

Henri Keskitalo

**VANHOJEN ENERGIATEHOTTOMIEN AC-MOOTTOREIDEN
KORVAUSSUUNNITELMA UUSIIN IE3-LUOKAN SÄHKÖMOOTTOREIHIN**

**VANHOJEN ENERGIATEHOTTOMIEN AC-MOOTTOREIDEN
KORVAUSSUUNNITELMA UUSIIN IE3-LUOKAN SÄHKÖMOOTTOREIHIN**

Henri Kesitalo
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Henri Kesitalo
Opinnäytetyön nimi: Vanhojen energiatehottomien AC-moottoreiden korvaussuunnitelma uusiin IE3-luokan sähkömoottoreihin
Työn ohjaaja: Heikki Takalo-Kippola
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 37 + 4 liitettä

Työssä tehtiin Stora Enson Oulun tehtaiden paperikone 6:lle vanhojen energiatehottomien AC-moottoreiden korvaussuunnitelma uusiin IE3-energialuokan sähkömoottoreihin. Työn tilaajana toimi Efora Oy, joka on Stora Enso Oy:n tytäryhtiö ja vastaa yrityksen kunnossapidosta.

Työssä käytettiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmää korvausta tarvitsevien oikosulkumoottoreiden etsintään. SAP-järjestelmästä saadut moottorit rajattiin tehon, paperikoneen osastojen ja käyttöönottopäivän mukaan. Työn tavoitteena oli etsiä moottoreiden huoltohistorian mukaan useaan kertaan käämittyjä moottoreita. Huolto raporttien vähäisyyden vuoksi päätettiin vaihtaa kaikki jo listalla olevat HXUR-, HXA- ja HXR-sarjatunnusten moottorit. Näiden sarjatunnusten moottorit ovat vanhimpia ja todennäköisesti eniten vaihtoa tarvitsevia moottoreita.

Vanhojen moottoreiden tilalle valittiin moottorikatalogista paremman hyötysuhteen moottorit. Moottorien asentamisen näkökulmasta vertailtiin uuden ja vanhan moottorin kokoa. Todettiin, että uusi moottori on vanhaa pidempi ja sen vuoksi moottoreiden asennuspaikat tarkistettiin. Tarkistuksien jälkeen varmistuttiin mahdollisuudesta asentaa suurin osa uusista moottoreista suoraan vanhojen paikalle. Lopuille moottoreille suunniteltiin asennuspaikan muutosta.

Työn tuloksena syntyi Excel-tiedosto, johon on koottu vanhojen moottoreiden tilalle valitut moottorit, uusien ja vanhojen moottoreiden pituuden ja hyötysuhteen vertailu sekä moottoreiden hankinnan kannalta tärkeät laskelmat. Työssä julkaistiin kaikkien uusien moottoreiden hankintakustannukset, vuosittaiset säästöt ja takaisinmaksuaika. Moottoreiden hinnat ovat salaisia, joten niitä ei julkaistu työssä.

Asiasanat: AC-moottori, hyötysuhde, oikosulkumoottori

ALKULAUSE

Haluan kiittää Eforan kunnossapitopäällikkö Jarmo Lapinniemeä, kunnossapitoinsinööri Mikko Litowia ja kunnossapitoinsinööri Ilpo Elevaaraa opinnäytetyön ohjaamisestani sekä Eforaa mahdollisuudesta tulla tekemään opinnäytetyötäni heidän yritykseensä. Lisäksi haluan kiittää koulun opinnäytetyön ohjaajaani lehtori Heikki Takalo-Kippolaa.

Työn aikana opin paljon uutta sähkömoottoreista ja siitä, mikä merkitys on normaalia paremman hyötysuhteen moottorilla niin yrityksen kuin ympäristönkin kannalta. Uskon yrityksen hyötyvän suunnitelmastani, kun moottoreidenvaihto on ajankohtaista.

Oulussa 31.5.2018

Henri Keskitalo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Efora Oy.....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
2 VAIHTOSÄHKÖMOOTTORIT.....	8
2.1 Oikosulkumoottori.....	8
2.1.1 Oikosulkumoottorin rakenne.....	8
2.1.2 Oikosulkumoottorin toiminta.....	9
2.2 Moottoreiden lajimerkit ja asennusasennot.....	10
2.2.1 Moottoreiden lajimerkit.....	11
2.2.2 Moottoreiden asennusasento.....	13
3 HYÖTYSUHDE JA MOOTTORIN KUSTANNUKSET.....	15
3.1 Hyötysuhdeluokat.....	16
3.2 Sähkömoottorin hyötysuhteen määrittäminen.....	19
3.3 Sähkömoottorin elinkaarikustannukset.....	21
4 MOOTTOREIDEN KARSIMINEN.....	23
4.1 Moottoreiden haku SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä.....	23
4.2 Moottoreiden karsiminen Excel-taulukosta.....	24
4.3 Moottoreiden huoltohistorian tutkiminen.....	25
4.4 Moottoreiden valinta ja paikkojen tarkistus.....	26
5 MOOTTOREIDEN HANKINTAKUSTANNUKSET.....	29
5.1 Laskuesimerkki keksityillä moottorin hinnoilla.....	29
5.2 Sähkömoottoreiden hankinnan kokonaiskustannukset ja säästöt.....	33
6 YHTEENVETO.....	34
LÄHTEET.....	36
LIITTEET	
Liite 1 HXUR:n tekniset arvot	

Liite 2 HXUR:n mittapiirustus

Liite 3 M3BP:n tekniset arvot

Liite 4 M3BP:n mittapiirustus

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tehdään vanhoille energiatehottomille oikosulkumoottoreille korvaussuunnitelma uusiin IE3-luokan moottoreihin. Työ sijoittuu Stora Enson Oulun tehtaan paperikone 6:een ja sen tiloissa oleviin moottoreihin. Työn tilaajana toimii Efora Oy.

1.1 Efora Oy

Efora Oy on vuonna 2009 perustettu kunnossapito- ja konetekniikanpalveluihin erikoistunut yritys, joka on Stora Enson tytäryhtiö. Efora hallitsee teollisuuden tuotantolinjojen elinkaaren, maksimoi tuotantotehokkuuden ja turvaa häiriöttömän käynnin älykkäillä ratkaisuilla. Efora syntyi, kun Stora Enson Oulun, Veitsiluodon ja Uimaharjun tehtaiden kunnossapidosta vastannut Fortek ja Imatran tehtaiden kunnossapidosta vastannut Saimaa Service sekä Varkauden tehtaan kunnossapidosta vastannut Varenso yhdistyivät vuonna 2009. Efora toimii Suomessa tällä hetkellä yhdeksällä paikakunnalla ja työllistää noin 930 ammattilaista. Yrityksen liikevaihto oli 191 miljoonaa euroa vuonna 2007 (1; 2.)

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on saada valmiiksi moottoreiden vaihdosta suunnitelma, jota Efora hyödyntää tulevaisuudessa, kun yritys kokee ajan oikeaksi. Työn tavoitteena on löytää vanhojen moottoreiden tilalle uuden energialuokan moottorit, joiden hyötysuhde on parempi kuin vanhojen moottoreiden. Tämän ansiosta yritys säästää energiakustannuksissa tulevaisuudessa. Työssä esitetään laskelmia energiatehokkaamman moottorin vaihdon vaikutuksista energiakustannuksiin. Työssä ei kerrota uusien moottoreiden hintoja, sillä ne ovat ainoastaan Efora Oy:n omaisuutta.

2 VAIHTOSÄHKÖMOOTTORIT

Vaihtosähkömoottori koostuu kiinteästä ja pyörivästä osasta. Kiinteää osaa kutsutaan staattoriksi ja pyörivää osaa roottoriksi tai ankkuriksi. Staattorin ja roottorin magneettikentät tuotetaan joko kestmagneeteilla tai sähkökäämeillä. Jotta staattori ja roottori johtaisivat hyvin magneettikenttää, ne on tehty raudasta. (3, s. 255 - 256.)

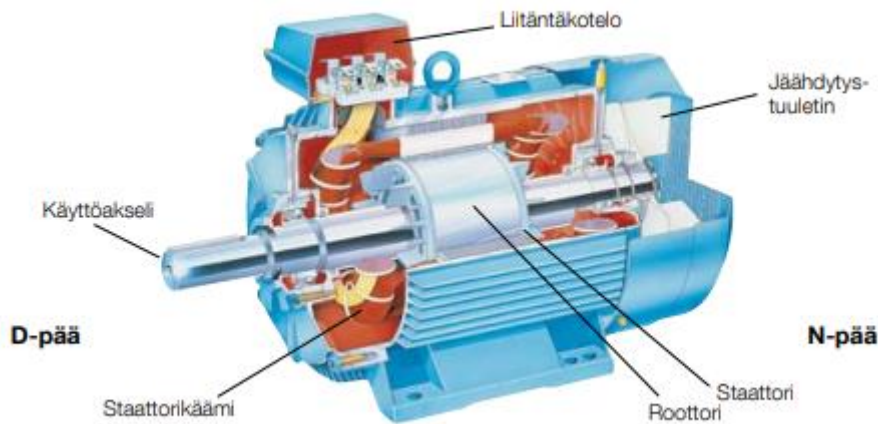
Vaihtosähkömoottorit jaetaan roottorin rakenteen perusteella oikosulku-, kestmagneetti- ja reluktanssimoottoreihin. Näillä kaikilla moottorirakenteilla on samanlainen staattorikäily, joka synnyttää staattoriin pyörivän magneettikentän. Vaihtosähkömoottoreiden pyörimisnopeutta voidaan muuttaa portaittain muuttamalla staattorikäilyksen napalukua tai portaattomasti säätämällä syöttöjännitteen taajuutta taajuusmuuttajalla. (3, s. 255 - 256.)

2.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on yleisin moottorityyppi. Oikosulkumoottorit käyttävät teollisuudessa koneita, pumppuja, kuljettimia, tuulettimia, nostureita ja työstökoneita. Moottoreiden tehot vaihtelevat kymmenistä wateista megawatteihin. Oikosulkumoottoreita käytetään suuri- ja pienijänniteverkossa. Yhdessä prosessiteollisuuslaitoksessa voi oikosulkumoottoreita olla käytännössä tuhansia. Oikosulkumoottorit ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia ja hinnaltaan halvempia kuin tasasähkömoottorit. Ne eivät aseta myöskään niin suuria vaatimuksia ympäristön lämpötilalle, puhtaudelle ja kosteudelle. (4, s. 240.)

2.1.1 Oikosulkumoottorin rakenne

Kuvasta 1 nähdään oikosulkumoottorin perusrakenne. Kuvasta nähdään moottorin akseli, jossa on D- (drive end) ja N-pää (non drive end). Moottorilla pyöritettävä työkone asennetaan moottorin D-päähän käyttöakseliin. N-päässä sijaitsee moottorin jäähdytystuuletin. (5, s. 4)



KUVA 1. Oikosulkumoottorin rakenne (5, s. 4)

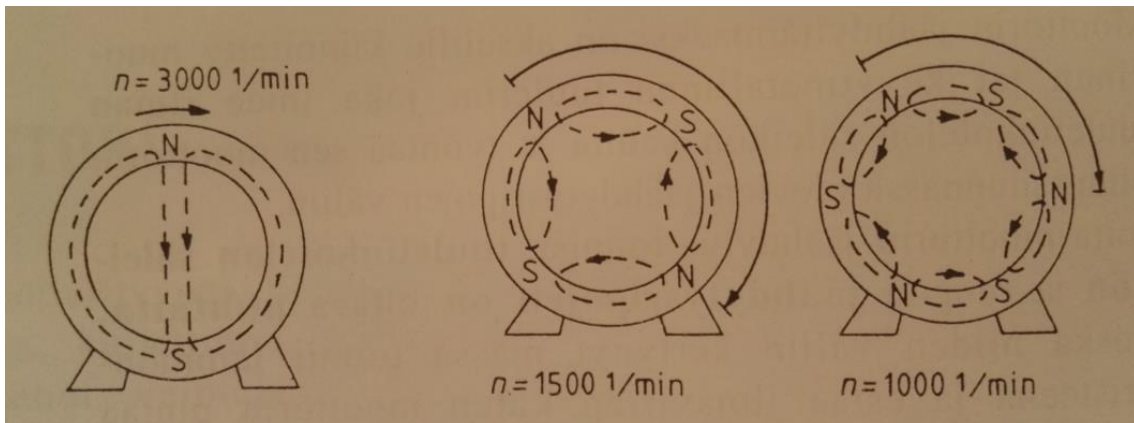
Oikosulkumoottorin rungon sisäpuolella on staattoripaketti, jonka urissa on kolmivaiheinen staattorikäänitys. Käämien päät on tuotu liitinkotelon liitinruuveihin. Roottorissa on häkkikäänitys, joka muodostuu uriin sijoitetuista kupari- tai alumiinitangoista ja roottorin päissä niitä yhdistävistä oikosulkurenkaista. Rungon päissä ovat laakerikilvet. Suurimmissa moottoreissa laakerikilvissä on voitelukanavat ja laakereiden suojana erilliset laakerikannet. Pienten eli noin 10 kW:n moottoreiden runko on kevytmetallia ja suurten valurautaa. Moottorin jäähdyttämiseksi on akselille kiinnitetty muovinen tai kevytmetallinen tuuletin, joka imee ilman tuuletinkotelon säleikön kautta ja työntää sen moottorin pituussuunnassa olevien jäähdytysripojen väliin. Jotta moottorin jäähdytys toimisi, tuuletinkotelon säleikön ja rungon jäähdytysripojen on oltava puhtaita, koska niiden väliin kertynyt massa toimii lämmöneristeenä ja estää ilmavirran kulun moottorin pintaa pitkin. (4, s. 241.)

2.1.2 Oikosulkumoottorin toiminta

Oikosulkumoottorin toiminta perustuu luonnonlakiin, jossa magneettikentässä olevaan virralliseen johtimeen kohdistuu voimanvaikutus. Oikosulkumoottorin staattorikäänityksen kolmivaiheinen vaihtovirta synnyttää staattoriin pyörivän magneettikentän. Pyörivän magneettikentän leikatessa roottorisauvoja niihin syntyy jännite, joka aiheuttaa roottorisauvoihin suuren virran. Roottorisauvojen magneettikentät ja pyörivä magneettikenttä kohdistavat roottorisauvoihin voimat, jotka pyörittävät roottoria magneettikentän pyörimissuuntaan. (4, s. 241 - 243.)

Moottorin pyörimisnopeutta voidaan muuttaa säätämällä syöttöjännitteen taajuutta. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi säädettäessä oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta taajuusmuuntajalla.

Kuvassa 2 on esitetty oikosulkumoottori, jonka staattorikäänitys muodostaa kaksinapaisen magneettikentän. Kenttä pyörii yhtenä kierroksena jokaisen vaihtosähkön jakson aikana. Kun moottori liitetään 50 Hz:n vaihtosähköön, kenttä pyörii nopeudella 50 1/s eli $60 \cdot 50 \text{ 1/min} = 3000 \text{ 1/min}$. Nelinapaisen moottorin pyörimisnopeus on 1500 1/min , kuusinapaisen moottorin 1000 1/min ja kahdeksannapaisen moottorin 750 1/min . Kuvasta 2 huomataan, että moottorin napaluvun kasvaessa, sen pyörimisnopeus pienenee. Kun napaluku kaksinkertaistuu kaksinapaisesta nelinapaiseen, pyörimisnopeus pienenee kaksinkertaisesti 1500 1/min . Kun napaluku kasvaa kolminkertaiseksi, pyörimisnopeus pienenee kolminkertaisesti 1000 1/min . (4, s. 241 - 243.)



KUVA 2. Oikosulkumoottorin kaksi-, neljä ja kuusinapaiset staattorikäänitykset (4, s. 242)

Mitä useamman navan staattorikäänitys muodostaa, sitä pienempi on moottorin pyörimisnopeus. Oikosulkumoottorin toiminta perustuu siihen, että roottori pyörii magneettikenttää hitaammin. Moottorin nimellispyörimisnopeus on aina kentän pyörimisnopeutta pienempi. Esimerkiksi kaksinapaisen moottorin pyörimisnopeus on $2700 - 2980 \text{ 1/min}$, nelinapaisen $1300 - 1490 \text{ 1/min}$ ja kuusinapaiseen $800 - 990 \text{ 1/min}$. (4, s. 241 - 243.)

2.2 Moottoreiden lajimerkit ja asennusasennot

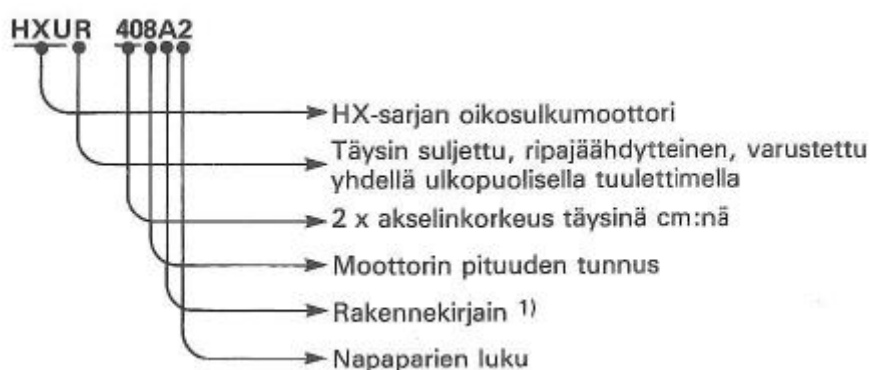
Moottorin lajimerkki sisältää paljon tärkeää tietoa moottorista. Asennusasento kertoo, miten moottori on asennettu käyttöpaikalleen. Moottorin lajimerkin ja asennusasennon ymmärtäminen on merkittävä asia, joka tulee ottaa huomioon moottorikäyttöä suunniteltaessa tai vaihdettaessa uutta moottoria vanhan moottorin tilalle.

2.2.1 Moottoreiden lajimerkit

Moottorin lajimerkki koostuu kirjain ja numero yhdistelmästä, jossa jokaisella merkillä on oma merkityksensä. Työssä vaihdettavat moottorit ovat lajimerkiltään HXUR, HXA, HXR ja uusien moottoreiden lajimerkki on M3BP. (6, s. 4.)

HXUR-lajimerkki

HXUR-lajimerkin moottorit ovat täysin suljettuja kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita. Moottorin lajimerkki on kuvan 3 mukainen. (6, s. 4.)

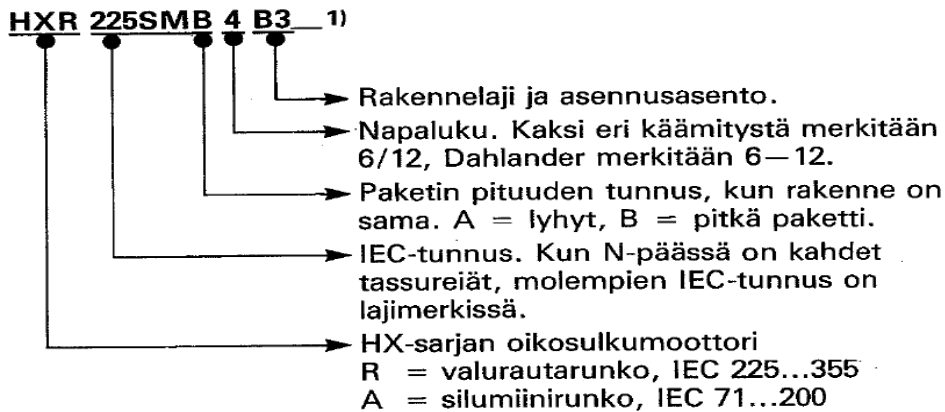


KUVA 3. HXUR-lajimerkki (6, s. 4)

Kuvasta 3 nähdään, että lajimerkin alku HXU tarkoittaa HX-sarjan oikosulkumoottoria. Kirjain R tarkoittaa, että moottorin kotelo on täysin suljettu eli moottori on suojattu pölyltä, vierailta esineiltä ja vedeltä. Moottorin jäähdytys toimii ripajäähdytyksellä ja moottori on varustettu yhdellä ulkopuolisella tuulettimella. Lajimerkissä numero 40 kuvaa moottorin kaksinkertaista akselin korkeutta senttimetreinä. Kuvan 3 lajimerkin moottorin akselikorkeus on 200 mm. Luku 8 on moottorin pituuden tunnus. Moottorin rakennekirjain ilmaisee, onko moottori kevytmetalli- vai valurautarunkoinen. Kirjain A, C tai D ilmoittaa moottorin olevan kevytmetallirunkoinen ja kirjain G, H, K tai N, että moottori on valurautarunkoinen. Lajimerkin lopussa on vielä numero, joka ilmoittaa moottorin napaparien luvun. Luku 2 ilmoittaa moottorissa olevan 2 napaparia eli 4 napaa. (6, s. 4.)

HXA/HXR-lajimerkki

HXA- ja HXR-lajimerkin moottorit ovat täysin suljettuja kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita. Moottorin lajimerkki on kuvan 4 mukainen. (7, s. 4.)



KUVA 4. HXR-lajimerkki (7, s. 4)

Kuvassa 4 olevan moottorilajitunnuksen alku tarkoittaa moottorisarjaa. Sarja tunnuksen lopussa on joko kirjain R tai A. R-kirjain tarkoittaa, että moottorin runko on valmistettu valuraudasta. Kirjain A tarkoittaa, että moottori on valmistettu silumiinista. Runkokoon 225 mm – 355 mm moottorit ovat valurautaisia ja runkokoon 71 mm – 200 mm on silumiinisia. Silumiini on kevyempää kuin valurauta, minkä takia se on käytössä pienemmän runkokoon moottoreissa. (7, s. 4.)

Moottorin sarjamerkinnän jälkeen on moottorin IEC-tunnus. IEC-tunnuksessa numerot tarkoittavat moottorin akselin korkeutta millimetreinä ja kirjaimet tarkoittavat moottorin kiinnitysreikien etäisyyttä toisistaan ja staattoripaketin pituutta. Moottorilla on D-päässä yhdet kiinnitysreiät, mutta N-päässä yhdet tai kahdet kiinnitysreiät. Tassunreikiä merkataan kirjaimilla S, M ja L, jotka kuvaavat kiinnitysreikien etäisyyttä toisistaan. Mitta S on lyhyin ja L pisin. Kiinnitysreikien mitat on standardisoitu ja vaihtelevat runkokoon mukaan. (7, s. 4.)

Tämän jälkeen lajitunnuksesta löytyy kirjain A tai B, jotka kuvaavat staattoripaketin kokoa. A on lyhyt paketti ja B on pitkä paketti. Staattoripaketin pituuden jälkeen tunnuksessa ilmoitetaan moottorin napaluku. Lajitunnuksessa oleva numero kuvaa moottorin napalukua toisin kuin HXR-lajitunnuksessa luku kuvasi napaparia. Kuvassa 4 olevan lajitunnuksen moottori on 4-napainen. Lajitunnuksen viimeinen osa kuvaa moottorin rakennelajia ja asennusasentoa. (7, s. 4.)

M3BP-lajimerkki

M3BP-lajimerkin moottorit ovat täysin suljettuja, valurautarunkoisia ja tuuletinjäähdytyksellä toimivia oikosulkumoottoreita. Kuvasta 5 nähdään moottorin lajimerkki. (8, s. 18.)

Explanation of the product code

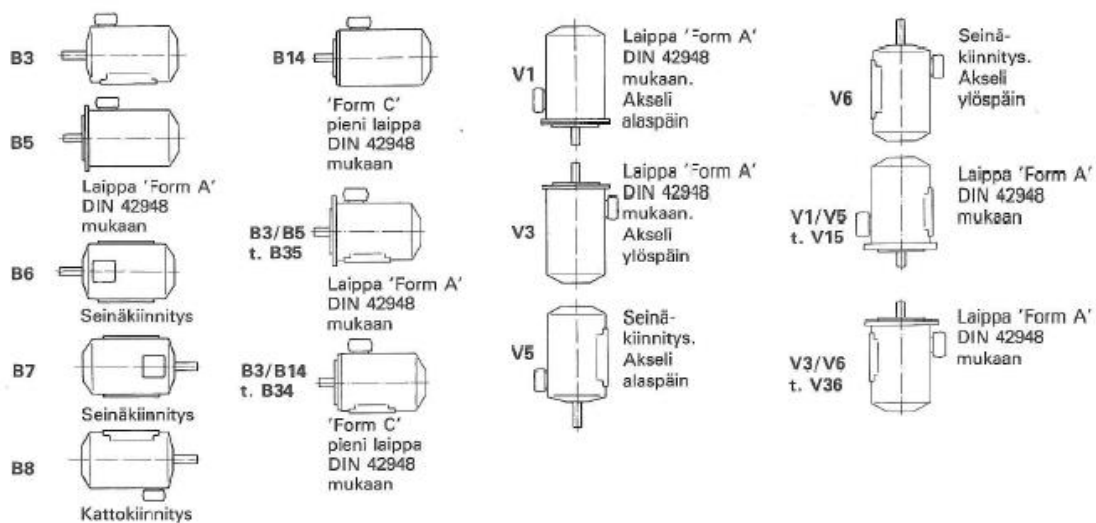
Motor type	Motor size
M3BP	160MLA

KUVA 5. M3BP-lajimerkki (8, s.18)

M3BP-lajimerkkiä luetaan samalla tavalla kuin HXR-lajimerkkiä. Lajitunnuksen alussa selviää moottorilaji, josta näkyy moottorin rungon materiaali. M3BP:n materiaali on valurauta ja M3AA:n materiaali on alumiini. Tämän jälkeen on IEC-tunnus, josta selviävät moottorin koko, moottorin asennusreiät, staattoripaketin koko ja napaluku. (8, s. 18.)

2.2.2 Moottoreiden asennusasento

Moottorit asennetaan paikalleen sen mukaan, mitä työkonetta moottorilla käytetään. Moottorit voidaan asentaa joko vaakasuoraan tai pystysuoraan. Moottoreiden asennusasento merkitään kirjaimen V tai B sekä numeron yhdistelmänä. B-asento tarkoittaa, että moottorin akseli on vaakasuorassa, ja V-asento tarkoittaa, että moottorin akseli on pystysuorassa. Kuvasta 6 nähdään moottoreiden erilaiset asennustavat vaaka- ja pystysuorassa. (6, s. 16.)



KUVA 6. Moottoreiden asennustavat (6, s. 16)

Moottoreita on olemassa jalkamoottoreita, laippamoottoreita sekä näiden yhdistelmiä. Jalkamoottorit asennetaan alustalle jaloistaan kiinni. Laippamoottori asennetaan laipasta työkoneseen. Kuvassa 7 on jalkamoottori ja laippamoottori.

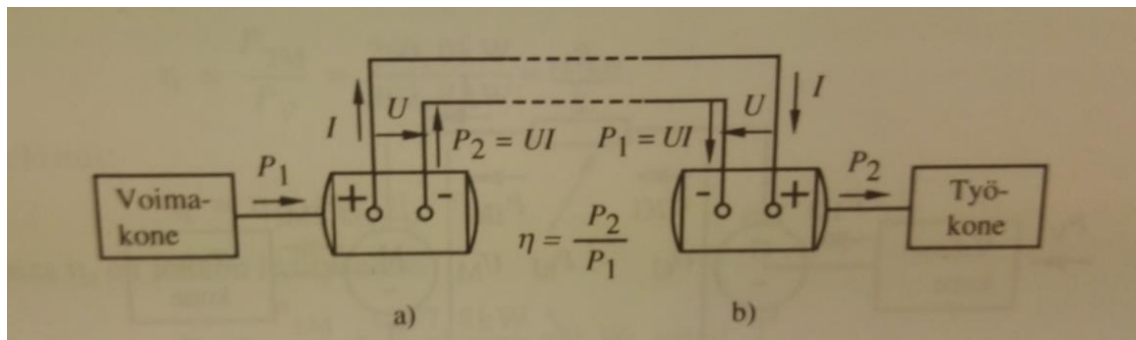


KUVA 7. Vasemmalla jalkamoottori ja oikealla laippamoottori (9; 10)

3 HYÖTYSUHDE JA MOOTTORIN KUSTANNUKSET

Hyötysuhde tarkoittaa jostakin laitteesta saadun tehon suhdetta laitteeseen vietyyn tehoon. Hyötysuhde on aina pienempi kuin yksi, koska laitteessa on aina tehohäviöitä, joten laite ei pysty koskaan antamaan samaa tehoa kuin ottamaan. (11, s. 78 - 79.)

Kuvassa 3 on esitetty kahden sähkölaitteen, sähkögeneraattorin ja sähkömoottorin hyötysuhteen periaatteellinen määrittäminen. Sähkömoottori muuttaa sähkötehon mekaaniseksi tehoksi. Moottorin ottama teho P_1 on siis sähkötehoa ja sen antama teho P_2 on mekaanista tehoa. Moottorit käyttävät osan ottamastaan tehosta tehon muuntamiseen, josta syntyy tehohäviöitä. Hyötysuhde η on laitteen antaman tehon suhde sen ottamaan tehoon. (11, s. 78 - 79.)



KUVA 8. Sähkölaitteiden hyötysuhde. Vasemmalla sähkögeneraattori ja oikealla sähkömoottori (11, s. 79)

Sähkölaitteiden arvokilpeen merkitään niiden antama teho. Poikkeuksena sähkölämpökojeet, joiden kilpeen merkitään niiden ottama teho. Hyötysuhde on parempi, mitä vähemmän laitteessa syntyy tehohäviöitä eli mitä lähempänä se on yhtä. Tehohäviöt ovat osana sähkölaskussa, joten hyötysuhteella on taloudellista merkitystä varsinkin silloin, kun laitteet ovat suuritehoisia tai niitä on paljon. Tämän vuoksi sähkölaitteet on suunniteltava siten, että hyötysuhde on mahdollisimman hyvä. Sähkökoneiden hyötysuhteet vaihtelevat 0,7 – 0,98 välillä koneen koon ja lajin mukaan. Pyörivän koneen hyötysuhde on yleensä pienempi kuin muuntajan. Pienitehoisen koneen hyötysuhde on pienempi kuin suuritehoisen. (11, s. 78 - 79.)

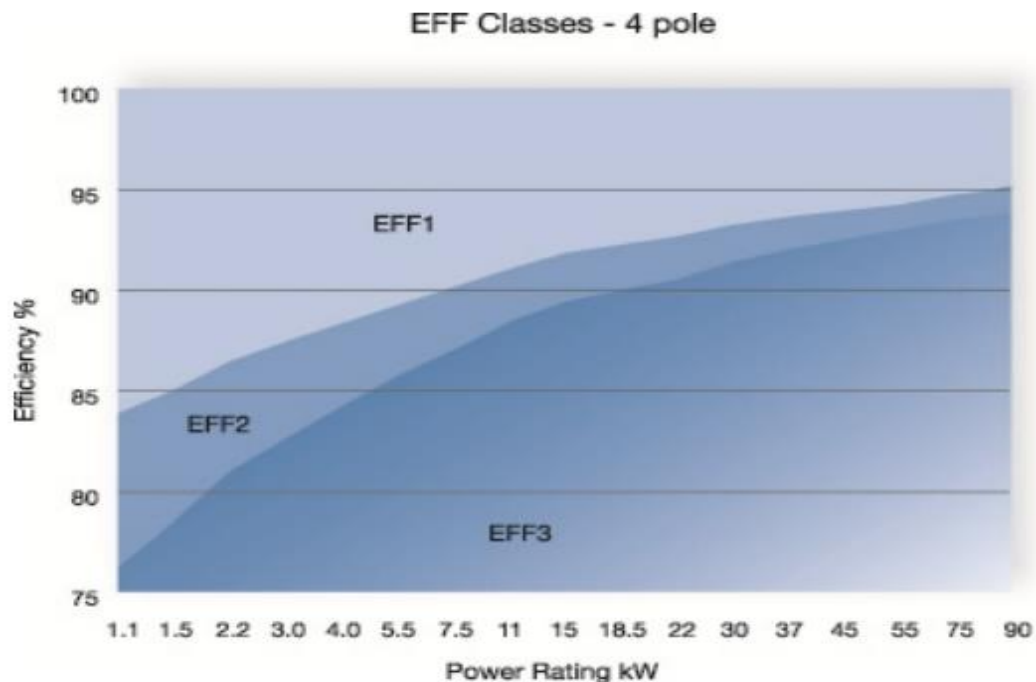
3.1 Hyötysuhdeluokat

Moottoreiden hyötysuhdeluokat astuivat voimaan Euroopassa vuonna 1998, kun Euroopan komissio ja CEMEP eli Euroopan sähkötekniisten koneiden ja sähköelektroniikan valmistajien komitea sopivat sopimuksen, jossa

- Moottoriluetteloihin piti merkitä hyötysuhde selvästi näkyville 75 ja 100 prosentin kuormalla.
- Hyötysuhde oli leimattava moottorin arvokilpeen.
- Määritettiin kolme hyötysuhdeluokkaa EFF1, EFF2 ja EFF3, joista EFF1-hyötysuhdeluokka oli kaikkein korkein luokka.
- Ei määrätty pakollista minimihyötysuhdetta. (12.)

EFF-hyötysuhdeluokkiin kuuluivat kaksi- ja neljänapaiset moottorit tehoalueelta 1,1 - 90 kW. Hyötysuhteiden syöttöjännite sai olla 400 V ja taajuus 50 Hz. (12.)

Kuvassa 9 on vanhan standardin IEC-60034-2-1 hyötysuhdeluokkien EFF1, EFF2 ja EFF3 neljänapaisten oikosulkumoottoreiden hyötysuhderajat, jotka moottoreiden piti täyttää. Kuvassa pystyakselilla hyötysuhde ja vaaka-akselilla moottorinteho. Kuvasta nähdään, että hyötysuhdeluokille ei määrätty minimihyötysuhdetta. (12.)



KUVA 9. EFF-hyötysuhdeluokkien neljänapaisten sähkömoottoreiden hyötysuhderajat (12)

Uudet IE-hyötysuhdeluokat syntyivät, kun standardi IEC 60034-30 hyväksyttiin syyskuussa 2008. Uusi mittausstandardi harmonisoitiin maailmanlaajuisesti ja siinä määritettiin neljä uutta hyötysuhdeluokkaa. IE4-luokka on korkein hyötysuhdeluokka. Taulukosta 1 nähdään uuteen standardiin IEC 60034-30 määritetyt hyötysuhdeluokat. Taulukossa 1 esitetään vertailu uuden ja vanhan hyötysuhdeluokkien välillä. (12.)

TAULUKKO 1. IEC 60034-30-standardin hyötysuhdeluokat, niiden taso ja vertailu vanhaan hyötysuhdeluokkaan (12)

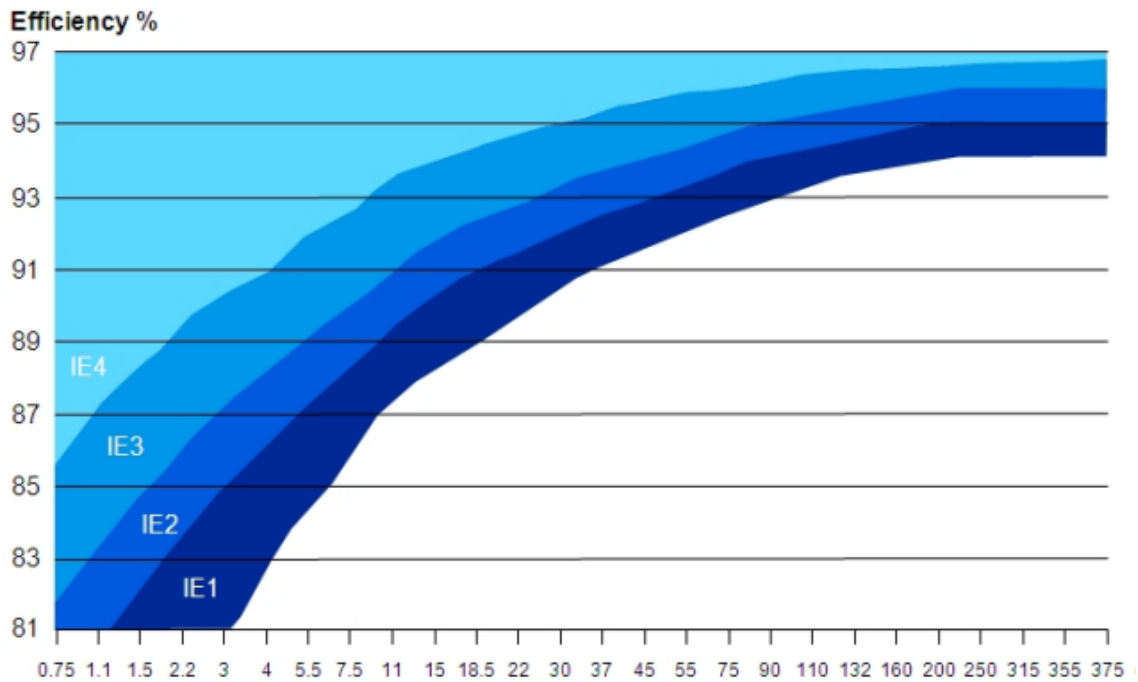
Uusi hyötysuhdeluokka	Hyötysuhdeluokan taso	Verrattavissa vanhaan hyötysuhdeluokkaan
IE1	Standard	EFF2
IE2	High	EFF1
IE3	Premium	
IE4	Super Premium	

Kuvasta 10 nähdään uuden standardin käyttöönoton aikataulu. Unionin jäsenmaita velvoittavan EuP-directiivin mukaan kolmivaiheisten sähkömoottoreiden, joiden napaluku on 2, 4 tai 6 ja teho 0,75 - 375 kW, oli 16.6.2011 alkaen täytettävä hyötysuhdeluokka IE2. Tämän ensimmäisen vaiheen jälkeen seurasivat toinen ja kolmas vaihe, joissa tehorojoja asteittain laajennettiin sekä hyötysuhdeluokkaa tiukennettiin IE3-luokkaan. Toinen ja kolmas vaihe astuivat voimaan vuosien 2015 ja 2017 alussa. (13.)

1 vaihe: 16.6.2011 alk.	Moottoreiden on täytettävä hyötysuhdeluokka IE2.
2 vaihe: 1.1.2015 alk.	Tehoalue 7,5–375 kW, moottoreiden on täytettävä hyötysuhdeluokka IE3 tai hyötysuhdeluokan IE2-moottori on asennettava taajuusmuuttajakäyttöisenä.
3 vaihe: 1.1.2017 alk.	Tehoalue 0,75–375 kW, moottoreiden on täytettävä hyötysuhdeluokka IE3 tai hyötysuhdeluokan IE2-moottori on asennettava taajuusmuuttajakäyttöisenä.

KUVA 10. EuP-directiivin käyttöönoton aikataulu Unionin jäsenmaissa (13)

Kuvassa 11 on uuden IEC 60034-30-standardin hyötysuhdeluokat IE1, IE2, IE3 ja IE4. IE4-hyötysuhdeluokan moottoreilla on korkein hyötysuhde. Pystyakselilla kuvassa on hyötysuhde ja vaaka-akselilla moottorin teho. Kuvasta nähdään, että uusille hyötysuhdeluokille on asetettu minimi hyötysuhdevaatimukset. (12.)



KUVA 11. IEC-hyötysuhdeluokan hyötysuhderajat (12)

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n mukaan energiatehokkuuden parantaminen erottautuu halvimpana ja nopeimpana toimenpiteenä yritettäessä hillitä päästöjen kasvua lyhyellä aikavälillä. Erityisesti tämä liittyy korkean hyötysuhteen sähkömoottoreiden käyttämiseen. Tämän vuoksi korkean hyötysuhteen moottoreiden käyttöä pyritään edistämään myös lainsäädännöllisesti. Useat maat ovat jo asettaneet tietyt minimi hyötysuhdevaatimukset, jotka moottoreiden on täytettävä. Samanlaisia rajoituksia otettiin käyttöön myös Euroopassa EuP-direktiiviin myötä. (13.)

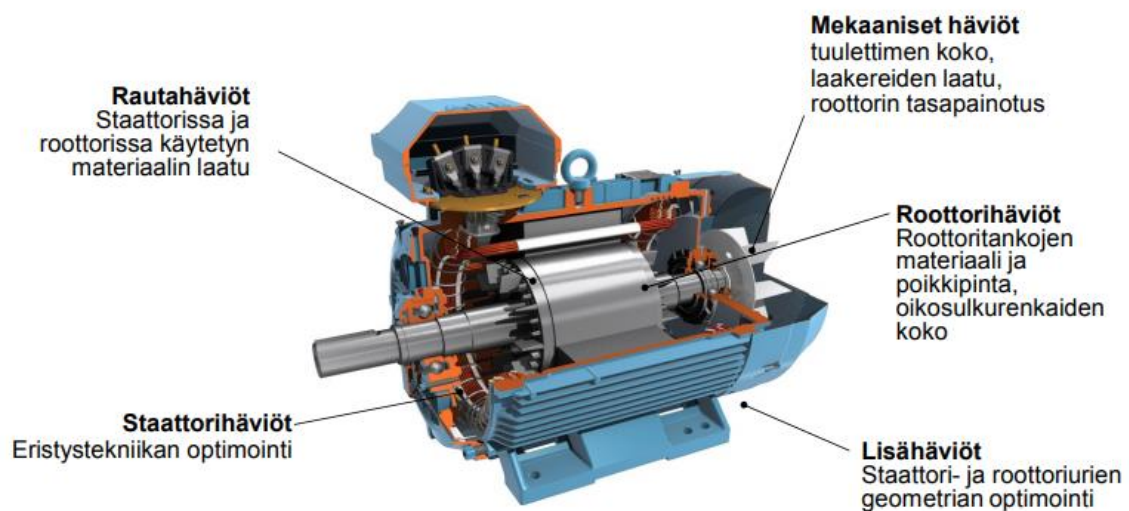
EU hyväksyi heinäkuussa 2009 velvoittavan asetuksen, joka koskee EuP-direktiivin 2005/32/EY täytäntöönpanemista sähkömoottoreiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta. Direktiivin tarkoituksena on rajoittaa vähemmän energiatehokkaiden moottoreiden käyttöä Euroopassa. (13.)

3.2 Sähkömoottorin hyötysuhteen määrittäminen

Sähkömoottorin hyötysuhdetta voidaan parantaa erilaisten häviöiden optimoinnilla. Moottorin laakeroinnin ja tuulettimen mitoituksen pitää olla sopiva. Liian isoksi mitoitettu laakeri tai tuuletin lisää häviöitä ja huonontaa moottorin hyötysuhdetta. (14.)

Sähkömoottorin staattorin käämitys tehdään alle 1 000 kW:n moottoreissa pyörölangalla. Käämityksen tavoitteena on saada staattorin urat mahdollisimman täyteen kuparia. Uramuodon lisäksi häviöihin vaikuttaa staattorin käämityksessä käytetyn kuparin laatu. Häviöitä voidaan parantaa käyttämällä paksumpaa kuparilankaa. Isoimmista moottoreista käämeinä käytetään muotokuparia, jolla uran täyttö saadaan paremmaksi. Korkea täyttöaste parantaa metallien välistä lämmönjohtavuutta ja alentaa moottorin käyttölämpötilaa. Mitä alempi on moottorin käytönaikainen lämpötila, sitä pidempään moottorin eristysjärjestelmä kestää ja moottori toimii. (14.)

Oikosulkumoottorin häviöt koostuvat rauta-, staattori-, roottori- ja lisähäviöistä sekä mekaanisista häviöistä. Kuvassa 12 on esitetty oikosulkumoottorin häviöt. (12.)



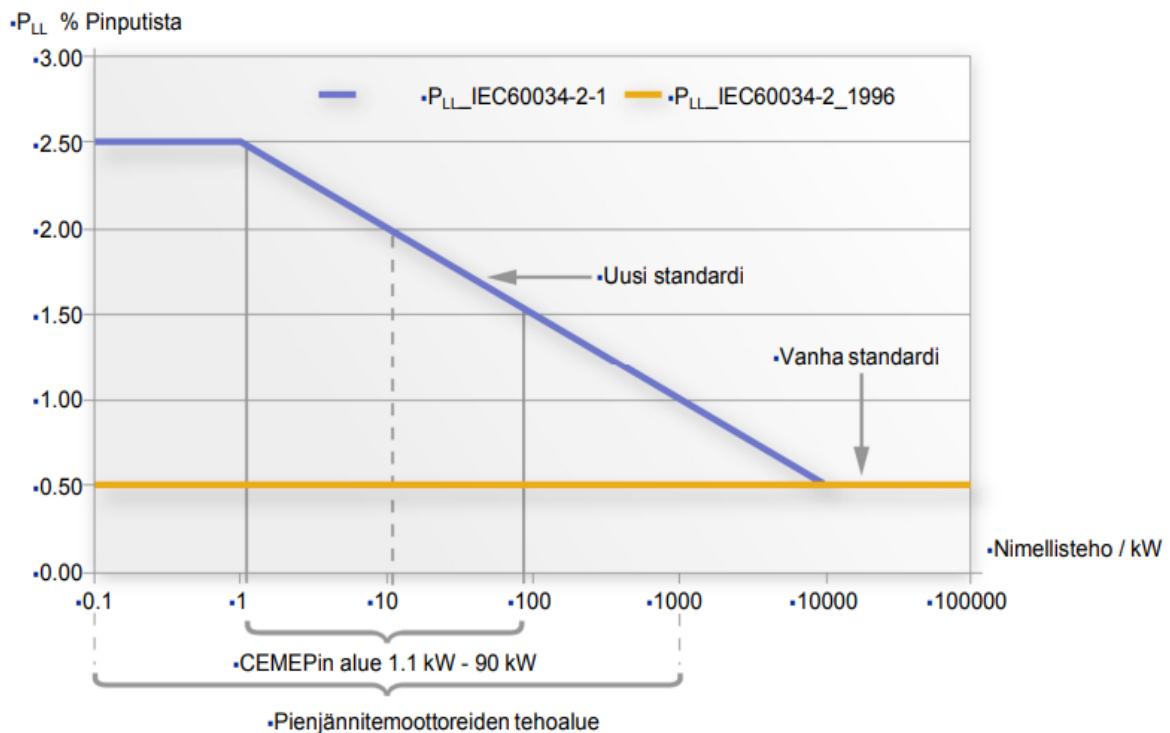
KUVA 12. Oikosulkumoottorin häviöt (12)

Staattorinrunko valmistetaan noin puolen millimetrin paksuisista sähkölevyistä. Eri aineilla seostetusta raudasta valmistetun levyn laatu vaikuttaa rautahäviötehon määrään. Moottorin kokonaisuuden optimoinnilla on mahdollista täyttää EuP-direktiivin hyötysuhdevaatimukset 0,75 - 375 kW:n sähkömoottoreissa. Isommat moottorit on jätetty tämän ulkopuolelle, sillä niissä hyötysuhteet

ovat korkeita, 95 - 97 % tasoa. Isoissa moottoreissa laakeri- ja tuuletinhäviöt ovat suhteessa pienemmät kuin pienissä moottoreissa. (14.)

Uusi IEC:n standardi määrittelee hyötysuhteen tarkemmin kuin vanhahyötysuhde. Määrittelyn ero muodostuu lisähäviöiden määrittämisestä. Vanhassa mittausstandardissa lisähäviöt oli mahdollista määrittää 0,5 % sähkötehosta, jonka moottori ottaa verkosta. Uudessa mittausstandardissa hyötysuhteen voi määrittää, joko sähkömoottorinmoottorin kuormitustestin perusteella tai lisähäviöt voidaan määrittää 2,5 - 1,0 % moottorin nimelliskuormalla verkosta ottamasta sähkötehosta. (12.)

Kuvasta 13 nähdään vanhan IEC 60034-2-standardin ja uuden IEC 60034-2-1-standardin lisähäviöiden erilainen määrittäminen. Kuvassa sininen viiva kuvaa uutta ja keltainen viiva vanhaa standardia. (12.)



KUVA 13. Moottoreiden lisähäviöiden määrittely (12)

IEC-60034-2-standardissa staattorin kupari- ja roottorihäviöt redusoiitiin aina 95 °C:seen. IEC-60034-2-1-standardissa häviöt määritellään todellisen lämpenemän mukaan. Moottorin valmistajat voivat itse valita käyttämänsä määrittystavan lisähäviöiden määrittämiseen. Valittu määrittystapa on ilmoitettava moottorinvalmistajan dokumenteissa. Huomioitavaa on, että hyötysuhdearvot ovat vertailukelpoisia ainoastaan samaa mittaustapaa käytettäessä. (12.)

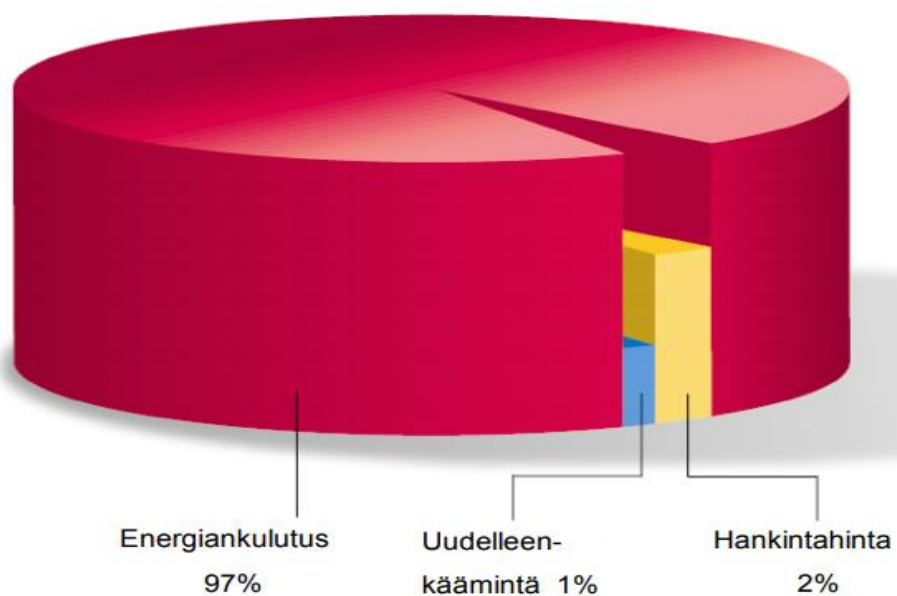
3.3 Sähkömoottorin elinkaarikustannukset

Teollisuus kuluttaa kaksi kolmasosaa kaikesta sähköenergiasta ja kaksi kolmasosaa teollisuuden käyttämästä sähköenergiasta kulutetaan sähkömoottoreissa. Sähkömoottoreissa kulutetaan yli 40 % kaikesta käytetystä sähköenergiasta. (13.)

Moottorin hankintahinta on verrannollinen sen 8 - 12 viikon sähkökulutukseen. Moottorin hankintahinnan osuus on vain 1 - 2 % sen elinkaarikustannuksista. Luotettavilla korkean hyötysuhteen moottoreilla päästään pienimpiin elinkaarikustannuksiin. (12.)

Korkean hyötysuhteen moottori on hankintakustannuksiltaan kalliimpi. Korkeampi hankintahinta selittyy korkeammilla valmistuskustannuksilla, koska korkeamman hyötysuhteen moottorin valmistuksessa on käytetty enemmän kuparia ja sähkölevyjä. Vertailtaessa eri hyötysuhteella toimivien moottoreiden hintaeroa voidaan IE3-luokan moottorin arvioida olevan 15 - 20 % kalliimpi kuin vastaava IE2-luokan moottorin. Samoin vastaavan kokoinen IE2-luokan moottori on 15 - 20 % kalliimpi kuin IE1-luokan moottori. (13.)

Kuvasta 14 nähdään sähkömoottorin elinkaarikustannuksia. Kuvasta huomataan, että 97 % elinkaarikustannuksista koostuu energiankulutuksesta. Sähkömoottorin elinkaarikustannuksista vain 3 % koostuu hankintahinnasta ja huoltokustannuksista. (12.)



KUVA 14. Sähkömoottorin elinkaarikustannukset (12)

Huolimatta korkeammasta hankintahinnasta on muistettava, että sähkömoottorin elinkaarikustannukset koostuvat pääsääntöisesti käytetystä sähköenergiasta. Mikäli moottorin käyttö on enemmän tai vähemmän jatkuvaa, on syytä tarkastella korkeammalla hyötysuhteella toimivan moottorin hankinnalla saavutettavia kustannussäästöjä. Takaisinmaksuaikaa laskettaessa on huomioitava vuositteiset käyttötunnit, hyötysuhde-ero vertailtavien moottoreiden välillä, lisähinta korkeamman hyötysuhteen moottoriin, sähköenergiasta maksettava hinta, käyttöprofiili, korkotekijät ja huoltokustannukset. (13.)

4 MOOTTOREIDEN KARSIMINEN

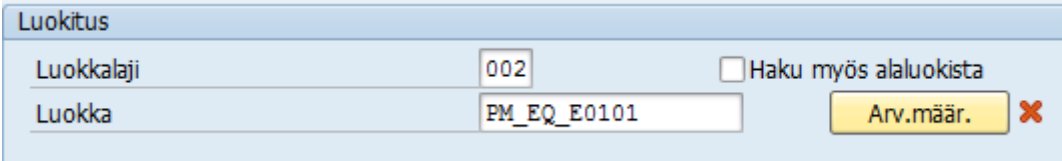
Työn lähtökohtana oli etsiä useampaan kertaan käämittyjä AC-moottoreita paperikone 6:n alueelta. paperikone 6:n alueella on noin 1 500 moottoria, mikä olisi liian suuri määrä tähän työhön. Tämän takia työ rajattiin useaan kertaan käämittyihin moottoreihin, koska ne ovat ensisijalla moottorin vaihtoa mietittäessä. Työhön kuuluvia moottoreita etsittiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä.

Työssä ensimmäisenä vaiheena oli SAP-toiminnanohjausjärjestelmän käyttöön tutustuminen. Sain SAP-ohjelmistoon koulutuksen Eforalta. Koulutuksessa käsiteltiin, miten ohjelmasta saa etsittyä tietoa tehdasalueella olevista laitteista, tässä tapauksessa PK6-linjan vaihtosähkömoottoreista.

4.1 Moottoreiden haku SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä

SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä ei saa suoraan haettua moottoreita, joita olisi käämitty. Moottorit täytyy ensin karsia halutulta alueelta ja sen jälkeen jokaisen moottorin huoltohistoria pitää käydä läpi. Tämän avulla löytyy mahdolliset jo käämityt moottorit.

Kuvasta 15 nähdään SAP-toiminnanohjausjärjestelmän luokitushaku. Tämän haun avulla löydettiin SAP:sta kaikki vaihtosähkömoottorit. Kuvassa 15 luokkalaji 002 tarkoittaa laiteluokkaa ja luokka PM_EQ_E0101 tarkoittaa vaihtosähkömoottoreita.



Luokitus	
Luokkalaji	002
	<input type="checkbox"/> Haku myös alaluokista
Luokka	PM_EQ_E0101
	Arv.määr. X

KUVA 15. Luokitushaku SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä

SAP-ohjelma sisältää kaikkien Stora Enson toimipisteiden laitteiden tiedot. Laitteet täytyi rajata ai-noastaan Oulun tehtaalle. Työ keskittyi Oulun tehtaan paperikone 6:n alueelle, jonka vuoksi rajaus tapahtui käyttäen suunnitteluryhmiä. Suunnitteluryhmät ovat tässä tapauksessa paperikonelinjas-ton osia. Halutut suunnitteluryhmät minulle määräsi Efora. Kuvassa 16 nähdään kunnossapitotie-tojenhaku, jossa määritettiin laitteet Oulun tehtaalle ja paperikoneen osastoille.

Kunnossapitotiedot			
Toimintopaikka	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
Ylätason laite	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
Rivi	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
Tekninen tunnusno	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
Rakennetyyppi	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
Suunnittelutmp	X91J	-	<input type="text"/>
Suunnitteluryhmä	360	-	366

KUVA 16. Kunnossapitotietojen määrittely SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä

Työssä keskityttiin varsinkin suunnitteluryhmiin 360 ja 361. Lisäksi työhön tuli lisäyksenä muutamia moottoreita suunnitteluryhmistä 362 ja 366, joita Efora halusi mukaan. Näillä hakukriteereillä sain SAP:sta listan, missä moottoreita oli 1 427. Taulukosta 2 nähdään työssä käytettyjen suunnitteluryhmätunnusten selitykset.

TAULUKKO 2. Suunnitteluryhmien selitykset

Suunnitteluryhmätunnus	Selitys
360	PK6 välirullain 61
361	Päällystyskone pastaosasto
362	PK 6 jälkikäsitteily
366	PK6 superkalanteri

4.2 Moottoreiden karsiminen Excel-taulukosta

SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä saadut moottorit ajettiin Excel-taulukkoon, jossa karsittiin moottorit tehon ja käyttöönottopäivämäärän mukaan. Sovittiin, että rajaamme moottorit tehoon 37 kW ja sitä suurempiin moottoreihin ja ennen vuotta 2007 käyttöön otettuihin moottoreihin. Kuvasta 17 nähdään Excel-taulukkoon viedyt moottorit. Excelissä karsimisen työkaluna toimi suodata työkalu, jonka avulla moottoreita karsittiin.

	A	E	F	L	M	Q	R
1	Laitte	Suunn.ryhmi	KäyttÖttoPv	Tyypinimitys	Uusi lajimerkl	Nimitys	Nimitys
2	OU_M10100	360	29.08.1991	HXR315M86B3W	M3BP 315 SMD 6	PK6 KIERTOVESESÄILIÖN PUMPPU +03, M16	AC-MTR 110KW400/690V1000R M3BP315SMC6B3
3	OU_M10188	361	29.08.1991	HXR280MC4B3	M3BP 280 SMD 4	INFRA 5 POISTOILMAPUHALLIN	AC-MTR 110KW400/690V1500R M3BP280SMC4B3
4	OU_M10256	361	29.08.1991	HXR280MC4B3	M3BP 280 SMD 4	INFRA 1 POISTOILMAPUHALLIN	AC-MTR 110KW400/690V1500R M3BP280SMC4B3
5	OU_5933	360	19.09.2001	HXR280MC4B3	M3BP 280 SMD 4	HUUVAN KORVAUSILMAPUHALLIN 1 (ETUK.)	AC-MTR 110KW400/690V1500R M3BP280SMC4B3>
6	OU_M10258	361	29.08.1991	HXR280MC4B3	M3BP 280 SMD 4	INFRA 6 POISTOILMAPUHALLIN	AC-MTR 110KW400/690V1500R M3BP280SMC4B3>
7	OU_M10183	360	29.08.1991	HXR315L6B3	M3BP 315 MLB 6	ETUKUIVATUSOSAN POISTOILMAPUHALLIN 1	AC-MTR 132KW400/690V1000R M3BP315MLA6B3
8	OU_M10185	360	29.08.1991	HXR315L6B3	M3BP 315 MLB 6	ETUKUIVATUSOSAN POISTOILMAPUHALLIN 3	AC-MTR 132KW400/690V1000R M3BP315MLA6B3
9	OU_M10426	366	09.08.1991	HXR315L6V5W	M3BP 315 MLB 6	REUNANAUHAPULPPERIN ROOTTORI	AC-MTR 132KW400/690V1000R M3BP315MLA6B3>
10	OU_5934	366	04.03.1991	HXR315S84B3	M3BP 315 SMC 4	PL61 PULPPERIN ROOTTORI 1	AC-MTR 132KW400/690V1500R M3BP315SMB4B3
11	OU_6444	360	20.06.2001	HXR632G2B3	M3BP 315 SMC 4	UNO-RUN PUHALLIN 2 (ETUK.)	AC-MTR 132KW400/690V1500R M3BP315SMB4B3
12	OU_M10172	360	25.01.2002	HXR315S84B3W	M3BP 315 SMC 4	UNO-RUN PUHALLIN 4 (ETUK.)	AC-MTR 132KW400/690V1500R M3BP315SMB4B3
13	OU_M10196	361	22.10.2005	HXR315S84B3W	M3BP 315 SMC 4	INFRA 7 POISTOILMAPUHALLIN	AC-MTR 132KW400/690V1500R M3BP315SMB4B3

KUVA 17. Moottorit Excel-taulukossa

SAP:iin kootaan kaikki yrityksen hallussa olevat moottorit. Moottorit voivat olla asennettuina, huollossa, varalla tai asennettuna ja ei käytössä. Ainoastaan käyttöön asennetut moottorit otettiin mukaan, muut moottorit karsittiin. Lisäksi listalle oli joutunut moottoreita, jotka oli merkitty SAP:iin väärin. Esimerkiksi listalla oli DC-moottoreita eli tasavirtamoottoreita, jotka jostain syystä oli merkitty AC-moottoreiksi. Karsimisen jälkeen jäljelle jäi 113 AC-moottoria, joiden teho oli välillä 37 - 315 kW.

4.3 Moottoreiden huoltohistorian tutkiminen

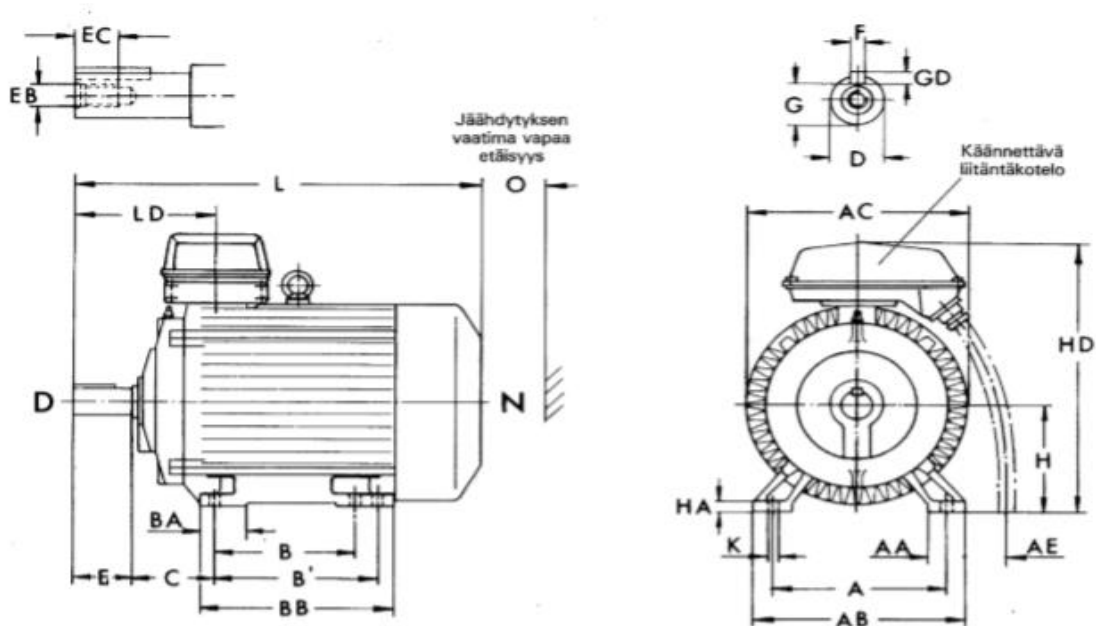
Mahdolliset moottoreiden kääminnit löytyvät moottoreiden huoltoraporteista, joten jokaisen 113 moottorin huoltohistoria pitää tarkistaa mahdollisien jo käämittyjen moottoreiden löytymiseksi. Huolto raportit lisätään SAP-toiminnanohjausjärjestelmään moottorin omaan tietokantaan. Tämä helpottaa moottorin historian tarkastelua.

Listan 113 moottorin joukosta löytyi ainoastaan 12 moottorille huolto raporteja. Näistä moottoreista vain yksi moottori oli käämitty kertaalleen. Asiaa tiedusteltuani selvisi, että moottoreiden huolto raporteja löytyisi vielä PK6-linjan käyttöhenkilökunnalta, joita ei ole SAP-järjestelmään lisätty. Kyseiset raportit tarkistettiin ja karsittujen moottoreiden listalta 43 moottorille löytyi huolto raportit. Huolto raporteista selvisi, että ainoastaan 12 moottoria oli käämitty ja ainoastaan yksi moottori oli käämitty useammin kuin kerran.

Huoltoraportteja ei löytynyt enempää ja raporttien etsintöihin oli kulunut jo liian paljon aikaa. Tämän vuoksi päätimme, että vaihdamme kaikki listalla olevat vanhan lajimerkin moottorit. Vanhojen lajimerkkien sarjatunnukset ovat HXUR, HXA ja HXR. 113 moottorista karsittiin kaikki muun sarjatunnuksen moottorit. Lopulta moottoreita oli 95, joille alettiin tekemään korvaussuunnitelmaa.

4.4 Moottoreiden valinta ja paikkojen tarkistus

Lopulliselle listalle valittiin 95 moottoria, joiden tietoja tutkittiin moottorikatalogeista. Moottoreista tiedettiin SAP:sta saatujen tietojen perusteella moottorin laji, teho ja napaisuus. Katalogeista haettiin moottorin koko, moottorin A-, B-, L- ja O-mitat sekä moottoreiden hyötysuhteet myöhempää vertailua varten. Kuvasta 18 nähdään sähkömoottorin eri mittoja ja mitä ne tarkoittavat.



KUVA 18. Moottorin mitoituksia (6, s.47)

Taulukossa 3 on esimerkki neljänapaisen HXUR 455G2-moottorilajin vaihdosta uuden IE3-hyötysuhdeluokan moottoriin. Taulukosta 3 nähdään vanhan sekä uuden valitun moottorin tiedot. Vanhan moottorin tiedot etsittiin HXUR-sähkömoottorikatalogista. Taulukossa 3 näkyvät vanhan moottorin tiedot haettiin liitteistä 1 ja 2. Seuraavaksi täytyi löytää vanhan moottorin tietoja vastaava moottori uuden hyötysuhdeluokan moottorikatalogista. Taulukossa 3 nähdään vanhan moottorin tilalle valittu uusi moottori. Taulukossa 3 olevan moottorin tiedot otettiin uusimmasta ABB:n pienjännitemoottorikatalogista. Uuden moottorin tiedot haettiin liitteestä 3 ja 4.

TAULUKKO 3. Vanhan moottorin ja valitun uuden moottorin vertailu (6; 8)

	Vanha moottori	Uusi moottori
Lajimerkki	HXUR 455G2	M3BP 225 SMC 4
Moottorin koko	225M	225SM
Teho (kW)	55	55
B-mitta (mm)	311	286 ja 311
A-mitta (mm)	356	356
L-mitta (mm)	824	879
O-mitta (mm)	80	80
Hyötysuhde katalogista (%)	93,5	94,9

Taulukosta 3 huomattiin, että kaikki muut tiedot ovat samat, mutta moottorin L-mitta on 55 mm pidempi. L-mitta on moottorin koko mitta käyttöakselin päästä tuuletinsuojukseen asti. Tämä selittyy paremman energialuokan moottorin pidemmällä staattorilla. Kun moottoreita käytiin katsomassa asennuspaikaltaan, tämä pituusero otettiin huomioon, kun suunniteltiin uuden moottorin asennusta. Asennuksen esteenä saattoi olla moottorin läheisyydessä oleva seinä tai jokin muu este. Samanlainen valinta tehtiin kaikille 95 moottorille, jokaisen vanhan moottorin tietojen pohjalta.

Seuraavaksi etsittiin ja tarkastettiin kaikki 95 sähkömoottoria niiden asennuspaikaltaan. Tarkoituksena oli varmistua, että SAP:sta haetut sähkömoottorit löytyy myös oikeasti niille kuulualta paikaltaan. Lisäksi tarkistettiin, että uusien moottoreiden asennus vanhalle paikalleen onnistuu. Työhön kuuluvat uudet moottorit olivat 23 - 151 mm pidempiä, kun vanhat moottorit riippuen moottorin koosta. Tämän takia tarkistettiin, että moottorin N-pään puolella on asennukselle tarpeeksi tilaa. Lisäksi moottorin N-pään puolella pitää olla tuuletukselle määrätyn O-mitan verran vähintään tilaa.

Kuvassa 6 nähdään sähkömoottori, jonka vaihto uuteen moottoriin ei nykyiselle paikalleen onnistu, koska moottorin N-pään puolella ei ole tarpeeksi tilaa uudelle moottorille. Kuvan 6 vasemmasta

kuvasta nähdään, että moottorin oikealla puolella on vielä tilaa, joten moottori pitää siirtää oikealle päin. Tämä siirto vaikuttaa myös hihnaan, jota moottori pyörittää. Hihnaa pitää pidentää, jotta puhallin toimii asennuksen jälkeen oikein. Kuvan 19 kaltaisia tapauksia löytyi eri poistoilmapuhaltimien kanssa yhteensä kolme. Nämä tapaukset täytyy ottaa huomioon uusien moottoreiden asennusten yhteydessä.



KUVA 19. Poistoilmapuhaltimen moottori

Tarkisteluksen yhteydessä löytyi kolme moottoria, jotka oli vaihdettu tai otettu pois käytöstä. Nämä moottorit otettiin vaihdettavien listalta vielä pois. Lopulliselle vaihdettavien moottoreiden listalle jäi 92 sähkömoottoria.

5 MOOTTOREIDEN HANKINTAKUSTANNUKSET

Tässä luvussa esitetään uusien IE3-hyötysuhdeluokanluokan kolmivaiheisten oikosulkumoottoreiden hankintakustannukset kokonaisuudessaan. Lisäksi esitetään uusien moottoreiden säästämä energia vuoden aikana verrattuna vanhoihin moottoreihin ja uusien moottoreiden takaisinmaksuaika.

Työssä ei esitetä moottoreiden yksikköhintoja, koska se on salaista tietoa. Seuraavassa luvussa esitetään esimerkki moottorin hankintakustannuksen, vuoden aikana säästetyn energian ja takaisinmaksuajan laskuista keksityllä moottorihinnalla. Laskelmien tarkoituksena on havainnollistaa, miten työssä esitettyihin lopputuloksiin päästiin.

5.1 Laskuesimerkki keksityillä moottorin hinnoilla

Taulukosta 4 nähdään laskuihin tarvittavat tiedot vanhasta- ja uudesta moottorimallista. Taulukoon lisätyt tiedot on haettu liitteistä 1 ja 3. Vanhan moottorin hyötysuhteesta on vähennetty lisähäviöt, jotta hyötysuhteet olisivat vertailukelpoisia.

TAULUKKO 4. Vanhan ja uuden moottorin tiedot (6; 8)

	VANHA MOOTTORI	UUSI MOOTTORI
LAJIMERKKI	HXUR455G2	M3BP 225 SMC 4
MOOTTORIN ANTOTEHO (kW)	55	55
MOOTTORIN HYÖTY- SUHDE(%)	92,3	94,9
MOOTTORIN HINTA (€)	-	2 200

Taulukosta 4 nähdään suoraan, että uuden moottorin hankintakustannukset ovat 2 200 euroa. Seuraavaksi laskettiin moottoreiden häviöteho eli kuinka paljon verkosta ottamasta energiasta kuluu

muualle kuin moottorilla pyöritettävään työkoneeseen. Kun tiedettiin moottorin työkoneelle antama teho ja hyötysuhde, pystyttiin hyötysuhteen kaavasta muokata kaava moottorin verkosta ottamalle teholle.

Hyötysuhde laskettiin kaavalla 1 (15).

$$\eta = \frac{P_{anto}}{P_{otto}} \quad \text{KAAVA 1}$$

η = hyötysuhde (%)

P_{otto} = ottoteho (kW)

P_{anto} = antoteho (kW)

Kaavaa 1 pyörittämällä saatiin kaava moottorin ottoteholle. Moottorin verkosta ottama teho laskettiin kaavalla 2.

$$P_{otto} = \frac{P_{anto}}{\eta} \quad \text{KAAVA 2}$$

η = hyötysuhde (%)

P_{otto} = ottoteho (kW)

P_{anto} = antoteho (kW)

Vanhan moottorin verkosta ottama teho laskettiin kaavalla 2.

$$P_{otto} = \frac{P_{anto}}{\eta} = \frac{55 \text{ kW}}{0,923} = 59,58 \text{ kW}.$$

Uuden moottorin verkosta ottama teho laskettiin kaavalla 2.

$$P_{otto} = \frac{P_{anto}}{\eta} = \frac{55 \text{ kW}}{0,949} = 57,95 \text{ kW}.$$

Seuraavaksi laskettiin moottoreiden tehohäviöt. Tehohäviö saatiin vähentämällä verkosta ottamasta tehosta työkoneelle annettu teho. Tehohäviö laskettiin kaavalla 3.

$$P_{HkW} = P_{otto} - P_{anto} \quad \text{KAAVA 3}$$

P_{HkW} = tehohäviö (kW)

P_{otto} = ottoteho (kW)

P_{anto} = antoteho (kW)

Moottoreille laskettiin tehohäviöt kilowatteina, kilowattitunteina ja euroina. Tehohäviöt kilowattitunteina saatiin kertomalla kilowattihäviöt vuoden käyttötunteina. Tehohäviöt kilowattitunteina laskettiin kaavalla 4.

$$P_{HkWh} = P_{HkW} * a \quad \text{KAAVA 4}$$

P_{HkW} = tehohäviö (kW)

a = moottorin käyttötunnit vuodessa (h)

Häviöt laskettiin myös rahallisena häviönä. Rahallinen häviö saatiin kertomalla tehohäviöt tehdasalueen sähkön hinnalla. Rahallinen häviö laskettiin kaavalla 5.

$$P_{H€} = P_{HkWh} * c \quad \text{KAAVA 5}$$

$P_{H€}$ = rahallinen häviö (€)

P_{HkWh} = häviöteho (kWh)

c = sähköhinta (€/kWh)

Tehdasalueen sähköhinta oli 42 €/MWh eli 0,042 €/kWh. Kilowattitunnit saatiin jakamalla megawattitunnit 1 000:lla. Moottorit olivat jatkuvassa käytössä, joten niiden vuoden aikaista käyttöä laskettiin 8 000 tunnin mukaan. Tunti määrä valikoitui moottorin mahdollisten vuosihuoltojen takia 8 000 tuntiin, joka on noin 11 kuukautta.

Vanhan moottorin tehohäviö kilowatteina laskettiin kaavalla 3.

$$P_{HkW} = 59,58 \text{ kW} - 55 \text{ kW} = 4,58 \text{ kW}.$$

Vanhan moottorin tehohäviö kilowattitunteina vuoden aikana laskettiin kaavalla 4.

$$P_{HkWh} = 4,58 \text{ kW} * 8000 \text{ h} = 36\,640 \text{ kWh}.$$

Vanhan moottorin rahallinen häviö vuoden aikana laskettiin kaavalla 5.

$$P_{H€} = 36\,640 \text{ kWh} * 0,042 \frac{€}{\text{kWh}} = 1538,88 \text{ €}.$$

Uuden moottorin tehohäviö kilowatteina laskettiin kaavalla 3 seuraavasti.

$$P_{HkW} = 57,95 \text{ kW} - 55 \text{ kW} = 2,95 \text{ kW}.$$

Uuden moottorin tehohäviö kilowattitunteina vuoden aikana laskettiin kaavalla 4 seuraavasti.

$$P_{HkWh} = 2,95 \text{ kW} * 8000 \text{ h} = 23\,600 \text{ kWh}.$$

Uuden moottorin rahallinen häviö vuoden aikana laskettiin kaavalla 5 seuraavasti.

$$P_{H€} = 23\,600 \text{ kWh} * 0,042 \frac{€}{\text{kWh}} = 991,20 \text{ €}.$$

Taulukosta 5 nähdään laskujen tulokset. Taulukosta nähdään, miten yhden moottorin vaihtaminen uuden energialuokan moottoriin vaikuttaa yrityksen energian kulutukseen ja kuinka paljon rahaa yhdellä moottorin vaihdolla vuodessa säästää. Taulukosta nähdään, että yritys säästää yhdellä moottorin vaihdolla vuoden aikana 13 040 kWh ja 547,68 €.

TAULUKKO 5. Vanhan ja uuden moottorin häviöiden vertailu

	HXUR 455G2	M3BP 225 SMC 4	HÄVIÖIDEN ERO VUODESSA
HÄVIÖT (kWh)	36 640	23 600	13 040
HÄVIÖT (€)	1 538,88	991,20	547,68

Moottoreiden hankinnalle laskettiin myös takaisinmaksuaika. Investoinnin takaisinmaksuaika laskettiin kaavalla 6 (16).

$$n = \frac{H}{s}$$

KAAVA 6

n = takaisinmaksuaika (a)

H = investoinnin arvo (€)

s = investoinnin avulla saavutettu säästö (€/a)

Kun yritys säästää moottorin vaihdolla sähkökustannuksia vuodessa 547,68 € ja moottorin hankintahinta on 2 200 €. Niin hankinnan takaisinmaksuaika on neljä vuotta.

$$n = \frac{2200 \text{ €}}{547,68 \frac{\text{€}}{\text{a}}} = 4,02a$$

5.2 Sähkömoottoreiden hankinnan kokonaiskustannukset ja säästöt

Kuvasta 20 nähdään kaikkien moottoreiden hankinnan yhteenveto. Moottoreita oli yhteensä 92, joista kaksinapaisia moottoreita oli 1, neljänapaisia 80 ja kuusinapaisia 11. Kuvan laskelmat on tehty todellisilla moottorin hinnoilla. Kuvasta 20 nähdään 92 moottorin hankinta hinta, moottoreiden häviöt ja uudella moottorilla saavutettavat säästöt vuodessa sekä hankinnan takaisinmaksuaika.

<u>Moottoreiden hankintakustannusten yhteenveto</u>			
Uusien moottoreiden hankinta hinta			373 469,0 €
Moottoreita yhteensä			92
	kW	kWh	€
Uusien moottoreiden häviö vuodessa	489,1	3912616,1	164 329,9 €
Vanhojen moottoreiden häviö vuodessa	632,9	5063019,0	212 646,8 €
Säästöt vuodessa	143,8	1150402,9	48 316,9 €
Hankinnan takaisinmaksuaika			7,7 VUOTTA

KUVA 20. Moottoreiden hankinnan yhteenveto

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin vanhoille energiatehottomille AC-moottoreille korvaussuunnitelma uusiin IE3-energialuokan moottoreihin. Työnteon yhtenä työvälineenä oli SAP-tuotannonohjausjärjestelmä. Työ aloitettiin kartoittamalla työhön kuuluvien moottoreiden määrää SAP-tuotannonohjausjärjestelmästä. SAP-tuotannonohjausjärjestelmän käyttö ei ollut minulle entuudestaan tuttua. Opettelu vei aluksi paljon aikaa, mutta toistojen kautta tarvittavien tietojen hakeminen onnistui lopulta erittäin hyvin.

SAP-tuotannonohjausjärjestelmästä sain ulos Excel-tiedoston, jossa oli suuri määrä moottoreita, jotka lopulta karsittiin 113:een. Tärkeimpinä karsinnan perusteina olivat moottorien teho, tila ja toimintopaikka.

Moottoreiden huoltohistoriaa tutkimalla oli aluksi tarkoitus saada tietoon lopullinen vaihdettavien moottorien määrä. Moottoreiden huoltohistoriaa löytyi niin vähäiselle määrälle, että lopulta päädyttiin vaihtamaan kaikki vanhan lajimerkin moottorit. Korvattavien moottoreiden määrä oli 92.

Uusia moottoreita haettiin ABB:n moottorikatalogista. Vanhojen moottoreiden mitat tarkistettiin Strömbergin moottorikatalogeista. Korvaavat moottorit löytyivät melko helposti. Tärkeimpänä oli löytää moottoreita, jotka vastasivat teholtaan, rungon kooltaan ja asennusreikien puolesta vanhoja moottoreita. Uusissa paremman energialuokan moottoreissa suurimpana fyysisenä erona on staattorin pituus. Tämän takia kaikki moottorit piti käydä katsomassa asennuspaikoiltaan, jotta varmistuttaisiin asennusmahdollisuudesta. Moottoreita löytyi kolme, joiden asentaminen nykyiselle paikalleen ei ole mahdollista. Moottorinpetiä pitää muuttaa siten, että moottorit mahtuvat nykyiselle paikalleen.

Uusille moottoreille laskettiin hankintahinta, vuoden aikaiset häviöt ja säästöt sekä hankinnan takaisinmaksuaika. Häviöt ja säästöt laskettiin euroina ja kilowattitunteina. Hankinnan takaisinmaksuajaksi saatiin 7,7 vuotta, joka on turhan pitkä aika tämän kokoiseen investointiin. Takaisinmaksuajan pituuteen vaikutti varsinkin pienten kaksi- ja kuusinapaisten moottoreiden vähyys, koska säästöjä ei saada niin paljoa aikaiseksi verrattuna moottoreiden hankintahintaan. Pienien moottoreiden hyötysuhde on parantunut vanhoista moottoreista enemmän kuin suurten moottoreiden, joten pienemmillä moottoreilla saadaan aikaan paremmat säästöt vanhoihin moottoreihin verrattuna.

Työstäni valmistui Eforalle Excel-tiedosto, joka sisälsi vanhat vaihdettavat moottorit sekä uudet moottorit vanhojen tilalle. Tiedosto sisältää moottoreiden asennusten kannalta tärkeiden mittojen vertailun, josta yritys näkee tarvittavat mitat asennusta ajatellen. Tiedostosta löytyvät asennuspaikat, jotka täytyy tarkistaa, ja kolme asennuspaikkaa täytyy muuttaa ennen uuden moottorin asentamista. Lisäksi tiedostosta löytyy vanhojen ja uusien moottoreiden hyötysuhteen vertailu. Tein yritykselle tiedostoon laskentatyökalun moottoreiden hankintaan. Laskentatyökaluun on koottu moottoreiden todelliset hinnat, moottoreiden vuosittaiset häviöt ja moottoreiden takaisinmaksuaika. Laskentatyökalu on tehty Excel-kaavojen avulla, joten yritys voi halutessaan muokata tiedoston lukuja. Yritys voi käyttää laskentatyökalua tämän vuoksi myös tulevaisuuden projekteissaan.

Opinnäytetyöprosessin aikana tuli ilmi kehitysidea SAP-tuotannonohjausjärjestelmän käyttöön, johon ei pystytty opinnäytetyön aikana kiinnittämään huomiota. Moottoreiden tietoja pitäisi päivittää paremmin SAP-järjestelmään. Tämä olisi auttanut moottoreiden huolto raporttien etsinnässä. Päivittäminen helpottaisi yritystä myös tulevaisuuden projekteissa, mikäli kaikkien laitteiden tiedot kirjattaisiin välittömästi SAP-tuotannonohjausjärjestelmään.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut hyvin opettavaista. Sähkömoottorit ja sähkötekniikka ei ollut minulle kovin tuttu aihe ennen tekemääni opinnäytetyötä. Työn edetessä opin paljon, miten tärkeässä roolissa paremman hyötysuhteen moottorit ovat yrityksien taloudelle ja ympäristölle. Mielestäni opinnäytetyö onnistui hyvin ja uskon, että työstäni on yritykselle hyötyä.

LÄHTEET

1. Tietoa meistä. Helsinki: Efora Oy. Saatavissa: <http://www.efora.fi/#tietoa-meista>. Hakupäivä 15.3.2018.
2. Pöysä, Jorma 2015. Kunnossapito puristuksessa. Kauppalehti. 28.4.2015. Saatavissa: [https://www.kauppalehti.fi/uutiset/kunnossapito-puristuksessa/PXnuDAgm](https://www.kauppalehti.fi/ uutiset/kunnossapito-puristuksessa/PXnuDAgm). Hakupäivä 24.5.2018.
3. Ahoranta, Jukka 2015. Sähkötekniikka. Helsinki: Sanoma Pro.
4. Ahoranta, Jukka – Ahoranta, Jaakko 2012. Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet. Helsinki: Sanoma Pro.
5. Pehmökäynnistinopas. Pienjännitetuotteet. Pehmökäynnistys 1FI12_01.2011. ABB Oy. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%201FI12_01.pdf. Hakupäivä 22.3.2018.
6. Oikosulkumoottorit HXUR 145...1009 IEC 71...500 IP 54/55 200...660 V, 50 Hz. Moottorikatalogi. Strömberg Oy.
7. Oikosulkumoottorit HXA 71...HXR 355 HXUR 805...1009 IP 55 200...600 V, 50 Hz. Moottorikatalogi. Strömberg Oy.
8. Low voltage process performance motors 400V 50Hz, 460V 60 Hz. 2017. Moottorikatalogi. ABB Oy.
9. ABB 3 Phase 7.5 HP 6 Pole Foot Mount FLP Motor JHX132SME6. Indusuno.com. Saatavissa: <https://www.indusuno.com/abb-3-phase-7-5-hp-6-pole-foot-mount-flp-motor-jhx132sme6-iu-mpt2897.html>. Hakupäivä 19.4.2018.
10. ABB M3AA Reversible Induction AC Motor, 0.18 kW, IE2, 3 Phase, 4 Pole, 415 V ac, Flange Mount Mounting. RS components Ltd. Saatavissa: <https://uk.rs-online.com/web/p/ac-motors/7332174/>. Hakupäivä 19.4.2018.
11. Aura, Lauri – Tonteri, Antti J 1998. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. Helsinki: WSOY.

12. Kinnunen, Jarno 2014. Moottoreiden hyötysuhteet. ABB Oy. Saatavissa: http://www.lut.fi/documents/10633/333534/Moottoreiden+Hy%C3%B6tysuhteet_yleinen_Jarno_Kinnunen.pdf/1f7fb3af-2475-4b2d-98bf-af4d1580d4dc/. Hakupäivä 1.4.2018.
13. Kortelainen, Antti 2009. Sähkömoottorin hyötysuhteella on väliä. Power & Automation 3/2009. Saatavissa: <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/9324577570fc2313c125765e002bfcd2.aspx>. Hakupäivä 6.3.2018.
14. Kortelainen, Kari 2010. Sähkömoottorin hyötysuhde paranee paremmalla rakenteella. Metallitekniikka 4/2010. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/metallitekniikka/2010-05-07/S%C3%A4hk%C3%B6moottorin-hy%C3%B6tysuhde-paranee-paremmalla-rakenteella-3288917.html>. Hakupäivä 8.4.2018.
15. Ylinen, Janne. Työ, teho ja hyötysuhde. Peda.net. Saatavissa: <https://peda.net/p/janne.ylinen/opetus/fysiikka/fys-2/energia2/ttjh>. Hakupäivä 25.5.2018.
16. Hänninen, Tuula. Investoinnin takaisinmaksuaika. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://docplayer.fi/3558263-Investoinnin-takaisinmaksuaika.html>. Hakupäivä 25.5.2018.

Tekniset arvot

Oikosulkumoottorit
IP 54 / IP 55

220...660 V, 50 Hz

Eristysluokka F

Lämpenemä B-luokan mukainen (80°C)

Moottorin laji	IEC- tunnus	Teho kW	n r/min	Virta I_N (380 V) A	I_b I_N	T_s T_N	T_{max} T_N	Teho- kerroin $\cos \varphi$	Hyöty- suhde η %	Paino kg	Hitaus- momentti J kgm ²
1500 r/min (4-napainen)											
HXUR 145C2	71	0,25	1380	0,85	3,1	1,7	2,1	0,77	61	5,6	0,0043
HXUR 145A2	71	0,37	1370	1,23	3,6	2,1	2,5	0,71	65	5,9	0,0070
HXUR 165C2	80	0,55	1400	1,7	3,6	1,8	2,3	0,77	65	8,2	0,0015
HXUR 165A2	80	0,75	1370	2,1	4,0	1,8	2,2	0,79	70	9,5	0,0018
HXUR 182A2	90S	1,1	1420	2,8	5,0	2,2	2,7	0,79	77	13,5	0,0030
HXUR 188A2	90L	1,5	1420	3,7	5,6	2,2	2,8	0,80	78	16	0,0038
HXUR 208C2	100L	2,2	1410	5,3	5,3	2,2	2,6	0,82	80	20	0,0050
HXUR 208A2	100L	3,0	1410	7,0	5,5	2,3	2,7	0,83	81	23	0,0065
HXUR 225A2	112M	4,0	1425	8,7	6,0	2,3	2,8	0,83	84	29	0,011
HXUR 262A2	132S	5,5	1440	11,7	6,3	2,4	3,0	0,84	86	40	0,015
HXUR 265A2	132M	7,5	1440	15,6	6,5	2,5	3,0	0,85	87	50	0,023
HXUR 325A2	160M	11	1450	23	6,7	2,3	3,0	0,84	89	78	0,052
HXUR 328A2	160L	15	1450	30	6,9	2,3	3,0	0,86	90	93	0,063
HXUR 365A2	180M	18,5	1460	37	6,9	2,2	2,9	0,84	91	119	0,10
HXUR 368A2	180L	22	1460	43	6,9	2,2	2,8	0,86	91	135	0,12
HXUR 405A2	200M	30	1470	58	6,5	2,1	3,0	0,85	92	183	0,25
HXUR 408A2	200L	37	1470	71	6,7	2,1	3,0	0,85	92,5	210	0,29
HXUR 452G2	225S	45	1475	90	6,7	2,3	2,9	0,84	93	310	0,36
HXUR 455G2	225M	55	1475	109	6,8	2,3	2,9	0,84	93,5	340	0,42
HXUR 505G2	250M	75	1474	141	6,8	2,0	2,8	0,86	94	500	0,70
HXUR 562G2	280S	90	1478	173	6,5	2,3	2,6	0,86	94,3	590	1,11
HXUR 565G2	280M	110	1478	205	7,0	2,4	2,7	0,86	94,8	670	1,33
HXUR 632G2	315S	132	1485	252	7,2	2,2	2,9	0,85	95,0	860	2,27
HXUR 635G2	315M	160	1485	298	7,2	2,3	2,9	0,86	95,5	970	2,64
HXUR 638G2	315L	200	1485	370	7,0	2,2	2,6	0,86	95,8	1100	3,60
HXUR 712G2	355S	250	1488	460	7,4	1,6	3,0	0,86	96,0	1500	5,0
HXUR 715H2	355M	315 ¹⁾	1486	582	7,4	1,7	2,7	0,86	96,3	1750	6,3
HXUR 718G2	355L	400 ¹⁾	1486	725	6,7	1,3	2,4	0,88	96,5	2000	7,6
HXUR 805H2	400M	400	1487	730	6,3	1,1	2,3	0,87	96	2400	10
HXUR 808H2	400L	500	1490	910	6,2	1,0	2,3	0,87	96,4	2800	13
HXUR 1001H2	500	630	1490	1130	6,3	0,8	2,2	0,88	96,5	3800	26
HXUR 1005H2	500	800	1491	1410	6,3	0,8	2,0	0,89	96,9	4550	34
HXUR 1009H2 ²⁾	500	1000	1492	—	6,3	0,8	2,0	0,88	97,3	5850	47

¹⁾ Lämpenemä F-luokan mukaan.²⁾ $I_N = 1030$ A, vain 660 VD.

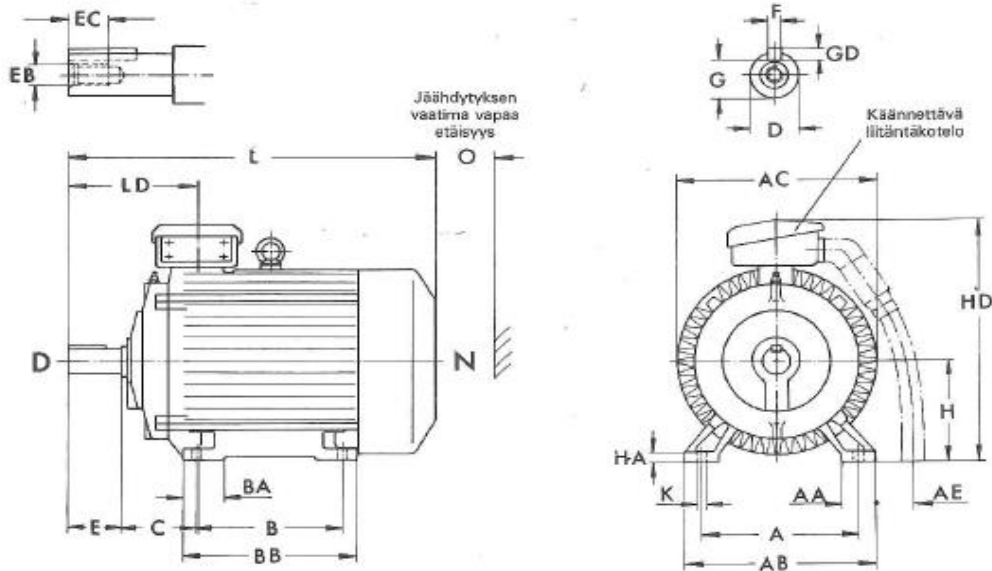
2660

Mittapiirustus

Jalalliset
oikosulkumoottorit

Sovitelma: B3, B6, B7, B8, V5, V6

Laji HXUR 405...HXUR 638



Laji	IEC-tunnus	A	AA	AB	AC	AE	B	BA	BB	C	D, tol.		E		EB		EC	
		2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	
HXUR 405	200M	318	70	378	382	170	257	73	326	133	55m6	55m6	110	110	M20	M20	40	40
HXUR 408	200L	318	70	378	382	170	305	73	364	133	55m6	55m6	110	110	M20	M20	40	40
HXUR 452	225S	356	70	416	445	210	288	95	345	149	55m6	60m6	110	140	M20	M20	40	40
HXUR 455	225M	356	70	416	445	210	311	95	370	149	55m6	60m6	110	140	M20	M20	40	40
HXUR 505	250M	406	85	473	497	180	349	110	416	168	60m6	65m6	140	140	M20	M20	40	40
HXUR 562	280S	457	90	530	557	160	368	110	435	190	65m6	75m6	140	140	M20	M20	40	40
HXUR 565	280M	457	90	530	557	160	419	110	486	190	65m6	75m6	140	140	M20	M20	40	40
HXUR 632	315S	508	105	590	630	170	406	130	485	216	65m6	80m6	140	170	M20	M20	40	40
HXUR 635	315M	508	105	590	630	170	457	130	536	216	65m6	80m6	140	170	M20	M20	40	40
HXUR 638	315L	508	105	590	630	170	508	130	587	216	65m6	90m6	140	170	M20	M24	40	48

Laji	F		G		GD		H ¹⁾	HA	HD		K	L		LD		O	Laakerit ⁴⁾		
	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.			2)	3)		2,4/2 nap.	4-12 nap.	2,4/2 nap.	4-12 nap.		D ⁵⁾	4-12 n.	N
HXUR 405	16	16	49	49	10	10	200	30	547	564	19	711	697	260	260	70	6312/C3	6312/C3	6311/C3
HXUR 408	16	16	49	49	10	10	200	30	547	564	19	749	735	260	260	70	6312/C3	6312/C3	6311/C3
HXUR 452	16	18	49	53	10	11	225	32	609	617	19	779	799	267	297	80	6313/C3	6313/C3	6312/C3
HXUR 455	16	18	49	53	10	11	225	32	606	617	19	804	824	267	297	80	6313/C3	6313/C3	6312/C3
HXUR 505	18	18	53	58	11	11	250	40	681		24	910	919	307	307	90	6315/C3	6315/C3	6313/C3
HXUR 562	18	20	58	67,5	11	12	280	40	741		24	992	979	326	326	100	6316/C3	6316/C3	6315/C3
HXUR 565	18	20	58	67,5	11	12	280	40	741		24	1043	1030	326	326	100	6316/C3	6316/C3	6315/C3
HXUR 632	18	22	58	71	11	14	315	50	835		30	1083	1113	346	376	115	6316/C3	6319/C3	6316/C3
HXUR 635	18	22	58	71	11	14	315	50	835		30	1134	1164	346	376	115	6316/C3	6319/C3	6316/C3
HXUR 638	18	25	58	81	11	14	315	50	835		30	1185	1215	346	376	115	6316/C3	6319/C3	6316/C3

¹⁾ Toleranssi HXUR 405-505 0 , HXUR 562-565 0
-0,5 -1,0

²⁾ Vakiorakenne.

³⁾ Liitäntäkotelo alumiinikaapeli.

⁴⁾ Moottorin arvokilvessä on laakerin lajimerkki.
Tässä mittapiirustuksessa mainitut laakerit ovat vakiolaakereita.

⁵⁾ Tarvittaessa vastaava NU-laakeri.

Technical data, 400 V 50 Hz

IE3 cast iron motors

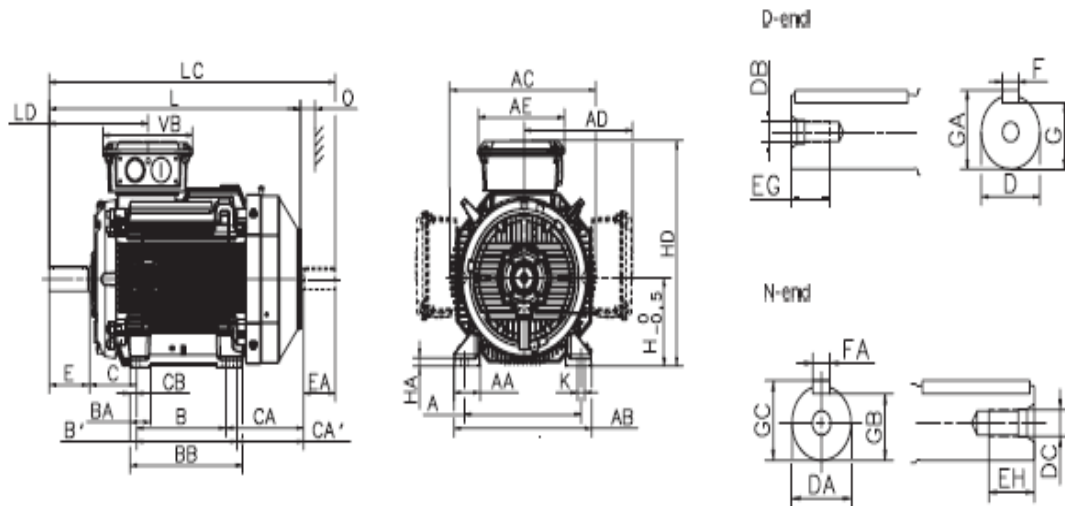
IP 55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B
IE3 efficiency class according to IEC 60034-30-1; 2014

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-30-1; 2014			Power factor Cosφ	Current		Torque		Moment of inertia J = 1/4 GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure Level L _{wa} dB	
				Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%		I _N A	I _Δ /I _N	T _N Nm	T _Δ /T _N				T _β /T _N
1500 r/min = 4 poles															
				400 V 50 Hz			CENELEC-design								
0.25	M3BP 71MD 4	3GBP072340--L	1416	73,5	75,1	73,8	0,80	0,6	4,8	1,68	2,0	2,6	0,0009	11	45
0.37	M3BP 71MLE 4	3GBP072450--L	1432	77,3	77,4	74,5	0,76	0,9	5,8	2,46	2,7	3,3	0,00122	15	45
0.55	M3BP 80MLC 4	3GBP082430--L	1444	80,8	81,6	80,1	0,80	1,2	6,7	4	3,0	3,5	0,0028	20	45
0.75	M3BP 80MLE 4	3GBP082450--L	1448	82,5	82,5	80,1	0,78	1,7	7,4	4,9	3,5	4,0	0,0033	22	50
1.1	M3BP 90LA 4	3GBP092510--L	1443	84,1	84,6	83,5	0,76	2,4	7,9	7,26	3,4	4,2	0,0049	28	56
1.5	M3BP 90LB 4	3GBP092520--L	1445	85,3	85,0	82,5	0,77	3,3	8,3	9,9	3,8	4,6	0,0067	32	56
2.2	M3BP 100LA 4	3GBP102510--L	1448	86,7	89,0	86,1	0,81	4,5	7,5	14	2,3	3,6	0,0109	38	56
3	M3BP 100MLB 4	3GBP102420--L	1444	87,7	88,4	87,6	0,81	6,1	7,0	19,8	3,3	4,1	0,0121	42	58
4	M3BP 112ME 4	3GBP112350--L	1453	88,6	88,9	88,0	0,74	8,9	7,8	26	3,5	4,3	0,0188	52	59
5.5	M3BP 132SMB 4	3GBP132220--L	1463	89,6	89,8	88,7	0,74	11,9	7,6	36	2,8	3,9	0,0295	68	70
7.5	M3BP 132SME 4	3GBP132250--L	1462	90,4	90,8	90,2	0,76	15,7	7,9	49	3,0	4,0	0,0376	78	64
11	M3BP 160MLA 4	3GBP162410--L	1477	91,4	91,8	91,1	0,82	21,1	7,6	71,27	2,6	3,3	0,11	160	61
15	M3BP 160MLB 4	3GBP162420--L	1477	92,1	92,4	91,6	0,82	28,5	8,2	96,99	3,0	3,7	0,135	179	61
18.5	M3BP 180MLA 4	3GBP182410--L	1481	92,6	93,2	92,9	0,83	34,9	7,2	119,3	2,8	3,0	0,219	215	60
22	M3BP 180MLB 4	3GBP182420--L	1481	93,0	93,5	93,3	0,82	41,4	8,3	142	3,0	3,2	0,243	229	60
30	M3BP 200MLA 4	3GBP202410--L	1483	93,6	93,9	93,4	0,84	54,8	7,5	193,2	2,7	3,2	0,385	292	63
37	M3BP 225SMA 4	3GBP222210--L	1482	93,9	94,1	93,8	0,83	68,9	7,2	238,6	3,1	3,1	0,427	322	67
45	M3BP 225SMB 4	3GBP222220--L	1482	94,2	94,4	94,0	0,84	82,3	8,0	290	3,2	3,5	0,525	357	66
55	M3BP 250SMA 4	3GBP252210--L	1482	94,6	94,7	94,0	0,84	100	7,1	354,2	2,9	3,4	0,694	406	68
75	M3BP 280SMB 4	3GBP282220--L	1485	95,0	95,2	94,8	0,86	133	6,4	483	2,3	2,8	1,38	645	75
90	M3BP 280SMC 4	3GBP282230--L	1485	95,2	95,5	95,2	0,86	158	7,1	578	2,5	2,9	1,73	700	75
110	M3BP 315SMB 4	3GBP312220--L	1489	95,4	95,5	95,0	0,84	198	7,0	705	2,1	3,0	2,43	930	71
132	M3BP 315SMC 4	3GBP312230--L	1488	95,6	95,9	95,5	0,86	231	6,7	847	2,2	2,9	2,9	1000	71
160	M3BP 315SMD 4	3GBP312240--L	1488	95,8	96,0	95,8	0,85	282	6,9	1026	2,2	3,0	3,2	1065	71
200	M3BP 315MLB 4	3GBP312420--L	1487	96,0	96,4	96,4	0,86	351	6,8	1284	2,4	3,0	3,9	1220	74
250	M3BP 355SMA 4	3GBP352210--L	1491	96,0	96,0	95,6	0,86	435	6,4	1601	2,1	2,9	5,9	1610	78
315	M3BP 355SMB 4	3GBP352220--L	1491	96,0	96,1	95,7	0,85	550	7,3	2018	2,4	3,3	6,9	1780	78
355	M3BP 355SMC 4	3GBP352230--L	1490	96,0	96,2	95,8	0,86	616	6,3	2273	2,3	2,8	7,2	1820	78

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-30-1; 2014			Power factor Cosφ	Current		Torque		Moment of inertia J = 1/4 GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure Level L _{wa} dB	
				Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%		I _N A	I _Δ /I _N	T _N Nm	T _Δ /T _N				T _β /T _N
1500 r/min = 4 poles															
				400 V 50 Hz			High-output design								
18.5	M3BP 160MLC 4	3GBP162430--L	1473	92,6	93,3	93,1	0,82	35,1	8,3	119,93	3,1	3,5	0,124	180	67
30	M3BP 180MLC 4	3GBP182430--L	1476	93,6	94,1	94,1	0,82	56,5	7,4	194,5	2,5	3,2	0,191	235	62
37	M3BP 200MLB 4	3GBP202420--L	1480	93,9	94,8	94,8	0,82	69,3	7,5	238,73	2,8	2,9	0,362	305	68
55	M3BP 225SMC 4	3GBP222230--L	1478	94,6	94,9	94,8	0,84	99,9	7,7	355,35	3,3	3,3	0,536	391	71
75	M3BP 250SMB 4	3GBP252220--L	1482	95,0	95,4	95,0	0,84	135	7,9	483,26	3,3	3,5	0,941	464	73
110	M3BP 280SMD 4	3GBP282240--L	1486	95,4	95,7	95,3	0,85	196	7,3	707	2,7	3,0	1,95	750	76
132	M3BP 280MLA 4	3GBP282410--L	1483	95,6	95,9	95,7	0,86	232	7,0	849	2,7	2,8	2,3	840	75
160	M3BP 280MLB 4	3GBP282420--L	1484	95,8	96,0	95,8	0,86	280	7,4	1029	2,9	2,9	2,5	890	75
250	M3BP 315LKA 4	3GBP312810--L	1488	96,0	96,3	96,1	0,85	442	6,9	1604	2,5	3,2	4,4	1410	78
315	M3BP 315LKC 4	3GBP312830--L	1489	96,0	96,1	95,8	0,85	557	8,3	2020	3,0	3,3	5,5	1600	78

Dimension drawings

Foot-mounted cast iron motors, 160 - 250



Mounting options IM B3 (IM 1001), IM B6 (IM 1051), IM B7 (IM 1061), IM B8 (IM 1071), IM V5 (IM 1011), IM V6 (IM 1031)

Motor size	Poles	A	AA	AB	AC	AD	AE	B	B'	BA	BB	C	CA	CA'	CB	D	DA	DB	DC	E
160 ¹⁾	2-8	254	67	310	338	261	257	210	254	69	294	108	164	126	20	42	32	M16	M12	110
160 ²⁾	2-8	254	67	310	338	261	257	210	254	69	294	108	262	224	20	42	32	M16	M12	110
180	2-8	279	67	340	381	281	257	241	279	68	317	121	263	225	19	48	32	M16	M12	110
200	2-8	318	69	378	413	328	300	267	305	80	345	133	314	276	20	55	45	M20	M16	110
225	2	356	84	435	460	348	300	286	311	69	351	149	314	289	20	55	55	M20	M20	110
225	4-8	356	84	435	460	348	300	286	311	69	351	149	314	289	20	60	55	M20	M20	140
250	2	406	92	480	508	376	300	311	349	69	392	168	281	243	23	60	55	M20	M20	140
250	4-8	406	92	480	508	376	300	311	349	69	392	168	281	243	23	65	55	M20	M20	140

Motor size	Poles	EA	EG	EH	F	FA	G	GA	GB	GC	H	HA	HD	K	L	LC	LD	Ø	VB
160 ¹⁾	2-8	80	36	28	12	10	37	45	27	35	160	23	421	14.5	584	671.5	287.5	45	257
160 ²⁾	2-8	80	36	28	12	10	37	45	27	35	160	23	421	14.5	681	768.5	287.5	45	257
180	2-8	80	36	28	14	10	42.5	51.5	27	35	180	23	461	14.5	726	815	300.5	50	257
200	2-8	110	42	36	16	14	49	59	39.5	48.5	200	23	528	18.5	821	934	320.5	70	311
225	2	110	42	42	16	16	49	59	49	59	225	23	573	18.5	849	971	313.5	80	311
225	4-8	110	42	42	18	16	53	64	49	59	225	23	573	18.5	879	1001	343.5	80	311
250	2	110	42	42	18	16	53	64	49	59	250	23	626	24.0	884	1010	343.5	90	311
250	4-8	110	42	42	18	16	58	69	49	59	250	23	626	24.0	884	1010	343.5	90	311

Tolerances	Footnotes
A, B	ISO js14
C, CA	± 0.8
D, DA	ISO k6 < Ø 50 mm ISO m6 > Ø 50 mm
F, FA	ISO h9
H	+0 -0.5
	Generation code G: ¹⁾ MLA, MLB 2 and 8 ²⁾ MLB 4-6, MLC 2-8, MLD, MLE
	Generation codes K and L: ¹⁾ MLA 2 only ²⁾ All others