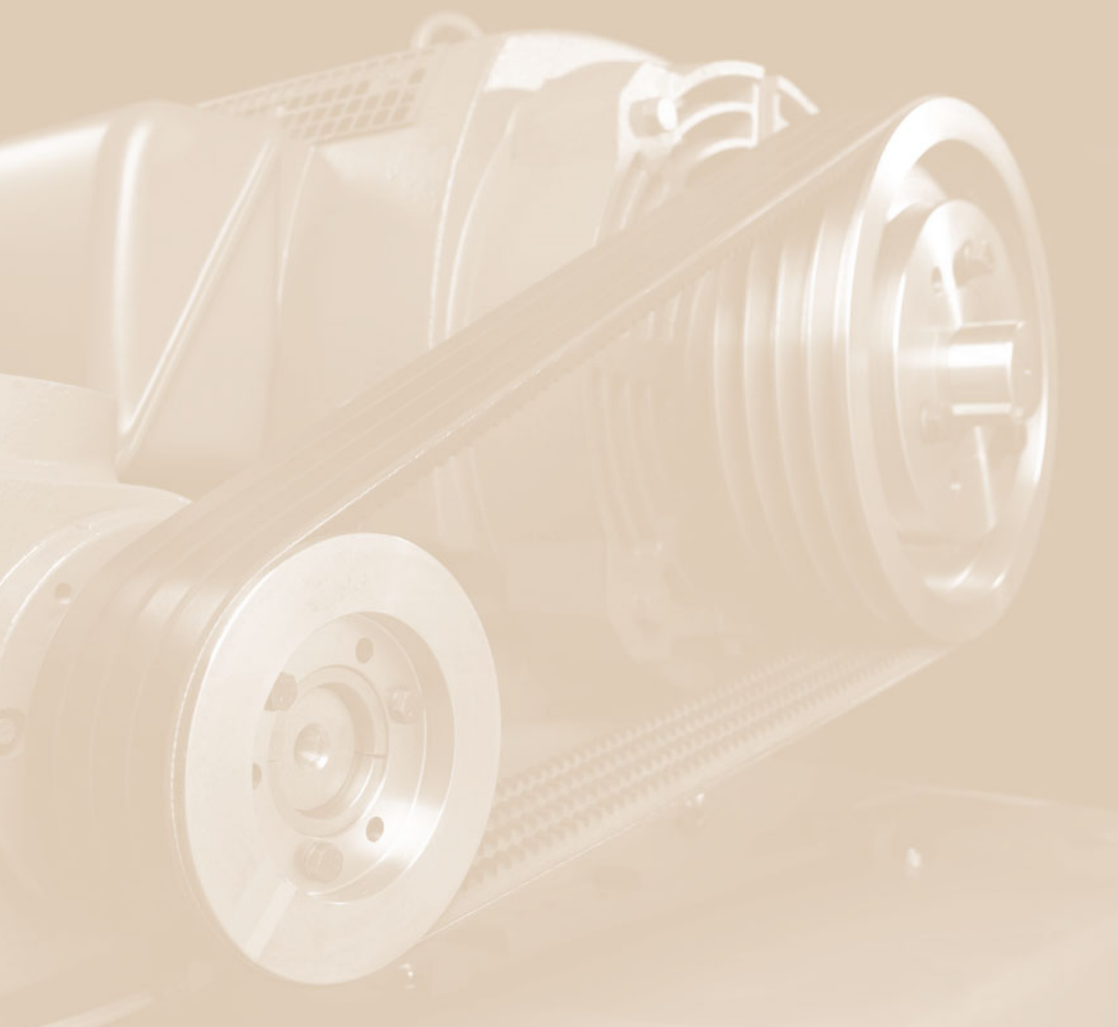


Energiatehokkaat sähkömoottorit

*Opas energiatehokkaiden sähkö-
moottoreiden hankintaan ja moottorin
ja järjestelmän energiatehokkuuden
parantamiseen*



HANKINNAT



Lukijalle

Tämän oppaan tarkoituksena on ohjata sähkömoottoreiden hankintaa siten, että moottoreiden energiatehokkuus tulee huomioitua hankintaprosessin aikana. Opas on suunnattu teollisuuden sekä palvelu- ja julkisen sektorin käyttölaitteita hankkiville henkilöille. Mukana on kuusi hyödyllistä liitettä, joita voi käyttää hankinnassa apuna.

Uusi, energiatehokas sähkömoottori vaikuttaa koko sähköjärjestelmän lisäksi myös tuotantoprosessin toimintaan. Usein uusi moottori parantaa koko järjestelmän energiatehokkuutta. Koska hankittava laite ei yksinään ratkaise kokonaisuuden energiatehokkuutta, on oppaassa annettu ohjeita siitä, miten koko sähkömoottorijärjestelmän energiatehokkuuden säilyminen varmistetaan hankinnan aikana.

Oppaassa annetaan suosituksia, mutta ensisijaisesti on aina noudatettava direktiivejä, lakeja, turvamääräyksiä ja laitevalmistajan ohjeita. Mikäli yrityksen suunnittelee muutoksia laitteisiin tai sähköjärjestelmään, kannattaa aina ensin olla yhteydessä laite- ja järjestelmätoimittajiin, jotta varmistetaan laitteen turvallinen ja asianmukainen toiminta.

Moottorien elinkaaren aikaisista kustannuksista merkittävä osa syntyy käytön aikana. Oppaan lopussa annetaan suosituksia moottoreiden ja järjestelmän vaatimasta kunnossapidosta ja kunnossapitotoimien vaikutuksesta moottoreiden käyttöön, elinikään ja energiankulutukseen.

Tässä oppaassa keskitytään oikosulkumoottoreihin ja myöhemmin oppaassa standardimoottoreista tai sähkömoottoreista puhuttaessa viitataan niihin.

Sisällysluettelo

Käsitteet ja lyhenteet	4
1. Hankinnan valmistelu	5
1.1 Hankinnan vaikutukset energiankulutukseen ja -kustannuksiin	5
1.2 Muutokset standardimoottoreiden luokituksessa ja käytössä	8
1.3 Hankinnan vaikutus järjestelmään ja prosessiin	10
2. Tarjouspyyntö.....	10
2.1 Tarjouspyynnössä ilmoitettavat asiat	16
2.2 Tarjouksessa ilmoitettavat asiat	17
3. Tarjousten arviointi.....	18
3.1 Tarjousten vertailu ja moottoreiden valinta.....	18
4. Sopimus ja täytäntöönpano	19
4.1 Käyttöönottotarkastus.....	19
4.2 Takuuaika.....	20
5. Moottoreiden käyttö ja seuranta	20
5.1 Käytön aikainen kunnossapito	21
Liite A	22
Liite B.....	23
Liite C.....	24
Liite D	25
Liite E.....	26
Liite F	29

Käsitteet ja lyhenteet

Käsite	Selitys
Elinkaarikustannus	Laitteiston elinkaaren aikana syntyneet kustannukset sisältäen mm. valmistuksen, investoinnin, energian, työkalut, huollot, laitteen hävittämisen jne.
Energiatehokkuus	Tuotannon tai tuloksen suhde käytettyyn energiaan.
Hankinta	Prosessi, jonka tarkoituksena on saada tuotantolaitte yrityksen käyttöön. Hankinta alkaa ideasta hankkia laite ja päättyy takuuajana havaittujen virheiden asianmukaiseen korjaukseen.
Moottorin hyötysuhde	Moottorin akselilta saadun tehon suhde verkosta otettuun sähkötehoon. Oikosulkumoottorien häviöt koostuvat kupari-, rauta-, tuuletus- ja kitkahäviöistä.
Moottorin maksimimomentti (ns. kippimomentti)	Suurin vääntömomentti, jonka moottori voi kehittää kytkettynä nimellisjännitteeseen ja taajuuteen.
Uudelleen-käämintä	Moottorin staattorin käämien ja eristyksen uusiminen.

1. Hankinnan valmistelu

Moottoreita hankitaan tuotantolaitokseen joko lisäämään kapasiteettia tai korvaamaan elinkaaren päähen tulleita laitteistoja. Moottoreiden hankintavaiheessa tehdään merkittäviä päätöksiä energiankäytön suhteen. Luonnollisesti itse laitteen kyvykyys vaikuttaa siihen, miten paljon energiaa se kuluttaa, mutta se ei ole ainoa määräävä tekijä.

Laitteen tulisi olla sopiva siihen kokonaisuuteen, jossa sitä käytetään. Usein energiankäytön kannalta kyvykäs laite hukkaa energiaa, koska sen käyttökohde- ja tapa on väärä. Jos nykyinen tuotantoaste poikkeaa tulevaisuuden mitoituskapasiteetista, ei moottori, eikä siten koko järjestelmä, toimi parhaimmalla mahdollisella tavalla, vaan kuluttaa tarpeettomasti energiaa. Jos näitä vaikutuksia ei huomioida asianmukaisesti, kyvykäs ja oikein käytetty moottori voi aiheuttaa energiatehokkuuden heikkenemistä kokonaisjärjestelmässä.



Huomioi järjestelmän energiatehokkuus

1.1 Hankinnan vaikutukset energian- kulutukseen ja -kustannuksiin

Jos kyseessä on täysin uuden tuotantolaitoksen suunnittelu ja rakentaminen, tulisi projektin eri vaiheissa suunnitella rinnakkain sähkömoottoreita käyttäviä laitteita, järjestelmiä ja prosesseja. Yleensä tällaiset projektit ovat laajuudeltaan sellaisia, että suunnittelua ja konsultointia hankitaan ulkopuoliselta yritykseltä. Moottoreita hankitaan harvemmin erillisinä kokonaisuuksina vaan joko järjestelmätoimittaja tai laitevalmistaja vastaa moottoritoimituksista osana omaa toimitustaan. Ellei moottoreiden osalta määritellä erikseen vaatimuksia, toimittaja vastaa moottoreiden energiatehokkuudesta.

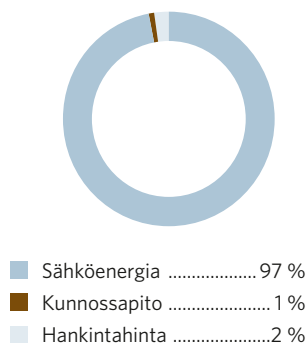
Energiatehokkuuden määrittäminen on tärkeää, koska hankintakustannukset ovat vain pieni osa, usein alle 2 prosenttia, moottorin elinkaaren aikaisista kustannuksista. Moottorin oikea mitoitus ja energiatehokkuudelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset on tärkeää huomioida moottorin valinnassa.

Sähkömoottoreita hankittaessa vaatimukset kohdistetaan usein vain moottorin rakenteeseen tai sähköverkon tai kuormakoneen asettamiin vaatimuksiin. Energiatehokkuusvaatimukset saattavat helposti jäädä taka-alalle tai vaatimukset asetetaan vain vähimmäistasolle. Hankinnoissa kannattaa hyödyntää korkeammankin hyötysuhteen moottoreita, eikä tyytyä korvaamaan vanhaa moottoria teholtaan samankokoisella uudella moottorilla. Tällainen toimintatapa johtaa harvemmin energiatehokkaaseen järjestelmään.

Ohjeistus on laadittu sovellettavaksi ensisijaisesti kolmivaiheisiin pienjännitemoottoreihin, joihin sovelletaan pyörivien sähkökoneiden standardeja IEC 60034. Korkeahyötysuhteisten standardimoottoreiden luokittelu on esitetty standardissa IEC 60034-30. Se kattaa tehoalueen 0,75–375 kW, jännitteen ≤ 1000 V, 2-, 4-, ja 6-napaiset sekä 50 Hz että 60 Hz. Uusi standardi korvaa vanhan hyötysuhdeluokituksen. Samassa yhteydessä hyötysuhdeluokitusta laajennetaan kattamaan laajempaa teho- ja pyörimisnopeus- aluetta. Uusi standardi harmonisoi myös eri kansallisten standardien ja yleismaailmallisten standardien hyötysuhdeluokat yhdeksi.

Pääsääntöisesti tämän hankintaohjeen suositukset kohdistuvat edellä mainittuihin standardimoottoreihin. Tarvittaessa ohjeistusta voidaan hyödyntää myös jännitetasoltaan suurempiin tai erikoismoottoreiden hankintaan. Mikäli moottorin käyttöolosuhteet, käyttötapa, syöttävä sähköverkko tai kuormakone poikkeaa IEC-standardissa määritellyistä tavanomaisista olosuhteista, tilaajan on syytä neuvotella jo tarjouspyyntövaiheessa mahdollisten moottoritoimittajien kanssa.

Kuva 1 Moottorin elinkaaren aikaiset kustannukset



Korvattaessa vanhaa järjestelmää tai investoitaessa uuteen on tärkeää määritellä järjestelmän taseraja huolellisesti. Usein ajatellaan riittävän, kun itse päälaitteille (moottori, voimansiirto sekä työkone) on määritelty kulutus- tai tehokkuustavoitteet. Tavoitteiden tulee kattaa myös apujärjestelmät. Esimerkiksi puhaltimessa tulee itse päämoottorin, voimansiirron ja työkoneen lisäksi ottaa tarkasteluun mukaan mahdolliset voitelujärjestelmän pumppu-moottorit. Kokonaistarkastelulla saavutetaan suuremmat säästöt kuin vain korvaamalla vanha moottori uudella.



Määritä tavoitteet

Uudiskohteessa energiankulutus perustuu tuotannon tai kapasiteetin kautta saavutettuihin laskennallisiin kulutuksiin. Kulutuksen arvioinnin lähtökohtana on perusteltua hyödyntää parhaan käytettävissä olevan tekniikan ja energiatehokkaimpien laitteiden hyödyntämistä.

Korvattaessa vanhaa sähkömoottoria uudella, voidaan laskennallinen energiansäästö todentaa vielä mittauksilla, jotta varmistutaan moottorin oikeasta mitoituksesta ja saavutettavista säästöistä. Joissain tapauksissa kattavat ja riittävän pitkäkestoiset mittaukset eivät ole mahdollisia. Silloin voidaan käyttää tyypillistä tuotantosykliä tai ajankohtaa antamaan riittävän luotettava kulutustieto. Saavutettu sähkön säästö selviää muutostyötä ennen ja jälkeen tehtyjen mittausten perusteella.



Vertaa kulutusta vanhassa ja uudessa tilanteessa

Nykyisten järjestelmien käytön ja ohjauksen tunteminen on edellytyksenä oikeille investointipäätöksille ja muutostöille. Mikäli järjestelmän nykyisestä sähkön kulutuksesta ei ole varmaa tietoa, tulisi ennen merkittäviä investointeja tehdä selvitys kulutuksesta ja tuotantokapasiteetista. Selvityksessä tulisi vähintäänkin ilmetä keskimääräinen tehontarve ja hetkellinen huipputeho (momentti). Lisäksi ohjauksen määrittelyssä tulee ottaa huomioon tuotannon järjestelmän säädettävyydelle asettamat vaatimukset sekä sähköverkon asettamat rajoitukset.

Korvattaessa vanha moottori uudella, laitteiston moottorille asettamat mekaaniset vaatimukset ja asennuksen mahdollisesti vaatimat muutokset on selvitettävä etukäteen. Jos samassa yhteydessä muutetaan moottorin ohjaustapaa esimerkiksi taajuusmuuttajaohjatuksi, on lisäksi selvitettävä sähköverkon mahdolliset rajoitukset, kaapelointi, maadoitukset sekä kuormakoneen mahdolliset rajoitteet.



Tarkastele käyttötapaa ja ohjausta uudessa tilanteessa

Useimmilla sähkömoottoreita ja taajuusmuuttajia valmistavilla yrityksillä on tarjolla niin kulutusmittaukseen kuin säästöjen laskentaankin valmiita ohjelmistoja, joilla voi selvittää säästöpotentiaalia. Laite- tai järjestelmätoimitajilla on vastaavasti usein tarjolla katselmointipalveluja sekä mitoitusohjelmia säästöpotentiaalin selvittämiseen. Lisäksi monet konsultointiyritykset tarjoavat myös katselmointipalveluja suunnittelupalveluiden ohella, jos yrityksellä itsellään ei ole tarvittavaa osaamista. Ohjelmat ovat yleensä veloituksetta ladattavissa valmistajien omilta internet-sivuilta.



Hyödynnä valmiita mitoitus- ja laskentaohjelmia tarvittaessa

1.2 Muutokset standardimoottoreiden luokituksessa ja käytössä

Standardimoottoreiden uusi hyötysuhdeluokitus IEC 60034-30 hyväksyttiin syyskuussa 2008. Standardi harmonisoi maailmanlaajuisesti standardimoottoreiden hyötysuhteet (ns. IE-luokitus, IE=International Efficiency). Vanhassa IEC-standardissa moottorien hyötysuhdeluokituksessa käytettiin ns. EFF-luokitusta, joka poistui käytöstä uuden standardin myötä. Uusi luokitus kattaa 2-, 4- ja 6-napaiset pienjännitemoottorit tehoalueella 0,75–375 kW. Standardi kattaa myös räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvat Ex-moottorit. Taulukossa 1 on esitetty uuden standardin mukainen hyötysuhdeluokitettu verrattuna vanhaan.

Taulukko 1 Hyötysuhdevertailu

Uusi luokka	Vanha luokka
IE1 (Standard)	EFF2
IE2 (High)	EFF1
IE3 (Premium)	-
IE4 (Super premium)	-

IE4 -luokan moottoreiden osalta standardointi on alkuvaiheessa ja työ valmistuneen aikaisintaan vuoden 2013 aikana.

Ekologista suunnittelua edistävä direktiivi 2005/32/EC on toinen energia-tehokkaiden moottoreiden yleistymistä edesauttava säädös. Direktiivin tavoitteena on luoda puitteet energiaa käyttävien laitteiden suunnittelua koskeville vaatimuksille. Kullekin laiteryhmälle, kuten moottoreille, asetetut vaatimukset vahvistetaan erillisillä asetuksilla. Moottoreita koskeva ns. MEPS (minimum energy performance standard) on määritelty EU:n direktiivissä 640/2009, ja se määrittelee pakolliset vähimmäisvaatimukset oikosulkumoottoreille. Se otetaan käyttöön vaiheittain vuosien 2011 ja 2017 välillä taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2 Energiatehokkaiden moottoreiden käyttöönoton aikataulu

Ajankohta	Vaatus
16.6.2011 alkaen	Moottoreiden täytettävä hyötysuhdeluokka IE2.
1.1.2015 alkaen	Teholuokassa 7,5–375 kW moottoreiden täytyy täyttää hyötysuhdeluokka IE3 tai IE2 luokan moottorit asennettava taajuusmuuttaja-käyttöisinä.
1.1.2017	Edellä mainitun lisäksi teholuokassa 0,75–7,5 kW moottoreiden täytyy täyttää hyötysuhdeluokka IE3 tai IE2 luokan moottorit asennettava taajuusmuuttajakäyttöisinä.



Varaudu tuleviin tiukentuviin määräyksiin ajoissa

1.3 Hankinnan vaikutus järjestelmään ja prosessiin

Hankittavan moottorin hetkellistä ja tuotannon vaatimaa keskimääräistä tehoa tulisi vertailla. Jatkuvan kulutuksen tyydyttämiseen riittää usein moottorin nimellistehoa vastaava momentti. Hetkelliseen kulutushuippuun voidaan hyödyntää moottorin ylikuormitettavuutta lämpenemän sallimissa rajoissa. Ylikuormitustilanteissa on kuitenkin huolehdittava, että moottorin nimellismomentti on riittävä. On tavallista, että moottorit on mitoitettu harvoin esiintyvän maksimikuormitustilannetta vastaavan tehon ja momentin tai mahdollisesti tulevaisuuden kapasiteetin lisäyksen mukaisen tehon mukaisesti. Tällöin moottori ja myös sähköverkko laitteineen on ylimitoitettu normaaliin käyttötilanteeseen verrattuna. Todellisen käyttötilanteen ja mitoitusperiaatteiden tarkka analysointi vähentää koko järjestelmän ylimitoitusta.

Korvausinvestoinneissa on selvítettävä järjestelmän tai prosessin tehon-tarve riittävän kattavilla sähkön kulutusmittauksilla ja korvattava vanha moottori vastaavilla kulutustiedoilla. Tarvittaessa joko moottoritoimittajat tai konsultit voivat avustaa tehomittauksissa sekä moottorivalinnoissa.

2. Tarjouspyyntö

Tarjouspyynnössä esitetään tyypillisesti erilaisia laitteistolle asetettavia teknisiä vaatimuksia, mutta usein energiankulutukseen liittyvät vaatimukset jäävät vähemmälle painoarvolle. Vaatimuksiin liitetään yleisesti vaatimuksia teknisten ratkaisujen osalta ja erilaisia tavoitetasoja liittyen suoritusarvoihin tai toimintaympäristöön.

Energiatehokkaiden sähkömoottoreiden hankinta ei riitä, vaan koko järjestelmän (sovellus, voimansiirto sekä moottori) osalta on vaadittava energiatehokkuutta. Mahdollisuuksien mukaan järjestelmän energiatehokkuudelle on asetettava konkreettiset tavoitteet. Tavoitteita voivat olla esimerkiksi moot-

torin hyötysuhde vähintään 94,5 % nimellisteholla tai järjestelmän tuottoon sidottu tavoite kuten energiankulutus alle 45 kWh/tn tai laitteen ottama teho korkeintaan 850 kW.

Sovellettavat standardit

Yleisesti moottoreiden mitoituksen ja suunnittelun tulee täyttää kohdemaan kansalliset säädökset. Euroopassa tavallisimmin käytetty standardi koskien sähkömoottoreita on IEC, joka määrittelee myös sähkömoottoreiden päämitat. Muita standardeja ja luokituksia, joissa määritellään sähkömoottoreilta vaadittavia ominaisuuksia, ovat moottorin värinätasoihin, akselin tasapainotukseen ja korroosiosuojakseen liittyvät ISO-standardit sekä räjähdysvaarallisia (ATEX) tiloja koskevat EN-standardit.

Käyttöolosuhteet

Moottorin valintaan vaikuttavat käyttöolosuhteet. IEC-standardin mukaan moottorit mitoitetaan ympäristön lämpötilaan -15 °C – +40 °C. Jos lämpötila poikkeaa näistä esimerkiksi minimilämpötilan osalta ulkoasennuksissa, se on tuotava esille tarjouspyynnössä. Moottorin mitoitusta ympäristön lämpötilan mukaan voidaan arvioida alla olevan taulukon mukaan. On myös hyvä muistaa, että käyttöympäristön lämpötilalla on merkittävä vaikutus moottorin elinikään.

Taulukko 3 Ympäristön lämpötilan vaikutus moottorin nimellisteho

Ympäristön lämpötila / °C	40	45	50	55	60
Sallittu kuormitus nimellisestä / %	100	97	93	90	87

Maksimiasennuskorkeus vaikuttaa moottorin ominaisuuksiin. Mikäli asennuskorkeus on suurempi kuin 1000 metriä meren pinnan yläpuolella, on moottorin nimellistehoa pudotettava standardin mukaan 4 prosenttiyksikköä jokaista 500 metriä kohden.

Muita moottorin mitoitukseen ja valintaan vaikuttavia käyttöolosuhteita ovat kosteus, värinä, melu sekä räjähdysvaaralliset aineet. Edellä mainituista käyttöolosuhteista mainitaan kyseiset vaatimukset tarjouspyynnössä erikseen.

Standardimoottoreiden koot ja käyttötavat

Standardimoottoreiden osalta valitaan standardikoon mukainen moottori. Mikäli moottorin teho osuu standardikokojen väliin, valitaan seuraava suurempitehoinen moottori. Moottorin tavanomaisin käyttöjännite on 400 V / 690 V ja taajuus 50 Hz. IEC:n mukaan sallittu nimellisjännitteen vaihtelu on $\pm 5\%$. Jos tästä poiketaan, se on mainittava tarjouspyynnössä.

Jos moottoria hankitaan taajuusmuuttajakäyttöön, moottorin valinnassa on lisäksi otettava käyttöjännitteen ja moottorin koon mukaan huomioon vahvennetun eristyksen tarve, laakeroinnin eristystarve sekä lisäsuotimien tarve. Vaatimukset korostuvat erityisesti uudemmissa taajuusmuuttajissa.

Moottorien käyttötavat on määritelty standardissa IEC 60034-1. Valtaosassa moottoreista mitoitus ja valinta perustuvat jatkuvaan käyttöön (tunnus S1). Moottori toimii tällöin vakiokuormituksella niin pitkän ajan, että loppulämpötila saavutetaan. Muiden käyttötapojen osalta standardin mukaiset muut käyttötavat on esitetty liitteessä E.

Moottorin rakenne

Standardimoottoreiden runkomateriaali vaihtelee moottorin koon ja hyötysuhteen mukaan. Pienemmät ja hyötysuhteeltaan heikommat moottorit ovat yleensä alumiinia tai valurautaa. Korkeamman hyötysuhteen moottorit ja suuremmat moottorit ovat tavallisesti valurautaa. Teollisuudessa käytetyt moottorit ovat yleensä aina rungoltaan valurautaa. IEC-standardin mukaan moottorit ovat rakenteeltaan suljettuja koneita, jotka siten soveltuvat hyvin erilaisiin käyttöolosuhteisiin. Erikoismoottoreissa suojausluokka voi olla parempi, mutta ne on erikseen määriteltävä tarjouspyynnössä. Rakenteeltaan suljettujen moottoreiden tavallisin jäähdytystapa on akselille asennettujen puhaltimien avulla saavutettava sisäinen suljettu ilman kierto sekä rungon ulkovaipan jäähdytys. Standardin mukainen jäähdytystapa on IC 411. Vakio-momenttikäytöissä on lisäksi käytössä erillistuulettimia, joissa tuulettimen toiminta on riippumaton koneen pyörimisnopeudesta. Jäähdytystapa on tällöin IC 416.

Moottorin käämityksen eristyksen luokat ja niitä vastaavat käämityksen lämpenemät on esitetty liitteen D taulukossa. Nykyisin moottoreissa on tavallisesti F-luokan eristys ja sallittu lämpenemä on mitoitettu B-luokkaan. Tällöin ympäristön maksimilämpötilassa 40 °C käämityksen sallittu lämpenemä on 80 °C. Moottorien käämityksen eristysluokan ollessa F, moottorin mitoitus F-luokan lämpenemään olisi myös mahdollista. Tällöin moottorin koko pienenisi ja hinta olisi alempi, mutta samalla käyttökustannukset nousisivat huoltovälin lyhetyssä. Mitoituksessa on myös muistettava, että ympäristön lämpötilan ollessa korkeampi pienenee sallittu lämpenemä vastaavasti.

IEC-standardissa on määritelty standardimitat moottorien päämitoille eri asennustavoilla. Vanhaa moottoria vaihdettaessa on syytä kiinnittää huomiota asennusmittoihin, koska uudet moottorit ovat tyypillisesti runkokooltaan pienempiä. Tarvittaessa on asennettava sovitusalusta moottorin ja alustan väliin, jotta moottorin akselikorkeus saadaan halutulle tasolle. Yhteen suuntaan pyörivissä moottoreissa pyörimissuunta on määriteltävä. IEC-standardin mukaan pyörimissuunta määritellään myötä- tai vastapäivään pyöriväksi, kun moottorin akselia katsotaan edestäpäin.

Moottorin tasapainotuksesta määritellään standardissa ISO 1940 ja ISO 8821. Tasapainotus tehdään tavallisesti puolella kiilalla.

Useimmissa tapauksissa moottorin standardikuulalaakerointi on riittävä. Laakeroinnin eliniäksi (L10) riittää normaalisti 40 000 tuntia. Mikäli käyttöympäristö on kuumempi tai moottorin laakereille kohdistuu tavanomaista suurempia rasituksia, esimerkiksi radiaalivoimia, ne on mainittava tarjouspyynnössä. Tällöin moottorivalmistaja voi tarvittaessa vaihtaa laakerin tai laakerit toisen tyyppisiksi. Hihnäkäyttö on tyypillinen esimerkitapaus, jossa moottorin laakereille kohdistuu normaalia suurempia radiaalivoimia. Tavallisesti kuulalaakerin sijaan käytetään rullalaakeria. Tavanomaista korkeammissa ympäristön lämpötiloissa laakereiden voiteluväliä voidaan joutua lyhentämään tai rasvatyyppiä vaihtamaan. Moottoreiden huolto-oppaasta selviää tarkemmat yksityiskohdat käytön aikaisesta kunnossapidosta. On syytä huomioida, että taajuusmuuttajien käytön yhteydessä laakerivirtaongelmien välttämiseksi saattaa olla tarpeen käyttää eristettyjä laakereita.

Lisäksi moottorin rakenteeseen voi kohdistua muita vaatimuksia riippuen käyttöpaikasta tai olosuhteista. Näitä voivat olla mm.

- tuulettimen ja tuulettimen kopan materiaali
- muiden osien materiaali, esimerkiksi liitântäkotelot
- maalaus ja maalisävy (määriteltävä erikseen, mikäli poikkeaa valmistajan standardimaalauksesta / -värisävyistä)
- muut mahdolliset lisävarusteet tai vaatimukset
 - ulkoasennuksissa tyypillisesti lämmitysvastus
 - liitântäkotelon suunta
 - käämityksen ja laakeroinnin lämpötilavalvonta
 - korkeampi suojausluokka
 - suojukset ulkokäytössä
 - melukoppa.

Koestus

Moottoreiden koestuksessa riittää usein valmistajan rutiinikoe. Rutiiniko-
keessa mitataan tyypillisesti vaiheiden resistanssi, eristysvastusmittaukset
käämityksen lämpötila-antureista, lämmitysvastuksesta (jos asennettu),
käämityksen lämpötilamittauselementeistä ja laakeroinnin eristyksestä (jos
asennettu). Rutiiniko-keessa tehdään lisäksi tyhjäkäyntikoe, oikosulkukoe,
pyörimissuunnan tarkistus sekä mahdollisesti laakeroinnin tärinämittaukset.

Erikoismoottoreissa tai Ex-moottoreissa vaatimuksena on moottori-
kohtainen lajikoe. Lajikokeen sisältö saattaa hieman vaihdella esimerkiksi
asiakasspesifikaation tai luokituslaitosten vaatimusten mukaan. Tyypillisesti
lajikoe sisältää edellisten mittausten lisäksi tavallisesti kuormituskokeen,
käynnistysvirran ja -momentin mittauksen, ylikuormakokeen, ylinopeusmit-
tauksen, hyötysuhteen ja tehokertoimen mittaukset sekä melumittaukset ja
yliäänitemittaukset.

Dokumentaatio

Tarjouspyynnön yhteydessä on hyvä myös määritellä, mitä dokumentaatiota moottorivalmistajalta vaaditaan. Määrittelyssä tulee näkyä ainakin dokumentaation kieli, mittayksiköt sekä halutaanko dokumentti paperisena tai sähköisenä versiona vai molempina. Dokumentaation tulisi sisältää vähintään

- mittapiirustukset
- momenttikäyrä
- käynnistysajat vaadittujen käynnistyskertojen mukaisesti
- testiraportit
- käyttö- ja huoltomanuaalit
- suositeltavat varaosat.

Voimansiirto ja kuormakone

Moottori ja työkone voidaan kytkeä toisiinsa erilaisin mekaanisin tavoin. Yksinkertaisin tapa on käyttää kytkintä. Tällöin voimansiirron häviöt ovat minimaaliset. Muita vaihtoehtoja voimansiirrolle (suluissa tyypilliset hyötysuhteet) on

- vaihde
 - hammas, suorahammas (n. 98 %)
 - hammas, kartiohammas (n. 98 %)
 - kulunut hammas (n. 50–96 %)
- hihnaveto
 - kiilahihna (92–94 %)
 - lattahihna (96–98 %)
 - hammashihna (96–98 %)
- ketju (96–98 %)
- nestekytkin (93–96 %).

Laitteelle valitaan mahdollisimman energiatehokas voimansiirtotapa. Moottorin käynnistysominaisuuksien mitoittamiseksi tarvitaan kuormakoneesta momenttikäyrä ja hitausmomentti. Tarjouspyynnössä tulisi mainita moottorilta vaadittavat käynnistykset sekä nimellisjännitteellä että minimijännitteellä. Lisäksi voidaan määritellä maksimikäynnistysvirta. Voidaan esimerkiksi määritellä, että moottorin tulee suoriutua kolmesta peräkkäisestä käynnistyksestä ympäristön lämpötilassa ja kahdesta peräkkäisestä käynnistyksestä käyttölämpötilassa nimellisjännitteellä sekä alennetulla jännitteellä (esimerkiksi 80 % nimellisestä jännitteestä). Lisäksi maksimikäynnistysvirraksi määritellään yleensä 7 kertaa nimellisvirta.

Elinkaarilaskenta

Elinkaarilaskelmia varten on määriteltävä tarkasteltavan moottorin tai järjestelmän taseraja, tarkastelujakso ja laskentakorkokanta. Mikäli energiankulutustietoja ei ole saatavilla, energiakustannukset on laskettava valitulla vuotuisella käyttöajalla ja energian hinnalla.

Vanhoja moottoreita uusittaessa tulee selvittää moottoreiden nykyinen sähkönkulutus ja vaatia, että uusien moottoreiden energiankulutus on tämän alapuolelle. Täten saavutetaan parempi hyötysuhde. Yleensä laitteistoissa on energiansäästöpotentialia. Lisäksi vanhaa moottoria vaihdettaessa on syytä tarkistaa sen päämitat, jotta mahdollinen sovitusalusta osataan mitoittaa oikein. Säästöpotentialin arvioimisessa voi käyttää apuna esimerkiksi erillismittauksia tai kohdennettua energia-analyysia.



Selvitä ja ilmoita moottorin mitoitusarvot

2.1 Tarjouspyynnössä ilmoitettavat asiat

Tarjouspyynnössä on hyvä mainita mahdollisimman tarkasti ja täsmällisesti sähkömoottorilta vaadittavat ominaisuudet. Tarjouspyyntöön tulee sisällyttää minimivaatimukset, joita ovat

- sovellettavat standardit
- käyttöolosuhteet
- teho ja jännite
- rakenne
- hyötysuhde
- voimansiirto ja työkone
- käynnistysvaatimukset
- koestusvaatimukset ja huolto-opas
- dokumentaatio
- kustannusten laskenta.

Liitteessä F on esitetty esimerkki vaatimuksista.

Tarjouspyynnössä tulisi vaatia myös seuraavia asioita:

- Laitteistossa on käytettävä energiatehokkaita ja kestäviä ratkaisuja.
- Laitteiston tulee tarjota hyötysuhteeltaan parhaita mahdollisia laitteita.
- Laitteistossa on vältettävä turhaa ylimitoitusta.



Aseta tavoitteet ja vaadi energiatehokkuutta

2.2 Tarjouksessa ilmoitettavat asiat

Tarjouksessa tulee ilmoittaa hankittavasta laitteistosta

- tekniset tiedot moottorin ominaisuuksista
- tarvittavat tiedot elinkaaren kustannuslaskelmaa varten sisältäen mm. investointikustannukset, energiakustannukset, tyypilliset huoltokustannukset ja huoltovälit sekä mahdollisten keskeisten varaosien kustannukset
- maininta kohdan 2.1 vaatimusten sisällyttämisestä toimitukseen.



Vaadi suoritusarvot tarjoukseen



Painota elinkaarikustannuksia

3. Tarjousten arviointi

Ennen varsinaista valintaa tulee varmistaa, että kaikissa tarjouksissa on ilmoitettu kohdassa 2.1 luetellut asiat. Moottorien energiatehokkuutta kannattaa tutkia ja vertailla.

- Tarkista, että moottorin tekniset vaatimukset täyttyvät.
- Tarkista, että moottorin energiatehokkuus on tavoitteen mukainen.
- Pyydä täydennystä, jos tarjouksissa on puutteita.
- Jos jonkin tarjouksen arvot poikkeavat huomattavasti tavoitetasosta tai muista tarjouksista, pyydä selvitystä asiasta.



Tarkastele ja vertaile suoritusarvoja

3.1 Tarjousten vertailu ja moottoreiden valinta

Valitessasi laitteistoa, ota huomioon muiden valintakriteerien lisäksi energiakustannukset. Seuraavien tarkastelujen suorittamista suositellaan.

- Tutki ja vertaile eri moottoreiden elinkaarikustannuksia ja mieti, onko tässä investoinnissa käyttökustannukset merkittävämmässä asemassa kokonaisuuden kannalta kuin hankintahinta.
- Valittuasi laitteiston, tarkastele uudelleen sen vaikutuksia sähkön kulutukseen.



Tutki kokonaiskustannuksia



Tarkasta energiatehokkuus

4. Sopimus ja täytäntöönpano

Tehdessäsi toimitussopimusta muista sisällyttää kohdan 2.1 mukaiset vaatimukset sopimukseen. Jos jokin maksuerä maksetaan vasta takuuajan loputtua, vaadi että laitteiston energiatehokkuuden säilyminen tavoitetasolla on maksun ehtona.



Sitouta toimittaja energiatehokkuuteen

4.1 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastuksessa on muistettava

- tarkastaa, että moottorin arvokilpi on tilauksen tai sopimuksen mukainen
- tarkastaa, että moottorille on tehty asianmukaiset tehdaskoestukset
- tarkastaa, että moottori on asennettu ohjeiden mukaisesti
- tarkastaa, että laite toimii moitteettomasti ja tavoitteiden mukaisesti
- mitata moottorin energiankulutus käytön aikana ja verrata sitä määriteltyyn
- tarkastaa ja mitata kohdassa 2.1 luetellut asiat
- tarkastaa, että huolto-ohjeissa on selostettu selkeästi moottorin huoltokohteet, huoltovälit, toimenpiteet ja varaosat
- tarvittaessa sopia kunnossapitohenkilöstön kouluttamisesta moottorin huoltoon.



Mittaa laitteisto



Muista huolto

4.2 Takuuaika

Takuuaikana ostajalla on vielä mahdollisuus korjauttaa tai vaihdattaa moottori toimittajan toimesta, jos laitteisto ei saavuta luvattuja suoritusarvoja. Tarkkaile laitteiston toimintaa ja tee ennen takuuajan päättymistä tarkastus. Vaadi tarvittaessa korjaustoimenpiteitä.



Vaadi takuunaikaisia korjauksia tarvittaessa

5. Moottoreiden käyttö ja seuranta

Kun olet ottanut laitteiston käyttöön, muista

- mitata moottorin sähkönkulutus uuden laitteen käytön aikana
- analysoida koko järjestelmän suorituskky
- huolehtia siitä, että laitteiston huolto-ohjelmassa on otettu huomioon moottorit ja että huolto-ohjelmaa noudatetaan
- mitata laitteen energiankulutusta säännöllisesti
- miettiä miten voisit parantaa laitteen energiatehokkuutta laitteiston käyttökokemuksen karttuessa
- kehittää hankintaprosessia sekä arvioida ja antaa palaute tarjoajalle.



Seuraa ja paranna jatkuvasti

5.1 Käytön aikainen kunnossapito

Käytön aikaisessa kunnossapidossa tulee noudattaa moottoritoimittajan kunnossapitosuosituksia. Huolto-ohjelmissa on yleensä esitetty vähimmäistaso moottoreiden kunnossapidolle. Moottorin käyttöolosuhteiden ollessa vaativat tai moottorin luotettavan toiminnan ollessa elintärkeää, moottoritoimittajan suosittelemien huoltotöiden lisäksi laitteiston kunnossapitoa on täydennettävä omilla tarkistuksilla ja kunnossapitotöillä. Moottorin säännönmukainen kunnossapito perustuu käyttötunteihin. Moottorivalmistajilla on tyypillisesti valmiit huolto-ohjelmat eri käyttötunneille. Niiden noudattaminen on tärkeää moottorin hyvän käytettävyyden vuoksi.

Kunnossapidossa on myös huolehdittava, että käyttöolosuhteet ovat kunnossa. Moottorin jäähdytysilman (moottoritilan) tulee olla puhdasta, jottei moottoreiden pinnalle kerry likaa ja pölyä heikentämään moottorin jäähdytystä. Moottoritilojen ilmanvaihdon tulee toimia riittävän tehokkaasti, jotta jäähdytysilman lämpötila pysyy määritellyllä tasolla. Näin vältetään moottorin turhalta ylikuumenemiselta.



Noudata moottoritoimittajan huolto-ohjelmaa ja tee täydentäviä kunnossapitotöitä tarvittaessa

Liite A

Esimerkkilaskelma 1

	Moottori A Nykyinen	Moottori B Uusi	Moottori C Uusi
Hyötysuhdeluokka		IE3	IE2
Teho (kW)	5,5	5,5	5,5
Hyötysuhde (%)	81,0	89,6	87,7
Hankintahinta (€)	-	400	300
Käyntiaika (h/vuosi)	8 000	8 000	8 000
Häviöt (kWh/vuosi)	10 321	5 107	6 171
Energian hinta (€/kWh)	60	60	60
Häviöt (€/vuosi)	619	306	370
Energiansäästö verrattuna nykyiseen(kWh)	-	5 214	4 150
Energiansäästö verrattuna nykyiseen (€)	-	313	249
Takaisinmaksuaika verrattuna nykyiseen	-	1,3	1,2

IE3- ja IE2-moottorin investointikustannuksen erotuksen takaisinmaksuaika

Energiansäästö investoitaessa IE3-moottoriin (kWh)	1 064
Energiansäästö verrattuna nykyiseen (€)	64
Takaisinmaksuaika investoitaessa IE3-moottoriin (a)	1,6

IE3- ja IE2-moottorin elinkaaren aikainen kannattavuusero

Korkokanta 10 %	
Laskenta-aika 30 vuotta	
Muut laskentaoletukset kuten edellä	
Huoltokustannukset 50 €/vuosi	
Investointieron nettohyötyarvo (€)	498
Jos käyntiaika laskee 7 000 tuntiin, on investointieron nettohyötyarvo (€)	423
Jos energian hinta nousee 70 €/MWh, on investointieron nettohyötyarvo (€)	598
Jos energian hinta laskee 50 €/MWh, on investointieron nettohyötyarvo (€)	398
Jos investointiero kutistuu 50 euroon, on investointieron nettohyötyarvo (€)	548



**Investointi energiatehokkaimpaan moottoriin
kannattaa pitkällä aikavälillä**

Liite B

Esimerkilaskelma 2

Tasavirtamoottorin vaihto oikosulkumoottoriksi	Vanha	Uusi
Moottorin koko (kW)	200	200
Moottorin ja DC käytön hyötysuhde (%)	88,0	
Moottorin ja AC käytön hyötysuhde (%)		92,0
Käyttötunnit / vuosi	7 500	7 500
DC moottorin hiilet ml. vaihtotyö (€/vuosi)	900	
DC moottorin täyshuolto joka 6. vuosi, kustannus / vuosi (€/vuosi)	1 000	
Sähkön hinta (€/MWh)	60	60
Investointikustannus moottori + taajuusmuuttaja (€)		45 000
Sähkön kulutus (MWh/a)	1 704,5	1 630,4
Energiansäästö (MWh/a)		74,1
Energiansäästö (€/a)		4 446
Investoinnin takaisinmaksuaika		7,1
Investoinnin takaisinmaksuaika TEM:n investointituki huomioituna (tuki 25%)		5,7

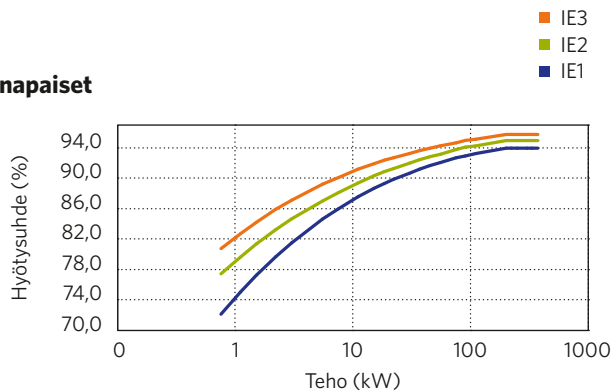


Muista ottaa huomioon säästö käytössä ja kunnossapidossa investointilaskelmissa

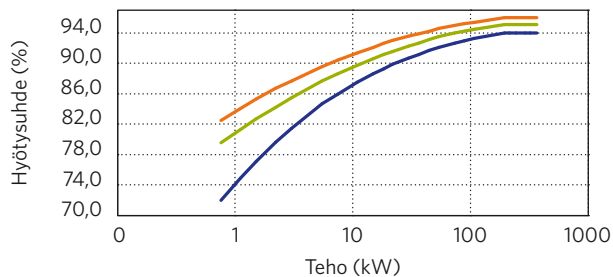
Liite C

Moottoreiden uudet hyötysuhdeluokat

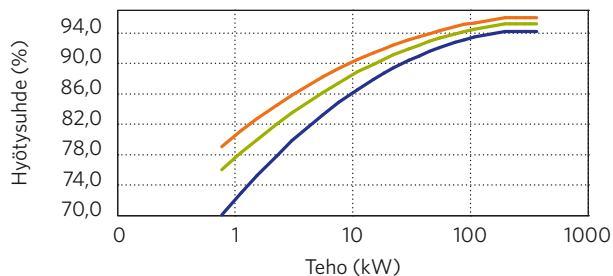
Hyötysuhdeluokat 2-napaiset



Hyötysuhdeluokat 4-napaiset

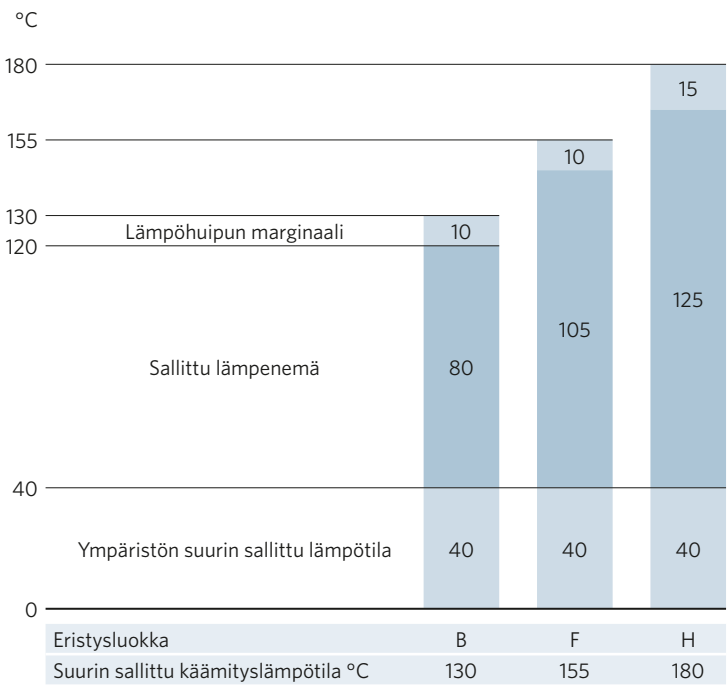


Hyötysuhdeluokat 6-napaiset



Liite D

Moottoreiden eristysluokat ja sallitut lämpenemät



Liite E

Käyttötavat

Sähkökoneen nimelliskäyttötavat merkitään S1-S9 standardin IEC 60034-1 mukaan.

S1 jatkuva käyttö

Kone toimii vakiokuormituksella niin pitkän ajan, että loppulämpötila saavutetaan. Leimaus: S1.

S2 Lyhytaikainen käyttö

Kone toimii vakiokuormituksella määrätyn, niin lyhyen ajan, että loppulämpötilaa ei saavuteta. Jokaista toiminta-aikaa edeltää niin pitkä tauko, että kone saavuttaa ympäröivän ilman tai muun jäähdytysaineen lämpötilan. Suositellaan käyttöaikoja 10, 30, 60 ja 90 min. Leimaus esim. S 2 60 min.

S3 Jaksollinen ajoittaiskäyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu toiminta-aika vakiokuormituksella sekä seisonta-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Käynnistykset eivät sanottavasti vaikuta lämpenemiseen. Ajoittaiskäyttökerroin on 15, 25, 40 tai 60 %. Jakson pituus on 10 min. Leimaus esim. S3 25 %.

S4 Jaksollinen käynnistyskäyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu käynnistysaika, toiminta-aika vakiokuormituksella sekä seisonta-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Tässä käytössä moottori pysähtyy luonnollisella tavalla hidastuen tai mekaanisella jarrulla jarruttaen, jolloin moottori ei rasitu termisesti.

Leimauksessa on käytettävän jälkeen ilmoitettava ajoittaiskäyttökerroin, jaksojen lukumäärä tunnissa (c/h), moottorin hitausmomentti J_M moottorin nimellisaikaudelle redusoitu kuorman hitausmomentti J_{ext} ja sallittu keskimääräinen nopeuden muutoksen aikana esiintyvä vastamomentti T_v nimellismomentin avulla ilmoitettuna.

Leimaus esim. S4 - 25% - 120 c/h - $J_M = 0,1 \text{ kgm}^2$ - $J_{ext} = 0,1 \text{ kgm}^2$ - $T_v = 0,5 T_n$

S5 Jaksollinen käynnistys- ja jarrutuskäyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu käynnistysaika, toiminta-aika vakiokuormituksella, jarrutusaika ja seisa-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Tässä käytössä käytetään sähköistä jarrutusta, esim. vastavirtajarrutusta.

Leimauksessa on käytettävän jälkeen ilmoitettava ajoittaiskäyttökerroin, jaksojen lukumäärä tunnissa c/h, moottorin hitausmomentti J_M , kuorman hitausmomentti J_{ext} ja sallittu vastamomentti T_v (katso käyttöä S4).

Leimaus esim. S5 - 50% - 120 c/h - $J_M = 1,3 \text{ kgm}^2$ - $J_{ext} = 2,6 \text{ kgm}^2$ - $T_v = 0,3 T_n$

S6 Pysähtymätön ajoittaiskäyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu toiminta-aika vakiokuormituksella sekä tyhjääkäyntiaika. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Ajoittaiskäyttökerroin on 15, 25, 40 tai 60 %. Jakson pituus on 10 min. Leimaus esim. S6 40 %.

S7 Keskeytymätön käynnistys- ja jarrutuskäyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu käynnistysaika, toiminta-aika vakiokuormituksella sekä jarrutusaika. Jarrutus tapahtuu sähköisesti (esim. vastavirtajarrutus). Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana.

Leimauksessa on käytettävän jälkeen ilmoitettava ajoittaiskäyttökerroin, jaksojen lukumäärä tunnissa c/h, moottorin hitausmomentti J_M , kuorman hitausmomentti J_{ext} ja sallittu vastamomentti T_v (katso käyttöä S4).

Leimaus esim. S7 - 500 c/h - $J_M = 0,08 \text{ kgm}^2$ - $J_{ext} = 0,08 \text{ kgm}^2$ - $T_v = 0,3 T_n$

S8 Pysähtymätön määräjaksollinen käyttö

Käyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja. Jokaiseen jaksoon kuuluu toiminta-aika vakiokuormituksella määrättyllä nopeudella, jota välittömästi seuraa toiminta-aika toisella nopeudella ja toisella vakiokuormituksella. Pyörimisnopeuksia voi olla kaksi tai useampia. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Tällainen käyttö tulee kysymykseen esim. napavaihtokoneilla.

Leimauksessa on käyttötavan jälkeen ilmoitettava ajoittaiskäyttökerroin, jaksojen lukumäärä tunnissa c/h , moottorin hitausmomentti J_M , kuorman hitausmomentti J_{ext} , sallittu vastamomentti T_v (katso käyttöä S4) ja ajoittaiskäyttökerroin jokaiselle pyörimisnopeudelle.

Leimaus esim.

$$S8 - J_M = 2,2 \text{ kgm}^2 - J_{ext} = 40 \text{ kgm}^2$$

$$30 \text{ c/h} - T_v = T_n - 24 \text{ kW} - 740 \text{ r/min} - 30 \%$$

$$30 \text{ c/h} - T_v = 0,5 T_n - 60 \text{ kW} - 1460 \text{ r/min} - 30 \%$$

$$30 \text{ c/h} - T_v = 0,5 T_n - 45 \text{ kW} - 980 \text{ r/min} - 40 \%$$

Kuormitus- ja pyörimisnopeusyhdistelmät leimataan siinä järjestyksessä kuin ne esiintyvät käytössä.

S9 Käyttö vaihtelevalla kuormalla ja nopeudella

Käyttö muodostuu sallitulla käyttöalueella tapahtuvista kuorman ja nopeuden vaihteluista, jotka yleensä eivät ole jaksollisia. Tämä käyttö sisältää usein tapahtuvia ylikuormituksia, jotka voivat merkittävästi ylittää nimelliskuormaa. Ylikuormituksen suuruus on huomioitava moottorin nimellistehon valinnassa.

S10 Käyttö vaihtelevalla kuormalla ja nopeudella

Käyttö muodostuu enintään neljästä osajaksosta erisuurella vakiokuormalla. Käyttöaika kullakin vakiokuormalla on niin pitkä, että loppulämpötila saavutetaan.

Huom! IEC 60034-30 standardin määrittelemät käyttötavat IE2-IE3-energiansäästömoottoreille ovat vain S1 ja S3, muut käyttötavat ei kuulu standardin määritelmään.

Liite F

Hankinnan muistilista

Rasti tai kirjoita soveltuvin osin.

Sovellettava standardit - IEC - Jos muu, mikä	IEC
Käyttöolosuhteet - Ympäristön lämpötila (min -15°C / max. +40°C, IEC:n mukaan) - Asennuskorkeus <1000 m - Muut mahdolliset moottorin rakenteeseen tai mitoitukseen vaikuttavat tekijät: - Jos kyllä, listataan erikseen	Minimi -30 °C, maksimi 40 °C Alle 1000 m Ei
Teho ja jännite - Moottorin nimellisteho - Käyttöjännite 400 V / 690 V - Jos muu, mikä - Jännitteen vaihtelu ±10 % - Jos muu, mikä - Suora verkkokytkentä (taajuus 50 Hz), pyörimisnopeus / napaluku - Taajuusmuuttajakäyttö - Käyttötapa, Jatkuva käyttö S1 - Muu, mikä ks. liite E	30 kW 400 V ±10 % Suoraan verkkoon kytkettävä, 1500 rpm Jatkuva käyttö
Rakenne - Runkomateriaali - Valurauta, alumiini, teräs - Suojausluokka (IP luokitus) IP 55 - Jäähdytystapa (IC luokitus) IC 411 - Eristysluokka F ja sallittu lämpenemä B - Päämitat ja asennusasento IEC - Moottorin pyörimissuunta - Laakerointi, kuulalaakerit molemmissa päissä - Muut vaatimukset	Valurauta IP55 IC411 F/F IEC:n mukaan Molempiin suuntiin Kuulalaakerit Minimikäyttölämpötila -30 °C

Hyötysuhde - Noudattaa IEC 60034-30 standardin vaatimuksia - Hyötysuhde luokka IE3	<i>IE3:n mukainen moottori</i>
Voimansiirto ja työkone Tarjouspyynnön yhteydessä tarvittavat tiedot annettu moottorivalmistajalle KYLLÄ/EI	<i>Kyllä, pumppukäyttö, pumpun momenttikäyrä ja hitausmomentti annettu, kytkinkäyttö</i>
Käynnistysvaatimukset Määritelty KYLLÄ/EI	<i>3 käynnistystä kylmästä / 2 lämpimästä</i>
Koestusvaatimukset ja huolto-opas - Tehdaskoestukset tehty / koestusraportti saatu - Huolto-opas saatu moottoritoimituksen yhteydessä	<i>Toimitettava moottorin mukana Toimitettava moottorin mukana</i>
Dokumentaatio Määritelty KYLLÄ/EI	<i>Valmistajan standardidokumentaatio</i>
Kustannusten laskenta - Taserajan määrittely KYLLÄ/EI – selvitysraja, komponentit - Laskentaparametrit määritelty KYLLÄ/EI	<i>Kyllä</i> <i>Kyllä</i>

Muistiinpanoja

Motiva

Urho Kekkosen katu 4-6 A
PL 489
00101 Helsinki

Puh. 0424 2811
Faksi 0424 281 299
www.motiva.fi

