



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jesse Pukkinen

SÄHKÖMAGNEETTISEN JARRUN VALINTAPROSESSI

Tekniikka

2025

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jesse Pukkinen
Opinnäytetyön nimi	Sähkömagneettisen jarrun valintaprosessi
Vuosi	2025
Kieli	Suomi
Sivumäärä	46 + 4 liitettä
Ohjaaja(t)	Jani Leppämäki

Tämä työ on tehty ABB Oy:n IEC LV Motorsin Global Customer Project-osaston pyynnöstä. Tutkimuksessa vertailtiin eri jarruvalmistajien pitojarrujen soveltuvuutta ABB:n M3BP-moottoreiden kokoluokkiin 160–250. Ongelmana ABB:llä on ollut kustannustehokas pitojarru M3BP-moottoreille. Nyt on myyty monen eri valmistajan pitojarruja, joiden hinnat ovat olleet monessa tapauksessa liian korkeat. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää uusi standardisoitu ja kustannustehokas pitojarru, jotta pystyttäisiin tarjoamaan esivalittu jarru kaikille moottorikoille lyhentäen tilaus-, tarjous- ja suunnittelu-aikaa.

Teoriaosuudessa käydään läpi tutkimusmenetelmät, joita hyödynnettiin jarrujen vertailussa ja yhteensopivuusvertailussa. Tutkimusmenetelmiin sisältyvät, sähköpostikeskustelut, kokoukset, CAD suunnittelu-sovelluksen hyödyntäminen 3D-malleille, mittapiirustukset sekä tiedonhaku muista sisäisistä ja ulkoisista lähteistä. 3D-mallit ja mittakuvat olivat tutkimuksen tärkein osuus, sillä ne mahdollistivat jarrujen yhteensopivuuden tarkastelun moottoreihin.

Tutkimuksessa saavutettiin toivotut tulokset. Lopputuloksena löydettiin uusi pitojarruvalmistaja, jonka jarrut soveltuvat ABB:n pienjännite-moottoreihin ja täyttää asiakaspalvelu-, kustannustehokkuus-, lisävaruste- sekä sertifikaattikriteerit. Pitojarru, joka tutkimuksessa valikoitiin, oli Preciman FDB-jarrumalli. Mikäli tästä jarrusta tehdään uusi standardijarru valikoimaan, tulee se tuotteistaa. Lopullinen valintapäätös tehdään yhteistyössä ABB:n hankintaosaston kanssa tutkimusta hyödyntäen.

ABSTRACT

Author	Jesse Pukkinen
Title	Selection Process of an Electromagnetic Brake
Year	2025
Language	Finnish
Pages	46 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Jani Leppämäki

This study was conducted for Global Customer Project Team at ABB Oy IEC LV Motors. They requested for research of different holding brake options available on the market for ABB M3BP-motors for motor sizes 160-250. The problem was that ABB does not have a cost-effective standard holding brake to offer for all above mentioned motor sizes. The task of the study was to find a cost-effective standard holding brake that would be available as a prechosen brake for all motor sizes reducing the offering, ordering and design time.

The theoretical part of the study includes various research methods used for comparing brakes and assessing their suitability for ABB Motors. These methods encompass e-mail conversations, meetings held with a brake manufacturer, the use of a CAD design application for 3D-models, dimension drawings and other important data obtained from both internal and external sources. 3D-models and dimension drawings were the most crucial part of the research, making it possible to confirm the suitability of the brakes on the motors.

The study achieved all the desired results. The results include the finding of a new holding brake manufacturer, whose holding brakes suit ABB M3BP Low Voltage motors and fulfills the desired customer service quality, cost-effectiveness, accessory and certificate requirements. The holding brake model chosen in this study was the Precima FDB-brake. If this brake is made the new standard brake, it needs to be productized in the ABB selection. The final decision is made in cooperation with the ABB Sourcing Team, utilizing this study.

Keywords Study, holding brake, brake motor, cost-effective

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn rajausta, tavoitteet ja taustat	9
1.2 ABB:n Historia	10
1.2.1 ABB Suomessa	10
1.2.2 ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa	11
2 M3BP-PIENJÄNNITEMOOTTORI	12
2.1 Pienjännitemoottori yleisesti	12
2.2 M3BP-pienjännitemoottoriperhe	14
2.3 M3BP-pienjännitemoottorin rakenne	15
2.4 Pienjännitemoottoreiden sovellukset	16
3 M3BP-JARRUMOOTTOREIDEN RAKENNE JA SOVELLUKSET	18
3.1 Yleistietoa pitojarruista	18
3.2 Jarrun mekaaninen rakenne ja toiminta	18
3.3 Jarrujen lisälaitteet	21
3.4 Sertifikaatit jarruille	22
3.5 Jarrumoottorin rakenne	23
3.6 Jarrumoottoreiden käyttöalueet	25
3.7 Varianttikoodit jarrumoottorin tilausprosessiin	26
4 JARRUVALMISTAJAT	27
4.1 Jarruvalmistajavertailu	27
4.2 Valintaperusteet vertailuun	28
4.2.1 Precima – FDB	29
4.2.2 Warner – ERX	30
4.2.3 Mayr – ROBA-stop M	31
4.2.4 INTORQ – BFK	32
5 TUTKIMUSPROSESSI	35
5.1 Prosessissa hyödynnetty data	35
5.2 Osien yhteensopivuusvertailu	35
5.2.1 Fyysinen mitoitus	36

5.2.2 CAD-suunnittelu	36
6 YHTEENVETO.....	39
6.1 Työn tulosten analysointi	39
6.2 Työn saavutukset	39
6.3 Jarrun valinta.....	40
6.4 Jatkokehitys	41
LÄHTEET.....	42
LIITTEET.....	45
LIITE 1. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.....	45
LIITE 2. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.....	45
LIITE 3. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.....	45
LIITE 4. Painoarvotaulukko.	46

KUVALUETTELO

Kuva 1. Tuotekoodiselostus (Abb.com, n.d. -e, s. 16.)	13
Kuva 2. M3BP-pienjännitemoottorin päämitat. (Abb.com, n.d. -e, s. 78.)	14
Kuva 3. Pienjännitemoottorisarja. (Etra.fi, n.d.)	15
Kuva 4. M3BP315-pienjännitemoottorin halkaisukuva.....	16
Kuva 5. Pienjännitemoottori jäähdytyskompressorissa. (Abb.com, n.d. - h).....	17
Kuva 6. Käsivapautuksella varustetun jarrun rakenne. (Precima.de, n.d.)	19
Kuva 7. Esimerkki tasasuuntaajan kytkennästä. (Kebamerica.com, 2021, s. 15)	20
Kuva 8. M3BP-jarrumoottorin rakenne. (Abb.com, n.d. -e, s. 83.)	24
Kuva 9. M3BP-jarrumoottori vinssikäytössä. (Abb.com, 2022.)	26
Kuva 10. Varianttikoodiseloste 412. (Abb.com, n.d. -g, s. 1.)	26
Kuva 11. Esimerkki painoarvotaulukosta (Ulrich & Eppinger, 2016, s. 169.)	28
Kuva 12. FDB-sarjan jarrumalli käsivapautuksella. (Precima.de, n.d. -c.)	30
Kuva 13. ERX-sarjan jarrumalli. (Warnerelectric.com, n.d. -b.)	31
Kuva 14. ROBA-stop M-sarjan jarrumalli. (Mayr.com, n.d. -a.)	32
Kuva 15. BFK458-sarjan jarrumalli. (lenze-selection.com, n.d, s. 7) .	34
Kuva 16. Esimerkki jarrusta, joka istuu hyvin.	37
Kuva 17. Esimerkki jarrusta, joka ei sovi käyttöön.....	38

LIITELUETTELO

Liite 1. Tarjouskyselylista, jossa moottorikohtaiset spesifikaatiot. (Salattu)

Liite 2. Jarrujen yhteensopivuusdokumentti. (Salattu)

Liite 3. Jarrujen hintavertailutiedosto. (Salattu)

Liite 4. Painoarvotaulukko.

MERKIT JA LYHENTEET

ABB	Asea, Brown & Boveri
ASEA	Allmänna Svenska Elektriska AB
BBC	Brown, Boveri & Cie
NX	Siemensin kehittämä 3D-suunnittelusovellus
Teamcenter	Siemensin kehittämä PLM-järjestelmä
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta
LV	Low Voltage, Pienjännite
3D	Kolmiulotteinen
MDBS	Multidatabase search, sisäinen tiedonhakukanta
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
Varianttikoodi	3-numeroinen sarja, määrittää moottorin rakenteen
V	Jännite
kW	Teho
IP-luokka	Kertoo moottorin tiiveyden ja suojauksen
IE	Kansainvälinen tehokkuusluokka
AC	Vaihtovirta
DC	Tasavirta
MoGeVa	Sisäinen kaupanhakukanta
SAP	Toiminnanohjaus järjestelmä
CAD	Computer-Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
RFQ	Request for quotation eli tarjouspyyntö
EU	Euroopan Unioni
GCS	Global Customer Support

1 JOHDANTO

1.1 Työn rajaus, tavoitteet ja taustat

Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä ABB IEC LV Motorsin hankinta-osaston sekä myynnin Global Customer Project-osaston kanssa. Tarkoituksena on tutkia ja löytää IEC LV Motorsilla valmistettaviin pienjännitemoottoreihin soveltuva pitojarru, joka olisi asiakkaiden toiveiden mukainen sekä kustannustehokas. Työ rajattiin ABB:n pienjännitemoottorikokoihin 160–250. Työstä rajattiin pois myös tuotteistaminen, testaaminen sekä valmistuskuvien luominen.

Pitojarrun tulee olla yhteensopiva edellä mainittujen moottorikoiden tuuletinsuojan sisään siten, että jarrun fyysinen koko ei vaikuttaisi moottorin tuuletukseen. Hinnat kriteerit täyttävissä pitojarruissa ovat toimeksiantajaryitykselle liian korkeat. Eivätkä budjettiin sopivat pitojarrut täytä toimeksiantajan kriteereitä. Pienjännitemoottoriin tuleva pitojarru voi kustantaa jopa enemmän kuin itse pienjännitemoottori. Tällöin asiakkaat etsivät tarjouksia kilpailijoilta tai tilaavat moottorin pelkästään jarruvalmiudella ja asentavat itse pitojarrun. Pitojarrun varusteissa tulee olla optioita asiakkaan toiveiden mukaisesti käsivapautukselle, mikrokytkimelle, lämmittimelle tai ilmapölynsäädölle.

Työn taustalla on se, että ABB saisi kasvatettua jarrumoottoreiden myyntiä löytämällä kustannustehokkaan jarrun valikoimaansa. Lisäksi tällä asiakas, tarjouksen tekijät sekä suunnittelijat, jotka tilatun moottorin tarjouksen tekevät ja suunnittelevat, hyötyisivät työstä. Asiakkaiden osalta tilausprosessi tehostuisi, kun varianttikoodipohjaisesti valinnat ovat jo valmiina. Tällä pystytään tehostamaan tarjoustenkäsittelijöiden sekä suunnittelijoiden työprosessia, kun tietyt valinnat ovat jo tehty etukäteen.

1.2 ABB:n Historia

ABB (Asea, Brown, Boveri) on ruotsalaisen "Allmänna Svenska Elektriska AB" (ASEA), sekä sveitsiläisen "Brown, Boveri & Cie" (BBC) fuusio vuodelta 1988. ASEA oli keskittynyt sähkötekniikkaan sekä suurjänniteverkkotekniikoiden kehittämiseen. BBC oli samalla alalla, mutta se oli keskittynyt voimalaitosratkaisuihin ja teollisuusautomaatioon. 2000-luvulla ABB on keskittynyt erityisesti uusiutuvaan energiaan, energiatehokkuuteen, sähköajoneuvojen latausinfrastruktuuriin ja digitalisaatioon.

ABB on myös ostanut useita yrityksiä, joka on vahvistanut sen asemaa automaatioteknologian ja robotiikan markkinoilla. ABB on yksi maailman johtavista sähkömoottoreiden valmistajista, joka tarjoaa laajan valikoiman eri sovelluksiin ja teollisuusaloille. ABB tunnetaan laadukkaista ja energiatehokkaista moottoreista. (Abb.com, n.d. -b.)

1.2.1 ABB Suomessa

ABB:n suomalaiset juuret juontavat jo vuoteen 1889, jolloin Gottfrid Strömberg ryhtyi yrittäjäksi. 1890-luvulla Gottfridin perustama yritys aloitti oman moottorisarjan valmistuksen. 1920-luvulla kirjoitettiin sopimus BBC:n kanssa, jolloin vaihtovirtakoneiden, muuntajien ja oikosulkumoottoreiden tuotanto alkoi. Vuosien 1920–1983 varrella keksittiin monia uusia innovaatioita, joita löytyy edelleen markkinoilta kehittyneimpinä. (Abb.com, n.d. -a)

Vuonna 1983 Kymi-Kymmenen ja Strömberg yhdistyivät. Yrityksen nimeksi tuli Kymi-Strömberg. Kolme vuotta myöhemmin Strömberg siirtyi Asealle, josta jälleen kaksi vuotta myöhemmin ASEA sekä BBC fuusioituivat. Fuusion myötä Suomeen syntyi tytäryhtiö nimeltä ABB Oy, jonka vienti kaksinkertaistui kolmessa vuodessa. (Abb.com, n.d. -a)

ABB toimii Suomessa noin 20 paikkakunnalla ja työllistää noin 5000 henkilöä. ABB:n tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Porvoossa, Vaasassa ja Haminassa. Vaasassa keskitytään robotiikkaan, sähköistämiseen sekä prosessiautomaatioon. Vaasan yksikkö työllistää noin 1500 henkilöä. (Abb.com, n.d. -d.)

1.2.2 ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa

IEC LV Motors on keskittynyt vahvasti korkean hyötysuhteen moottoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen. IEC LV Motorsin vastuualueisiin kuuluvat pienjännitemoottoreiden kehittäminen ja valmistus. Vaasan tehtaalla työskentelee noin 600 alan ammattilaista, jotka maailmanluokan osaamisella suunnittelevat ja valmistavat moottorit vastaamaan asiakkaan toiveita. (Abb.com, 2024.)

Vaasan IEC LV Motorsilla on kaksi tehdasta. Näistä toinen on nimeltään KK ja toinen MM. KK-tehtaalla valmistetaan pienet moottorit kokoluokissa 71–250. MM-tehtaalla valmistetaan moottorit kokoluokissa 280–500. Moottorien kokoluokat avataan seuraavissa luvuissa.

2 M3BP-PIENJÄNNITEMOOTTORI

2.1 Pienjännitemoottori yleisesti

Pienjännitemoottori on sähkömoottori. Se on alun perin kehitetty taloudellisen ja turvallisen käytön paikkoihin, joissa ei tarvinnut korkean jännitteen moottoria. Sähkömoottoreilta, joita markkinoidaan Euroopan Union alueella, vaaditaan EU:n asettamia säännöksiä ekologisen suunnittelun täyttymisestä. Tällä tähdätään siihen, että voidaan vähentää energiankulutusta ja ympäristöön kohdistuvia rasituksia. Ympäristön kannalta pyritään vähentämään materiaalien käyttöä, veden käyttöä, päästöjen vähentämistä, jäteongelmia sekä kierrätyksestä aiheutuvia ongelmia. (Pyrhönen ja muut, 2014.)

ABB:n M3BP-pienjännitemoottoreissa sovelletaan Euroopan unionin asettamia energiatehokkuusmääräyksiä. ABB on mukana ilmastotavoitteissa. Kuten Euroopan Unionin virallisessa lehdessä (2023, s.2) kerrotaan, EU pyrkii vähentämään kasvihuonepäästöjä 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä ja tavoittelee ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi moottoreissa sovelletaan IEC:n asettamia energiatehokkuusmääräyksiä. IE (eng. International Energy efficiency class) eli kansainvälinen energiatehokkuusluokka on IEC:n eli kansainvälisen sähköalan standardointiorganisaation asettama lainsäädäntö, jolla pyritään määrittelemään moottoreista mahdollisimman energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä päästöjen vähentyessä.

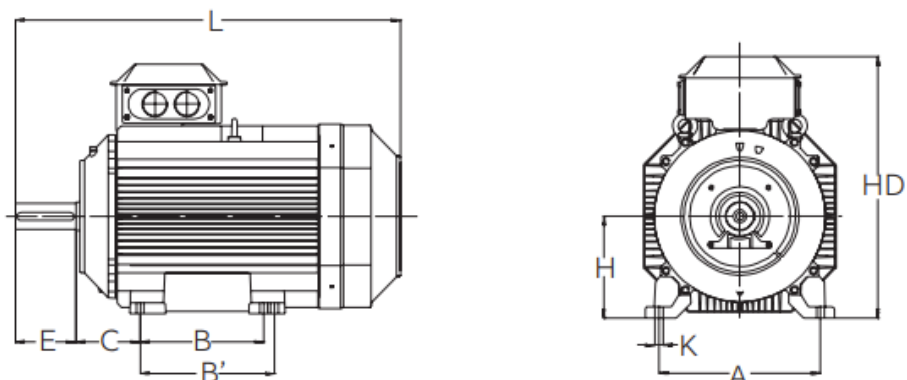
ABB:n pienjännitemoottorit ovat lujatekoisia ja valmiita rankkoihin olosuhteisiin. IP55-suojausluokka sekä C3-korroosioluokan maali moottorin pinnalla takaavat pitkäkestoisen elinkaaren moottorille. pienjännitemoottorit tilataan perustuen tietoihin, joissa määritellään, moottorikoko, runkopituus ja asennusasento. Kuvassa 1 nähdään tuotekoodiselitys, jonka järjestys on seuraavaan mukainen: Tuotekoodi on 14 merkkiä pitkä ja se koostuu seuraavista asioista 1–4 eli moottorin malli, 5–6:

moottorin koko, 7: napaisuus, 8–10: sarjanumero, 11: väliviiva, 12: asennusasento, 13: jännite ja taajuus sekä 14: sukupolvikoodi.

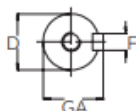
Motor type	Motor size	Product code	Mounting arrangement code, Voltage and frequency code, Generation code	Variant codes
M3BP	160MLA	3GBP 161	410 - ADG	003, etc.
		1 2 3 4 5 6 7	8 9 10 11 12 13 14	

Kuva 1. Tuotekoodiselostus (Abb.com, n.d. -e, s. 16.)

Pienjännitemoottoreita voidaan tilata eri asennusasennolla. Asennusasentoja ovat jalka, laippa tai jalka- sekä laippamoottorina. Pienjännitemoottoreiden kokoluokat määritellään runkokorkeuden mukaan, joka otetaan moottorin akselin keskipisteestä moottorin jalan pohjaan. Pienjännitemoottoreita myydään myös laippakilpiasennuksella ilman jalkoja, mutta runkokoot ja akselit ovat IEC-standardien mukaisia, joten H-, D- ja E-mitta pätevät myös niissä moottoreissa. Kuvassa 2 nähdään jalkamoottorin päämitat, joista H-mitta määrittelee moottorin runkokorkeuden, E-mitta akselin käyttöpituuden ja D-mitta akselin halkaisijan.



Foot-mounted motor IM 1001, IM B3



Kuva 2. M3BP-pienjännitemoottorin päämitat. (Abb.com, n.d. -e, s. 78.)

2.2 M3BP-pienjännitemoottoriperhe

M3BP-pienjänniteperheeseen kuuluu moottoreiden kokoluokat 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450 ja 500. Näiden moottorikokojen jännitteet vaihtelevat välillä 230-690V ja tehot välillä 0.09-1300kW riippuen moottorin pituudesta sekä napaisuudesta. Energiatohokkuusluokat vaihtelevat välillä IE2, IE3 ja IE4. Syn-RM (eng. Synchronous Reluctance Motor) sekä PMA-moottoreilla (eng. Permanent Magnet Motor) on pystytty saavuttamaan energiatehokkuusluokka IE5. (Abb.com, n.d. -f.)

M3BP-Pienjännitemoottorit ovat vain pieni osa ABB:llä valmistetuista moottoreista. M3-moottoreita on BP-tyyppin lisäksi yleisimpänä, GP-, KP-, sekä JP-tyypit. Edellä mainitut moottorit ovat eri käyttöympäristöihin kehitettyjä kuin BP-moottorit. ABB:llä valmistetaan näiden lisäksi suurjänniteinduktiomoottoreita, NEMA-pienjännitemoottoreita, generaattoreita, lauhduttimia, synkronimoottoreita ja Medium Voltage titanium

moottoreita. Kuvassa 3 on osa M3BP-pienjännitemoottorisarjan moottoreista.

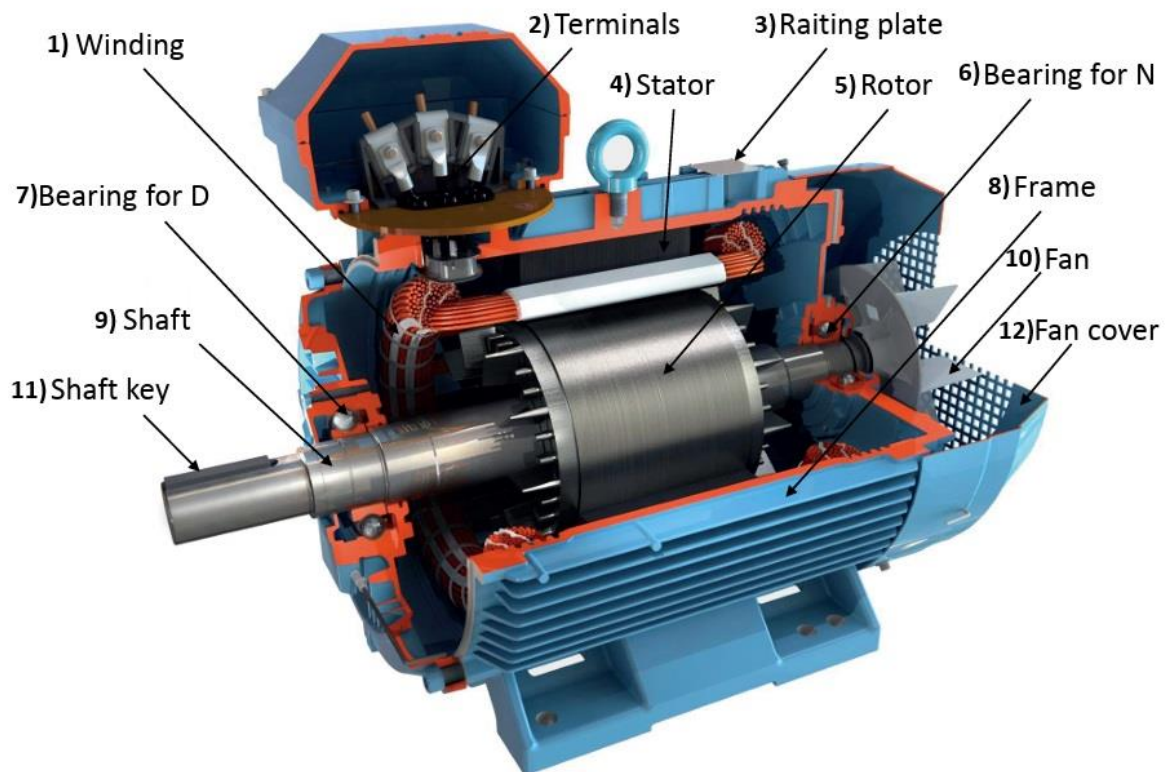


Kuva 3. Pienjännitemoottorisarja. (Etra.fi, n.d.)

2.3 M3BP-pienjännitemoottorin rakenne

Pienjännitemoottorin rakenne koostuu eri komponenteista. Tärkeimpiin komponentteihin kuuluvat käämitys (1), liitinalusta ja liittimet (2), arvokilvet (3), staattori (4), roottori (5), N-pään laakeri (6), D-pään laakeri (7), staattorirunko (8), akseli (9), tuuletin (10), akselin kiila (11) sekä tuuletinsuoja (12). ABB:n pienjännitemoottorit ovat yleisesti pitkäikäisiä ja vähähuoltoisia, mikä tekee niistä varsin suosittuja moottoreita markkinoilla.

Pienjännitemoottorin staattoripaketti puristetaan rungon sisään puristuslaiteella. Loput osat asennetaan kokoonpanolinjalla, jossa on osille valmiit työkalut ja nostolaitteet. Kokoonpanovaiheessa työläin osuus on kääminnän kytkentä. Kuvassa 4 nähdään pienjännitemoottorin perusrakenne.

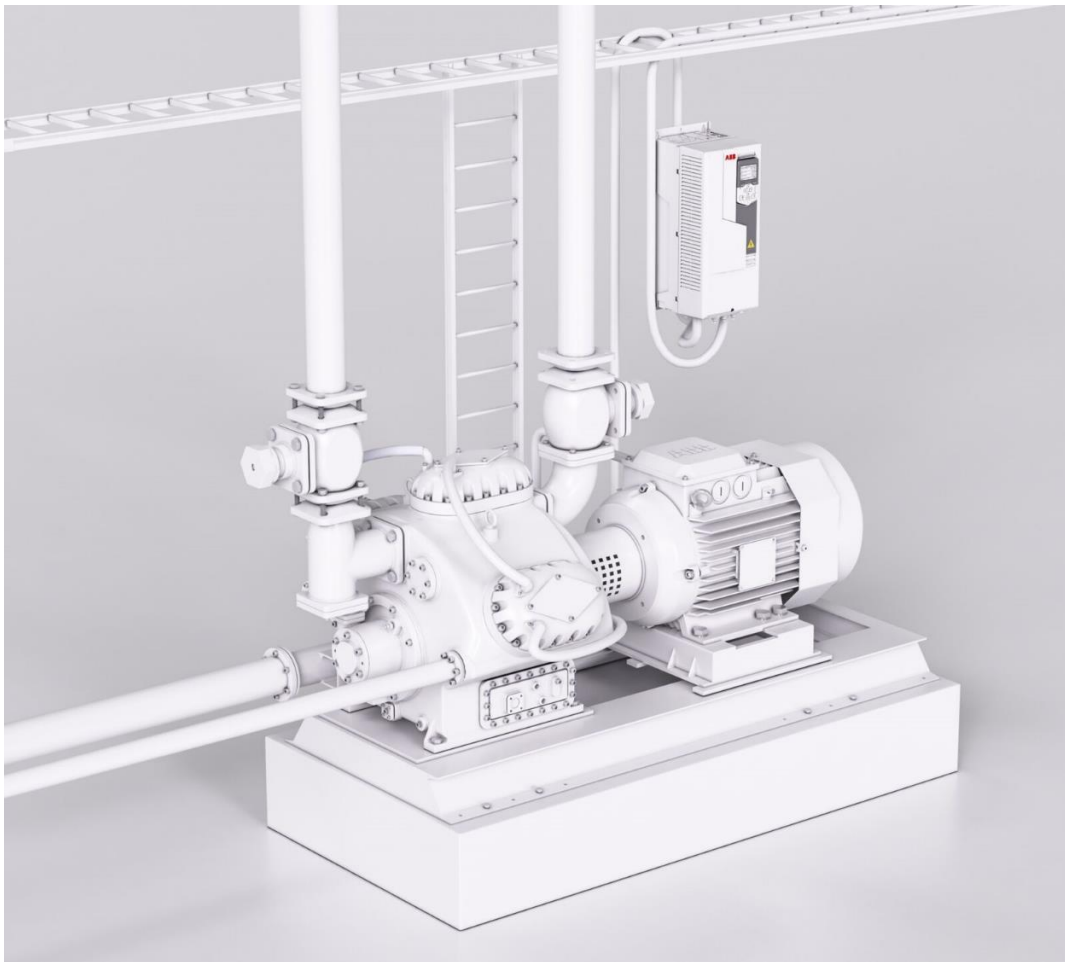


Kuva 4. M3BP315-pienjännitemoottorin halkaisukuva.

2.4 Pienjännitemoottoreiden sovellukset

ABB:n Pienjännitemoottoreita käytetään laajasti eri teollisuuden osalualueilla. Näistä yleisimpiä ovat laivat, kaivostoiminta, ruoka- ja juoma-teollisuus, HVAC-järjestelmät (lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi), metalliteollisuus, sähköntuotanto, paperiteollisuus sekä vesi- ja jätevesilaitokset. Pienjännitemoottoreita voidaan hyödyntää monessa eri sovelluksessa.

ABB:n pienjännitemoottoreita hyödynnetään esimerkiksi ruoka- ja juomateollisuudessa kompressoreissa, tuulettimissa, pumpuissa, jäähdytystorneissa, kuljetinhihnoilla, myllyissä, sekoittimissa, pellettipuristimissa, kairoissa ja erottimissa. Kuvassa 5 nähdään pienjännitemoottori jäähdytyskompressorikäytössä. (Abb.com, n.d. -h.)



Kuva 5. Pienjännitemoottori jäähdytyskompressorissa. (Abb.com, n.d. -h)

3 M3BP-JARRUMOOTTOREIDEN RAKENNE JA SOVELLUKSET

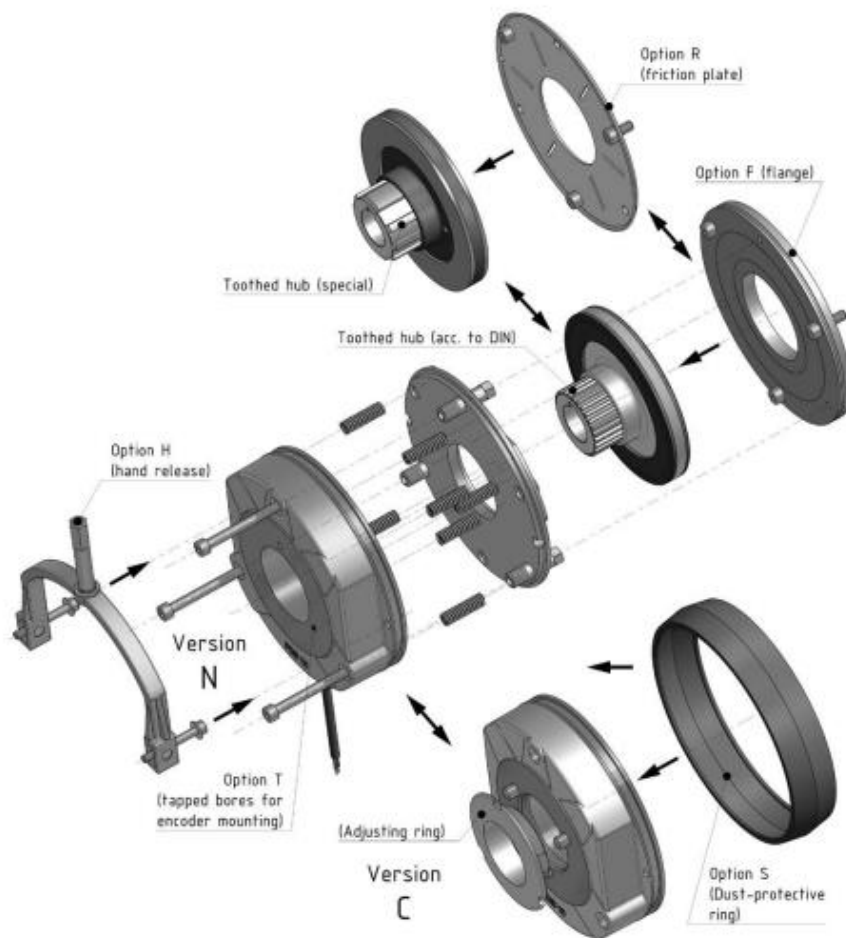
3.1 Yleistietoa pitojarruista

Pitojarrun tehtävänä on pitää moottori, laite tai muu mekanismi paikallaan silloin kun se ei ole käynnissä. Pitojarrut on usein kehitetty siten, että ne ovat fail-safe järjestelmiä. Fail-safe järjestelmä tarkoittaa turvamekanismilla varustettua järjestelmää, joka takaa jarrun toiminnan virran katkettaessa.

Sähkömoottorin pitojarruja on useissa eri kokoluokissa riippuen vääntömomenteista ja muista vaadituista kriteereistä. Käsivapautuksella varusteltu jarru on suosittu vaihtoehto, sillä sen avulla moottorin tai laitteen huoltoprosessia saadaan helpotettua. Ilman käsivapautusta huolto on vaikeaa, sillä jarru on koko ajan aktiivisena.

3.2 Jarrun mekaaninen rakenne ja toiminta

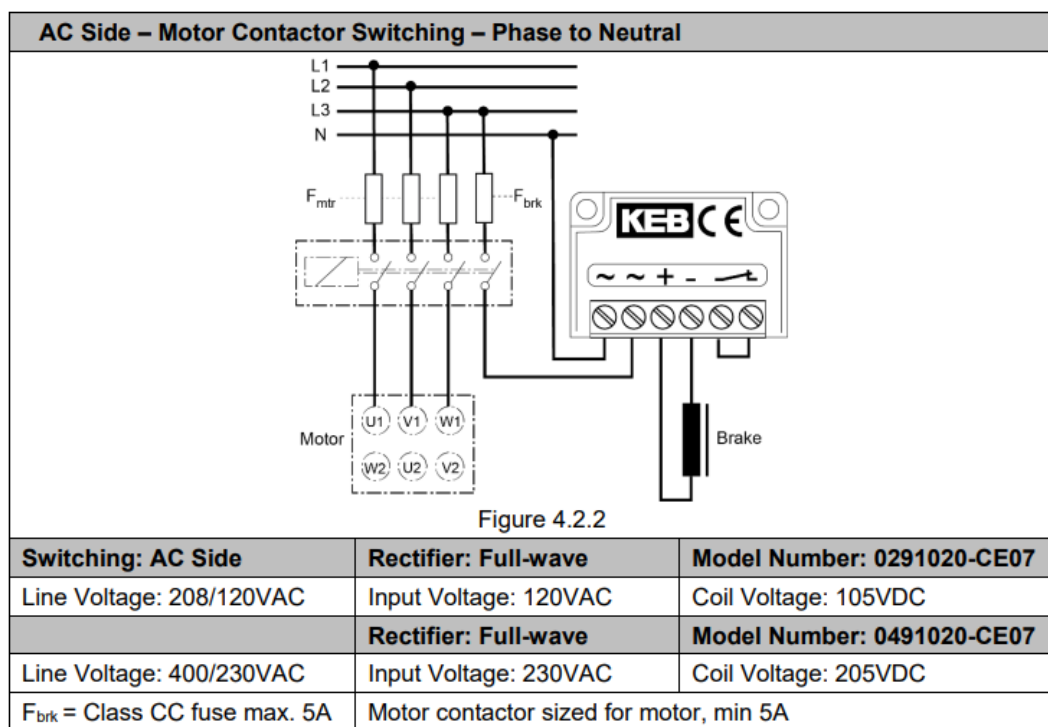
Jarrun rakenne perustuu staattorista, laipasta, akselin keskiöstä, suojarangkaasta, tiivisteestä, jousista sekä ilmavälinsäätölevystä. Vaihtoehtoja jarrun rakenteelle löytyy useita, riippuen tilatuista varusteista sekä vaadituista IP-luokista. Kuvassa 6 nähdään Precima FDB-jarrun räjäytyskuva, jossa eri vaihtoehdot roottorille, päätylaipalle, pölynsuojaustiivisteelle sekä eri staattorirungoille, joissa lisäksi lisävarustevaihtoehdot ilmavälinsäädölle ja takometrille. Kuvassa näkyvä C-versio kehitetty säädettävälle jarrumomentille. N-versio on kehitetty kiinteälle jarrumomentille. (Precima.de, n.d, s. 2.)



Kuva 6. Käsivapautuksella varustetun jarrun rakenne. (Precima.de, n.d.)

Jarrun toiminta koostuu sähkömagneettikentästä, joka luodaan antamalla käämeille virtaa. Sähkömagneettikentän avulla saadaan magneettilevy ja sitä puristavat jouset kasaan vapauttaen jarrun. Jarrituksen saa aikaan vähentämällä tai lopettamalla magneettikenttään kohdistuvan virransyötön. Jarruja voidaan tilata AC-vaihtovirtajännitteellä tai DC-tasavirtajännitteellä. AC- sekä DC-jarrut pystyvät molemmat takamaan varman pysähtymisen, mutta molemmissa ovat omat hyöty- ja haittapuolet.

AC-jarrujen hyviä puolia on nopeampi reaktiokyky, verkkojännitteen käyttömahdollisuus, yksi- tai kolmivaiheisuus ja se, että ne pysyvät viileämpänä kuin DC-jarrut. Yksi- ja kolmivaiheisten jarrujen erona on niiden kuormankantokyvyt. AC-jarrujen huonoja puolia on ylimääräinen meteli, käynnistysvirta, yleisemmät käämintä sekä solenoidiviat ja rakenteen vaihteleva monimutkaisuus. DC-jarrujen hyviä puolia on hiljaisuus, ei käynnistysvirtaa, eli voidaan ohjata ilman verkkovirtaa pelkäättään akkua käyttäen sekä se, että ne ovat 100-prosenttisesti ajallaan. DC-jarrujen huonoina puolina voidaan pitää hitaampaa reaktiokykyä ja sitä, että ne käyvät kuumempina kuin AC-jarrut. DC-jarru vaatii myös tasasuuntaajan verkkojännitteelle. Kuvassa 7 nähdään esimerkki tasasuuntaajan kytkennästä. (Kebamerica.com, n.d.)



Kuva 7. Esimerkki tasasuuntaajan kytkennästä. (Kebamerica.com, 2021, s. 15)

Pitojarrun tarkoituksena on pitää moottori paikoillaan, kun moottorin ei kuuluisi olla käytössä. Jarru lukitsee moottorin liikkuvat osat ja täten estää ylimääräisen liikkeen ja pysäyttää esimerkiksi hissien tai vinssien,

jossa moottori on käytössä. Dynaamisen jarrun tarkoituksena on hidastaa liikkeessä olevaa moottoria. Dynaaminen jarru hidastaa moottoria tai järjestelmää muuttamalla kineettisen energian lämmöksi ja haihduttamalla saatua lämpöä. (Konecranes.com. n.d.)

3.3 Jarrujen lisälaitteet

Jarrujen lisälaitteita löytyy eri käyttökohteisiin. Tässä luvussa käydään läpi yleisimmät lisävarusteet ja varusteiden käyttötarkoitukset. Jarruja voidaan valmistaa myös useamman lisävarusteen yhdistelmällä.

Käsivapautus.

- Käsivapautusta käytetään, kun tarvitaan moottoriin tai muun laitteen vapaata pyörimistä.
- Käytetään, kun jarru, moottori tai laite vaatii huoltoa.

Mikro-, raja-, proximity- ja On-Off-kytkimet.

- Mikrokytkin on kytkin, joka löytyy useammasta arjen elektronisesta laitteesta.
- Mikrokytkimellä voidaan tarkastella jarrun ilmväliä magneettilevyn ja käämien välillä. Mikrokytkin kertoo, onko jarru aktiivisena vai ei, sillä voidaan ehkäistä moottorin käynnistämistä jarrun ollessa aktiivisena.
- Rajakytkimellä voidaan tehdä samat toiminnot kuin mikrokytkimellä.
- Proximity switch eli läheisyysanturi aktivoituu magneettikentän avulla.
- Läheisyysanturi löytyy myös induktiivisena ja sen toiminta perustuu siitä, kun objekti lähestyy anturin aktiivista pintaa, aiheuttaa se häiriötä sähkömagneettikenttään. Tämä taas aiheut-

taa muutoksia värähtelytaajuuksissa ja siten signaalin kautta ilmoittaa objektin läsnä- tai poissaolon. On-Off-kytkimellä voidaan aktivoida ja deaktivoida jarru kytkimen painalluksella.

Tasasuuntaaja

- Tasasuuntaajan toiminta perustuu vaihtovirran muuttamiseen tasavirraksi.
- Tasasuuntaajan tyyppejä löytyy puoliaalto, täysaalto- sekä silta-tasasuuntaajina.
- Siltatasasuuntaaja on näistä tehokkain sen korkean hyötysuhteen ja hyvän suorituskyvyn ansiosta.

Lämmitin

- Lämmittimen tarkoitus on pitää ylimääräinen kosteus jarrun ulkopuolella.

Takometri

- Jarruihin voidaan erikseen pyytää poraukset takometrin asennusta varten.

Ilmavälinsäätö

- Sillä säädetään jarrun roottorin sekä staattorin välinen ilmanväli. Hyvä olla, jotta voidaan pidentää jarrun elinkaarta.
- Jarrua voidaan säätää kulumisen myötä.

3.4 Sertifikaatit jarruille

Poynton (2017, s. 9) kirjoittaa, että sertifikaatit kehitettiin vuonna 1992 Rio De Janeiron maapallon huippukokouksessa (ilmastokokous). Huippukokouksessa suurena huolenaiheena oli maapalloon kohdistuvat ym-

päristöongelmat, jotka ihminen on aiheuttanut resurssien vastuuttomalla hyväksikäytöllä. Sertifikaatit ovat tärkeitä, koska niillä voidaan varmistaa tuotteen ympäristövastuullisuus.

Sertifikaateilla voidaan todeta minkä tahansa laitteen yhteensopivuus sovellettuihin standardeihin ja lainsäädäntöihin. Sertifikaateilla pystytään todentamaan esimerkiksi laitteen ajan tasalla oleva turvallisuus sekä laadukkuus. Näiden avulla asiakas saa lisävarmuutta laitteen toimivuudesta. Tässä tutkimuksessa keskeisimpinä sertifikaatteina olivat, marine eli merenkulun sertifikaatit sekä UL- ja CSA-sertifikaatit.

Merenkulun sertifikaatteja ovat esimerkiksi, ABS (eng. American Bureau of Shipping), CCS (eng. China Classification Society), DNV (nor. Det Norske Veritas) ja BV (eng. Bureau Veritas). Kaikilla eri sertifikaateilla on yhteydet eri maiden asetettuihin lainsäädäntöihin sekä standardeihin. Näiden sertifikaattien avulla voidaan kertoa, ovatko jarrut soveltuvia kestävyydeltään ja toimivuudeltaan merenkulun rankkoihin olosuhteisiin.

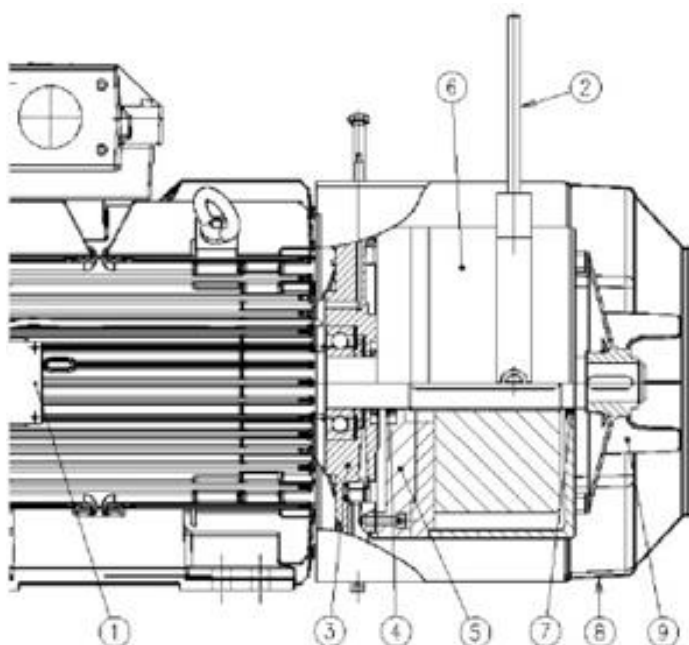
UL- (eng. Underwriters Laboratories) sekä CSA-sertifikaatit (eng. Canadian Standard Association) on laajasti hyväksytty kansainvälisesti. Sertifikaateissa taataan jarrun turvallisuus korkean riskin paikoissa. Näitä sertifikaatteja käytetään eri teollisuuden aloilla, joissa turvallisuus on prioriteettina. (Syil.com, 2024.)

3.5 Jarrumoottorin rakenne

Jarrumoottorin rakenne eroaa pienjännitemoottorin rakenteesta. Jarrumoottorin akselia on pidennetty siten, että akseliin saadaan kiinnitettyä tuuletin sekä jarru. Akselin pidennyksellä taataan se, että tuuletin ja jarru eivät ole kontaktissa toisiinsa. Tuuletinsuojaa on pidennetty tarpeeksi, jotta sen sisällä olevat osat mahtuisivat tuuletinsuojan sisälle. Toisinkuin normaalissa N-pään kilvessä, laakerikilpeen on lisätty reiät erillislaiipan kiinnitykselle. D- ja N-pää on määritelty aiemmin kuvassa

4. Tuuletinsuojaan on lisätty jarrun käsivapautusvivulle sopivan kokoinen aukko. Tuuletinsuojan aukko on yleensä moottorin yläpuolella riippuen jarrun asennusasennosta.

Jarrumoottorin voi myös tilata ilman tuuletinta ja tuuletin suojaa, jolloin se ei tarvitse erillistä suojausta. Jos jarrumoottori tilataan ilman tuuletinta sekä tuuletinsuojaa, voidaan moottorille hyväksyä erillinen tuuletus. Ilman riittävää tuuletusta moottori kuumenee liikaa ja logiikka pysäyttää sen. Kuvassa 8 nähdään jarrumoottorin perusrakenne käsivapautuksella.



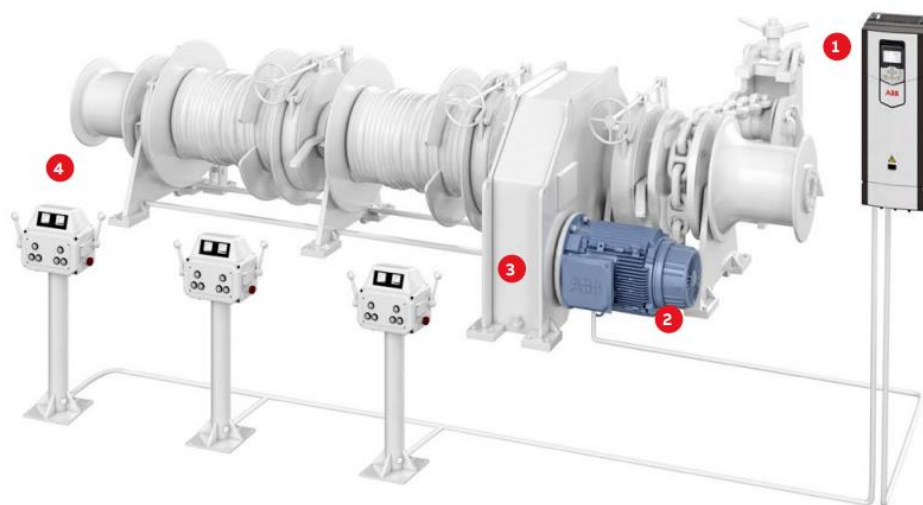
- 1 Connection box, (with rectifier, optional)
- 2 Manual release (optional)
- 3 Modified N-end shield
- 4 V-ring seal
- 5 Adapter flange for brake
- 6 Brake
- 7 V-ring seal
- 8 Fan cover
- 9 Fan

Kuva 8. M3BP-jarrumoottorin rakenne. (Abb.com, n.d. -e, s. 83.)

3.6 Jarrumoottoreiden käyttöalueet

Jarrumoottoreita sovelletaan usealle eri tekniikan alalla. Niitä sovelletaan esimerkiksi tuulivoimalaitoksilla, laivoissa ja satamissa. Niitä käytetään myös roboteissa, hisseissä ja muissa tarkkaa pysähtymistä vaativissa paikoissa. Jarrumoottoreita sovelletaan myös laitteissa, joissa vaaditaan raskaan kuorman paikallaan pitämistä. Teollisuuden sähköistyminen edistyy päivä päivältä ja jarrumoottoreiden käyttö teollisuudessa tulee tulevaisuudessa lisääntymään merkittävästi.

ABB:n jarrumoottoreita hyödynnetään esimerkiksi laivan kansivinsseissä, ankkureissa sekä hinauslaivojen vinsseissä. Merenkulkuun rakennetut jarrumoottorit ovat kehitetty kestämään merenkulun rankat olosuhteet esimerkiksi suolaveden, kosteuden sekä aallot. Kestävyyden takaa IP56-luokka, joka on korkein suojausluokka, mikä moottoreille on saatavilla. Lisäksi moottorin pääkotelolle voidaan taata jopa IP67-luokan suojaus. Moottoreihin voidaan yhdistää taajuusmuuttaja (esim. ACS880), joka tarjoaa tarkan nopeuden ja vääntömomentin laajalle valikoimalle eri moottorityyppejä. Kuvassa 9 on merenkulkuun valmistettu jarrumoottori, joka on yhdistetty ABB:n kehittämään ACS880 taajuusmuuttajaan. (Abb.com, 2022.)



Kuva 9. M3BP-jarrumoottori vinssikäytössä. (Abb.com, 2022.)

3.7 Varianttikoodit jarrumoottorin tilausprosessiin

Jarrumoottori tilataan varianttikoodiperusteisella listalla, jossa mainitaan useimmiten koodit 412, 638, 639, 843 sekä 999. Näistä koodeista 412, 683, 639 sekä 843 kertoo sen, että tilaaja tahtoo moottorin, johon on lisätty jarru. 999-koodilla mainitaan tällä hetkellä se, että millaisen jarrun tilaaja tarvitsee, esimerkiksi tahdotut lisävarusteet ja jarrutehon vaatimukset.

Varianttikoodit ovat myös kriittinen osa moottorin tilausprosessia. Varianttikoodilla kerrotaan jarrujen lisäksi myös se, mitä varusteita moottoriin tahdotaan. Varianttikoodilla voidaan tilata muun muassa seuraavat lisävarusteet: erilliskotelot, hatullinen tuuletinsuoja, takometri, erillispuhallinmoottori ja isompi pääkotelo. Pienjännitemoottorin varusteita löytyy edellä mainittujen lisäksi paljon enemmän. Kuvassa 10 nähdään varianttikoodiseloste jarrulle.

VARIANT CODE DESCRIPTION

Variant code: 412 Assembly of built-in brake

Please check the variant code availability from Variants and Prices (VnP) or other selection tools.

Description

Electromagnetic disc brakes are applied by the action of a set of springs and are released when voltage is applied to the brake coil. This means that the motor will brake automatically in case of any voltage failure, which is significant safety feature. The brake is always functional, irrespective of the mounting position of the brake motor.

Kuva 10. Varianttikoodiseloste 412. (Abb.com, n.d. -g, s. 1.)

4 JARRUVALMISTAJAT

4.1 Jarruvalmistajavertailu

Jarruvalmistajavertailussa käydään läpi eri valmistajien tarjoamat ja ABB:n valitsemat jarrut moottorikoittain. ABB:n pienjännitemoottoreista annettiin jarrunvalmistajille Excel-tiedosto, jossa jarrunvaatimukset olivat ennalta määriteltynä. Excel-tiedostoon jarrunvalmistajat pystyivät täyttämään moottorikoon spesifikaatioiden mukaisesti heidän mielestään sopivimman vaihtoehdon.

Jarruvalmistajavertailussa tärkeimpinä kriteereinä olivat: Hinta, pitojarrun yhteensopivuus sekä asiakaspalvelun laatu. Hinnan tulee olla edullisempi kuin ABB:llä tällä hetkellä olevien pitojarrujen hinnat. Pitojarrun tulee täyttää ABB:n asettamat kriteerit. Asiakaspalvelun tulee olla nopeaa ja asiantuntevaa.

Työssä hyödynnettiin Ulrichin ja Eppingerin (2016) kehittämää painoarvotaulukkoa. Painoarvotaulukko on hyödyllinen tilanteissa, joissa vertaillaan useampaa eri kappaletta ja asetettujen kriteerien painoarvoja. Tässä painoarvotaulukossa käytettiin vertailukriteereinä hintaa, valmistajien sertifikaatteja, pitojarrun yhteensopivuutta, pitojarrujen lisävarusteiden saatavuutta sekä asiakaspalvelun laatua.

		Concept							
		A (Reference) Master Cylinder		DF Lever Stop		E Swash Ring		G+ Dial Screw+	
Selection Criteria	Weight	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of handling	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Ease of use	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Readability of settings	10%	2	0.2	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Dose metering accuracy	25%	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durability	15%	2	0.3	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Ease of manufacture	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portability	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total Score		2.75		3.45		3.10		3.05	
Rank		4		1		2		3	
Continue?		No		Develop		No		No	

Kuva 11. Esimerkki painoarvotaulukosta (Ulrich & Eppinger, 2016, s. 169.)

4.2 Valintaperusteet vertailuun

Tarjouskyselyyn saatiin vastauksia usealta eri valmistajalta. Jarrunvalmistajat, jotka vastasivat liitteenä olevaan tarjouskyselyyn, ovat Precima, Baruffaldi, KEB, Warner, Mayr, Unitorq, Tianjin UHT ja Kendrion. Näistä tutkimuksessa jatkoon valikoitiin Precima, Warner, Kendrion ja Mayr. Muut jarrunvalmistajat eivät olleet tutkimukseen soveltuvia vaihtoehtoja. Melkein kaikilta jatkoon valikoiduilta valmistajilta saatiin vaatimusten mukaiset jarrut moottorikoittain. Tarjouskyselyssä ei tarkennettu vaadittuja kiinnityspisteitä tai muita huomiota vaativia asioita. Kyselyssä tarkennettiin ainoastaan vaaditut vääntömomentit, akselin halkaisija, jarrun maksimihalkaisija sekä minimi IP-luokka.

Kaikilta edellä mainituilta valmistajilta saatiin vaatimusten mukaista asiakaspalvelua. Valmistajien kanssa oli myös yhteinen kieli teknisen toteutuksen suhteen. Hinnat olivat kilpailukykyiset. Jarrut, joita tarjottiin, olivat potentiaalisia yhteensopivuudeltaan M3BP-moottoreihin. ABB:n mielenkiinto edellä mainittuja yrityksiä kohtaan oli suuri, joten yritysten valinta muiden joukosta oli helppoa.

4.2.1 Precima – FDB

Precima on saksalaislähtöinen yritys, joka on perustettu vuonna 1981. Se työllistää noin 270 henkilöä ja valmistaa vuotuisesti yli 800 000 jarrua. Preciman liikevaihto oli yli 50 miljoonaa euroa vuonna 2022. (Precima.de, n.d. -a; Precima.de, 2022.)

Yrityksen valikoimasta löytyy 7 eri jarrumallia, joista ABB:llä on ollut jo aikaisemmin käytössä FDB, FDW ja FDX. Tähän opinnäytetyön vertailuun päädyttiin valitsemaan vain Preciman perusjarru, sillä se oli kustannustehokas ja täytti kriteerit, jotka oli asetettu. (Precima.de, n.d. -b.)

Tutkimukseen päädyttiin valitsemaan vertailuun jarrukoot Preciman antamien tietojen ja mittakuvien perusteella. Moottorikoon mukaiset jarrumallit valittiin alla olevan listan mukaisesti. Kuvassa 12 on FDB-sarjan jarrumalli, jossa on käsivapautus.

- M3BP160, FDB 23
- M3BP180, FDB 26
- M3BP200, FDB 26
- M3BP225, FDB 30
- M3BP250, FDB 40

Kyseinen jarrumalli on potentiaalinen valinta uudeksi jarrumoottorin ”standardiksi” sen yhteensopivuuden, mittojen, vääntömomenttien, painojen, IP-luokkien, säädettävän ilmavälin, sertifikaattien, hintojen sekä asiakaspalvelun laadun perusteella.



Kuva 12. FDB-sarjan jarrumalli käsivapautuksella. (Precima.de, n.d. -c.)

4.2.2 Warner – ERX

Warner on yhdysvaltalaislähtöinen yritys, joka on perustettu vuonna 1927. Se työllistää noin 10 000 henkilöä ja valmistaa jarrujen lisäksi kytkimiä ja muita komponentteja. Warnerin liikevaihto vuonna 2023 oli n. 110 miljoonaa euroa. (Warnerelectic.com, n.d. -a.)

Yrityksen valikoimasta löytyy useita kymmeniä jarrumalleja, joista ABB valitsi ERX-mallin sen soveltuessa parhaiten asetettuihin kriteereihin. ABB on käyttänyt ERX-sarjan jarruja jo pidemmän aikaa useissa eri moottorimalleissa. ERX on potentiaalinen vaihtoehto tästä syystä.

Tutkimukseen päädyttiin valitsemaan vertailuun jarrukoot Warnerin antamien tietojen ja mittakuvien perusteella. Moottorikoon mukaiset jarrumallit valittiin alla olevan listan mukaisesti. Kuvassa 13 on ERX-sarjan jarrumalli, jossa on käsivapautus.

- M3BP160, ERX200
- M3BP180, ERX200
- M3BP200, ERX300
- M3BP225, ERX300
- M3BP250, ERX600



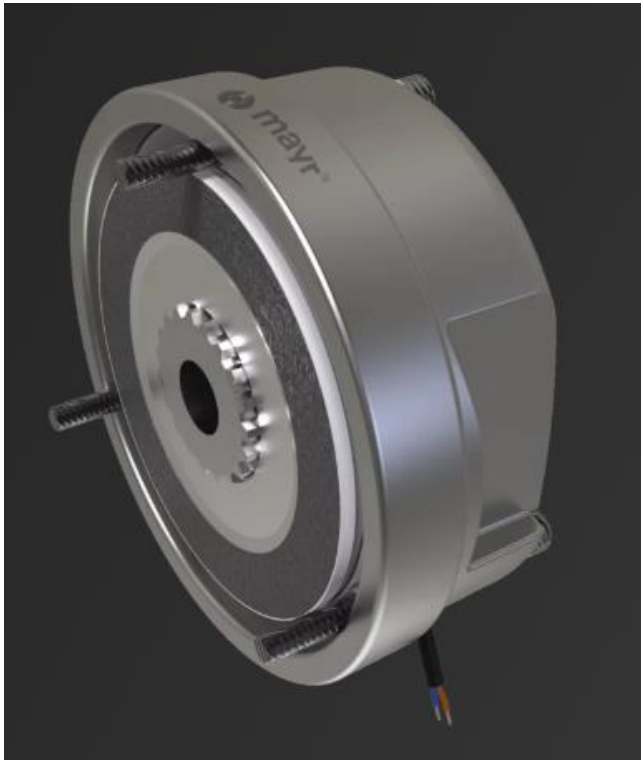
Kuva 13. ERX-sarjan jarrumalli. (Warnerelectric.com, n.d. -b.)

4.2.3 Mayr – ROBA-stop M

Mayr on saksalaislähtöinen perheyritys, joka on perustettu vuonna 1897. Se työllistää noin 1200 henkilöä ja se valmistaa jarrujen lisäksi sähkömoottoreita, sähkökomponentteja ja muita osia. Heidän arvioitu liikevaihto on noin 1.1 miljoonaa euroa. (Mayr.com, n.d. -b.)

Tutkimukseen päädyttiin valitsemaan vertailuun jarrukoot Mayr:in antamien tietojen ja mittakuvien perusteella. Moottorikoon mukaiset jarrumallit tehtiin alla olevan listan mukaisesti. Kuvassa 14 on Mayr ROBA-stop M jarrumalli ilman käsivapautusta.

- M3BP160, GR100
- M3BP180, GR150
- M3BP200, GR150
- M3BP225, GR250
- M3BP250, GR500



Kuva 14. ROBA-stop M-sarjan jarrumalli. (Mayr.com, n.d. -a.)

4.2.4 INTORQ – BFK

Kendrion on saksalaislähtöinen yritys, joka on perustettu vuonna 1911 ja se työllistää n. 2600 henkilöä yhdeksässä eri maassa. Sen liikevaihto

oli noin 514 miljoonaa euroa vuonna 2023. (Kendrion.com, n.d.;Kendrion.com, 2023.)

Tutkimukseen päädyttiin valitsemaan vertailuun jarrukoot INTORQ:in antamien tietojen ja mittakuvien perusteella. Moottorikoon mukaiset jarrumalli valinnat tehtiin alla olevan listan mukaisesti. Kuvassa 15 on BFK458-sarjan jarrumalli, jossa on käsivapautus.

- M3BP160, BFK458-18N
- M3BP180, BFK458-20N
- M3BP200, BFK458-25N
- M3BP225, BFK468-25N
- M3BP250, BFK468-30N



Kuva 15. BFK458-sarjan jarrumalli. (lenze-selection.com, n.d, s. 7)

5 TUTKIMUSPROSESSI

5.1 Prosessissa hyödynnetty data

Tutkimusprosessissa hyödynnettiin ABB:n MDBS-tiedonhakukantaa, josta löytyy kaikki tehdyt mittakuvat moottoreista ja moottoreiden osista. Vanhoja jarrumoottoreiden mittakuvia hyödynnettiin, jotta pystyttiin vertailemaan nyt käytössä olleiden jarrujen sekä uusien tutkittavien jarrujen mitta-, paino- ja kokoeroja. MoGeVasta pystyttiin etsimään vanhoja jarrumoottori kauppoja, joita on myyty maailmalle.

MoGeVasta (Moottorit ja Generaattorit Vaasa, myytyjen moottoreiden kaupanhakukanta) löydettyjen kauppojen kaupanumeroita hyödyntäen SAP-järjestelmässä, pystytään etsimään moottorin rakenne. SAP-järjestelmästä löytyneiden moottoreiden rakenteilta saadaan nyt ABB:n jarrumoottoreissa käytössä olevat osat. Näitä hyödynnettiin NX-suunnittelusovelluksessa jokaisen moottorin ja jarrun kohdalla. Valmistajien tarjoama data mittakuvista sekä 3D-malleista olivat kriittinen osa työn edistymistä. Näiden lisäksi on käyty eri valmistajien kanssa sähköpostitse keskusteluita ja pidetty yhden valmistajan kanssa palavereita, joissa käytiin tarkemmin läpi vaadittuja kriteereitä ja aiheesta heränneitä kysymyksiä. Sähköpostikeskusteluista ja palavereista saatiin hyviä vastauksia ja lisää oppia etenemisen kannalta.

5.2 Osien yhteensopivuusvertailu

Luvussa käydään läpi työssä käytettävät menetelmät järjestyksessä. Osien yhteensopivuusvertailussa tarkistetaan jarrujen soveltuvuus moottorikokoluokittain. Yhteensopivuusvertailussa hyödynnettiin piirustuksia sekä jarrujen ja moottoreiden 3D-malleja.

Osien vertailussa tuli tarkastaa jarrujen yhteensopivuus jo olemassa oleviin osiin. Mikäli olemassa olevat osat eivät sovellu, täytyy niitä muokata tai luonnostella uusi osa, joka sopii kyseiselle jarrulle. ABB:n erilliskilpiä jouduttiin muokkaamaan useaan eri otteeseen. Tämä syystä, että eri jarruvalmistajien kiinnityspisteet jarruille olivat erilaiset.

5.2.1 Fyysinen mitoitus

Piirustuksista pystyttiin vertailemaan olemassa olevien välilaippojen ja jarrujen kiinnityspisteitä. Kiinnityspisteet olivat vain muutamassa jarrussa erilliskilpeen sopivat. Valmistajilta saadut piirustukset mahdollistivat jarrujen yhteensopivuuden arvioinnin, ennen kuin saatiin jarrujen 3D-mallit. Piirustuksista pystyttiin tarkistamaan jarrun halkaisija, kokonaispituus sekä muut olennaiset mitat, jotka vaikuttivat valintaperusteisiin.

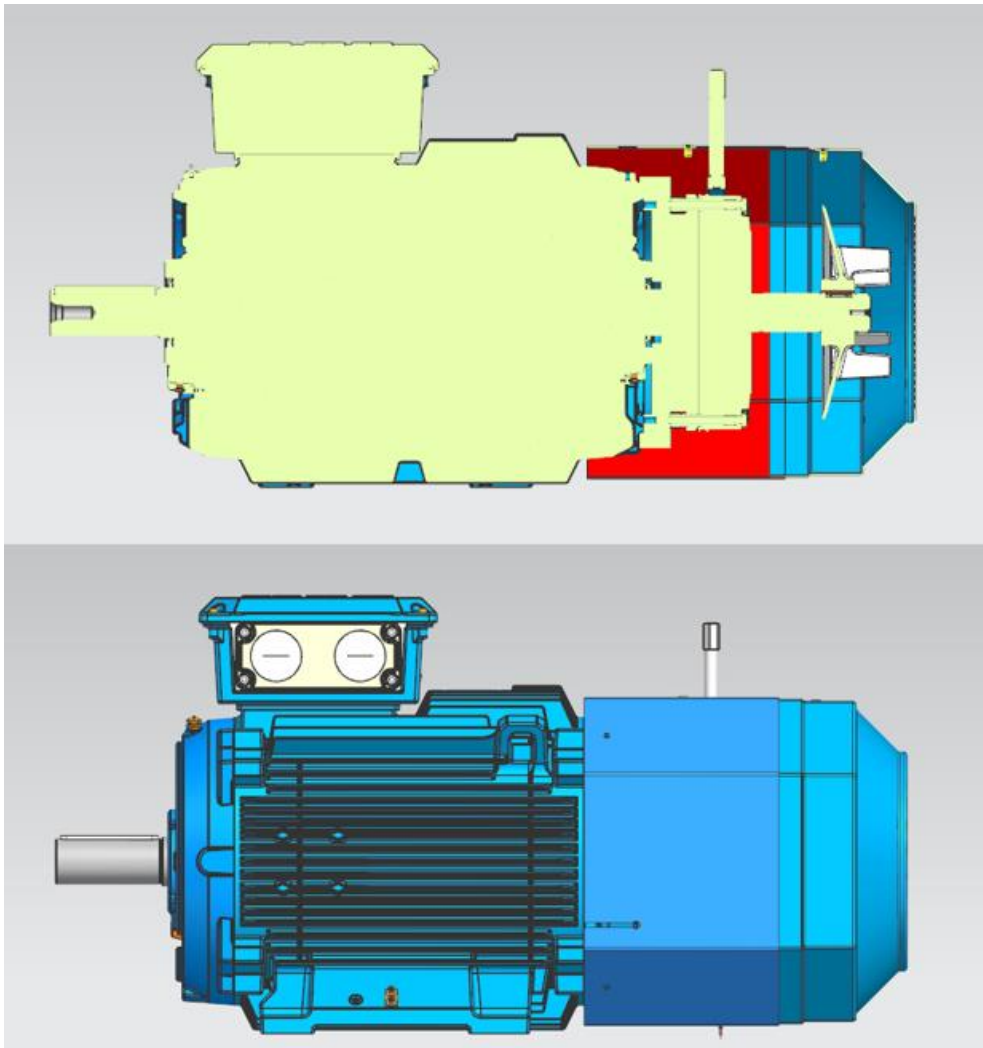
Piirustuksia hyödynnettiin vertailun alkuvaiheessa. Alkuvaiheessa pystyttiin mittakuvien perusteella määrittelemään moottorikohtainen jarrumalli. Määrittely tehtiin jo ennen lopullisia valintoja.

5.2.2 CAD-suunnittelu

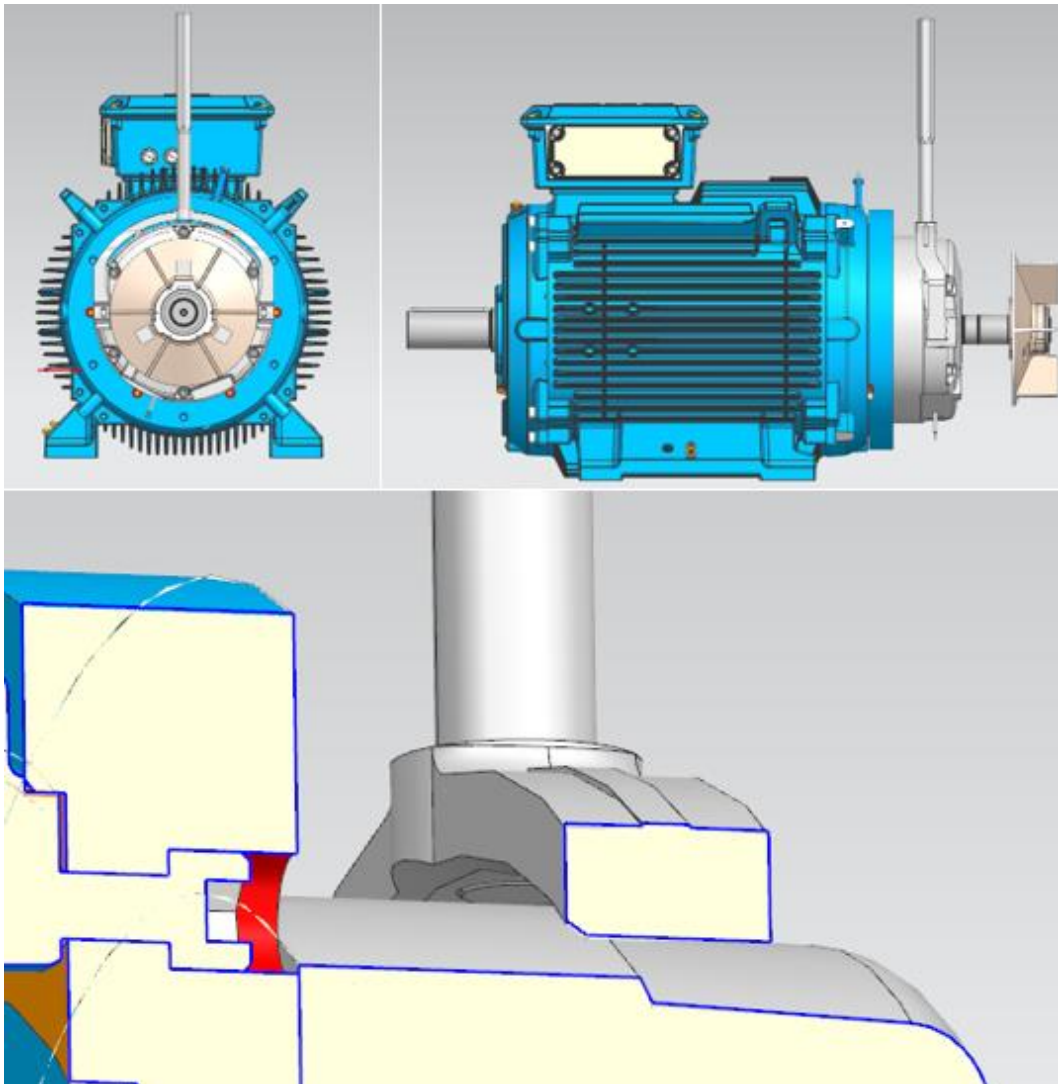
Osien mallintaminen ja muokkaaminen toteutettiin Siemens NX-suunnittelusovelluksella. Osien elinkaaren hallinta toteutettiin PLM-järjestelmän avulla. Jarrut kiinnitetään erilliskilpiin, joita ABB:llä on jo ennestään käytössä. Jarrujen oikeanlainen kiinnitys vaatii erilliskilpien muokkaamista. Erilliskilpien muokkaamisen avulla pystytään takaamaan myös vaadittu IP-luokka eli suojausluokka.

Nykyisissä erilliskilvissä ilmeni ongelmia. Ongelmia ilmeni muun muassa siinä, että jarrun halkaisija oli liian pieni. Tällöin ABB:n erilliskilven pulttien upotukset osuivat jarrun ulkohalkaisijan kohdalle aiheuttaen mahdollisen vuodon. Vuoto voi aiheuttaa esimerkiksi veden tai pölyn tunkeutumisen jarrun sisään. Tästä syystä IP-luokka ei ole enää vaatimusten mukainen. Kuvassa 16 nähdään esimerkki pitojarrusta, jonka istuvuus pienjännitemoottoriin on hyvä. Lisäksi kuvassa 17 on esimerkki

pitojarrusta, joka ei sovellu pienjännitemoottoriin, koska jarrun ulkohalkaisija osuu erilliskilven pulttien upotuksiin.



Kuva 16. Esimerkki jarrusta, joka istuu hyvin.



Kuva 17. Esimerkki jarrusta, joka ei sovi käyttöön.

6 YHTEENVETO

6.1 Työn tulosten analysointi

Tässä luvussa analysoidaan jarrujen yhteensopivuutta. Työssä tutkittujen jarrujen yhteensopivuudet olivat vaihtelevia. Seuraavassa kappaleessa kerrotaan, miten eri jarruvalmistajat menestyivät tutkimuksessa.

Mayrin pitojarrut jouduttiin jättämään pois tutkimuksesta. Valmistaja jätettiin pois tutkimuksesta, koska jarrujen yhteensopivuus on huono ABB:n pienjännitemoottoreihin ja täten niitä ei voida käyttää. Kendrionin BFK-pitojarruista vain muutamat koot olivat ABB:n pienjännitemoottoreihin yhteensopivia. Tästä syystä tämäkin valmistaja jouduttiin jättämään tutkimuksesta pois. Warnerin ERX-pitojarrut olivat yhteensopivia ja niitä pystytään käyttämään ABB:n pienjännitemoottoreissa, mutta valmistajan pitojarrujen varusteet ovat puutteellisia eivätkä hinnat olleet kustannustehokkaat. Tästä syystä Warnerin pitojarruja ei suositella ottamaan uudeksi standardijarruksi valikoimaan. Preciman FDB-pitojarrut menestyivät parhaiten tutkimuksessa täyttäen kaikki esiasetetut kriteerit. Valmistajan pitojarru on parhain vaihtoehto tutkimuksessa olleista pitojarruista. Lisäksi ABB:llä on ollut käytössä Preciman FDW- sekä FDX-jarrut, mikä edesauttaa valintaa, sillä tämä mahdollistaisi kaikkien jarrujen saatavuuden yhdeltä valmistajalta.

6.2 Työn saavutukset

Toimeksiantajayritys ABB hyötyy tutkimuksesta usealla eri tavalla. Tutkimus mahdollisti yrityksen hankintaosaston syventymisen jarruvalmistajaverkoston sekä heidän jarruvalikoimiinsa. Tutkimuksen avulla ABB

sai uusia kontakteja, joita se voi hyödyntää tulevaisuudessa eri projekteissa kuten jarruvalintojen teossa.

Yrityksen myyntiosasto hyötyy tutkimuksesta siten, että tarjous- ja tilausvaiheen työkuorma kevenee huomattavasti, sillä valikoimassa olisi uusi kustannustehokas esivalittu pitojarru jokaiselle runkokoolle. Myyntiosasto sai lisäksi uutta tietoa eri jarrunvalmistajista ja uutta dataa esimerkiksi mittakuvia ja 3D-malleja. Tätä saatua dataa voidaan hyödyntää tulevaisuuden projekteissa.

6.3 Jarrun valinta

Jarrun valinta tehtiin Ulrichin ja Eppingerin (2016) kehittämän painoarvotaulukon mukaisesti. Painoarvotaulukossa käytiin läpi eri valmistajien antamat tiedot ja niiden painoarvot valintaa tehdessä. Painoarvotaulukossa kriteereinä toimivat asiakaspalvelun laatu, jarrun hinta, jarrun lisävarusteet, sertifikaatit sekä jarrujen yhteensopivuus moottoreihin.

Jarru, joka tutkimuksessa valikoitiin, oli Preciman FDB-jarrumalli. Kyseinen jarru täytti kaikki tutkimuksessa esitetyt kriteerit. Precima:n asiakaspalvelu oli laadukasta ottaen huomioon yrityksen reagoinnin nopeus tarjouspyyntöön sekä kommunikoinnin sujuvuus. Yrityksen kanssa saatiin nopealla aikataululla sovittua yhteinen palaveri, jossa käytiin läpi vaatimuslistaa ja jatkotoimenpiteitä. Palaverin jälkeen lähetetyn tarkennetun vaatimuslistan jälkeen saatiin jälleen nopeata reagointia yritykseltä.

Preciman FDB-pitojarrun sopivuus ABB:n moottoreihin on todella hyvä. Lisäksi valmistajan jarruista löytyivät varusteet ja sertifikaatit, joita toivottiin. Listassa tärkeimpinä olivat käsivapautus, lämmitin, mikrokytkin, ilmapölynsäätö, sertifikaatit sekä merenkulun sertifikaatit. Nämä kaikki vaatimukset ja varusteet löytyvät heidän jarruistaan joko vakiona tai lisäoptiona.

6.4 Jatkokehitys

Vaikka tutkimuksessa saavutettiin toivotut tulokset, on siinä vielä paljon kehitettävää ennen kuin voidaan todeta projektin olevan valmis. Tutkimuksen jatkokehityksessä on monia mahdollisuuksia. Jatkokehityksessä voidaan hyödyntää tutkimuksessa saatuja tietoja ja niiden pohjalta päivittää olemassa olevia varianttikoodidokumentteja. Niiden pohjalta voidaan myös kehittää täysin uusi varianttikoodi, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Varianttikoodidokumenttien päivityksellä tai luomalla uuden dokumentin taataan se, että tarjous-, tilaus-, ja suunnitteluprosessit nopeutuvat. Tämä lyhentää kaikkien prosessissa olevien työntekijöiden kulutettua työaika.

Mikäli Preciman pitojarrusta päätetään tehdä uusi standardijarru, tulee erilliskilpien kiinnityspisteitä muokata tai luoda täysin uudet erilliskilvet. Erilliskilvistä tulee lisäksi luoda uudet valmistuskuvat. Pitojarruille tulee luoda tuotekoodit, jotka jatkossa löytyvät PLM-järjestelmästä ja MDDBS-tiedonhakukannasta. Näiden avulla suunnittelijan työ nopeutuu. Suunnittelija pystyy lisäämään pitojarrun 3D-mallin moottorin rakenteelle CAD-ohjelmassa tai tarkistamaan fyysisen mitoituksen jo ennen CAD-ohjelmassa tehtyä sovitusta. Lisäksi tuotekoodin tulee löytyä SAP-järjestelmästä, jotta kaupansuunnittelija pystyy laittamaan oikean jarrun SAP-järjestelmässä tehdylle moottorin rakenteelle, jota hyödynnetään moottorin fyysisessä suunnitteluvaiheessa.

Tutkimusta voidaan hyödyntää lopullisen päätöksen teossa. Tutkimuksesta ilmenee, mitkä jarrut soveltuvat ABB:n pienjännitemoottoreihin. Lopullinen päätös tehdään yhteistyössä ABB:n hankintaosaston kanssa. Lisäksi tutkimusta voidaan hyödyntää vastaavissa projekteissa esimerkiksi isompien moottoreiden jarrututkimuksessa tai muissa vastaavissa aiheeseen liittyvissä projekteissa.

LÄHTEET

- Abb.com. (n.d. -a) *Suomalaiset juuret*. Noudettu 27.1.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- Abb.com. (n.d. -b) *History of ABB*. Noudettu 27.1.2025 osoitteesta <https://global.abb/group/en/about/history>
- Abb.com (n.d. -c) *IEC LV Motors*. Noudettu 29.1.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminat/iec-lv-motors>
- Abb.com. (n.d. -d) *Suomessa*. Noudettu 5.3.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- Abb.com. (n.d. -e) *Low Voltage process performance motors*. Noudettu 14.2.2025 osoitteesta <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105944&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- Abb.com. (n.d. -f) *Induction motors*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/motors-generators/iec-low-voltage-motors/process-performance-motors/process-induction-motors>
- Abb.com. (n.d. -g) *Variant code description*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3GZF500930-728&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch&>
- Abb.com. (n.d. -h) *Food and beverage industry*. Noudettu 14.4.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/motors-generators/segments/food-beverage>
- Abb.com. 2022. *Marine winch brochure*. Noudettu 14.3.2025 osoitteesta <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000157570&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>
- Abb.com. 2025. *Moottorit ja generaattorit*. Noudettu 18.3.2025 osoitteesta <https://new.abb.com/motors-generators/fi>
- Etra.fi. (n.d.) *ABB IE2 Motor*. Noudettu 14.4.2025 osoitteesta <https://www.etra.fi/en/abb-ie2-motor-e50450527>

- Euroopan unionin virallinen lehti. 2023. Direktiivit. Noudettu osoitteesta [Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi \(EU\) 2023/..., annettu 13 päivänä syyskuuta 2023, energiatehokkuudesta ja asetuksen \(EU\) 2023/955 muuttamisesta \(uudelleenlaadittu teksti\)](#)
- Kebamerica.com. (2021) *Catalog*. Noudettu 14.4.2025 osoitteesta https://www.kebamerica.com/wp-content/uploads/2023/06/manual_keb_rectifier91_2021.pdf
- Kebamerica.com. (n.d.) *Advantages of DC voltage in braking applications*. Noudettu 6.3.2025 osoitteesta <https://www.kebamerica.com/blog/advantages-dc-voltage-braking-applications/>
- Kendrion.com. (n.d.) *Who we are*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.kendrion.com/en/about-kendrion/who-we-are>
- Kendrion.com. (2023) *Financial reports and results*. Noudettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.kendrion.com/en/about-kendrion/investor-relations/financial-results-and-reports>
- Konecranes.com. 2025. *The breakdown*. Noudettu 19.3.2025 osoitteesta <https://www.konecranes.com/discover/the-breakdown-holding-brakes-vs-mechanical-load-brakes-vs-dynamic-load-brakes>
- Lenze-selection.com (n.d.) s. 7. *INTORQ BFK458*. Noudettu 14.4.2025 osoitteesta https://www.lenze-selection.com/fileadmin/lenze-selection/documents/en/catalogue/Catalogue-spring-applied-brake-BFK458_33002356_EN.pdf
- Mayr.com. (n.d. -a) *ROBA-stop M*. Noudettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.mayr.com/en/products/brakes/shaft-mounted-brakes/roba-stop-m~55>
- Mayr.com. (n.d. -b) *Company*. Noudettu 5.3.2025 osoitteesta <https://www.mayr.com/en/company>
- Poynton, S. 2017. *Beyond Certification*. Taylor & Francis Group. Noudettu 3.4.2025 osoitteesta https://libRARY.oapen.org/bitstream/20.500.12657/25056/1/9781910174531_text.pdf

- Precima.de. (n.d. -a) *Company*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.precima.de/en/company>
- Precima.de. (n.d. -b) *Products*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.precima.de/en/products>
- Precima.de (n.d. -c) *FDB robust working brake*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.precima.de/en/products/spring-applied-electromagnetic-brakes/fdb-robust-working-or-holding-brake>
- Precima.de. (2022) *Record sales*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.precima.de/en/company/news/record-sales-2022>
- Pyrhönen, J., Jokinen, T. & Hrabovcova, V. (2014). Kappale 6. *Design of rotating Electrical machines, 2nd edition*.
- Syil.com, 2024. *Sertifikaatit*. Noudettu 20.3.2025 osoitteesta <https://ca.syil.com/blog/csa-vs-ul-understanding-key-differences-in-standards>
- Ulrich, K & Eppinger, S. 2016. *Product design and development*. 6. Painos.
- Warnerelectric.com. (n.d. -a) *Who we are*. Noudettu 18.2.2025 osoitteesta <https://www.warnerelectric.com/Careers/who-we-are>
- Warnerelectric.com. (n.d. -b) *Spring applied ERX*. Noudettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.warnerelectric.com/en/products/electromagnetic-brake/Power-Release/spring-applied/erx>

LIITTEET

LIITE 1. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.

LIITE 2. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.

LIITE 3. Salattu salassapitosopimuksen nojalla.

