujen lisääntyessä. Sovelluksesta riippuen se voi olla lineaarinen tai neliöllinen. Moottori kiihtyy automaattisesti, kunnes kuormitusmomentti ja moottorimomentti ovat yhtä suuret. Tämä kohta näkyy kaaviossa T_m - ja T_l -käyrien leikkauspisteenä. Momenttioloarvo (T_{olo}) näkyy y-akselilla ja kierrosluvun oloarvo (n_{olo}) x-akselilla.

Nämä periaatteet ohjaavat tavallisen oikosulkumoottorin toimintaa. Taajuusmuuttajan avulla moottorista ja koko sähkökäytöstä voidaan saavuttaa optimaalinen säätökyky. Tästä kerrotaan lisää myöhemmin tässä oppaassa.

Luku 4 - Muuttujat edellyttävät säätöä

Useimmissa prosesseissa on ainakin yksi muuttuja, joka luo tarpeen prosessin säätöön. Tästä syystä muuttuvat prosessit ja materiaalimäärät tarvitsevat jonkinlaista säätöä.

Tässä luvussa tarkastellaan prosesseja ja niiden muuttuja sekä erilaisia säätömenetelmiä.



Muuttuvan materiaalivirran sekä tulon ja lähdön vaatimukset

Prosessissa voi olla useita eri parametreja, joista tavallisimpia ovat tulo, lähtö ja häiriö. Näiden parametrien on oltava vakioita, tai niitä on muutettava tietyn kaavan mukaan. Kuten toisessa luvussa kerrottiin, prosessissa on aina tuloja ja lähtöjä ja useimmiten myös häiriöitä.

On myös prosesseja, joissa ei esiinny häiriöitä ja tulo on vakio. Tällaiset prosessit toimivat ilman minkäänlaista nopeuden säätöä. Jos kuitenkin lähtöparametreja on muutettava, tulo on muuttuva, tai prosessissa ilmenee häiriöitä, prosessin vaatimukset voidaan täyttää nopeuden säädön avulla.

Yllä olevassa taulukossa on lueteltu prosesseja, joissa tarvitaan nopeuden säätöä. Siinä on myös annettu säädön tarpeen aiheuttaja: tulo, häiriö tai lähtö.

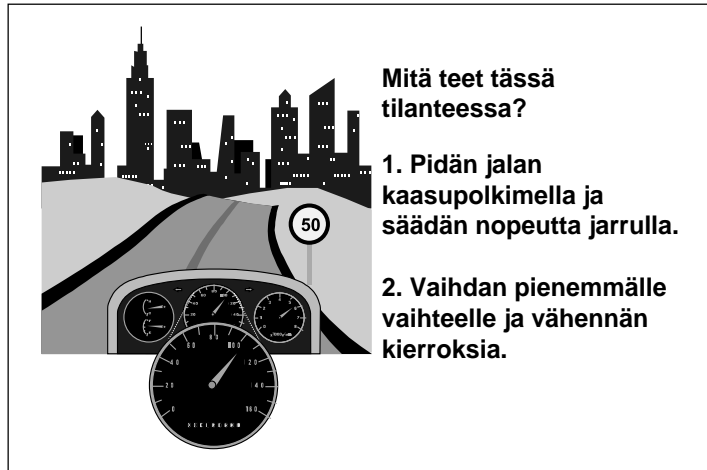


Yksinkertaiset säätömenetelmät

On olemassa monia yksinkertaisia säätömenetelmiä kuten kuristus- tai ohitussäätö. Tällaisten järjestelmien rakentaminen on yleensä erittäin helppoa, ja niihin investointi voi aluksi vaikuttaa taloudelliselta.

Yksinkertaisissa säätömenetelmissä on kuitenkin useita haittoja. Esimerkiksi prosessin optimaalinen suorituskyky, jolla prosessin laadukkuus varmistetaan, on erittäin vaikea saavuttaa näillä menetelmillä. Tuotantokapasiteetin lisäys edellyttää yleensä koko prosessin uudelleenrakentamista ja jokainen suoraan verkosta tapahtuva käynnistys lisää sähköisen ja/tai mekaanisen vahingon riskiä.

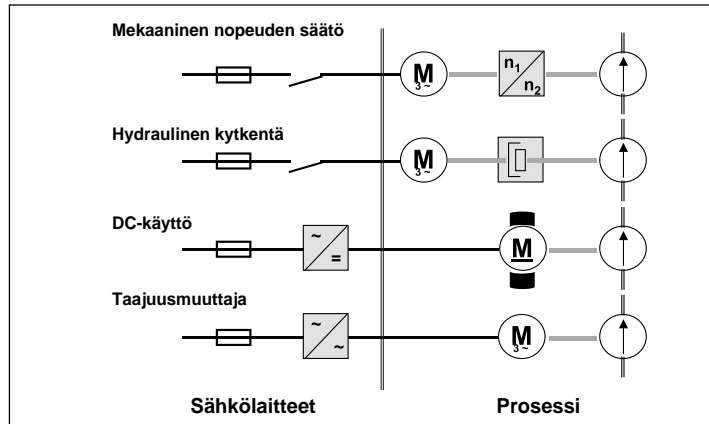
Yksinkertaiset säätömenetelmät ovat myös energiaa kuluttavia. Sen lisäksi, että kokonaiskäyttökustannukset ovat suuremmat kuin nopeussäädetyissä käytöissä, myös erilaiset ympäristövaikutukset, kuten voimalaitosten CO₂-päästöt lisääntyvät. Tästä syystä koko elinkaaren kattavat investointikustannukset ovat yksinkertaisissa säätömenetelmissä paljon suuremmat kuin nopeussäädetyissä käytöissä.



VSD - paras säätömenetelmä

Useimmille järjestelmille VSD on paras säätömenetelmä. Kuvittele esimerkiksi ajavasi autoa. Jos ajat moottoritiellä ja edessäsi on ruuhkaa, sinun on vähennettävä nopeutta, jotta et vaaranna omaa tai muiden tiellä liikkujien turvallisuutta.

Paras tapa on vähentää moottorin pyörimisnopeutta siirtämällä jalka pois kaasupolkimelta ja vaihtamalla tarvittaessa pienemmälle vaihteelle. Toinen mahdollisuus on jatkaa ajamista samalla vaihteella, pitää jalka kaasupolkimella ja vähentää nopeutta jarruttamalla. Tämä kuitenkin kuluttaa moottoria ja jarruja sekä lisää polttoaineen kulutusta ja vaikeuttaa kulkuneuvon hallintaa. Myöskään alkuperäistä tavoitetta, nopeuden vähentämistä omaa ja muiden turvallisuutta vaarantamatta, ei saavuteta.



Mekaaniset, hydrauliset ja sähköiset VSD-käytöt

Hydraulinen kytkentä

Yllä olevassa kuvassa on neljä teollisuuden yleisintä nopeussäädettyä käyttöä. Mekaanisessa nopeuden säädössä käytetään yleensä hihnakäyttöjä, ja säätö tapahtuu siirtämällä kartiohihnapyöriä käsin tai paikoitusmoottoreilla.

Hydraulisessa kytkennässä käytetään turbiiniperiaatetta. Kun öljyn määrää kytkennässä muutetaan, voimaa välittävien ja vastaanottavien akseleiden välinen nopeusero muuttuu. Öljyn määrää säädetään pumpuilla ja venttiileillä.

DC-käyttö

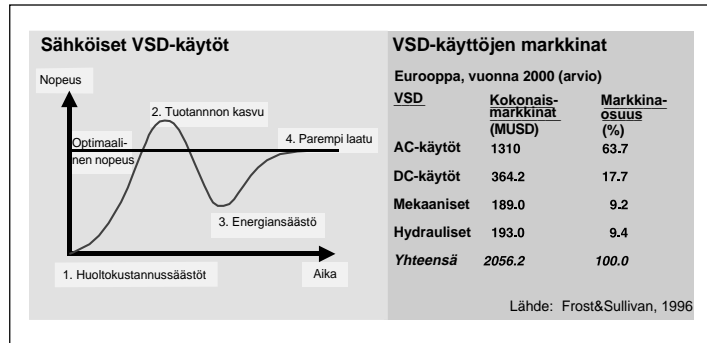
DC-käytössä tasavirtamuuttaja muuttaa tasavirtamoottoriin syötettyä syöttöjännitettä. Moottorissa mekaaninen vaihtosuuntaaja, kommutaattori, muuttaa tasavirran vaihtovirraksi.

AC-käyttö

Taajuusmuuttajassa tai AC-käytössä käytetään vakio-oikosulkumoottoria, joten mekaanisia vaihtosuuntaajia ei tarvita. Moottorin nopeutta säädetään taajuusmuuttajalla, joka muuttaa moottorille syötettävän jännitteen taajuutta, kuten edellä on kuvattu. Taajuusmuuttajaa säädetään sähkösignaaleilla.

Kaaviosta nähdään säätölaitteen sijainti erityyppisissä nopeussäädetyissä käytöissä. Mekaanisissa ja hydraulisissa nopeussäädetyissä käytöissä säätölaite sijaitsee moottorin ja työtätekevän koneen välissä, mistä johtuen laitteen huolto on erittäin vaikeaa.

Nopeussäädetyissä sähkökäytöissä kaikki säätöjärjestelmät sijaitsevat sähkölaitteille varatussa tilassa, ja vain moottori on prosessialueella. Tämä on vain yksi nopeussäädettyjen käyttöjen eduista. Muista eduista kerrotaan seuraavalla sivulla.



Nopeus-säädetyillä sähkökäytöllä johtava asema

Yllä on lueteltu neljä tärkeintä nopeussäädettyjen sähkökäyttöjen tuomaa etua sekä nopeussäädettyjen käyttöjen arvioidut markkinaosuudet Euroopassa vuonna 2000. Nopeussäädettyjen sähkökäyttöjen käyttöön liittyvät edut näkyvät korostettuina nopeuskäyrän käännoispisteissä.

Huoltokustannukset

Suoraan verkosta tapahtuva käynnistys rasittaa moottoria sekä sähkölaitteita. Nopeussäädetyillä sähkökäytöllä käynnistys voidaan tehdä pehmeästi, mikä vaikuttaa myös suoraan huoltokustannuksiin.

Tuottavuus

Prosessilaitteet on yleensä suunniteltu ottamaan huomioon tuottavuuden kasvu. Vakionopeuksisten laitteiden muuttaminen kasvaneiden tuotantomäärien mukaisiksi vaatii aikaa ja rahaa. AC-käytöissä nopeuden lisääminen 5 - 20 prosentilla onnistuu ongelmitta, ja tuottavuutta voidaan lisätä ilman lisäkustannuksia.

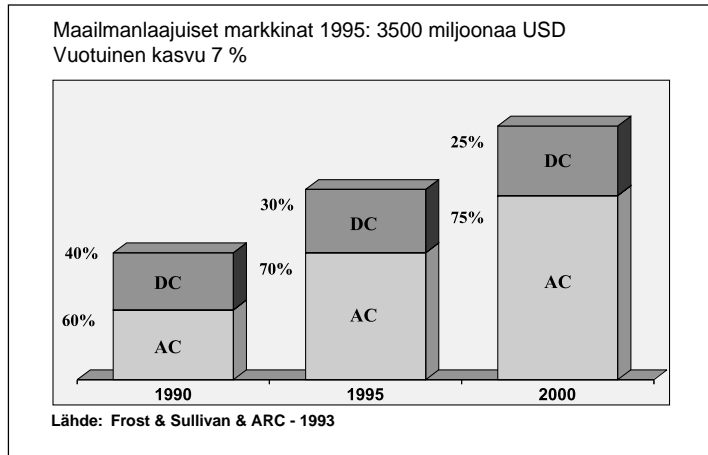
Energiansäästö

Monissa prosesseissa tuotantomäärät vaihtelevat. Tuotantomäärien muuttaminen mekaanisin keinoin on yleensä erittäin tehotonta. Nopeussäädetyillä sähkökäytöllä tuotantomääriä voidaan muuttaa muuttamalla moottorin nopeutta. Näin säästetään huomattavasti energiaa etenkin pumppu- ja puhallinsovelluksissa, sillä moottorin akseliteho on verrannollinen virtaukseen korotettuna potenssiin kolme.

Parempi laatu

Nopeussäädetyillä sähkökäytöllä saavutettavan tarkan nopeuden säädön ansiosta prosessista saadaan optimaalinen. Optimaalisen prosessinsäädön tuloksena on laadukas lopputuote ja paras mahdollinen hyöty asiakkaalle.

Edellä esitettyjen etujen johdosta nopeussäädetyt sähkökäytöt hallitsevat markkinoita (katso yllä oleva taulukko). AC- ja DC-käytöt muodostavat yhdessä yli 75 % ja AC-käytöt yli 50 % nopeussäädettyjen käyttöjen kokonaismarkkinoista Euroopassa vuonna 2000.



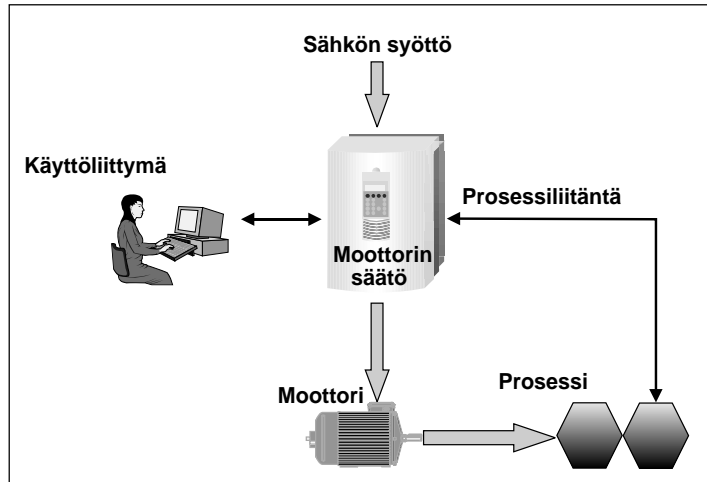
AC-käyttöjen kasvavat markkinat

Kaaviosta voidaan nähdä nopeussäädettyjen sähkökäyttöjen markkinoiden arvioitu kehitys vuonna 2000. AC-käyttöjen markkinat kasvavat lähes 10 % vuodessa, mikä vastaa nopeussäädettyjen sähkökäyttöjen markkinoiden kokonaiskasvua. DC-käyttöjen markkinaosuus on laskussa, ja niiden kokonaismarkkinat pysyvät lähes ennallaan. Tämän suuntaisen kehityksen taustalla on AC-käyttöjen tekniikan kehittyminen.

Edellä on jo kerrottu AC-käytön eduista muihin prosessinsäätömenetelmiin verrattuna. Vaihtovirta- ja tasavirtamoottorin erona on, että tasavirtamoottorissa on mekaaninen kommutaattori, joka käyttää hiiliharjoja. Harjat tarvitsevat säännöllistä huoltoa, ja kommutaattori puolestaan tekee moottorista monimutkaisemman ja kuluttaa energiaa. Näistä syistä johtuen AC-käyttöjen markkinaosuus kasvaa suhteessa DC-käyttöihin.

Luku 5 - AC-käyttö: johtava säätömenetelmä

Kaiken tähän mennessä kerrotun perusteella AC-käyttöä voidaan selkeästi pitää johtavana säätömenetelmänä. Seuraavaksi tutustutaan tarkemmin AC-käytön ominaisuuksiin ja suorituskykyyn.

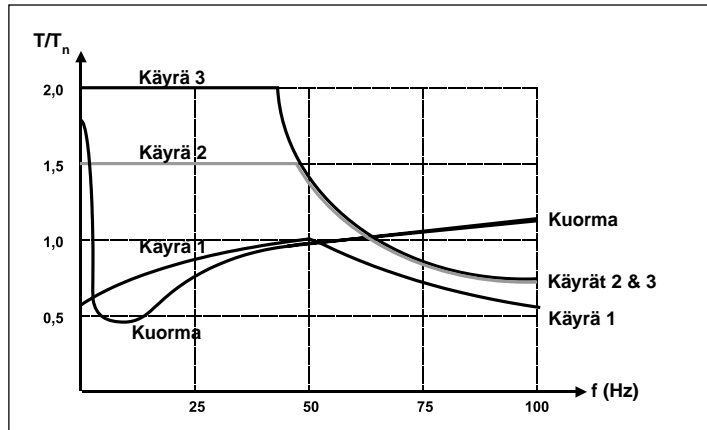


AC-käytön perustoiminnot

Kaaviossa on esitelty AC-käytön perustoiminnot. AC-käytön moottorin säädössä on neljä eri komponenttia: käyttöliittymä, moottori, sähkön syöttö ja prosessiliitäntä.

Sähkön syöttö syöttää käyttöön jännitettä; eräs käytön valintakriteereistä on syöttöjännite ja sen taajuus. AC-käyttö muuttaa taajuuden ja jännitteen ja syöttää sen moottoriin. Muutosprosessia ohjataan prosessin tai käyttäjän lähettämällä signaaleilla.

Käyttöliittymä tarjoaa mahdollisuuden tarkkailla AC-käyttöä ja hankkia erilaista tietoa prosessista. Tämän ansiosta käyttö on helppo integroida muihin prosessinsäätölaitteisiin ja -järjestelmiin.



Moottorin kuormitettavuuskäyrät AC-käytössä

Jos moottoria käytetään ilman taajuusmuuttajaa, sen kuormitettavuuskäyriä ei voida muokata. Moottori tuottaa tietyn momentin tietyllä kierrosluvulla eikä maksimimomenttia voida ylittää.

Jos taas moottoria käytetään yhdessä taajuusmuuttajan kanssa, kuormitettavuusvaihtoehtoja on useita. Vakiokäyrän eli kaavion käyrän nro 1 käyttö voi olla jatkuvaa. Muita käyriä voidaan käyttää vain tietty aika, sillä moottorin jäähdytysjärjestelmää ei ole tarkoitettu näin raskaaseen käyttöön.

Suurempia kuormitettavuustasoja voidaan tarvita esimerkiksi käynnistyksen aikana. Joissakin sovelluksissa käynnistystä varten tarvitaan jopa kaksinkertainen momentti. Taajuusmuuttajakäytössä moottori voidaan mitoittaa normaalin käytön mukaan. Näin vähennetään myös investointikustannuksia.

Jotta näitä ominaisuuksia voidaan käyttää, on hyvin tärkeää, että kuorma, AC-käyttö ja moottori ovat yhteensopivia. Muussa tapauksessa moottori tai muuttaja ylikuumentuu ja vahingoittuu.

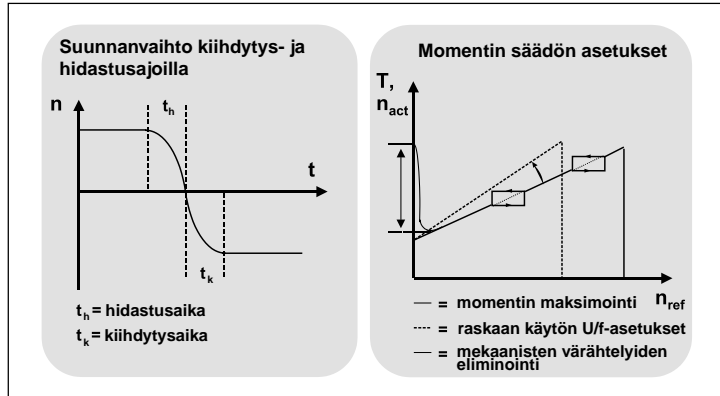
Tärkeitä ominaisuuksia:

- tulot ja lähdöt
- suunnanvaihtotoiminto
- kiihdytys- ja hidastusajat
- neliöllisen momentin V/Hz-asetukset
- momentin maksimointi
- mekaanisten värähtelyiden eliminointi
- kuormitusrajat vahinkojen estämiseksi
- verkkokatkosäättö
- jumitoiminto
- jättämän kompensointi
- vauhtikäynnistys

***AC-käytöllä
parempaan
prosessin-
säätöön***

AC-käytöllä on myös muita ominaisuuksia ja toimintoja, joita parempaan prosessinsäätöön toisinaan tarvitaan. Yllä on esimerkkejä tällaisista ominaisuuksista. Esimerkiksi tulojen ja lähtöjen avulla käyttöön voidaan syöttää prosessia koskevia tietoja, jolloin se säätää moottoria annettujen tietojen mukaan. Vaihtoehtoisesti kuormitusta voidaan rajoittaa vahinkojen estämiseksi ja työtätekevän koneen tai koko sähkökäytön suojaamiseksi.

Seuraavaksi kuvassa lueteltuja ominaisuuksia esitellään yksityiskohtaisemmin.



Suunnanvaihto

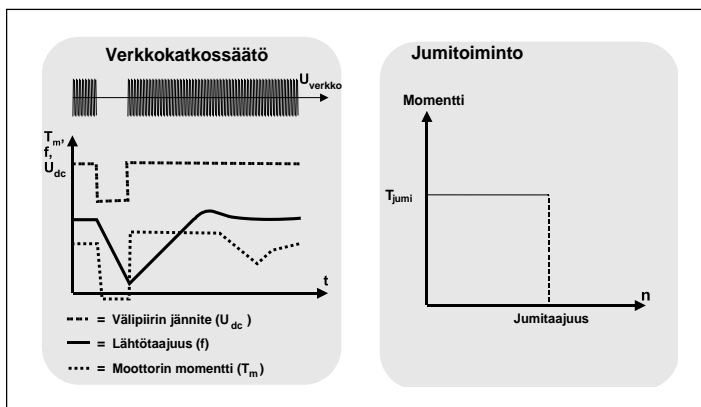
AC-käytön avulla moottorin pyörimissuunnan muuttaminen on helppoa. ABB:n taajuusmuuttajilla se onnistuu yhtä näppäintä painamalla. Myös erilaisten kiihdytys- ja hidastusaikojen asettaminen on mahdollista. Kiihdytys- ja hidastuskäyrien muotoa voidaan muokata käyttäjän toiveiden mukaan. Kaaviossa (yllä, vasemmalla) on S-muotoinen käyrä. Toinen vaihtoehto on lineaarinen.

Momentin säätö

AC-käyttöä käytettäessä momentin säätö on melko yksinkertaista. Edellä kuvattua momentin maksimointia tarvitaan silloin, kun prosessi vaatii erittäin suurta käynnistysmomenttia. Raskaan käytön U/f-asetukset tarkoittavat, että maksimimomentti voidaan saavuttaa normaalia alhaisemmalla pyörimisnopeudella.

Mekaanisten värähtelyiden eliminointi

Mekaaniset värähtelyt voidaan eliminoida ohittamalla kriittiset nopeudet. Tällä tarkoitetaan sitä, että moottorin kiihtyessä lähelle kriittistä nopeutta, käyttö ei salli moottorin nopeuden noudattavan nopeusohjetta. Kun kriittinen piste on ohitettu, moottori palaa nopeasti normaalille käyrälle ja ohittaa kriittisen nopeuden.



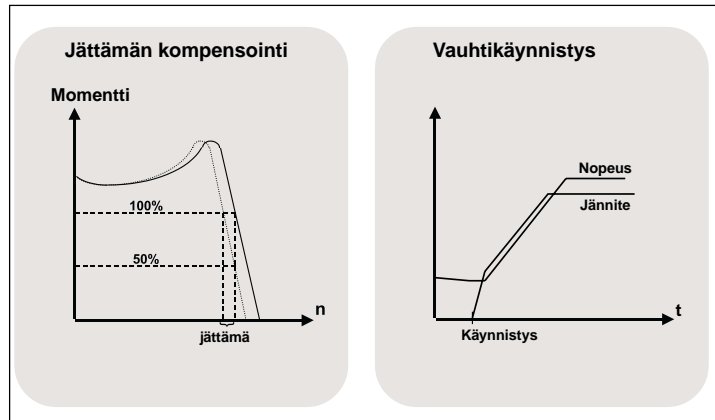
Verkkokatkos- säätö

Verkkokatkossäätöä käytetään, kun syöttävässä verkkojännitteessä on katkos. Tällaisessa tilanteessa AC-käyttö jatkaa toimintaansa pyörivän moottorin liike-energian avulla. Käyttö toimii normaalisti niin kauan kuin moottori pyörii ja tuottaa energiaa käyttöä varten.

Jumitoiminto

AC-käyttöä käytettäessä moottori voidaan suojata jumitilanteessa jumitoiminnolla. Toiminnon avulla valvontarajoja voidaan säätää sekä valita tapa, jolla käyttö reagoi moottorin jumitilaan. Suojaus aktivoituu, jos kolme seuraavaa ehtoa täyttyvät samanaikaisesti:

1. Käytön taajuus on alle esiasetetun jumitaajuuden.
2. Moottorin momentti on noussut käytön ohjelmiston laskemaan sallituun maksimiarvoon.
3. Moottori on ollut jumirajalla käyttäjän asettamaa aikaa kauemmin.

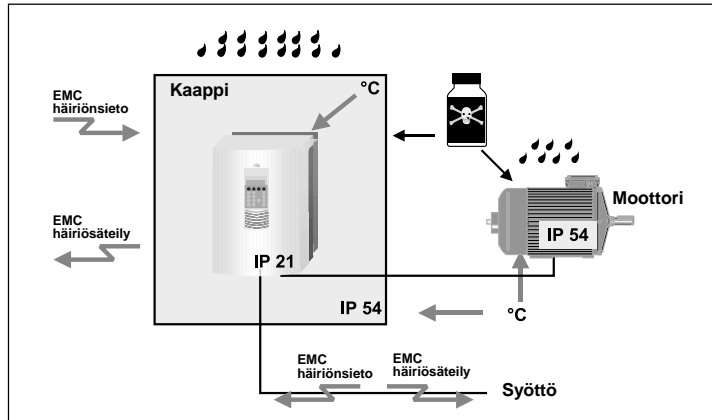


Jättämän kompensointi

Jos moottorin kuormitusmomentti kasvaa, moottorin kierrosnopeus laskee kaaviossa (yllä, vasemmalla) kuvatulla tavalla. Muodostunut jättämä kompensoidaan muokkaamalla momentti/kierrosnopeus -käyrää taajuusmuuttajalla siten, että suuremmallaakin momentilla saavutetaan sama kierrosnopeus.

Vauhtikäynnistys

Vauhtikäynnistystä käytetään, kun moottori on kytketty vauhtipyörään tai suuren hitausmomentin kuormaan. Vauhtikäynnistys toimii myös ilman nopeuden takaisinkytkentää. Jos moottori pyörii, vaihtosuuntaaja käynnistetään aluksi alennetulla jännitteellä ja synkronoidaan sitten pyörivään roottoriin. Synkronoinnin jälkeen jännite ja nopeus nostetaan normaalille tasolle.



Ympäristö- olosuhteet

Sähkökäyttöjen on käsiteltävä erilaisia ympäristörasituksia, kuten kosteutta tai sähköhäiriöitä. Oikosulkumoottori on erittäin pienikokoinen, ja sitä voidaan käyttää hyvinkin vaikeissa olosuhteissa. IP 54 -suojaluokka varmistaa, että moottori toimii myös pölyisessä ympäristössä ja kestää mistä suunnasta tahansa tulevan suihkuavan veden.

Taajuusmuuttajan suojaluokka on yleensä IP 21. Tämä tarkoittaa, ettei taajuusmuuttajan jännitteisiin osiin pääse koskemaan ja ettei pystysuunnassa tippuva vesi aiheuta haittaa. Suurempaa suojaluokkaa tarvittaessa käyttö voidaan esimerkiksi asentaa sellaisen kaapin sisään, jonka suojaluokka on riittävä. Tällaisissa tapauksissa on tärkeää varmistaa, ettei lämpötila kaapin sisällä ylitä sallittuja rajoja.

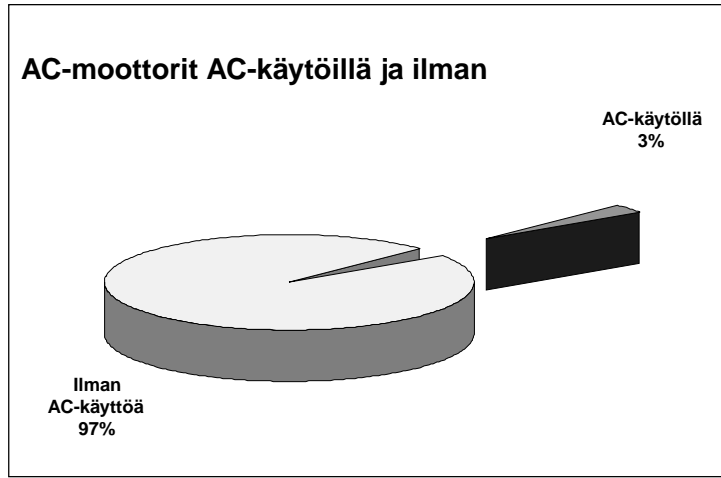
EMC

Toinen tärkeä ympäristöä koskeva ominaisuus on sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC). On erittäin tärkeää, että sähkökäyttö täyttää Euroopan unionin EMC-direktiivit. Näiden direktiivien mukainen sähkökäyttö kestää johtuvia ja säteileviä häiriöitä, eikä myöskään itse lähetä häiriöitä sähkön syöttöön tai ympäristöön.

Lisätietoja EMC-direktiiveistä ja niiden vaikutuksista käyttöihin on ABB:n teknisessä oppaassa nro 3, EMC-oppaassa.

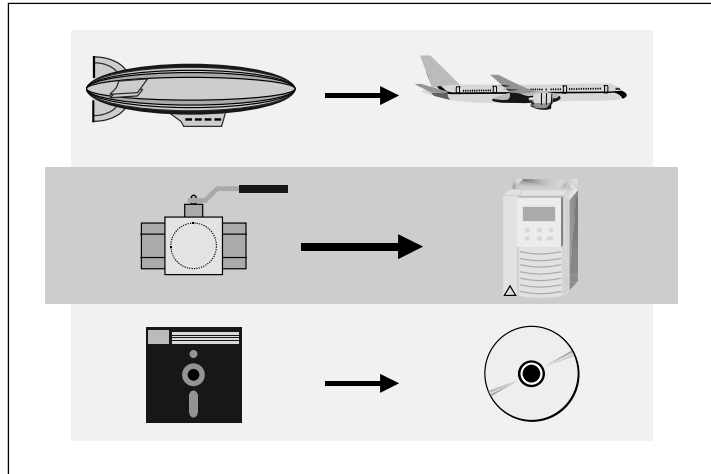
Luku 6 - AC-käyttöjen kustannushyödyt

Teknisten etujen lisäksi AC-käytöllä on myös monia kustannushyötyjä. Tässä luvussa tarkastellaan näitä hyötyjä käyttöjen investointi-, asennus- ja käyttökustannukset mukaan lukien.



Tällä hetkellä useimmat moottorit myydään vielä ilman nopeussäädettäviä AC-käyttöjä. Yllä olevasta kaaviosta nähdään alle 2,2 kW teholuokan moottoreiden myynnin jakautuminen taajuusmuuttajalla ja ilman taajuusmuuttajaa myytyihin moottoreihin. Vain 3 % tämän teholuokan moottoreista myydään vuosittain taajuusmuuttajalla varustettuna ja 97 % ilman AC-käyttöä.

Tätä voidaan pitää hämmästyttävänä, etenkin kun AC-käytön kustannuksia verrataan tavallisiin säätömenetelmiin. Sitä ennen tarkastellaan kuitenkin AC-käytön tekniikkaa muihin säätömenetelmiin verrattuna.

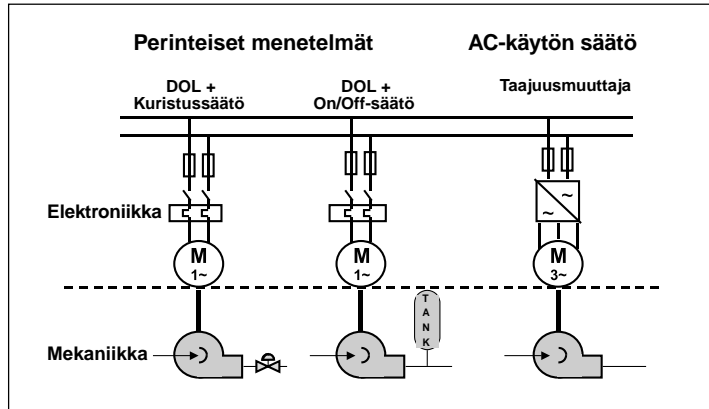


***Tekniset erot
muiden
järjestelmien ja
AC-käyttöjen
välillä***

AC-käytön tekniikka eroaa täysin muista yksinkertaisemmista säätömenetelmistä. Eroa voidaan kuvata esimerkiksi zeppeliinin ja nykyaikaisen lentokoneen välisellä erolla.

AC-käytön tekniikkaa voidaan myös verrata levykkeen kehittymiseen CD-ROM-levyksi. Levyke on yksinkertaisempi tallennusväline ja pystyy käsittelemään vain pienen osan tietoa CD-ROM-levyyn verrattuna.

Molempien edellä mainittujen keksintöjen edut tunnetaan yleisesti. Myös AC-käytön tekniikka perustuu täysin erilaiseen tekniikkaan kuin aikaisemmat säätömenetelmät. Tässä oppaassa on esitelty AC-käytön etuja yksinkertaisempiin säätömenetelmiin verrattuna.



Mekaanisia säätöosia ei tarvita

Kustannusten vertailemiseksi on tarkasteltava erilaisten säätömenetelmien kokoonpanoja. Esimerkkinä voidaan käyttää pumppausta. Perinteiset menetelmät koostuvat aina mekaanisesta ja sähköisestä osasta.

Kuristussäädön sähköisessä osassa tarvitaan sulakkeita, kontaktoreita ja kuristimia ja mekaanisessa osassa venttiileitä. On/Off-säädössä tarvitaan samoja sähköisiä komponentteja kuin kuristussäädössä, sekä lisäksi mekaanisessa osassa painesäiliötä. AC-käyttö tarjoaa kuitenkin uudenlaisen ratkaisun: mekaanisia osia ei tarvita, sillä kaikki säätö tapahtuu sähköisessä osassa.

Kustannushyötyä syntyy myös siitä, että AC-käytön kanssa voidaan käyttää tavallista kolmivaiheista moottoria, joka on huomattavasti edullisempi kuin muissa säätömenetelmissä käytetyt yksivaiheiset moottorit. 220 V:n yksivaiheista syöttöä voidaan yhä käyttää, kun toimitaan alle 2,2 kW:n tehoalueella.

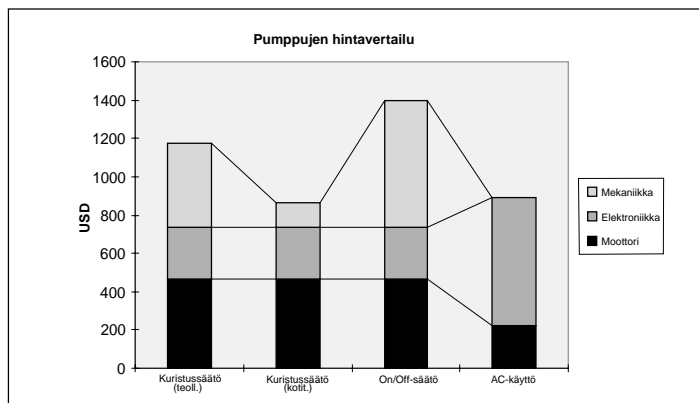
Tavalliset menetelmät:	AC-käyttö:
- sekä sähköisiä että mekaanisia osia	- kaikki yhdessä laitteessa
- useita sähköisiä osia	- vain yksi sähköinen komponentti
- mekaaniset osat tarvitsevat huoltoa	- ei mekaanisia osia eikä kulumista
- mekaaninen säätö kuluttaa energiaa	- energiansäästö

Kustannuksiin vaikuttavat tekijät

Yllä olevassa taulukossa on verrattu tavallisten säätömenetelmien ominaisuuksia sellaisiin menetelmiin, joissa käytetään AC-käyttöä sekä eri menetelmien vaikutuksia kustannuksiin. Tavallisissa menetelmissä on sekä sähköisiä että mekaanisia komponentteja, jotka on yleensä hankittava erikseen. Kustannukset ovat siten korkeammat kuin jos kaikki hankittaisiin kerralla.

Lisäksi mekaaniset osat kuluvat nopeasti loppuun, mikä vaikuttaa huoltokustannuksiin. Pitkällä aikavälillä huolto on merkittävä kustannustekijä. Tavalliset säätömenetelmät sisältävät myös monia sähköisiä komponentteja. Asennuskustannukset ovat vähintään kaksinkertaiset, kun komponentteja on useita erilaisia yhden sijaan.

Mekaaninen säätö kuluttaa erittäin paljon energiaa, kun taas AC-käyttöjen avulla säästetään energiaa. Energiansäästöillä alennetaan kustannuksia ja minimoidaan ympäristörasitusta vähentämällä voimalaitosten aiheuttamia päästöjä.



**Investointi-
kustannukset:
mekaaniset ja
sähköiset
komponentit**

Yllä olevassa kaaviossa on esitetty jokaisen pumppausmenetelmän investointirakenne ja kokonaishinta. Kustannuksiin ei ole laskettu mukaan pumppua, sillä sen hinta on sama riippumatta siitä, käytetäänkö sitä AC-käytön vai venttiilien kanssa. Kuristussäätömenetelmässä on kaksi vaihtoehtoa sen mukaan, käytetäänkö pumppua teollisuuslaitoksissa vai kotitalouksissa. Teollisuusympäristössä venttiileille on tiukemmat vaatimukset, mikä lisää kustannuksia.

Moottori

Kuten kaaviosta nähdään, perinteisissä säätömenetelmissä moottori on paljon kalliimpi kuin AC-käytöissä. Tämä johtuu siitä, että AC-käytöissä käytetään kolmivaiheista moottoria, kun taas muissa säätömenetelmissä käytetään yksivaiheista moottoria.

AC-käyttö

AC-käytöissä ei tarvita mekaanisia osia, mikä vähentää kustannuksia huomattavasti. Vaikka mekaaniset osat maksavat yleensä vähemmän kuin taajuusmuuttaja, sähköiset osat on lisättävä kokonaisinvestointikustannuksiin.

Kun kaikki kustannukset on otettu huomioon, AC-käyttö on lähes aina taloudellisin investointi muihin säätömenetelmiin verrattuna. Vain kuristussäätö on kotitalouskäytössä kustannuksiltaan yhtä alhainen kuin AC-käyttö. Investointikustannusten lisäksi on kuitenkin tarkasteltava myös asennus- ja käyttökustannuksia.

	Kuristussäätö	AC-käyttö
Asennustarvikkeet	20 USD	10 USD
Asennustyö	5h x 65 USD = 325 USD	1h x 65 USD = 65 USD
Käyttöönotto	1h x 65 USD = 65 USD	1h x 65 USD = 65 USD
Yhteensä	410 USD	140 USD
Asennussäästöt: 270 USD!		

***Asennus-
kustannukset:
kuristussäätö
verrattuna
AC-käyttöön***

Koska kuristussäätömenetelmä on kustannuksiltaan toiseksi edullisin AC-käytön jälkeen, seuraavaksi verrataan sen asennus- ja käyttökustannuksia AC-käytön kustannuksiin. Kuten edellä jo mainittiin, kuristussäädössä käytetään sekä sähköisiä että mekaanisia komponentteja. Tämä tarkoittaa, että asennusmateriaalia tarvitaan kaksi kertaa enemmän.

Myös asennustyötä on kuristussäädössä vähintään kaksi kertaa enemmän kuin AC-käytössä. Mekaanisen venttiilin asentaminen putkeen ei ole yksinkertaista ja vie aikaa. Venttiilin saaminen käyttövalmiiksi vaatii yleensä viisi tuntia, kun taas AC-käytössä siihen kuluu yksi tunti. Kokonaisinvestointikustannukset lasketaan kertomalla tämä luku ammattitaitoisen asentajan laskuttamalla tuntihinnalla.

Kuristussäätöön perustuvan järjestelmän käyttöönottoon ei yleensä kulu enemmän aikaa kuin AC-käyttöön perustuvan järjestelmän käyttöönottoon. Molemmissa tapauksissa käyttöönotto vie noin yhden tunnin. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea kokonaisinvestointikustannukset ja huomataan, että AC-käytön avulla säästetään USD 270 asennusta kohden. Vaikka kuristussäädön investointikustannukset olivat alhaisemmat kuin yksivaiheisen moottorin (noin USD 200), AC-käyttö maksaa itsensä takaisin jo ennen kuin sitä on käytetty sekuntiakaan.

	Kuristussäätö	AC-käytön säästöt 50 %
Tarvittava teho	0,75 kW	0,37 kW
Energiantarve 4000 tuntia/vuosi	3000 kWh	1500 kWh
Energiakustannukset (0,1 USD/kWh)	300 USD	150 USD
Huoltokustannukset vuodessa	40 USD	5 USD
Kokonaiskustannukset vuodessa	340 USD	155 USD
Säästöt vuodessa: 185 USD!		

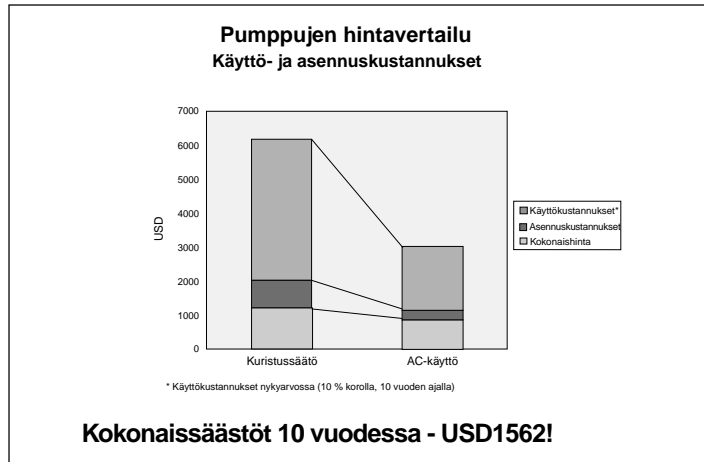
**Käyttö-
kustannukset:
huoltoon ja
käyttöön kuluva
energia**

Monissa tutkimuksissa ja testeissä on osoitettu, että AC-käytöllä saavutetaan helposti 50 % energiansäästö. Tämä tarkoittaa, että jos kuristussäädössä tehovaatimukset olisivat 0,75 kW, AC-käytössä ne olisivat 0,37 kW. Jos pumppua käytettäisiin 4000 tuntia vuodessa, kuristussäätöön tarvittaisiin 3000 kWh ja AC-käyttöön 1500 kWh energiaa vuodessa.

Säästöjen laskemiseksi energiankulutus on kerrottava energian hinnalla, joka vaihtelee maittain. Tässä hintana on käytetty USD 0,1 / kWh.

Koska mekaaniset osat kuluvat paljon, ne tarvitsevat säännöllistä huoltoa. On arvioitu, että kuristussäädön huoltoon kuluu USD 40 vuodessa, kun taas AC-käytön huoltokustannukset olisivat USD 5. Monissa tapauksissa taajuusmuuttaja ei tarvitse ollenkaan huoltoa.

Käyttökustannuksissa saavutetut kokonaissäästöt olisivat siis USD 185 eli noin puolet tämän tehoalueen taajuusmuuttajan hinnasta. Tällöin taajuusmuuttajan takaisinmaksuaika olisi kaksi vuotta. Kannattaa siis harkita, tulisiko vanhan venttiilin vuosittaisen huollon sijaan vaihtaa koko järjestelmä AC-käyttöön perustuvaan säätömenetelmään. Olemassaolevan kuristus-säädön muutosasennuksen takaisinmaksuaika on kaksi vuotta.



Kokonais- kustannusten vertailu

Yllä olevassa kuvassa näkyvät kokonaiskustannukset. Tämän kaltaisen investoinnin käyttökustannukset lasketaan yleensä 10 vuodelta. Tässä käyttökustannukset on laskettu nykyarvoon 10 % korolla.

Pitkällä aikavälillä tavallinen menetelmä osoittautuu yli kaksi kertaa taajuusmuuttajaa kalliimmaksi. Useimmat AC-käytön valinnalla saavutettavat säästöt syntyvät käyttökustannuksista ja erityisesti energiansäästöistä. Suurimmat yksittäiset säästöt saavutetaan sen sijaan jo asennuksessa.

Kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa on vaikea ymmärtää, miksi vain 3 %:ssa myydyistä moottoreista on taajuusmuuttaja. Tässä oppaassa on pyritty esittelemään AC-käytön etuja ja kertomaan, miksi me ABB:llä uskomme AC-käytön olevan paras prosessinsäätömenetelmä.

Luku 7 - Hakemisto

A

ABB 5, 28, 31, 39
AC-käyttö 5, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,
34, 35, 36, 37, 38, 39
AC-käyttöjen markkinat 24
annostelu 10

C

CD-ROM 33

D

DC-käyttö 22, 23, 24

E

EMC 31
EMC-direktiivit 31
energia 8, 11, 12, 13, 20, 23,
24, 29, 35, 38, 39

H

hihnakäytöt 22
hissit 10
hitausmomentti 16, 30
huolto 22, 23, 24, 35, 38
hydraulinen kytkentä 22
hyötysuhde 14
häiriöt 13, 19

I

ilmastointi 7, 10
IP 21 31
IP 54 31

J

jarrutus 15, 21
jumitaajuus 29
jumitoiminto 27, 29
jännite 12, 13, 14, 22, 25,
29, 30
jättämä 12, 27, 30

K

kemian teollisuus 7
kitka 16
kommutaattori 22, 24
kompressorit 10
koneet 8, 9, 10, 11, 22, 27
kontaktorit 34
kosteus 7
kriittinen nopeus 28
kuivausrumpu 8
kuljetuslaitteet 10
kuormitettavuuskäyrät 26
kuristimet 34
kuristussäätö 20, 34, 36,
37, 38
käyttöönotto 37

käytön ohjelmisto 29

käytön taajuus 29

L

laivakontit 10
levyke 33
lineaarinen käyrä 28
lingot 9
loisteho 14
LVI 7
lähtöteho 14
lämpötila 7, 8, 13, 29, 31
lämpövaikutus 8

M

magneettivuo 12, 13
margariinin sekoittimet 9
materiaalin kuljetus 6
materiaalin käsittely 6, 9
mekaaninen teho 8, 14
mekaaniset värähtelyt 27, 28
momentti 14, 15, 16, 17,
18, 26, 27, 28, 29, 30
moottorin hyötysuhde 14
moottorin häviö 14
moottorin jumitila 29
moottorin koko 14
moottorin kuormitus 30
moottorin käämi 12, 13
moottorivaihe 12
murskain 16

N

nelikkvadrantikäyttö 15
nimellinopeus 14
nopeuden säätö 6, 11, 19, 22
nopeusohje 28
nopeussäädetyt käytöt 5, 6, 7,
8, 10, 13, 20, 23, 24
nosturi 10, 15, 17

O

ohitussäätö 20
oikosulkumoottori 11, 18,
22, 31
oikean käden säätö 12

P

paperikoneet 9
portaaton säätö 13
prosessijärjestelmä 8
prosessinsäätö 23, 24,
25, 27
puhaltimet 7, 8, 16
pumppu 10, 22, 23, 34, 36, 38
puristimet 9
pätöteho 14

S

S-muotoinen käyrä 28
sahalinjat 9
satama 17
siirtolaitteet 10
staattori 12
sulakkeet 34
suunnanvaihtotoiminto 27
suuntaaja 12
syöttöteho 14
sähköhäiriöt 31
sähkökäyttö 11, 14,
18, 27, 31
sähkölaitteille varattu tila 22
sähkömagneettinen
induktio 12, 13
sähkömagneettinen vaikutus 8
sähkömagneettinen
yhteensopivuus 31
sähkön syöttö 14, 25, 31

T

taajuusmuuttaja 11, 12, 14,
15, 18, 22, 26, 30, 31, 32, 36,
38, 39
tasajännitevälipiiri 12
tasavirtamoottori 11, 22, 24
tasavirtamuuttaja 22
tehokerroin 14
teholähde 11
teollisuusprosessit 5, 6, 7, 11
transistori 14
tuulettimet 10, 16

V

vahingot 27
vaihteet 11
vaihtosuuntaaja 12, 13, 22
vaihtovirtamoottori 11, 12
valssilinjat 9
vauhtikäynnistys 4, 27, 30
vauhtipyörä 30
venttiili 37, 38
venttiilit 22, 34, 36
verkkokatkosäättö 27, 29
verkkokäynnistys 23
virta 12, 13, 14, 22
voimalaitokset 7, 20, 35
VSD 3, 5, 6, 7, 8, 13,
20, 21, 22, 23, 24
vuo 12, 13

Y

ydinvoima 8

Z

zeppeliini 33



ABB Industry Oy

Tuotemyynti

PL 182

00381 Helsinki

Puhelin 010 222 000

Telekopio 010 222 2913

Internet <http://www.abb.fi>



441
Painotuote 014

Copyright © ABB Automation Group Ltd, 2001 3BFE6440217 R0105 Oikeudet muutoksiin pidätetään.
FI 19.02.2001