

Joni Arponen

MOOTTORIEN VERTAILU TURBIINILAITOKSELLA

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2020

MOOTTORIEN VERTAILU TURBIINILAITOKSELLE

Arponen, Joni
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2020
Sivumäärä: 26
Liitteitä: 0

Asiasanat: sähköntuotanto, sähkömoottorit, ydinenergia

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin sähkömoottoreita Olkiluoto 3- ydinvoimalan turbiinipuolella ja selvitettiin, voiko moottoreita korvata toisilla, laitokselta jo löytyvillä moottoreilla sekä laadittiin lista mahdollisista korvaavuuksista. Työn toimeksiantajana toimi Teollisuuden Voima Oyj.

Työssä tutustuttiin myös Säteilyturvakeskuksen Ydinturvallisuusohjeistoon sekä Teollisuuden Voima Oyj:n tietokantajärjestelmiin sekä turvallisuusohjeisiin.

Moottoreiden läpikäynnin pohjana käytettiin olemassa olevaa moottorilistaa turbiinipuolen moottoreista, Teollisuuden Voima Oyj:n tietokantaohjelmistoja, moottorivalmistajien datalehtiä sekä moottorikuvia laitokselta. Moottoreita käytiin myös itse tarkistamassa paikan päällä.

Työhön kuului korvaavuustaulukon laatiminen, josta kävisi myöhemmin ilmi korvauskelpoisille moottoreille sopivat korvaajat. Taulukosta kävisi myös ilmi korvaamista mahdollisesti haittaavat tekijät.

Työssä käytiin läpi myös erään moottorin korvaavuuden selvitys vaihe vaiheelta.

COMPARISON OF ELECTRIC MOTORS ON TURBINE ISLAND

Arponen, Joni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Technology

February 2020

Number of pages: 26

Appendices: 0

Keywords: generation of electricity, electric motors, nuclear energy

The purpose of this thesis was to compare electric motors installed in the Olkiluoto 3 Turbine Island and to clarify if it is possible to replace a motor with another motor already found in the plant and also make a list of substitutability. The study was executed as an assignment for Teollisuuden Voima Oyj.

The scope of the thesis also consisted of getting familiar with Säteilyturvakeskus Regulatory Guides on nuclear safety and security (YVL) and also with database programs and safety rules and regulations of Teollisuuden Voima Oyj.

As the basis for the study a list of the installed motors on Turbine Island was used. Also Teollisuuden Voima Oyj database programs, motor pics taken from the plant and manufacturers datasheets were used in the study. Some motors were also photographed and checked on the spot.

The study also included the making of a substitutability table from which later on it would be possible to find a suitable substitute for a motor. The table would also present all the possible factors interfering with substitutability of the motors.

A step-by-step study of the substitutability of an example motor was also carried out.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YDINTURVALLISUUS	6
2.1	STUK.....	6
2.1.1	STUK valvoo ydinturvallisuutta.....	7
2.2	Ydinenergialaki.....	7
2.3	Ydinturvallisuusohjeisto	8
3	TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ.....	9
3.1	Yleistä.....	9
3.2	Olkiluoto 3	9
4	KKS-JÄRJESTELMÄ.....	10
4.1	Yleistä.....	10
4.2	KKS-tunnuksen muodostus	10
5	TIETOKANTA OHJELMISTOT	12
5.1	Project Support System PSS	12
5.2	Kunnossapitotietokanta KUPI	12
6	MOOTTORIT	12
6.1	Vaihtosähkömoottori.....	12
6.1.1	Oikosulkumoottori.....	13
6.2	Tasavirtamoottori.....	14
7	TYÖN KULKU	15
7.1	Moottoreiden tarkastelu	15
7.2	Moottorilista.....	16
7.2.1	Tarkastelusta poisjätettävät	18
7.2.2	Moottorien kuvat	18
7.3	Vertailu	19
7.4	Korvaavuustaulukko	20
8	ESIMERKKI MOOTTORIVERTAILUSTA.....	21
8.1	Rungon koko ja asennusasento	22
8.2	Moottorin muut tiedot.....	23
8.3	Vertailun lopputulos.....	24
9	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä laaditaan suunnitelma sähkömoottorien korvauksen ja varaosa-hankintojen helpottamiseksi. Työ sijoittuu Teollisuuden Voiman Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitoksen turbiinipuolelle (TI-puoli). Työn tavoitteena on tarkistaa olemassa olevat moottorilistat, moottorikuvat sekä datalehdet. Niiden perusteella tehdään uusi lista, jossa näkyvät erityyppisten moottorien tiedot ja johon on lisätty myös mittatietoja sekä muita lisätietoja moottoreista. Tällä listalla on tarkoitus saada selville, millaisilla moottoreilla nykyisiä monen valmistajan erilaisia moottoreita olisi mahdollista tulevaisuudessa korvata. Korvaavuudesta muodostetaan myös taulukko, josta käy ilmi korvattavat moottorit sekä niille sopivat korvausvaihtoehdot.

Opinnäytetyön laajuus rajataan TI-puolelle, sillä reaktoripuolella (NI-puoli) on paljon vähemmän sellaisia kohteita, joissa voidaan soveltaa erilaisia moottoreita samaan käyttökohteeseen. Ydinturvallisuus aiheuttaa myös NI-puolella lisätoimenpiteitä ja huomioon otettavia asioita säteilyn ja sertifiointien osalta. Lisäksi laitostoimittajan varaosatilanne moottoreiden osalta on NI-puolella jo tarkistettu, joten tarvetta tällaiselle vertailulle ei senkään puolesta ollut. Näistä syistä NI-puoli jätetään tästä tarkastelusta pois.

Opinnäytetyössä esitellään tutkimukseen kuuluvat moottorit esimerkkilistoissa, joista käy ilmi sähkömoottorien valmistajat ja mallit, sekä sähkömoottorien ominaisuudet ja kokotiedot. Tutkimuksesta jätetään pois kaikki ne moottorit, jotka ovat osana toimilaittekokonaisuutta.

Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena on tutustuminen Säteilyturvakeskuksen eli STUK:in Ydinturvallisuusohjeistoon (YVL-ohjeisto) sekä ydinvoimalaitoksia koskevaan lainsäädäntöön. Myös TVO:n omat laitostietokantaohjelmistot ja niiden rakenne ja toiminta sekä sähkömoottoreiden ominaisuudet ja erilaiset asennustavat laitoksella tulevat tutuiksi.

Työssä esitetyt esimerkkikuvat, -taulukot ja -listat eivät vastaa todellisia kuvia, taulukoita tai listoja.

2 YDINTURVALLISUUS

2.1 STUK

STUK perustettiin vuonna 1958. Alussa STUK oli pieni lääkintöhallituksen alainen Säteilyfysiikan laitos, jonka tehtävä oli tarkastaa sairaaloissa käytettävät säteilylaitteet.

Vuosien kuluessa, tiedon lisääntyessä ja säteilyn- ja radioaktiivisten aineiden käytön yleistyessä STUK on saanut uusia tehtäviä. Tänään STUK on täyden palvelun asian- tuntijatalo säteily- ja ydinturvallisuusasioissa. Ydinturvallisuusvalvonta tuli STUKin tehtäväksi 1960-luvun lopussa. Tuolloin STUKista tehtiin sosiaali- ja terveysministe- riön alainen riippumaton turvallisuusviranomaisen, Säteilyturvallisuuslaitos. Vuonna 1984 nimi muutettiin Säteilyturvakeskukseksi. Samalla vakiinnutettiin käyttöön ly- henne STUK, jona Säteilyturvakeskus tunnetaan myös ulkomailla. (Säteilyturvakes- kus 2019)

Säteilyturvakeskuksen toiminnan tavoite on, että suomalaisten säteilyaltistus pidetään niin pienenä sekä turvallisuus niin hyvänä kuin käytännöllisin toimenpitein on mah- dollista ja että säteily- ja ydinonnettomuudet estetään. STUKin valvonnan perusta on säteily- ja ydinturvallisuutta koskeva lainsäädäntö, turvallisuusmääräykset ja ohjeet.

STUK toimii avoimesti ja kansalaisia kuunnellen. Sen päätökset ja ratkaisut perustuvat aina säteilyturvallisuuteen ja sen parantamiseen. Työtään se tekee hyvässä yhteis- työssä muiden viranomaisten, järjestöjen ja koko ympäröivän yhteiskunnan kanssa. STUK huolehtii myös suurelta osin Suomen kansainvälisestä, säteily- ja ydinturvalli- suuteen liittyvästä yhteistyöstä.

STUK valvoo ydinvoimalaitoksia, muita ydinlaitoksia, ydinmateriaaleja ja ydinjätte- den loppusijoitusta. STUK valvoo myös säteilyn käyttöä terveydenhuollossa ja teolli- suudessa sekä tutkimuksessa ja koulutuksessa. STUK myöntää säteilyn käyttöön liit- tyvät luvat. STUK valvoo osaltaan radioaktiivisten aineiden kuljetuksia. (Säteilytur- vakeskus 2019)

2.1.1 STUK valvoo ydinturvallisuutta

Ydinturvallisuusvalvonnan kohteina ovat ydinvoimalaitokset, ydinmateriaalit ja ydinjätteet. Valvonnan perusta on ydinenergi laki (990/87). STUKin tehtävänä on asettaa ydinenergian käyttöä koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset ja riippumattomalla valvonnalla varmistaa, että energiaa tuottavat voimayhtiöt toimivat vaatimusten mukaisesti. Valvonta perustuu ajan tasalla olevaan säännöstyöhön, kattavaan tarkastustoimintaan ja säännölliseen turvallisuuden uudelleenarviointiin.

Ydinenergi lain mukaan luvan haltijan on huolehdittava turvallisuudesta. STUK varmistuu valvonnallaan siitä, että luvan haltija kantaa vastuunsa.

Suomessa on kahdessa ydinvoimalaitoksessa neljä ydinvoimalaitosyksikköä, kaksi Loviisassa ja kaksi Olkiluodossa. Ydinvoimalaitosten valvonnan tärkein tavoite on varmistaa reaktorin pysyminen hallinnassa kaikissa tilanteissa. Valvonnan piiriin kuuluvat myös rakenteilla oleva viides ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluotoon sekä Suomeen suunnitteilla olevat uudet ydinvoimalaitoshankkeet. Lisäksi STUK valvoo Espoon Otaniemessä sijaitsevaa VTT:n tutkimusreaktoria ja sen käytöstä poistoa.

Ydinmateriaalivalvonnalla (safeguards) eli ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarkoitettulla valvonnalla varmistetaan siitä, että ydinaineet ja muut ydinalan tuotteet pysyvät rauhanomaisessa, lupien ja ilmoitusten mukaisessa käytössä ja että ydinlaitoksia ja alan tekniikkaa käytetään vain rauhanomaisiin tarkoituksiin.

Ydinjätehuollon valvonnan piiriin kuuluvat matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus, käytetyn polttoaineen käsittely, väli varastointi ja loppusijoituksen valmistelu sekä ydinlaitosten käytöstä poisto. (Säteilyturvakeskus 2019)

2.2 Ydinenergi laki

Ydinenergi lain alussa määritellään yleisesti, että ydinenergian käyttämisen täytyy olla turvallista eikä se saa aiheuttaa vahinkoa ihmisille, ympäristölle eikä omaisuudelle. (Ydinenergi laki 11.12.1987/990, 6 §)

Laissa myös todetaan että ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. (Ydinenergi laki 11.12.1987/990, 7 a §)

Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on myös asettaa kyseisen lain mukaisen turvallisuustason toteutumista koskettavat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset. Turvallisuusvaatimukset, jotka Säteilyturvakeskus on asettanut velvoittavat luvanhaltijaa, mutta kuitenkin jos luvanhaltijalla on näyttää muunkinlainen kuin vaatimuksissa esitetty tapa tai ratkaisu ja osoittaa että kyseinen menettelytapa tai ratkaisu täyttää tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä. (Ydinenergi laki 11.12.1987/990, 7 r §)

Tässä laissa on myös määritelty ydinenergian käytön turvallisuutta valvova viranomainen, joka on Säteilyturvakeskus. Edellä mainitun tehtävän suorittamiseksi tuli aiemmin jo muutama kohta esille, mutta sen lisäksi Säteilyturvakeskuksen tulee myös:

- suorittaa valvonnan kannalta tarpeellista tutkimus- ja kehitystyötä sekä osallistua alan kansainväliseen yhteistyöhön
- tehdä esityksiä ja antaa lausuntoja, joihin valvonta antaa aihetta. (Ydinenergi laki 11.12.1987/990, 55 §)

2.3 Ydinturvallisuusohjeisto

YVL-ohjeet jotka säteilyturvakeskus antaa koskevat ydinvoimalaitoksen turvallisuutta, ydinmateriaaleja ja jätteitä sekä myös ydinenergian käytön vaatimia turvajärjestelyjä ja valmiusjärjestelyjä. YVL-ohjeet ovat sääntöjä joita tulee noudattaa, oli kyseessä sitten yksittäinen luvanhaltija tai organisaatio. Ellei luvanhaltijalla tai organisaatiolla ole esittää säteilyturvakeskukselle muunlaista hyväksyttävää menettelytapaa tai ratkaisua, jolla YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso saavutetaan. (Säteilyturvakeskus 2014)

3 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

3.1 Yleistä

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on energiayhtiö, joka tuottaa sähköä Eurajoen Olkiluodon ydinvoimalaitoksessa kahdella laitosyksiköllä (OL1 ja OL2). TVO on vuonna 1969 perustettu osakeyhtiö, jolla on Eurajoen Olkiluodossa ydinvoimalaitos, joka on tänä syksynä tuottanut sähköä 40 vuotta suomalaisten tarpeisiin.

TVO tuottaa Olkiluodon ydinvoimalaitoksella noin kuudesosan kaikesta Suomessa käytettävästä sähköstä. Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköt rakennettiin aikanaan tyydyttämään Suomen energiavaltaisen teollisuuden kasvavaa sähköntarvetta.

Nykyisin Olkiluodon voimalaitoksen tuottama osuus Suomen koko sähkönkulutuksesta on noin kuudennes. TVO:n suorien omistajien kautta TVO:n ydinsähkö tuottaa hyvinvointia 132 kuntaan. Nämä kunnat omistavat yli 50 energiayhtiötä, joiden kautta Olkiluodon sähköä jaetaan koko Suomeen. TVO:n suurin omistaja on Pohjolan Voima Oy, joka omistaa TVO:sta 58,5 prosenttia.

Olkiluodon lisäksi TVO:lla on toimipaikka Helsingissä sekä toimipiste Porissa. Olkiluodossa sähköä tuottaa myös Fingrid Oyj:n ja TVO:n yhteishankkeena toteutettu 100 MW:n varavoimalaitos. (TVO 2019)

3.2 Olkiluoto 3

Olkiluoto 3 (OL3) on EPR-tyyppinen painevesilaitos, jossa on koeteltuun tekniikkaan perustuvaa modernia teknologiaa ja edistyksellisiä uusia turvallisuusominaisuuksia. Kehityksen esikuvina ovat olleet N4-laitostyyppi Ranskassa ja Konvoi -laitostyyppi Saksassa.

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö sijaitsee Olkiluodon saaren länsipäässä, OL1- ja OL2-yksiköiden vieressä. Laitosyksikön nettosähköteho on noin 1 600 MW. (TVO 2019)

4 KKS-JÄRJESTELMÄ

4.1 Yleistä

KKS on lyhenne sanoista Kraftwerk Kennzeichen System, joka tarkoittaa voimalaitoksen tunnusjärjestelmää. Tunnusjärjestelmää on käytetty maailmanlaajuisesti 1970-luvun alkupuolelta lähtien ja sillä mahdollistetaan laitoksien tarkka laitekohtainen identifiointi.

KKS-koodauksen on kehitellyt saksalainen VGB:n työryhmä VGB Working panel-projektissa nimeltä Reference Designation and Plant Documentation. Se on läheisesti yhteydessä saksalaisiin ja kansainvälisiin standardeihin DIN 6779 ja IEC 61346 voimalaitosten luokittelussa.

Voimalaitosten rakennuksille ja niissä oleville osajärjestelmille ja komponenteille on luotu kirjaimista ja numeroista koostuvia tunnuksia, joilla laitteet ja järjestelmät voidaan yksiselitteisesti tunnistaa. (Huhtinen 2011, 336, VGB Powertech 2007)

4.2 KKS-tunnuksen muodostus

KKS-tunnus muodostuu erilaisista osista:

- Laitososatunnus
- Järjestelmätunnuksen tunnusosa
- Järjestelmätunnus
- Laitteistotunnus
- Laitteistotunnuksen tunnusosa
- Laitetunnus

Laitososatunnusta käytetään jakamaan voimalaitosta eri laitoskokonaisuuksiin. Tunnus voi olla numero tai kirjain, joka määräytyy vapaasti, esim. laitoksen suunnittelijan toimesta. Ellei laitososatunnuksen käyttö ole tarpeellista voidaan se jättää kokonaan pois.

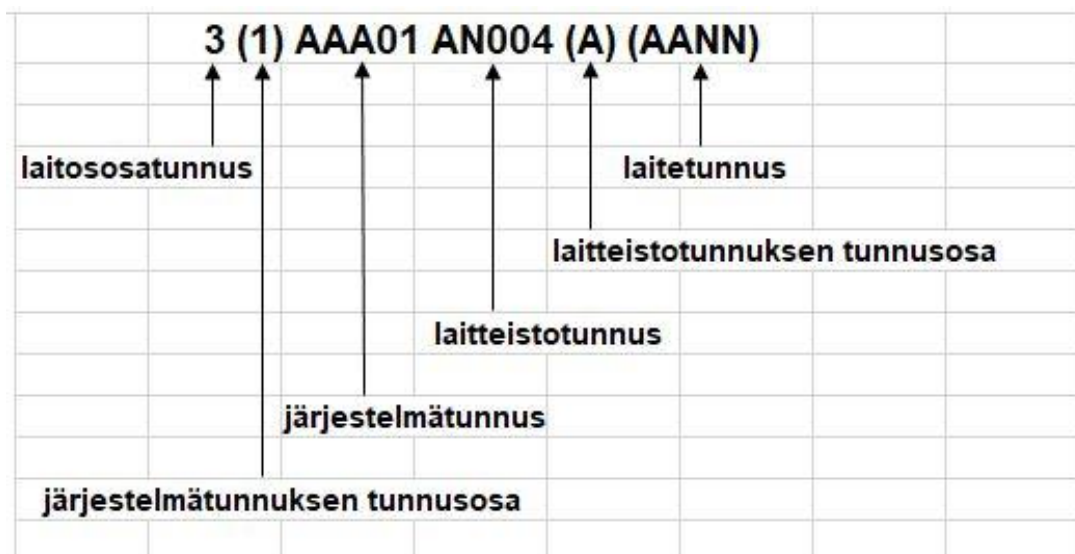
Järjestelmätunnuksen tunnusosaa käytetään erittelemään järjestelmät toisistaan jos laitoksella esiintyy useita saman järjestelmätunnuksen omaavia järjestelmiä. Tunnusosa on juokseva numero 0-9.

Järjestelmätunnus kertoo nimensä mukaisesti merkinnän viittaaman järjestelmäkokoisuuden, esimerkiksi syöttövesijärjestelmän, lämmönkehitysjärjestelmän tai polttoaineenkäsittelyjärjestelmän. Merkintä koostuu standardin mukaisesta kirjainosasta sekä tarkentavista numeroista, jotka määrittelevät järjestelmän osan.

Laitteistotunnusta käytetään ilmoittamaan järjestelmän laitteistoa, esimerkiksi pumpua tai venttiiliä. Merkintä koostuu standardin mukaisesta kirjainosasta ja numerotunnuksista. Laitteistotunnuksen tunnusosaa käytetään tarvittaessa tarkentamaan laitteistotunnusta, esimerkiksi erilaisten apulaitteiden tapauksissa. Tunnusosa on yksi kirjain, jonka määräytymistä KKS-järjestelmä ei määrittele.

Laitetunnus määrittelee laitteistoon kuuluvan laitteen tyyppin ja numeron. Tunnus koostuu kahdesta standardin mukaisesta kirjaimesta ja kahdesta numerosta. (Huhtinen 2011, 336)

Kuvassa 1 on esitelty KKS-tunnuksen rakenne tunnusosittain.



Kuva 1. KKS-tunnuksen rakenne

5 TIETOKANTAOHJELMISTOT

5.1 Project Support System PSS

PSS on Oraclen DBMS-tietokantaohjelmistosta TVO:n käyttöön räätälöity tietokantajärjestelmä. Järjestelmään kuuluu erilaisia ohjelmistoja, joita työssä on hyödynnetty tiedonhaun tehostamiseen ja dokumenttien hakemiseen TVO:n omasta tietokannasta. Tietojärjestelmän ensimmäiset osat otettiin käyttöön loppukesällä 2007.

5.2 Kunnossapitotietokanta KUPI

KUPI on myös Oraclen DBMS-tietokantaohjelmistosta TVO:n käyttöön räätälöity tietokantajärjestelmä, josta löytyy monia hyödyllisiä toimintoja. Järjestelmällä pystyy hakemaan KKS-numeron perusteella laitteista lisätietoja sekä kunnossapitotietoja. Järjestelmällä pystyy hakemaan esimerkiksi laitteen sijaintitiedon missä tahansa laitoksella huoneen tarkkuudella. Ja koska KKS-järjestelmän mukaisesti myös isot hallitilat on jaettu ”huoneisiin”, on yksittäisen laitteen, kuten moottorin löytäminen melko yksinkertaista.

6 MOOTTORIT

6.1 Vaihtosähkömoottori

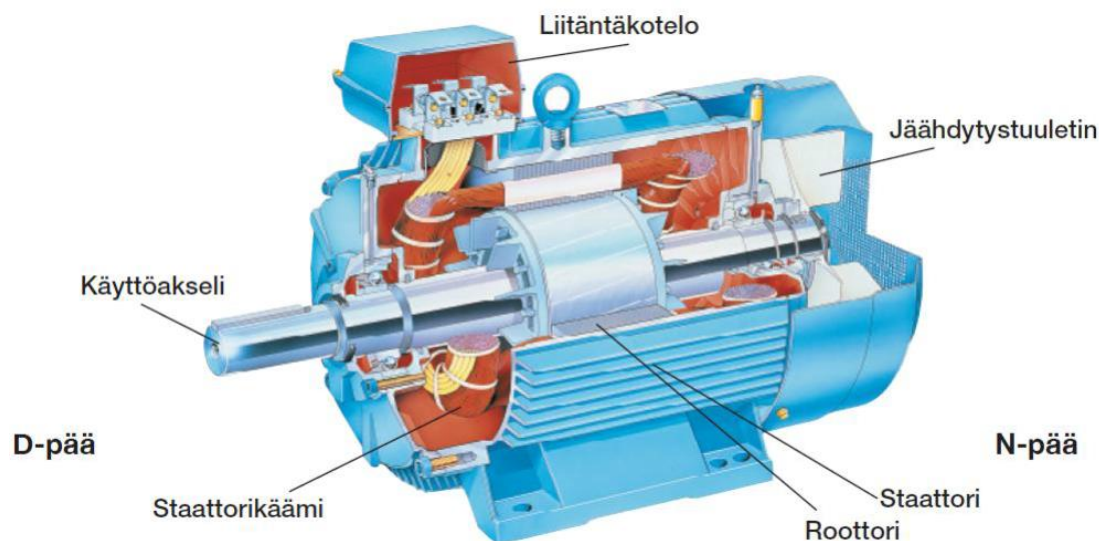
Vaihtosähkömoottori koostuu kiinteästä ja pyörivästä osasta. Kiinteää osaa kutsutaan staattoriksi ja pyörivää osaa roottoriksi tai ankkuriksi. Staattorin ja roottorin magneettikentät tuotetaan joko kestopagneeteilla tai sähkökäämeillä. Jotta staattori ja roottori johtaisivat hyvin magneettikenttää, ne on tehty raudasta.

Vaihtosähkömoottorit jaetaan roottorin rakenteen perusteella oikosulku-, kestopagneetti- ja reluktanssimoottoreihin. Näillä kaikilla moottorirakenteilla on samanlainen

staattorikäänitys, joka synnyttää staattoriin pyörivän magneettikentän. Vaihtosähkömoottoreiden pyörimisnopeutta voidaan muuttaa portaittain muuttamalla staattorikäänityksen napalukua tai portaattomasti säätämällä syöttöjännitteen taajuutta taajuusmuuttajalla. (Ahoranta 2015, 255 - 256)

6.1.1 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 pienjänniteverkossa. 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. (Ahoranta & Ahoranta 2012, 240)



Kuva 2. Oikosulkumoottorin rakenne (ABB 2011)

Sähköisesti oikosulkumoottorin toiminta perustuu magneettikentän ja siinä olevan virrallisen johtimen välisiin vuorovaikutuksiin. Staattoriin sijoitettujen kuparikäämiten ja verkkotaajuudella vaihtelevan vaihtovirran avulla voidaan induktiolain mukaisesti indusoida virta roottoriin. Roottori on valmistettu ohuista sähkölevyistä siten,

että levyihin on meistettäessä jätetty reiät roottorisauvoja varten. Roottorisauvat on valettu sulasta alumiinista ja suljettu molemmista päistä oikosulkurenkailla.

Näin roottorivirtapiiriin muodostuu induktiolain mukainen virta, joka puolestaan aiheuttaa magneettikentässä ollessaan voimavaikutuksen ja tempaa roottorin akseleilleen pyörimään staattorin magneettikentän mukana.

Oikosulkumoottorista käytetään myös nimitystä epätahtimoottori, koska moottorin roottorin pyörimisnopeus on aina staattorin magneettikentän pyörimisnopeutta pienempi. (Power & Automation-lehti 3/2009)

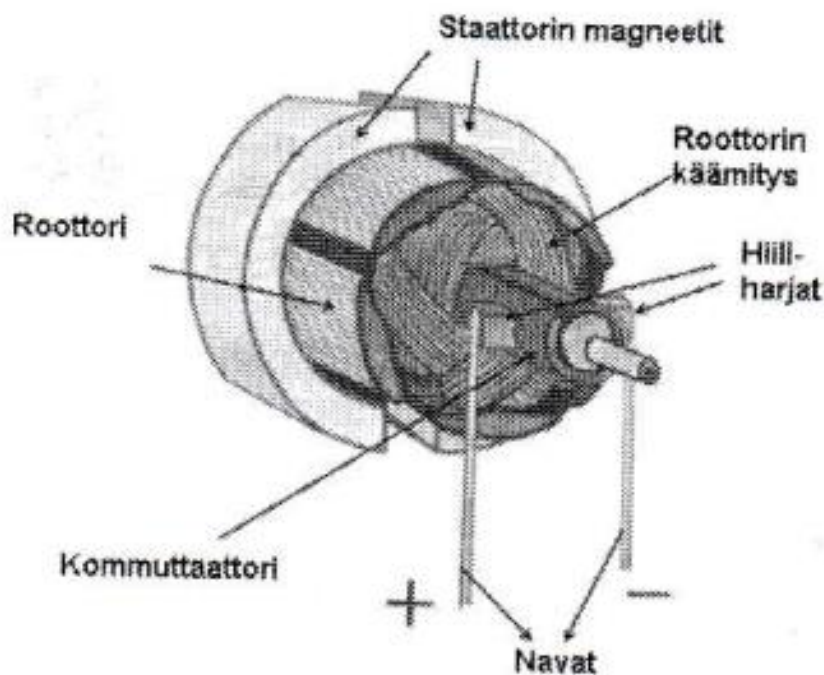
6.2 Tasavirtamoottori

Tasavirtamoottori toimii nimensä mukaisesti tasavirralla. Tasavirtamoottoreissa muuttuva sähkökenttä roottorissa saadaan aikaan vaihtamalla magneettien napaisuutta kommutaattorin eli sähkövirran suunnankääntäjän avulla. Tasavirtamoottoreita on sekä harjallisia että harjattomia. (Motiva 2019)

Kuten kaikki sähkömoottorit, harjallinen tasavirtamoottori koostuu kahdesta pääosasta, roottorista ja staattorista. Tasavirtamoottori sisältää staattorissa joko kestopagneetteja (PMDC) tai sähkömagneettisia käämityksiä (SWDC), jotka ovat moottorin ulkoreunoilla. Sisäpuolella on roottori tai “ankkurikäänitys.” Roottorissa on kelakäännitys, joka toimii tasavirralla. Kun moottoriin kytketään tasavirta, roottorin ympärille muodostuu magneettikenttä. Roottorin pyöriminen aiheutuu, kun magneettikenttä vetää toista puolta roottorista ja hylkii toista puolta.

Kommutaattorin takia pyöriminen jatkuu. Periaatteessa kommutaattori hallitsee virran kulkusuuntaa ja siten magneettikentän suuntaa. Kun roottori kääntyy vetovoiman ja hyljinnän takia ja roottori kohdistuu vaakasuoraan, molemmat harjat koskettavat kommutaattorin vastakkaisia puolia. Tällä tavoin roottorin läpi kulkeva virta käännetään. Tämän seurauksena magneettikenttä kääntyy. Prosessi toistuu niin kauan kun virtaa syötetään moottoriin. (Magnetic Innovations n.d.)

Harjattomissa tasavirtamoottoreissa roottori on kestmagnetoitu ja kommutaattori toimii sähköisesti, minkä ansiosta kuluminen ja huoltotarve on vähäistä. Moottorista tulee kuitenkin monimutkaisempi, koska harjaton DC-moottori tarvitsee ohjauselektronikan, joka tuntee muun muassa roottorin asennon tarkasti. (Motiva 2019)



Kuva 3. Harjallisen tasavirtamoottorin rakenne (Hietalahti 2011. s. 37, kuva 4.1)

7 TYÖN KULKU

7.1 Moottoreiden tarkastelu

Tutkimuksessa otettiin vertailuun ainoastaan turbiinipuolella olevat moottorit, sillä kuten aikaisemmin on mainittu, reaktoripuolen moottorit vaativat ydinturvallisuuden kannalta lisätoimenpiteitä, kuten YVL-ohjeistuksen mukaisen kelpoistuksen. Turbiinipuoli valmistuessaan ei tule olemaan säteilylle altis tila, joten tällä puolella ydinturvallisuus ei säteilyn kannalta aiheuta lisätoimenpiteitä. Kuitenkin turbiinipuolen lait-

teitakin koskevat YVL-ohjeiston mukaiset vaatimukset. Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon kaikki muut mahdolliset turvallisuustekijät, kuten räjähdys- ja maanjäristyssuojaluokitukset.

Turbiinipuolen moottoreista oli olemassa lista, jonka pohjalta työtä aloitettiin tekemään. Niistä tehtiin alla kuvailluin menetelmin uusi moottorilista, johon tulisi korvaamisen suunnitteluun vaadittavat tiedot helposti näkyviin. Tästä listasta olisi myös helppompaa jättää pois ne moottorit, joiden korvaaminen ei myöhemmin eriteltyjen syiden takia kuulunut tämän työn laajuuteen.

7.2 Moottorilista

Moottoreiden tarkastelussa päätettiin käyttää Microsoftin Excel-ohjelmaa. Excelissä on monia hyviä toiminnollisuuksia, esimerkiksi Poista kaksoiskappaleet-toiminto, jolla alkuperäisestä moottorilistasta poistettiin samanlaiset moottorityypit. Tämän toiminnon kanssa on mahdollista ottaa monia erilaisia ehtoja poistamiseen ja tätä ominaisuutta hyödynnettiin ottamalla erilaisia moottorin parametreja poistamisen ehdoiksi. Tällä varmistettiin myös se, että työssä otettaisiin huomioon sellaisetkin tapaukset joissa samalla moottorilla olisi erilaisia arvoja eri kohteissa.

Tämän jälkeen jäljelle jäi jokaista moottorityyppiä yksi tapaus. Tässä säästettiin aikaa, koska samoja moottoreita ei käyty moneen kertaan läpi. Kaksoiskappaleiden poistossa käytettiin parametreina moottoreiden mallia, tehoa, virtaa, jännitettä sekä kierrosnopeutta, jotta varmasti saataisiin kaikki saman moottorin eri käyttökohteiden vaatimat toiminnollisuudet mukaan tarkasteluun.

Listaan jääneistä moottoreista tehtiin uusi lista. Tähän uuteen listaan merkittiin eri väreillä tarkastelusta poisjätettävät (punainen). Sen jälkeen haettiin PSS-tietokantaohjelmistosta KKS-numeron perusteella moottoreiden datalehtiä sekä muuta informaatiota, joita tarvittaisiin moottoreiden korvauksen suunnittelussa.

Listaan kerättiin tietoa moottoreiden runkokoosta, kytkentärasian asennosta, moottorin asennosta, mitoista, hyötysuhteesta ja moottorin suojauksesta. Näistä tiedoista kiinnitetään eniten huomiota moottorin tehoon sekä runkokokoon ja asennusasentoon, sillä nämä ovat tärkeimpiä tietoja moottorin korvaamisen kannalta. Kuvissa 4 ja 5 on esitelty esimerkkimoottorilistat, joiden tietoja on täydennetty ja joiden avulla vertailua alettiin tekemään. Kuvassa 6 on esitelty eri värien merkitystä moottorilistoissa.

Runkokoko ei saa tietyissä tapauksissa muuttua ollenkaan muiden rakenteiden tai laitteiden ollessa lähellä. Asennusasento on myös tärkeä, sillä lähes kaikki moottorit ovat suoraan akselistaan kiinni kohteessa ilman minkäänlaista voimansiirtoa. Akseli on siis saatava kohdalleen. Myös mahdollinen laippakiinnitys tulisi olla mahdollisimman samanlainen nopean ja helpon moottorinvaihdon takaamiseksi.

KKS	Description	Frame size (IEC)	Mounting pos. (IEC)	Terminal box orientation (from shaft)	Distance B (mm)	Distance A (mm)	Distance AC (mm)	Distance L (mm)	Distance O (mm)	Distance HD (mm)
10AAA01AA003-Y01	SOLENOID VALVE									
10AAA01AN004-M01	EXH AIR FAN	71M	IMB14		322					
10AAA01AA005-Y01	ACTUATOR									
10AAA01AN006-M01	RECIR AIR FAN									
10AAA01AA007-Y01	DAMPER									
10AAA01AP008-M01	CONDENSATE PUMP 1		IMV1	Top			2390	3563		2584
10AAA01AP009-M01	WASTE WATER PUMP 80M	80M	IMB14	Top				273,5		
10AAA01AA010-Y01	ACTUATOR									
10AAA01AP011-M01	OIL SEPARATOR PUMP		IMV1							
10AAA01AN012-M01	EXH ROOF FAN 1									

Kuva 4. Esimerkkilista tarkasteluun otetuista moottoreista.

Shaft diameter	Efficiency %	Rated Voltage	Type of Voltage	Rated Power	Required Power	Rated Current (A)	No. Of poles	Degree of Protection	Motor protection parameters	Weight (kg)
		400	3AC	0,03			1	IP67		28
14	66	690	3AC	0,37	0,2	0,3	2	IP55	2A three-phase	5
		400	3AC	0,75			3	IP67		21
		400	3AC	1,1			1,6	NA		-999
		400	3AC	1,5			3	IP67		39
180	96,4	10000	3AC	2650	2239	174		IP55		7900
19	73	690	3AC	0,8	0,75		1,2	IP55	2A three-phase	10
		24	DC	0,1	0,1		4	IP65		-999
	84,9	400/690	3AC	9	5,51	20,5/11,9		IP68		
		690	3AC	55	33,56		58	IP55		610

Kuva 5. Esimerkkilista tarkasteluun otetuista moottoreista.

Uuteen listaan merkittiin moottorit eri värikoodeilla. Moottorit, joista löytyi tarpeeksi kattavat tiedot (vihreä), puutteelliset tiedot (keltainen). Moottorit, joista ei löytynyt ollenkaan tietoja (sininen) ja moottorit, joiden tiedot ovat ristiriidassa tietokannan datalehtien ja pohjalistasta saatujen tietojen kanssa (violetti). Tämä lista auttaa myös tulevaisuudessa esimerkiksi selvittämään, mistä moottoreista tarvitaan vielä lisätietoa tai mihin tietoihin vaaditaan lisäselvitystä.

Vihreä	=	Tiedot löytyvät/tietoa riittävästi
Keltainen	=	Tietoa puuttuu/ei löydy
Punainen	=	Tarkistuksesta poisjätettävät
Sininen	=	Tietoa ei löydy
Violetti	=	Tiedot ristiriidassa taulukko vs PSS

Kuva 6. Eri värien merkitykset moottorilistassa.

7.2.1 Tarkastelusta poisjätettävät

Tarkastelusta jätettiin pois sellaiset moottorit, jotka ovat osana toimilaittekokonaisuutta, esimerkiksi venttiilin toimilaitetta. Poisjätettäviin moottoreihin lukeutui myös esimerkiksi ilmanvaihdon peltimoottorit. Poisjätettävät moottorit löydettiin helposti KKS-tunnuksen laitteistotunnuksen perusteella. Jos laitteistotunnuksesta löytyi AA- tai AT-kirjainyhdistelmä, sen KKS-tunnuksen moottori jätettiin pois tarkastelusta.

7.2.2 Moottorien kuvat

Seuraavaksi tarkastelussa haettiin puuttuvia tietoja moottorilistaan valokuvista, jotka on otettu laitokselle jo asennetuista moottoreista. Näistä kuvista saatiin moottorin arvokilpitiietoja sekä lisätietoja moottorin asennusasennosta ja kiinnitystavasta. Näiden tietojen perusteella pystyttiin moottoreita jakamaan erivärisiin kategorioihin.

Tässäkin kohdassa säästettiin aikaa, sillä jokaisen moottorin tietojen toteaminen paikalla olisi vienyt enemmän aikaa, kuin mitä tälle työlle oli suunniteltu. Kuvien tutkimisen jälkeen kohteita, joista tarvitaan lisätietoja korvattavuuden määrittämiseksi, jäi ainoastaan kymmenesosa uuden moottorilistan moottoreiden lukumäärästä.

Seuraavaksi jalkauduttiin kuvaamaan loput kohteet itse. Kohteita ei kuitenkaan ollut kovinkaan paljon ja ne saatiin kuvattua hyvinkin nopeasti. Kohteet sijaitsivat turbiinilaitoksella ja merivesipumppaamalla turbiinilaitoksen vieressä. Kohteita, joita ei löydetty tai ei päästy käsiksi, jäi enää muutamia kappaleita. Näistä suurimman osan tiedettiin kuitenkin olevan sellaisia moottoreita, ettei niitä tulla korvaamaan minkään

muunlaisella moottorilla. Ne ovat asennettuna sellaisiin paikkoihin ja toimivat sellaisissa kokonaisuuksissa, ettei niitä ole järkevää mennä korvaamaan, sillä tämä saattaisi vaatia koko laitekokonaisuuden, esimerkiksi pumppujen rakenteen muuttamista tai vaihtamista. Näissä kohteissa saattaa tulevaisuudessa moottorin hajotessa olla myös koko laitekokonaisuuden vaihto edessä. Osassa näistä tapauksista on kuitenkin jo olemassa oleva varaosamoottori valmiina varastolla.

7.3 Vertailu

Seuraavaksi työssä aloitettiin vertailemaan moottoreita keskenään, tärkeimpinä korvaukseen vaikuttavina ominaisuuksina vertailussa käytettiin runkokokoa sekä asennusasentoa, josta selviää kiinnitystapa ja laippakiinnitteisissä malleissa laipan koko. Runkokoko on tärkein ominaisuuksista, sillä se määrittää moottorin akselin paikan sekä akselin halkaisijan.

Moottorit käytiin läpi yksi kerrallaan. Moottorille haettiin aina uudesta moottorilistasta samaa runkokokoa olevat moottorit vertailuun. Vertailtavista moottoreista poistettiin kaikki ne moottorit, joissa oli erilainen asennusasento, sillä nämä moottorit eivät sovi toistensa paikalle, pois lukien muutamat mahdolliset erikoistapaukset, joissa IM B35-tyyppinen (jalka- ja laippakiinnitys) sopii IM B3- (jalkakiinnitys) tai IM B5-tyyppisen (laippakiinnitys) paikalle.

IM B35 kelpaa myös joissain tapauksissa pystylaippa IM V1-tyyppisen tilalle, mutta se on varmistettava, sillä IM B35 ei takaa sitä, etteivät laakerit vuoda moottorin öljyä ulos pystyasennossa.

IM V1 kelpaa IM B5 tilalle, mutta tämä ei tarkoita sitä, että IM B5 kelpaisi IM V1:sen tilalle. IM B5-tyyppisessä moottorissa saattaa olla laakerit, jotka eivät myöskään pidä öljyä moottorin sisäpuolella pystyasentoon asennettaessa. Tämä on yksi asia, mikä täytyy varmistaa korvausta tehtäessä. Jos tiedetään varmaksi, että IM B5-tyyppinen sopii asennettavaksi pystyyn, merkitään taulukkoon IM B5/IM V1.

IM B14 on laitokselta löytyvistä moottorityypeistä ainutlaatuinen asennusasennoltaan, sillä sen tilalle ei varmasti käy muu, kuin samanlainen, sillä laitokselta ei löydy muita pienen laipan omaavia moottorityyppejä.

IM B35-tyyppisen moottorin tilalle saattaisi käydä muunkinlainen laippakiinnitteinen moottori, mutta moottori saattaa tarvita lisätukea värinän tai muun ulkoisen haitan takia. Näiden syiden takia IM B35-tyyppisille moottoreille ei haettu muista moottoreista korvaavia vaihtoehtoja.

Tämän jälkeen jäljelle jääneistä moottoreista karsittiin soveltumattomia pois vertailemalla niiden arvoja vertailtavan moottorin arvoihin. Pyörimisnopeus, koneen tarvitsema jännite ja virta, sekä koneen teho olivat tässä kohtaa tärkeimpiä. Myös muita arvoja, kuten hyötysuhdetta ja painoa pidettiin silmällä. Myös muutama erikoistapaus, kuten räjähdysuojaluokiteltu moottori, tuli vastaan.

Vertailun lopputuloksena saatiin taulukko, josta kävi ilmi moottorit ja niiden mahdolliset korvaajat. Kaikki kohdat, jotka saattavat vaikuttaa moottorin kelpaamattomuuteen merkittiin punaisella. Tämän jälkeen taulukko käytiin läpi laitevastaavan kanssa moottorien soveltuvuuden varmistamiseksi.

7.4 Korvaavuustaulukko

Kuvassa 7 on esitelty esimerkki vertailutaulukosta. Taulukosta käy nyt ilmi, mitkä moottorit sopivat minkäkin moottoreiden paikalle. Siitä käy myös ilmi mahdolliset huomioonotettavat seikat moottoreiden eroavaisuudessa. Ne on merkitty taulukkoon punaisella.

KKS	Description	Frame size	Mounting pos. (IEC)	Terminal box	Efficiency %	Rated Voltage	Type of Voltage	Rated Power	Required Power	Rated Current	Degree of Protection	Motor protect	Weight (kg)	Rotation	Manufacturer
10AAA05AN001-M01	EXH FAN 1	180M	IM B5	Top	90	690 3AC		18,5	14,9	20,5	IP55		160	1460	EMOD
10AAA05AN002-M01	EXH FAN 2	180M	IM B5		90	690 3AC		18,5	14,9	20,5	IP55		160	1460	EMOD
10AAA08AN012-M01	OIL PUMP 1	180M	IM V1			690 3AC		18,5	16,6	20,3	IP55		165		1500 SIEMENS
10AAA09AN012-M01	OIL PUMP 2	180M	IM V1			690 3AC		18,5	16,6	20,3	IP55		165		1500 SIEMENS
10AAA02AP004-M01	CP 1	280S	IM B3	Top	95,1	690 3AC		75	70	78	IP55		575		1485 SIEMENS
10AAA02AP005-M01	CP 2	280S	IM B3	Top	95,1	690 3AC		75	70	78	IP55		575		1485 SIEMENS
10AAA10AP011-M01	CDP1	280 M	IM B3	Top	94,6	690 3AC		90	71,9	83	IP55		580		1480 SIEMENS
10AAA01AN004-M01	EXH AIR FAN 1	90L	IM B3	Top	82,8	690 3AC		1,5	0,7	2	IP55		16		1420 GRUNDFOS
10AAA02AN004-M01	EXH AIR FAN 1	90L	IM B3	Top	82,8	690 3AC		1,5	0,7	2	IP55		16		1420 GRUNDFOS
10AAA01AP008-M01	CONDENSATE PUMP	90L	IM B3	Top	75	690 3AC		0,8	0,5	1,04	IP55		15		1480 ABB
10AAA01AP011-M01	OIL PUMP	90S	IM B35		85	690 3AC		1,6	1,1	1,83	IP68		25		1440 ABB
10AAA01AN012-M01	EXH ROOF FAN 1	90L	IM B3		90	690 3AC		3	1,7	3,24	IP55		45		1450 SIEMENS

Kuva 7. Esimerkki vertailutaulukosta.

Vertailussa kiinnitettiin huomiota mahdollisuuteen korvata pienien moottorivalmistajien moottoreita isompien valmistajien moottoreilla. Pienempien valmistajien karsiminen pois moottorilistoista on tärkeää tulevaisuuden kannalta, sillä tämä sekä helpottaa moottorien varaosien tilausta, että turvaa tulevaisuuden, sillä isommat valmistajat kehittävät moottoreitaan koko ajan ja suunnittelevat vanhojen moottorien tilalle uusia vastineita. Kun taas pienet valmistajat saattavat jättää moottoreita kokonaan pois valikoimista ilman minkään näköistä korvaajaa. Pienet moottorivalmistajat saattavat myös lopettaa toimintansa tai myydä toimintansa toiselle toimijalle.

Vertailusta saatiin myös varasuunnitelma rikkoontuneen moottorin korvaukselle, väliaikaisesti tai pysyvästi. Jos jonkin järjestelmän toiminta on tärkeää, voidaan siitä rikkoutuneen moottorin tilalle vaihtaa ehjä hyvinkin nopeasti taulukon moottorivaihtoehtoja katsomalla. Myös varaston varaosamoottoreiden lukumäärää voidaan tulevaisuudessa vähentää tämän taulukon avulla.

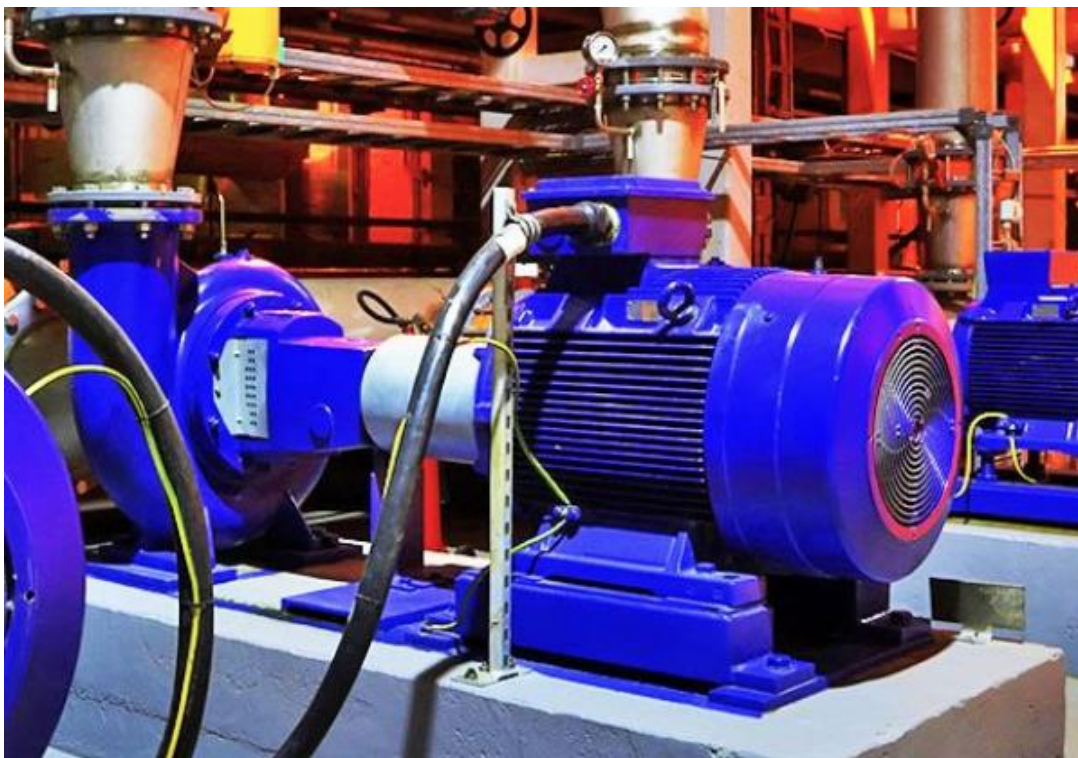
8 ESIMERKKI MOOTTORIVERTAILUSTA

Seuraavassa käydään läpi erään moottorin vertailuesimerkki. Esimerkissä esitetyt moottorit eivät vastaa Olkiluoto 3:n turbiinilaitoksella olevia moottoreita.

8.1 Rungon koko ja asennusasento

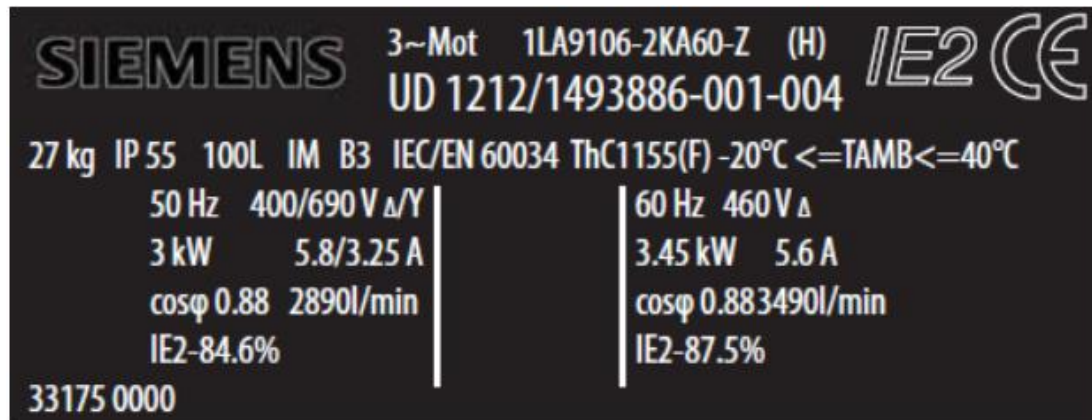
Ensin haetaan uudesta moottorilistasta vertailtavasta moottorista runkokoko. Esimerkkitapauksessa se on IEC-koko 90L. Samasta listasta haetaan kaikki samaa runkokokoa olevat moottorit. Tämän jälkeen poistetaan ne moottorit, joissa on erilainen asennusasento, poissulkien erikoistapaukset, kuten IM B35, joka on mahdollista asentaa sekä IM B3-tyyppisen, että IM B5-tyyppisen moottorin tilalle.

Jollei kaikista moottoreista ole asennusasetotietoa, katsotaan Laitostiedot-organisaation tuottamia moottorikuvia. Niissä on usein kuvattu moottorista yleiskuva, josta selviää moottorin asento ja laipan/jalkojen koko, josta voi päätellä IEC-asennusasennon. Asennusasetoa tarkastellessa on hyvä myös katsoa kuvista näkykö moottorin kyljessä tietoa asennusasetonosta tai taulukosta poikkeavia tietoja.



Kuva 8. Yleiskuva moottorista, esimerkki. (Electrical Engineering Portal 2015)

Kuvan 8 moottorista voimme päätellä sen olevan IM B3- tyyppinen, sillä se on jalkakiinnitteinen, vaakatasoon asennettu moottori. Moottori on myös kytketty pumppuun kytkimellä, eikä laipalla. Moottorin kytkentäkotelon alla näkyy myös moottorin arvokilpi. Laitoksella moottorin kyljessä olisi myös KKS-numerotunnus.



Kuva 9. Moottorin arvokilpi, esimerkki. (Franzke 2013)

8.2 Moottorin muut tiedot

Seuraavaksi keskitytään muihin tietoihin. Runkokoon ja asennusasennon jälkeen seuraava tärkein moottorin ominaisuus on kierrosnopeus. Tässä käytettiin harkintaa, sillä vertailtavien moottorien kierrosnopeuden ei tarvitse täysin vastata toisiaan. Kuitenkin sellaiset moottorit, joissa kierrosnopeus oli selvästi suurempi tai pienempi, poistettiin vertailusta. Kierrosnopeuden varmistamisessa käytettiin myös moottorin arvokilpitietoja, sekä tietoa moottorin napaluvusta. Napaluku määrittää moottorin kierrosnopeuden.

Tämän jälkeen keskityttiin moottorin tehoon. Uudesta moottorilistasta haettiin tieto vertailtavan moottorin tarvitsemasta tehosta. Tätä verrattiin vertailussa vielä jäljellä oleviin moottoreiden nimellistehoon. Jos moottorin nimellisteho ei riittänyt vertailtavan moottorin tarvitsemaan tehoon, moottori poistettiin vertailusta. Jos moottorin nimellisteho oli lähellä, se merkittiin punaisella, jotta korvaamistilanteessa osataan miettiä, onko se poissulkeva tekijä.

Seuraavaksi verrattiin moottoreiden ottamaa virtaa vertailtavan moottorin ottamaan virtaan. Jos moottorin ottama virta oli huomattavasti suurempi, kuin vertailtavan moottorin virta, se merkittiin punaisella, jotta korvaamistilanteessa osataan ottaa huomioon, tarvitaanko moottorin suojauksiin tai kaapelointiin muutoksia suuremman virran takia.

8.3 Vertailun lopputulos

Vertailun lopputuloksena saatiin yhdelle pienen valmistajan moottorille korvaaja suuremman valmistajan moottorista. Kuvassa 10 on esitelty esimerkkimoottorin vertailutaulukko.

KKS	Description OL3	Frame size	Mounting pos. (IEC)	Terminal box	Efficiency %	Rated Voltage	Type of Voltage	Rated Power	Required Power	Rated Current	Degree of Protection	Motor protect	Weight (kg)	Rotation
10AAA01AN004-M01	EXH AIR FAN 1	90L	IM B3	Top	82,8	690	3AC	1,5	0,7	2	IP55		16	1420
10AAA02AN004-M01	EXH AIR FAN 1	90L	IM B3	Top	82,8	690	3AC	1,5	0,7	2	IP55		16	1420
10AAA01AP008-M01	CONDENSATE PUMP	90L	IM B3	Top	75	690	3AC	0,8	0,5	1,04	IP55		15	1480
10AAA01AP011-M01	OIL PUMP	90S	IM B35		85	690	3AC	1,6	1,1	1,83	IP68		25	1440
10AAA01AN012-M01	EXH ROOF FAN 1	90L	IM B3		90	690	3AC	3	1,7	3,24	IP55		45	1450

Kuva 10. Erään moottorin vertailutaulukko, esimerkki.

9 YHTEENVETO

Työ aloitettiin Exceliin tehdystä moottorilistasta, josta poistettiin kaksoiskappaleet, eli jokaista moottorityyppiä jäi yksi esimerkki. Näistä tehtiin uusi lista, jota lähdettiin täydentämään moottorien tietojen osalta. Näitä tietoja haettiin PSS-tietokannasta sekä valmistajan datalehdistä. Myöhemmin näitä tietoja täydennettiin Laitostiedot-organisaation tuottamista moottoreiden kuvista. Tämän jälkeen jalkauduttiin kuvaamaan loput moottorit, joista ei ollut löytynyt tarpeeksi tietoa korvaavuuden selvittämiseksi tai tiedot olivat ristiriitaisia.

Seuraavaksi suoritettiin vertailua moottoreiden kesken, keskeisimpinä arvoina moottorin koko sekä kiinnitystapa, pyörimisnopeus ja teho. Näistä mahdollisista korvaavista moottoreista tehtiin moottorikorvaavuustaulukko, joka käytiin laitevastaavan kanssa läpi. Tästä taulukosta selviää nyt, mitkä moottorit ovat käypiä keskenään.

Moottoreita otettiin käsittelyyn alun perin 307. Työn tuloksena saatiin korvaavuustaulukko, jossa on 83 moottoria ja niille korvaavat moottorivaihtoehdot. Korvaavia vaihtoehtoja saattaa olla useampi kuin yksi.

Työssä onnistuttiin mielestäni hyvin, moottoreita oli paljon ja kaikki saatiin käytyä läpi määräaikaan mennessä. Tietojen hajanainen sijainti hankaloitti tehtävää melko paljon. Tämän takia muun muassa varastolla olevien moottorien selvitys jäi tekemättä. Kuitenkin turbiinilaitoksella olevat moottorit saatiin vertailtua keskenään. Myös tietojen sijaintien lukuoikeuksien saaminen aiheutti omat päänvaivansa, mutta tämä on ymmärrettävää, onhan TVO:lla tietoturvallisuus tärkeää.

Työssä sain tehdä paljon oma-aloitteisesti töitä itse kehittämilläni työmenetelmillä, mitään valmista raamia ei työlle annettu. Vinkkejä ja apua sain kyllä aina kun niitä tarvitsin ja aina tiesi keneltä pitää kysyä, jos tarvitsee apua. Myös muut työntekijät olivat aina valmiita auttamaan oman parhaan kykynsä mukaan. Siitä kaikille työhön osallistuneille suuri kiitos.

Seuraavaksi suosittelen tehtäväksi jo nyt valmistuneen TI-puolen moottorilistan, NI-puolella olevien moottoreiden, varastolla olevien moottorien sekä mahdollisesti käyville laitoksilla olevien moottorien vertailua keskenään. Tällä saavutetaan mahdollisimman hyvä tieto siitä, mitä moottoreita on mahdollista korvata milläkin. Myös varastolla pidettävien moottoreiden määrä vähentyisi samalla.

Myös tekemääni moottorilistaa kannattaisi käydä läpi. Sieltä löytyy sellaisia moottoreita, joista ei löytynyt tarpeeksi tietoa tai tiedot ovat ristiriitaisia eri tietokantajärjestelmien kesken.

LÄHTEET

ABB Pehmökäynnistysopas 2011. Viitattu 22.11.2019 https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf

Ahoranta, Jukka 2015. Sähkötekniikka. Helsinki: Sanoma Pro.

Ahoranta, Jukka & Ahoranta, Jaakko 2012. Sähkötekniikan ja elektroniikan perusteet. Helsinki: Sanoma Pro.

Electrical Engineering Portal 2015. Viitattu 11.9.2019 <https://electrical-engineering-portal.com/calculation-of-motor-starting-time-as-first-approximation>

Franzke, U. 2013. Investigation into fan system energy efficiency. Technical report. Dresden: ILK Dresden.

Huhtinen, Markku 2011. Voimalaitostekniikka. Tampere: Juvenes Print.

Hietalahti, Lauri 2011. Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonetyöhön. Tammertekniikka.

Kortelainen, Antti. Power & Automation-lehti 3/2009. ABB Oy

Motiva, Sähkömoottorityypit n.d. Viitattu 25.10.2019 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit>

Magnetic Innovations n.d. DC Motor, How it works? Viitattu 24.7.2019 <https://www.magneticinnovations.com/dc-motor-how-it-works/>

Säteilyturvakeskuksen www-sivut n.d. Viitattu 14.8.2019 <https://www.stuk.fi/>

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut 2019. Viitattu 25.7.2019 www.tvo.fi

VGB Powertech:n www-sivut 2014. Viitattu 24.7.2019 <http://www.vgb.org/>

Ydinenergialaki 1987. 11.12.1987/990 muutoksineen.