

Jari Haukka

AKSELIGENERAATTORIN HYBRIDIKÄYTTÖ

Merenkulun koulutusohjelma

2014

AKSELIGENERAATTORIN HYBRIDIKÄYTTÖ

Haukka, Jari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun insinöörin koulutusohjelma
Huhtikuu 2014
Ohjaaja: Haapanen, Toni
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 0

Asiasanat: akseligeneraattori, propulsio, hybridikäyttö, sähköntuotanto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa selkeä informaatiopaketti koskien akseligeneraattorin hybridikäyttöä.

Informaatiopaketin tarkoituksena oli tuoda ilmi akseligeneraattorin hybridikäytön toimintaa ja mahdollisuuksia lähtemällä liikkeelle vertailun mahdollistavista erilaisista olemassa olevista propulsiotyypeistä. Vertailukohteista opinnäytetyö eteni järjestelmän tärkeimpiin yksittäisiin komponentteihin ja niiden toimintaan, päätyen lopulta itse akseligeneraattorin hybridikäyttöön kokonaisuutena.

Akseligeneraattorin hybridikäytöstä esiteltiin järjestelmän toiminta, sen eri käyttötavat sekä sen hyödyt ja mahdollisuudet.

Suurin ongelma oli itse laitetta koskeva materiaalin vähyys, sekä tästä aiheutunut mahdollinen, joidenkin asioiden objektiivisuuden puute.

USE OF HYBRID SHAFT GENERATOR

Haukka, Jari
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Maritime engineering
April 2014
Supervisor: Haapanen, Toni
Number of pages: 33
Appendices: 0

Keywords: shaft generator, propulsion, hybrid usage, electricity generator

The purpose of this thesis was to create clear information package considering hybrid usage of shaft generator.

This information package was supposed to bring forth functions and possibilities of hybrid shaft generator by starting from already existing, comparison enabling, propulsion types. From these advanced this thesis towards singular components of the system and their functions, finally reaching hybrid shaft generator as a whole.

How hybrid shaft generator functions, different ways to use it, what is gained by using it and what possibilities it enables, was also presented.

Biggest problem was lack of material considering hybrid shaft generator itself. This may have caused some lack of objectivism in certain matters.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SÄHKÖNTUOTTO JA PROPULSIO	7
2.1	Sähköntuoton perusteista	7
2.2	Yleistä propulsiosta.....	7
2.2.1	Sähkömoottori sekä generaattori	9
2.2.2	Oikosulkumoottori.....	9
2.2.3	Tahtimoottori/generaattori.....	11
3	TAAJUUSMUUTTAJAT	13
3.1	Suorat taajuusmuuttajat.....	13
3.2	Välipiirilliset taajuusmuuttajat.....	15
3.3	Tasasuuntaaja	15
3.3.1	Ohjaamaton tasasuuntaaja	16
3.3.2	Ohjattu kokoaaltosuuntaaja	17
3.4	Välipiiri	18
3.5	Vaihtosuuntaaja.....	20
3.5.1	Vaihtosuuntaaja muuttuvalla välipiirin virralla.....	21
3.5.2	Vaihtosuuntaaja muuttuvalle tai vakiona pysyvälle välipiirin jännitteelle	22
3.6	Ohjauspiiri.....	23
3.7	PAM ja PWM	24
4	AKSELIGENERAATTORIN HYBRIDIKÄYTTÖ.....	25
4.1	Potkurin optimaalinen käyttö.....	26
4.2	Käyttötilat	27
5	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET.....	33

1 JOHDANTO

Polttoaineiden hintojen kallistuessa, päästörajoitusten tiukentuessa sekä turvallisuusmääräyksien lisääntyessä on keksittävä jatkuvasti uusia keinoja polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi sekä säädösten noudattamiseksi.

Laivan propulsiossa sekä sähköntuotannossa ei tällä hetkellä kuitenkaan käytännössä ole vaihtoehtoja dieselmoottorille, vaikkakin ydinvoimalla toimivia aluksia on olemassa. Usean vuoden ajan laitevalmistajat merenkulun eri aloilta ovatkin kokeilleet erilaisia keinoja moottorien hyötysuhteen nostamiseksi. Helpoin tapa hyötysuhteen nostolle on pitää moottori jatkuvasti mahdollisimman lähellä optimaalista kuormitusta. Tämä olisikin varsin helppoa, mikäli moottori kävisi aina tasaisilla kierroksilla potkurin lapakulmien pysyessä aina samoina.

Tasakierroksilla pyörivää moottoria on voitu myös helpoiten hyödyntää sähköntuotannossa. Esimerkiksi vaihteiston, johon akseligeneraattori on kytketty, pyörimisnopeus on voitu etukäteen laskea siten, että tasakierroksilla pyöriessään akseligeneraattori tuottaa 50 Hz:n vaihtovirtaa, jonka jännite voidaan muuntajalla muuntaa tarvittavaan kohteeseen sopivaksi.

Teoriassa laivan koneiden ollessa tasakierroskäytössä lapakulmien säädön luulisi olevan mahdollista, mutta automatiikka ei välttämättä kykene reagoimaan tarpeeksi nopeasti muuttuviin lapakulmiin ja tällöin moottorin ja sitä myöden potkuriakselin pyörimisnopeus muuttuu hiukan. Eli saatava sähkökään ei ole aivan 50 hertsiä vaan voi seilata sen molemmin puolin. Karkeammille laitteille tällainen pieni taajuuden heilahtelu ei ole niin vakavaa, mutta herkimät laitteet voivat hajota.

Kyseisestä ongelmasta johtuen, yleensä laivoilla tuotetaan sähkö erillisillä moottori-generaattori paketeilla, jotka syöttävät verkkoon tasaista 50 Hz:n virtaa. Kyseisessä menetelmässä ei ole juuri muuta vikaa kuin se, että ylimääräisen moottorin käyttö lisää aina polttoaineen kulutusta eikä se silti ratkaise propulsiosta vastaavan moottorin mahdollista vajaakuormitusta pieniä lapakulmia käytettäessä.

Edellä mainitut ongelmat ovat pelkästään polttoaineen kulutukseen ja päästöihin liittyviä. Kuinka aluksen turvallisuutta saadaan siis lisättyä?

Käytännössä nykyään aluksen propulsioon pettäessä ainoa keino on kellua ja samalla yrittää korjata vikaa ja mikäli se ei onnistu, odottaa apua paikalle. Runsaasti liikennöidyillä tai ahtailla alueilla tämä aiheuttaa välittömästi vaaratilanteen. Nykyään onkin vallalla ajatus, että alus itsessään on paras pelastusvene. On huomattavasti turvallisempaa pysyä aluksessa mahdollisimman pitkään kuin lähteä pienissä, vaikeasti laskettavissa ja hallittavissa veneissä tai lautoissa merelle.

Laivan turvallisuus lisääntyy entisestään, mikäli aluksessa on toissijainen propulsiojärjestelmä, jolloin ei tarvitse enää vain kellua apua odottamassa, vaan laivaa voidaan operoida lähes normaalilla tapaa ja ajaa laiva lähimpään satamaan.

Kuinka siis saadaan propulsioon käytettävän moottorin teho mahdollisimman hyvin hyödynnetyksi niin, ettei erillisiä dieselgeneraattoreitakaan välttämättä tarvitsisi operoidessa käyttää, samalla kuitenkin taaten toissijaisen propulsioon, jolla hätätilanteessa pääsisi lähimpään satamaan?

Eräs ratkaisu kyseisiin ongelmiin on akseligenaattorin hybridikäyttö. Kyseisen järjestelmän tulisi taata laivan propulsioon ja sähköverkkoon huomattavaa joustavuutta. Edellämainittujen ongelmien ratkaisujen lisäksi järjestelmä lisää esimerkiksi alusten jäissäliikkumiskykyä tarjolla olevan lisätehon avulla.

Ymmärtääkseen järjestelmän toimintaa on kuitenkin propulsioon sekä sähköntuottoon liittyvien termien oltava hallussa ja komponenttien toiminnasta oltava jonkinasteinen käsitys. Tästä johtuen käyn läpi yleisimmät tavat propulsioon- ja sähköntuottoon, sekä yritän tehdä selväksi kuinka järjestelmissä olevat eri avainkomponentit toimivat kuitenkin menemättä liian syvälle teoriaan.

2 SÄHKÖNTUOTTO JA PROPULSIO

2.1 Sähköntuoton perusteista

Aurinkovoimaa lukuun ottamatta kaikki sähköntuotanto perustuu samaan periaatteeseen: muutetaan mekaaninen pyörimisliike generaattorin avulla sähköenergiaksi. Ei ole väliä, mikä tämän pyörimisliikkeen aiheuttaa. Laivakäytössä se on yleensä dieselmoottori. Erilaisia turbiinirakennelmiakin on ollut olemassa varsinkin sotaluoksissa, mutta niihin en tämän enempää puutu, vaan jatkossa keskityn perinteisemmän laivatekniikan komponentteihin.

2.2 Yleistä propulsiosta

Yleensä aluksissa käytetään yhtä tai useampaa moottoria propulsioon tuottamiseen. Nämä moottorit voivat olla asennettuina siten, että laivassa saattaa olla useampi potkuriakseli, esim. kaksi moottoria vaihteistolla yhdistettynä yhteen potkuriakseliin laivan toisella kyljellä ja kaksi vastaavasti vastakkaisella kyljellä.

Näissä tapauksissa moottorit ovat yleensä nelitahtisia dieselaita ja potkurit säätölaupaisia kulkusuunnan muuttamisen mahdollistamiseksi. Moottoria voi käyttää muuttuvilla kierroksilla, jolloin kyseisellä käyttötavalla, nimeltään kombinaattoriajo, muutetaan yhtä aikaa moottorin käyntinopeutta sekä potkurin lapakulmia. Vastaavasti moottori voi käydä tasakierroksilla ja pelkät lapakulmat muuttuvat. Yleensä vähintään kahden potkurin ansiosta alukset säilyvät ohjailukelpoisina, vaikka yksi propulsiosta vastaava potkuri ei pyörisikään.

Sen sijaan esimerkiksi rahtilaivoissa ja tankkereissa törmää usein asetelmaan, jossa on vain yksi potkuriakseli, jota suuri kaksitahtinen diesel pyörittää joskus jopa ilman erillistä alennusvaihteistoa. Näissä suunnan muuttaminen voi tapahtua joko säätölaupaisella potkurilla tai vanhemmissa aluksissa moottori sammuttamalla ja taaksepäin käynnistämällä, joka tosin vaikeuttaa laivan ohjailua huomattavasti. Kaksitahtisissa kokoonpanoissa moottoria yleensä käytetään muuttuvilla kierroksilla, mutta ei ole

poissuljettua, että olisi aluksia, jotka kävisivät tasakierroksilla. Tätäkin käyttötapaa löytyy myös useampipotkurisena. Mikäli yksipotkurisen aluksen propulsiosta vastaava moottori menee jostain syystä epäkuntoon, on alus käytännössä ohjaukelvoton.

Molemmissa edellä mainituissa tapauksissa sähkö tuotetaan erillisillä dieselgeneraattoreilla, vaikka useinkin propulsioon käytettyjen pääkoneiden tehon hyötykäyttö sähköntuotannossa olisi järkevää. Mahdollisia akseligenaattoreita pystytään käyttämään vain koneiden käydessä tasakierroksilla ja tällöinkin joissain tapauksissa niistä saatu teho käytetään pelkästään ohjailupotkureille. Eli tällöin ne eivät ole tahdistettuina laivan verkkoon.

On olemassa myös diesel-sähköisiä järjestelmiä, joissa on useampi dieselgeneraattori, joilla tuotetaan käyttösähkö, sekä propulsiokäyttöön tarvittava sähköteho. Tällöin potkuria tai useita potkureita pyöritetään sähkömoottorilla ja pyörimisnopeutta muutetaan taajuusmuuttajalla. Järjestelmä on hyvin joustava ja sillä päästään hyviin hyötysuhteisiin ja suureen vääntömomenttiin myös matalilla potkurin pyörimisnopeuksilla.

Mikäli tehon tarve lisääntyy, käynnistää ja tahdistaa automaattikka uuden moottorin tuoden saataville lisää tehoa. Tämän joustavuuden ja vääntömomentin johdosta järjestelmä on usein käytössä esimerkiksi jäänmurtaajilla. Järjestelmä lisää myös turvallisuutta, sillä esimerkiksi yhden dieselgeneraattori-yksikön hajotessa alus ei vielä jää tuuliajolle, vaan riittävä sähkö liikumiseen pystytään tuottamaan jäljelle jääneillä dieselgeneraattoreilla. Järjestelmän ainoa selvä haittapuoli ovat sen kalliit hankintakustannukset.

Akseligenaattorin hybridikäytön on tarkoitus hyödyntää edellä mainittujen tekniikoiden parhaat puolet. Tällöin päästäisiin yhdistämään dieselsähköisen tekniikan joustavuus perinteisen propulsiion hankintakustannuksiin. Käyttökustannusten puolesta hybridikäyttö on todennäköisesti halvin järjestelmä, koska yksi suuri moottori, jolla tuotetaan sekä propulsio että sähkö on taloudellisempi kuin monta pienempää moottoria, joilla tuotetaan samat asiat.

Järjestelmällä voidaan myös tarjota se mahdollisesti kriittinen viimeinen tehonhippu, joka tarvitaan jäissä etenemiseen, kuten myös turvata laivan ohjailtavuus pääkoneen rikkoutuessa.

Jotta ymmärtäisimme tarkemmin, kuinka tämä on mahdollista, joudumme hiukan käymään läpi propulsio- ja sähköjärjestelmiin liittyviä yleisiä komponentteja, sekä sitä kuinka ne toimivat.

2.2.1 Sähkömoottori sekä generaattori

Sähkömoottorikäyttö, eli lyhyemmin sähkökäyttö, on syöttöverkon ja prosessin välinen energiamuunnin, joka muuntaa verkon energiaa moottorin käyttämän työkonen avulla hyötytyöksi prosessiin. Eli selväsanaisesti: sähköä tuotetaan esimerkiksi dieselgeneraattorilla sähköverkkoon, josta tämä energia syötetään sähkömoottorille, jossa sähköenergia muuttuu pyörimisliikkeeksi. Sama periaate pätee generaattoreille, ainoan eron ollessa energian kulkusuunnassa: mekaanisen pyörimisliikkeen energia muuttuu sähköenergiaksi, joka johdetaan sähköverkkoon. Usein sähkömoottorit pysyvätkin toiminaan generaattoreina ja päinvastoin. (Niiranen 1999, 13).

Sähkömoottoreita itsessään on monia eri tyyppisiä. Suurin rajaviiva voidaan vetää tasavirta- ja vaihtovirtamoottoreiden väliin. Tasavirtamoottoreita ei juuri laivateknikassa sähköntuotannon kokoluokassa nykyään ole, joten keskityn vaihtovirtamoottoreihin.

2.2.2 Oikosulkumoottori

Yleisimpiä vaihtovirtamoottoreiden tyyppisiä ovat erilaiset kiertokenttäkoneet, joista tunnetuin on oikosulkukone, joka on yksinkertaisuutensa ja kestävyytensä johdosta teollisuuden yleisin sähkökonetyyppi. Oikosulkumoottoreita pystytään käyttämään myös generaattoreina, vaikkakin yleensä moottorityyppiä käytetään pelkästään moottorina. Oikosulkumoottori on läheistä sukua muuntajalle muun muassa siten, että suora yhteys staattorin ja roottorin väliltä puuttuu. Sähköenergia aiheuttaa induktiolla pyörimisliikkeen roottoriin. (Hietalahti 2012, 55)

Oikosulkumoottorin tärkeimmät osat ovat rautalevystä tehty staattori, jonka urissa kulkevat käämitykset, sekä staattorin sisällä pyörivä osa, roottori, jonka urat ovat myös käämitetyt. Yhdelle vaiheelle kuuluvaa staattorikäämityksen osaa kutsutaan käämiksi, joka muodostuu yhdestä tai useammasta vyyhdestä. (Hietalahti 2012, 55)

Näihin käämeihin vaihtovirtaa ohjattaessa vuoviivat magnetoivat roottorin aiheuttaen lähdejännitteen. Roottorin häkin ollessa oikosuljettu tai yhdistettynä ulkoiseen kuormitukseen syntyy roottorivirta, joka taasen luo ympärilleen oman magneettikentän. Staattorissa syntynyt magneettikenttä vetää perässään roottorissa syntynyttä magneettikenttää. (Hietalahti 2012, 56)

Mikäli oikosulkumoottoria haluaa käyttää generaattorina, on roottorille jotenkin luotava magneettikenttä ulkopuolisen energialähteen, esim. kondensaattorin avulla. Tällöin roottoria pyöritettäessä mekaaninen energia muuttuu sähköenergiaksi staattorin magneettikentän seurattessa roottorin magneettikenttää. Generaattorikäytössä roottorin täytyy pyöriä staattorin magneettikenttää nopeammin. (Aura & Tonteri 1996, 177)

Moottorikäytössä roottorin magneettikenttä pyörii hieman staattorin magneettikenttää hitaammin. Tätä pyörimisnopeuksien eroa kutsutaan jättämäksi. Mikäli magneettikentät pyörisivät täsmälleen samalla nopeudella, ei lähdejännitettä muodostuisi, eikä tästä johtuen magneettikenttien vetovoimien aiheuttamaa vääntömomenttia. Täydellä kuormalla jättämä on noin 2-5 %. (Hietalahti 2012, 56-57)

2.2.3 Tahtimoottori/generaattori

Tahtikone on tärkein generaattoreina käytetyistä sähkökoneista. Tahtikone toimii myös moottorina, mutta säädetty moottorikäyttö tulee kysymykseen lähinnä suurissa, yli 1 MW mekaanista tehoa tarvitsevilla kohteissa. Laivan propulsiokäyttö on hyvä esimerkki kyseisen suuruusluokan tehontarpeista. Tahtikoneita ohjataan sekä virta- ja jännitevälipiiritaajuusmuuttajilla, että syklokonvertereilla. Syklokonverteriohjaukset soveltuvat parhaiten hidasnopeuksiin kohteisiin, eivätkä ole kovin yleisiä. (Hietalahti 2012, 65)

Tahtikoneet jaotellaan roottorirakenteensa mukaan kahteen konetyyppiin: umpinapakoneisiin ja avonapakoneisiin. Näistä umpinapapyörää käytetään nopekäyntisissä kohteissa, kun taas avonapapyörää hidaskäyntisissä. Tahtikone muodostuu samoista komponenteista kuin oikosulkukone: kolmivaiheisesta staattorista sekä staattorin sisällä pyörivästä roottorista. (Aura & Tonteri 1996, 214)

Staattori on periaatteessa samanlainen oikosulkukoneen staattorin kanssa, mutta roottori poikkeaa siten, että häkkikämmityksen sijaan magnetointi hoidetaan ulkoisella tasasähkölähteellä. (Hietalahti 2012, 65)

Nimensä mukaisesti tahtikoneen staattorin ja roottorin magneettikentät pyörivät samassa tahdissa, eli moottorissa ei esiinny jättämää. (Aura & Tonteri 1996, 214)

Koneet voidaan lajitella myös magnetointimenetelmien mukaan harjallisiin ja harjattomiin. Harjallisessa tahtikoneessa tuodaan magnetoimisvirta hiiliharjojen ja messingistä tai teräksestä tehtyjen liukurenkaiden avulla pyörivään roottorikämmiin. Magnetointiteho otetaan joko ulkoisesta tasasähkölähteestä tai vaihtosähkölähteestä. Tasasähkölähteenä voi olla esim. erillinen magneettigeneraattori tai täysin erillinen tasasähkölähte. Magnetoinnin säätö tapahtuu magnetoimisvirtaa säätämällä. Mikäli magnetointi tehdään vaihtosähkölähteellä, tarvitaan erillinen säätäjä, joka säätää ja tasasuuntaa magnetointivirran sopivaan arvoon. (Aura & Tonteri 1996, 217–219)

Harjattomassa tahtikoneessa tarvitaan erillinen vaihtosähkögeneraattori magnetointikoneeksi. Harjattomassa ulkonapakoneessa magneettinavat ovat staattorissa, ja käämitys, johon lähdejännite indusoituu on roottorissa. Magnetointigeneraattorin kehittämä kolmivaiheinen vaihtojännite tasasuunnataan tasajännitteeksi, joka vaikuttaa pääkoneen, eli itse generaattorin napa- eli magneetomiskäämiin tuottaen siihen magneetomisvirran. Magnetoinnin säätö tapahtuu tässäkin tapauksessa magnetointivirtaa säätämällä. (Aura & Tonteri 1996, 217–219)

Generaattorikäytössä tahtikone muuttaa sille syötetyn mekaanisen tehon sähkötehoksi, jonka se luovuttaa sähköverkkoon. Dieselmootoreiden pyörittämien tahtigeneraattoreiden pyörimisnopeudet ovat 500...1500 r/min. (Aura & Tonteri 1996, 214)

Akseligeneraattorikäytössä generaattori on yleensä alennusvaihteiston yhteydessä. Tahtigeneraattorin käyttäminen moottorina edellyttää ylimagnetointia. Tällöin mekaaninen vääntömomentti muuttuu jarruttavaksi. Tämän johdosta koneen sähkömotorinen jännite jää jälkeen sähköverkon jännitteestä. Tämä aiheuttaa negatiivisen tehokulman.

Yksinkertaistettuna tehokulma kuvaa esimerkiksi generaattorikäytössä sitä, tarvitseeko tehoa tuottaa lisää. Mikäli tehokulma on 0° , on tehon tarve tyydytetty, mutta mikäli tehokulma on esimerkiksi 50° , tarvitsee tehoa tuottaa sen verran lisää, että tehokulma palaa nolnaan. Yli 90° tehokulmat ovat epästabiileja. Tästä voidaan päätellä negatiivisen tehokulman tarkoittavan sitä, että järjestelmä ottaa sähköverkosta tehoa, joka pitää moottorin pyörimisliikettä yllä. (Aura & Tonteri 1996, 238)

3 TAAJUUSMUUTTAJAT

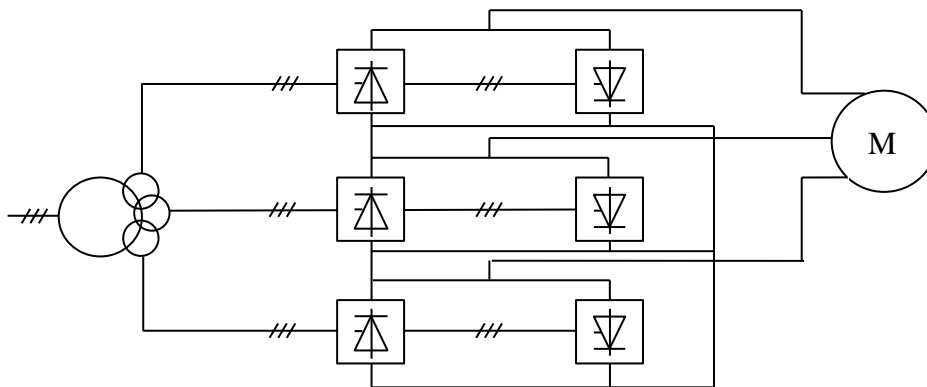
Taajuusmuuttajia on olemassa kahta päätyyppiä: välipiirilliset taajuusmuuttajat ja suorat taajuusmuuttajat. Välipiirimuuttajissa vaihtosähkö muutetaan ensin tasasähköksi, josta taas halutun taajuiseksi vaihtosähköksi. Suorissa taajuusmuuttajissa syöttöverkon vaihtosähkö pilkotaan puolijohdekytkimillä suoraan halutun taajuiseksi ja jännitteiseksi vaihtosähköksi. (Niiranen 1999, 48) Aluksi kerron enemmän suorista taajuusmuuttajista.

3.1 Suorat taajuusmuuttajat

Suoria taajuusmuuttajia ovat syklokonvertterit sekä matriisitaajuusmuuttajat. Molemmille on yhteistä se, etteivät ne tarvitse erillistä tasasuuntauspiiriä, vaan niillä voidaan muuttaa syötettyä vaihtojännitettä suoraan eritaajuukseksi vaihtojännitteeksi. (Hietalahti 2011, 96) Näistä ainoastaan syklokonvertteri on kaupallisesti hyödynnetty matriisimuuttajien erinäisten ongelmien vuoksi, (Niiranen 1999, 51) joten keskitymme pelkästään syklokonvertteriin.

Perinteisin välipiiritön taajuudenmuuttaja on tyristorisilloista koostuva syklokonvertteri. Syklokonvertterit soveltuvat hyvin hitaisiin käyttökohteisiin, kuten laivan propulsiokäyttö. Tämä johtuu siitä, että syklokonvertterin lähtötaajuus on yleensä korkeintaan puolet syöttötaajuudesta. (Hietalahti 2011, 97)

Syklokonvertteri koostuu kolmesta vastarinnankytketystä tyristorisillasta, joita kutakin syötetään omasta muuntajan kolmivaiheisesta toisiosta. Kuvassa 1 on perinteinen syklokonvertteri.



Kuva 1. Syklokonvertteri.

On mahdollista rakentaa syklokonvertteri ilman muuntajaa, mutta tällöin moottorin käämien on oikosulun estämiseksi oltava erillisiä. Koneella ja syklokonvertterilla ei tällöin saa olla tähtipistettä. (Niiranen 1999, 52)

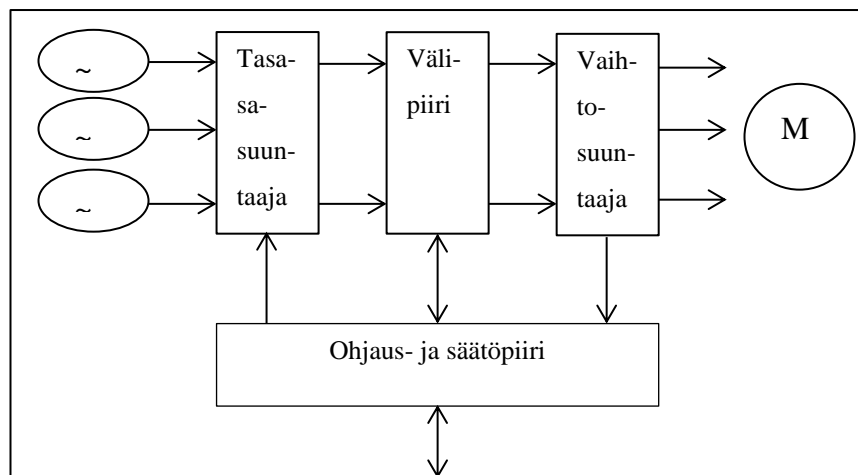
Tyristorisiltojen käytöllä on etuja ja haittoja. Tyristorisilloilla ei välttämättä tarvita verkkoon suodatinta, eikä tyristorisilloilla ole normaalia enempää ongelmia jännite- ja virtapiikkien suhteen. Tyristorisiltojen käyttö vaihtosähkön tuotannossa edellyttää kuitenkin ohjauskulman nopeaa edestakaista muuttamista ja sillan vaihtoa kaksi kertaa lähtöjännitteen jakson aikana jokaisessa moottorin vaiheessa. Tästä johtuen lähtötaajuuden kasvaessa jännitteen käyrämuoto poikkeaa yhä enemmän sinimuodosta. Käytännössä maksimilähtötaajuus jää siis hieman alle puoleen syöttöverkon taajuudesta.

Säätöteknisesti syklokonvertteri on varsin hyvä dynamiikaltaan, varsinkin pienillä lähtötaajuuksilla. Tästä seuraa tasainen vääntömomentti. (Niiranen 1999, 52)

Toimivasta tekniikasta huolimatta syklokonvertterikäytöt ovat vähemmistössä, eikä uusia aluksien voimansiirtoja tietojeni mukaan juurikaan rakenneta kyseistä tekniikkaa hyödyntäen.

3.2 Välipiirilliset taajuusmuuttajat

Yleisimpiä taajuusmuuttajia ovat välipiirilliset taajuusmuuttajat. Ne koostuvat neljästä pääosasta: Tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta sekä ohjaus- ja säätöpiiristä. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 11) Kuvassa 2 välipiirillisen taajuusmuuttajan pääperiaate.



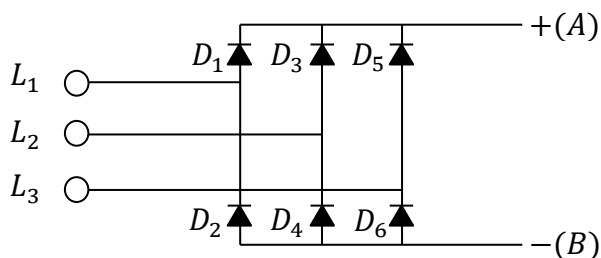
Kuva 2. Välipiirillisen taajuusmuuttajan periaate.

3.3 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaaja muuttaa syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Tasasuuntaajia on kahta päätyyppiä: ohjattu ja ohjaamaton. Tasasuuntaajassa on joko diodit, tyristorit tai näiden yhdistelmä. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 11–13)

3.3.1 Ohjaamaton tasasuuntaaja

Tasasuuntaajaa, jossa on vain diodit kutsutaan ohjaamattomaksi. Ohjaamattomassa tasasuuntaajassa on kuusi diodia, jotka sallivat virrankulun vain yhteen suuntaan, anodista katodiin. Virranvoimakkuutta ei voida ohjata, kuten muissa puolijohdetyypeissä. Vaihtojännite vuorottelee positiivisesta negatiiviseen virran kulkusuunnan ollessa eri positiivisella ja negatiivisella puolella. Diodi leikkaa toisen kulkusuunnan pois, joten jäljelle jää pelkästään sykkivää tasajännitettä. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 13) Kuvassa 3 on ohjaamaton tasasuuntaaja.



Kuva 3. Ohjaamaton tasasuuntaaja.

Piirroksessa näkyy ohjaamattoman kolmivaiheisen tasasuuntaajan kaksi diodiryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä ovat diodit D_1 , D_3 ja D_5 , sekä toisessa ryhmässä D_2 , D_4 ja D_6 . Kukin diodi johtaa vuorollaan $\frac{1}{3} \times T$ (120°). Diodiryhmät johtavat vuorollaan aikaeron ollessa $\frac{1}{6} \times T$ (60°).

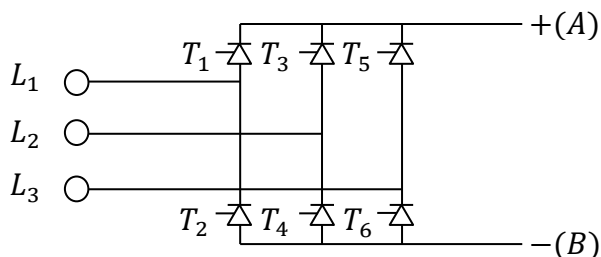
Parittomiksi numeroidut diodit päästävät positiivisimman jännitteen. Mikäli L_1 :n jännite on positiivisin, navassa A on sama jännite kuin L_1 :ssä. Kahden muun diodin kohdalla ovat estojännitteet. Parillisesti numeroidussa diodiryhmässä navassa B on vaiheiden negatiivisin jännite. Kun vaiheessa L_3 on negatiivisin jännite, diodi D_6 johtaa sähköä. Kahdessa muussa on estojännitteet.

Ulostulojännite on kahden diodiryhmän jännitteiden erotus. Sykkivän tasajännitteen keskiarvo on $1,35 \times$ verkkojännite. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 14)

3.3.2 Ohjattu kokoaaltosuuntaaja

Ohjatussa kokoaaltosuuntaajassa on diodien asemasta tyristorit. Diodien tavoin tyristorit päästävät virran vain yhteen suuntaan, anodista katodiin. Diodista poiketen tyristori johtaa virtaa vain, mikäli tyristorin kolmanteen napaan, eli ”hilaan” tulee sytytysviesti. Tyristori johtaa, kunnes virta laskee nolnaan. Viesti itsessään ei voi katkaista virtaa. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 15)

Tyristorin ohjausviestin tunnus on α . Se on aikaviive ilmoitettuna asteina, eli se kertoo tarvittavan astemäärän siihen hetkeen, jossa tyristori muuttuu johtavaksi. α :n ollessa $0^\circ \dots 90^\circ$, tyristorikytkentää käytetään tasasuuntaajana. Kun α on $90^\circ \dots 300^\circ$, kytkentää käytetään vaihtosuuntaajana. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 15) Kuvassa 4 ohjattu kokoaaltosuuntaaja.



Kuva 4. Ohjattu kokoaaltosuuntaaja.

Ohjatussa kolmivaiheissa kokoaaltotasasuuntaajassa on kaksi tyristoriryhmää: T_1, T_3, T_5 sekä T_2, T_4, T_6 . Kulma α lasketaan kohdasta, jossa ohjaamattoman tasasuuntaajan vastaava diodi muuttuu johtavaksi, eli 30° jännitteen nollakohdan jälkeen.

Tasasuunnattua jännitettä voidaan vaihdella muuttamalla kulmaa α . Tuotetun tasajännitteen keskiarvo on $1,35 \times$ syöttöjännite $\times \cos \alpha$.

Ohjattu tasasuuntaaja aiheuttaa syöttöverkkoon häiriöitä ja häviöitä. Tämä johtuu siitä, että tasasuuntaaja ottaa suuren loisivirran tyristoreiden ollessa johtavina lyhyin

aikavälein. Tästä johtuen tyristoreja käytetään pääasiassa vaihtosuuntaajassa. Ohjatun tasasuuntaajan etuna on, että välipiiriin syötetty jarrutusenergia voidaan siirtää takaisin verkkoon. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 15)

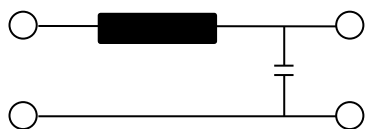
3.4 Välipiiri

Välipiiriä voidaan pitää varastona, josta moottori saa energiansa vaihtosuuntaajan välityksellä. Välipiiri voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla riippuen tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan tyypistä.



Kuva 5. Muuttava tasavirtavälipiiri.

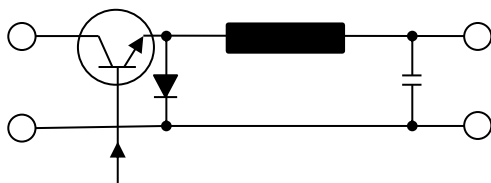
Kuvan 5 mukaisessa välipiirissä on erittäin suuri käämi, joka on yhdistetty vain ohjattuun tasasuuntaajaan. Käämi muuttaa tasasuuntaajan tuottaman muuttuvan jännitteen muuttuvaksi tasavirraksi. Moottorinjännite määräytyy kuorman mukaan. Tämän välipiirin etu on jarrutustehon takaisin johtaminen syöttöverkkoon ilman lisälaitteita. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 16).



Kuva 6. Vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri.

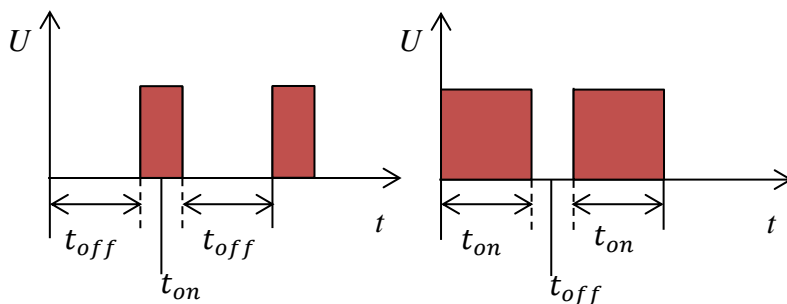
Kuvassa on 6 vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri. Tällaisessa välipiirissä voi olla myös käämin ja kondensaattorin muodostama suodatin. Tämä välipiiri toimii ohjaamattoman ja ohjatun tasasuuntaajan kanssa. Suodatin tasaa sykkivän tasasuuntaajasta tulevan tasajännitteen. Ohjatun tasasuuntaajan tapauksessa jännite pysyy vakiona, mikäli taajuus ei muutu. Vaihtosuuntaajaan ohjattu jännite on tällöin amplitudiltaan vaihteleva tasoitettu tasajännite. Mikäli tasasuuntaaja on ohjaamaton, on vaih-

tosuuntaajan sisäänmeno-jännite amplitudiltaan vakio tasajännite. Virran suuruus määräytyy kuormituksesta. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 17).



Kuva 7. Muuttuvajännitteinen välipiiri.

Kuvan 7 muuttuvajännitteisessä välipiirissä sijoitetaan hakkuri suodattimen eteen. Hakkurina toimii transistori, joka katkoo tasasuuntaista jännitettä päälle ja pois. Ohjauspiiri mittaa jännitettä suodattimen jälkeen verraten sitä tuloviestiin. Jos ne poikkeavat toisistaan johtavan ja estävän ajan suhdetta säädetään. Näin tasajännite muuttuu, ja U_v on seurausta transistorin aukioloajasta. $U_v = U \times \frac{t_{on}}{t_{on} - t_{off}}$. Hakkurin katkaistessa virran, suodatinkäämi nostaa transistorin jännitteen erittäin suureksi. Tämän estämiseksi hakkurin jälkeen on ohitusdiodi. Suodatin tasoittaa hakkurin suorakaidejännitettä ja käänin kanssa se pitää jännitteen vakiona tietyllä taajuudella. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 17) Kuvassa 8 havainnollistus ajan säättämisestä.



Kuva 8. Hakkuritransistorin aikasäätö.

3.5 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajassa tapahtuu lähtöjännitteen sopeuttaminen. Välipiiristä vaihtosuuntaajalle syötetään joko muuttuvaa tasavirtaa, muuttuvaa tasajännitettä tai vakiotasajännitettä.

Vaihtosuuntaaja huolehtii siitä, että moottorille syötetään ainoastaan vaihtovirtaa, eli vaihtosuuntaajan on tuotettava moottorijännitteelle taajuus. Mikäli vaihtosuuntaaja saa muuttuvaa virtaa tai jännitettä, sen tarvitsee vaikuttaa vain taajuuteen. Mikäli jännite on vakio, on vaihtosuuntaajan ohjattava jännitteen taajuutta ja amplitudia. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 18)

Toiminnaltaan vaihtosuuntaajat poikkeavat toisistaan, vaikka ne periaatteessa onkin tehty samalla tavalla, pääkomponenttien ollessa ohjattuja puolijohdeita.

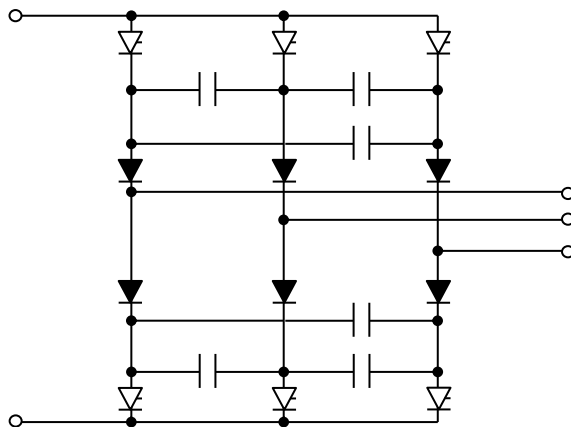
Nykyään transistorit ovat vaihtosuuntaajien tärkeimpiä puolijohdekomponentteja entisten tyristorien sijaan. Niiden etuna on mahdollisuus siirtyä estotilaan milloin tahansa, kun taas tyristorit vaihtavat tilaa vasta jännitteen käydessä nollassa. Tämä suurentaa huomattavasti vaihtosuuntaajan kytkentätaajuutta. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 18)

Puolijohdeiden toiminnan kytketymiseen tarvittavia viestejä voidaan ohjata eri periaatteilla. Ensimmäisessä vaihtosuuntaajalle syötetään joko muuttuvaa välipiirin virtaa. Toisessa syötetään joko muuttuvaa tai vakiona pysyvää välipiirin jännitettä. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 19)

3.5.1 Vaihtosuuntaaja muuttuvalla välipiirin virralla

Tämän tyylinen vaihtosuuntaaja sisältää yksinkertaistettuna kuusi diodia, kuusi tyristoria ja kuusi kondensaattoria. Kondensaattorien on tuotettava energia tyristorien sammuttamiseen, joten niiden koko on sovitettava moottorin kokoon.

Kondensaattorien ansiosta tyristorien on mahdollista kytkeytyä siten, että tasavirta kulkee 120 asteen vaihesiirrossa vaihekäämeihin. Moottorin napoja merkitään kirjaimilla U, V ja W. Kun näihin napoihin ohjataan virta jaksottaisesti järjestyksessä U-V, V-W, W-U ja U-W saadaan moottorin staattorissa aikaan pyörivä kenttä halutulla taajuudella. Syntyvät virrat ovat suorakaiteen muotoista ”kanttiaaltoa”, mutta jännite on pääosin sinimuotoista, mikäli kytkettäessä tapahtuvia jännitepiikkejä ei huomioida. Diodit eristävät kondensaattorit moottorin kuormituksesta. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 19) Kuvassa 9 vaihtosuuntaaja muuttuvalla välipiirin virralla.



Kuva 9. Vaihtosuuntaaja muuttuvalla välipiirin virralla.

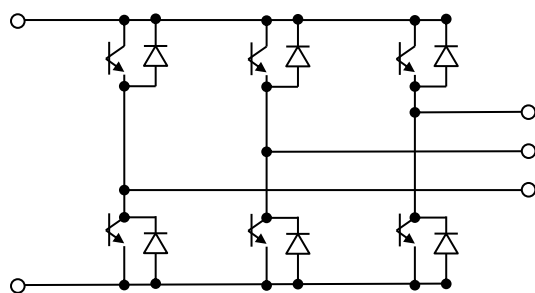
3.5.2 Vaihtosuuntaaja muuttuvalle tai vakiona pysyvälle välipiirin jännitteelle

Tällainen vaihtosuuntaaja koostuu kuudesta tyristorista tai transistorista. Molempien toimintaperiaate on samanlainen. Ohjauspiiri kytkee puolijohteet eri periaatteilla päälle ja pois, muuttaen siten taajuusmuuttajan lähtötaajuutta.

KytKentäperiaatetyyppi voi esimerkiksi toimia välipiirin muuttuvalla jännitteellä tai virralla. Tällöin yksittäisten puolijohteiden johtavat ja estävät jaksot muodostavat toistuvan kaavion. Eniten käytettyjä ovat 6 tai 18 pulssin kaaviot.

Kyseistä kytKentäkaaviota ohjataan välipiirin muuttuvan jännitteen tai virran mukaan. Jänniteohjatulla oskillaattorilla saatetaan taajuus seuraamaan jännitteen amplitudia. Tätä vaihtosuuntaajan ohjaustapaa nimitetään pulssiamplitudimoduloinniksi. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 20)

Toinen kytKentäperiaate soveltaa kiinteää välipiirin jännitettä. Tällöin moottorin jännitettä vaihdellaan johtamalla käämityksiin välipiirin jännite eripituisina jaksoina. Jännitepulsit ovat positiivisia ensimmäisen ja negatiivisia toisen puolijakson ajan. Tällaista jännitepulsin leveyden säätämistä kutsutaan pulssinleveysmoduloinniksi. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 21) Kuvassa 10 vaihtosuuntaaja muuttuvalle tai vakiolle välipiirin jännitteelle.



Kuva 10. Vaihtosuuntaaja muuttuvalle tai vakiona pysyvälle välipiirin jännitteelle.

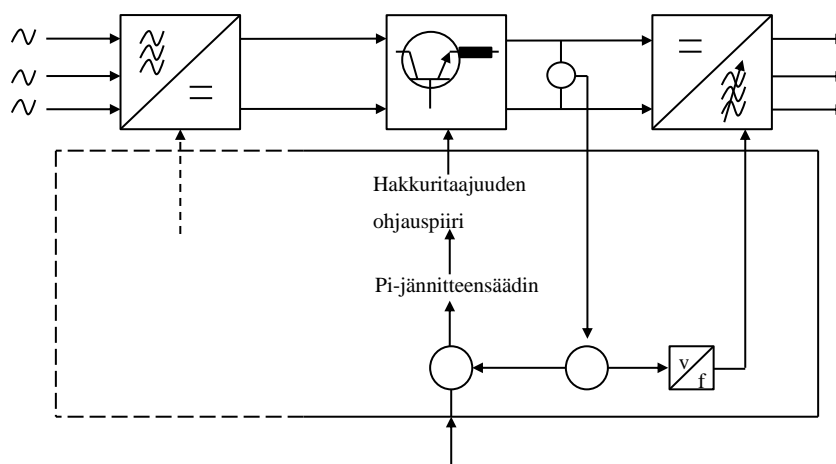
3.6 Ohjauspiiri

Ohjauspiirillä on kaksi tehtävää: Taajuusmuuttajan puolijohteiden ohjaaminen, siihen lähetettävien viestien vastaanottaminen ja mahdollinen edelleenlähettäminen. Näitä viestejä voi antaa joko käyttäjä tai PLC-ohjaus. PLC-ohjaus tarkoittaa ohjelmoitavaa logiikkaa, ollen englanniksi programmable logic controller.

Taajuusmuuttajan mikroprosessori laskee optimaalisimman pulssikuvion moottorille. Ohjauspiiri ohjaa täten esimerkiksi hakkuria sekä vaihtosuuntaajaa välipiirin jännitteen hetkellisarvon perusteella.

Välipiirin jännite ohjaa datamuistin osoitelaskurina toimivaa piiriä, joka sisältää vaihtosuuntaajan puolijohteiden lähtösekvenssin. Jännitteen noustessa tapahtuu laskeminen nopeammin. Tämä nopeuttaa sekvenssiä ja lähtötaajuus kasvaa. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 31)

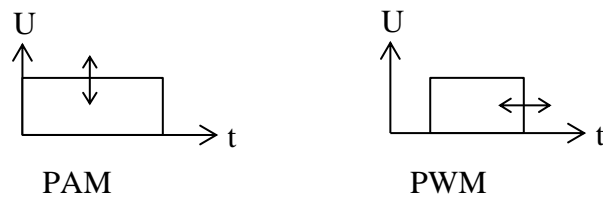
Hakkuriohjausta varten välipiirin jännitettä verrataan esiasetettuun ohjearvoviestiin. Ohjearvoviesti on jänniteviesti, jonka oletetaan tuottavan oikean lähtöjännitteen ja -taajuuden. Mikäli ohjearvoviesti poikkeaa välipiirin viestistä, lähettää PI-säädin piiriin viestin hakkuritaajuuden muuttamiseksi. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 32) Kuvassa 11 hakkuriohjatun välipiirin periaate.



Kuva 11. Hakkuriohjatun välipiirin periaate

3.7 PAM ja PWM

Kuten aiemmin mainitsin, taajuusmuuttajaa voidaan ohjata joko amplitudia moduloimalla (PAM), tai vaihtoehtoisesti jännitepulssin leveyttä moduloimalla (PWM). Seuraavalla kuvalla 12 havainnollistan molempien tapojen periaatteen. (Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt 1997, 21)



Kuva 12. Amplitudin ja leveyden modulointi

Näillä perustiedoilla sähkömoottoreista, sekä taajuusmuuttajista, on akseligenaattorin hybridikäytön ymmärtäminen helpompaa. Tiedot ovat hyödyllisiä myös siksi, että vaikka tulevaisuudessa ei koskaan olisikaan tekemisissä akseligenaattorin hybridikäytön kanssa, tulee jokaiselle merenkulun parissa työskentelevälle varmasti jossain vaiheessa elämäänsä jokin sähkömoottoreihin tai taajuusmuuttajiin liittyvä ongelma vastaan. Tällöin on hyvä tietää edes hieman teoriaa, jotta osaisi edes arvioida, mistä mahdollinen ongelma johtuu.

4 AKSELIGENERAATTORIN HYBRIDIKÄYTTÖ

Akseligeneraattorin hybridikäytön tarkoituksena on yhdistää edellä mainittujen laitteiden sekä järjestelmien ominaisuuksia siten, että lopputuloksena olisi mahdollisimman joustava, tapauskohtaisesti suunniteltu kokonaisuus.

Akseligeneraattorin hybridikäytön pääperiaatteena on saada aikaan mahdollisimman optimaalinen potkurin käyttö, sekä polttoaineen kulutus. (Rolls Royce Brochure 2014)

Akseligeneraattorin hybridikäytöllä parannetaan myös aluksen turvallisuutta. Esimerkiksi mikäli propulsiosta vastaava pääkone yllättäen hajoaa ja aluksen ohjailtavuus menetetään, on mahdollista kytkeä dieselgeneraattorit tuottamaan sähköä, jolla sitten käytetään akseligeneraattoria moottorina. Näin palautetaan suuri osa ohjailtavuudesta ja alus voidaan ohjata lähimpään satamaan tai pitää hallinnassa niin kauan, että vika ehditään korjata. (Wärtsilä e-SG 2014)

Akseligeneraattorin hybridikäyttöä on ainakin muutamalla valmistajalla. Rolls Roycen valmistama tunnetaan nimellä Hybrid Shaft Generator (HSG), sekä Wärtsilän oma on tuotenimeltään Shaft Generator Inverter Solutions (e-SG). Nimien erilaisuudesta huolimatta molemmat järjestelmät ovat hyvin pitkälti samanlaisia ja mahdollistavat useimmat samat toiminnot.

Jäljempänä käsittelen enemmän Rolls Roycen tuotetta, koska heillä oli tarjota enemmän materiaalia. Suurin osa kerrotusta on kuitenkin yleispätevää tietoa. Esimerkiksi järjestelmän eri käyttötilat ovat Rolls Roycen termejä, mutta vastaavat käyttötilat löytyvät hyvin pitkälti Wärtsilänkin tuotteesta ja mikäli näin ei ole, mainitsen asiasta.

4.1 Potkurin optimaalinen käyttö

Mekaanisessa propulsiossa tehoa säädetään muutamalla eri tavalla. Voidaan muuttaa potkurin pyörimisnopeutta, potkurin lapakulmaa tai molempia yhdessä. Mikäli halutaan käyttää akseligenaattoria, on potkurin pyörimisnopeuden muuttaminen mahdollonta. Generaattori on mitoitettu siten, että se tuottaa 50 Hz päätauluun sitä pyörittävän moottorin optimaalisimmalla pyörimisnopeudella.

Perinteisillä menetelmillä akseligenaattoria käytettäessä ei potkurin pyörimisnopeuteen ja täten laivan kulkunopeuteen siis voi vaikuttaa. Tällöin hitaampaa kulkunopeutta varten on säädettävä potkurin lapakulmaa. Tällöin taasen ilmenee uusia ongelmia: moottori pyörii turhaan liian suurilla kierroksilla sekä vajaakuormituksella.

Akseligenaattorin hybridikäytöllä voidaan poistaa ongelma liian suuren pyörimisnopeuden sekä vajaakuormituksen suhteen. Tämä onnistuu siten, että asennettava hybridikäytön mahdollistava yksikkö vertaa sille syötetyn vaihtosähkön jännitettä, taajuutta sekä vaihetta sähköverkon vastaaviin. Tämän jälkeen yksikkö säätelee lähtöarvot siten, että päätauluun syötetään sähköverkon vaatimuksia vastaavaa sähköä. (Rolls Royce Brochure 2014)

Rolls Roycen omassa esimerkkilaskussa 6500 kW:n maksimitehon tarjoavan säätölapapotkurin pyörittäminen nollakulmalla, nopeudella 145 kierrosta minuutissa, vaatii 900 kilowattia tehoa. Mikäli aluksessa olisi HSG, voitaisiin kierrokset pudottaa tyhjäkäynnille sähköntuottoa vaarantamatta ja pyörittämiseen tarvittava energia tip-puisi 800 kilowattia. Rolls Roycen laskujen mukaan tällä säästettäisiin vuorokaudessa 4000 litraa polttoainetta.

Toisessa Rolls Roycen esimerkissä oletetaan saman aluksen kulkevan 14:n solmun nopeudella. Tällöin potkuri pyörii 145 kierrosta minuutissa tehon tarpeen ollessa noin 1900 kW. Mikäli lapakulmaa nostettaisiin ja potkurin pyörimisnopeutta lasket-taisiin 95 kierrokseen minuutissa, olisi tehon tarve enää noin 1500 kW. Tehoa tarvit-

taisiin siis 400 kilowattia vähemmän, mikä taas tarkoittaisi Rolls Roycen laskujen mukaan noin 2000 litran päivittäisiä polttoainesäästöjä.

(Rolls Royce Brochure 2014)

Akseligeneraattorin hybridikäyttö lisää myös propulsio- ja sähköntuotannon joustavuutta. Laitteeseen on esiohjelmoitu eri tilanteisiin soveltuvia ohjelmia, joista löytyy useimpiin tilanteisiin sopiva ratkaisu. Seuraavaksi esimerkkejä Rolls Roycen HSG:stä:

4.2 Käyttötilat

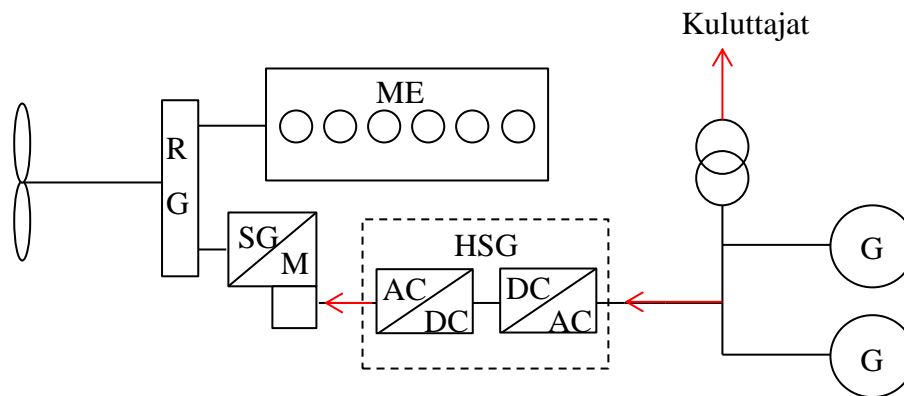
Boost mode valitaan, kun tarvitaan maksimaalista tehoa. Tällöin akseligeneraattori toimii moottorina, jolle dieselgeneraattoreiden tehosta suurin osa ohjataan.

(Rolls Royce Brochure 2014)

Tällöin saavutetaan yhtä yksikköä käytettäessä maksimissaan 3000 kW:n tehonlisäys, mikäli vain dieselgeneraattoreissa riittää kapasiteetti.

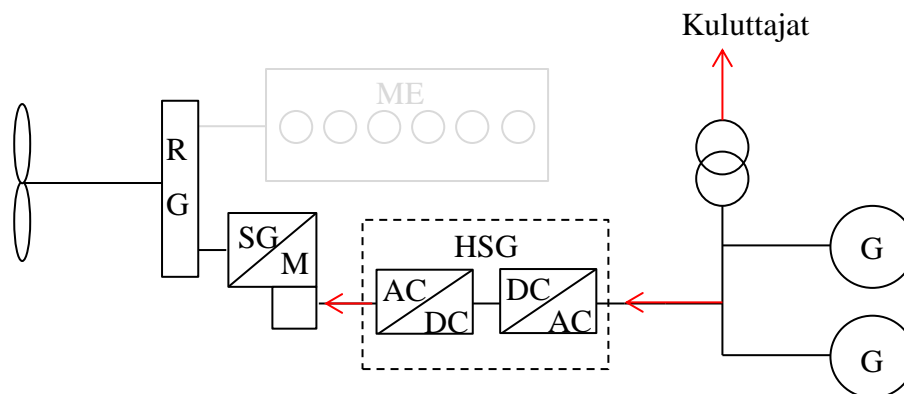
(Rolls Royce Fact Sheet 2014)

Valitettavasti Wärtsilän materiaalista ei selvinnyt kykeneekö heidän järjestelmänsä toimimaan vastaavassa käyttötilassa. He mainitsevat ainoastaan järjestelmän kykenevän toimimaan diesel-sähköisenä PTI-käyttötilassa, päätarkoituksenaan hätäkäyttö, eli ”take me home”-käyttö. Tätä myös puoltaa valmistajan lupaama huomattavasti HSG:tä matalampi maksimiteho, tehon jäädessä 1610 kilowattiin malliston yläpäässä. (Wärtsilä e-SG 2014) Kuvassa 13 Rolls Roycen boost moden kaavio.



Kuva 13. HSG-järjestelmä boost modessa.

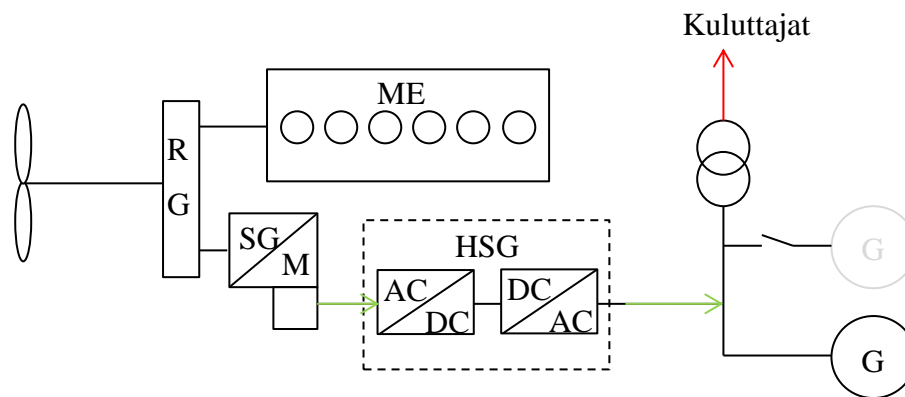
Diesel electric mode on käyttökelpoinen mm. satamassa oltaessa. Dieselgeneraattorit tuottavat sähköä normaalisti pääkoneen ollessa sammutettuna. Silti heti tarpeen vaatiessa on saatavilla propulsio akseligenaattorin toimiessa moottorina. Hyödyllinen varsinkin yllättävissä tilanteissa, joissa muuten tulisi kiire käynnistää pääkone. Ilmeisesti mahdollinen käyttötila myös Wärtsilän järjestelmällä. (Rolls Royce Brochure 2014) Kuvassa 14 diesel electric mode.



Kuva 14. HSG diesel electric modessa.

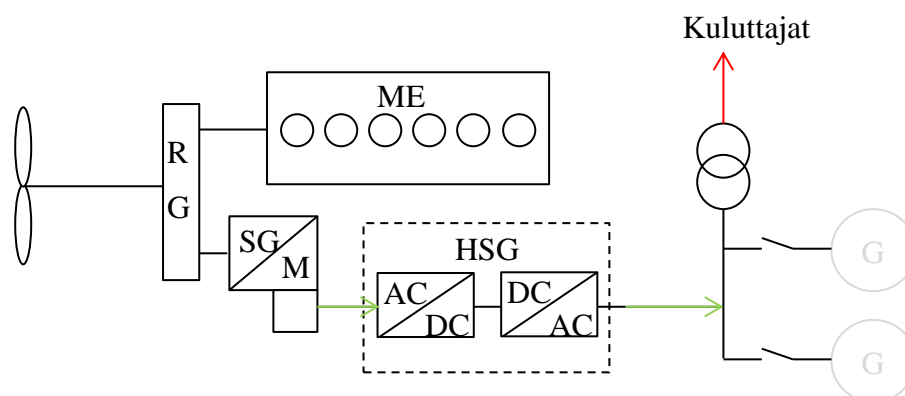
Parallel modessa, kuten nimestäkin voi päätellä, akseligenaattori tuottaa sähköä verkkoon dieselgeneraattorin kanssa rinnakkain. Tämä mahdollistaa yhden tai useamman dieselgeneraattorin sammuttamisen akseligenaattorin tuottaessa sähkön rinnakkain jäljelle jääneiden dieselgeneraattoreiden kanssa. Pääkonetta ei tarvitse ajaa vakiokierroksilla, vaan kierrokset voidaan valita mahdollisimman optimaaliseksi

HSG:n pitäessä taajuuden haluttuna. Mahdollista myös Wärtsilän e-SG:llä. (Rolls Royce Brochure 2014) Kuvassa 15 parallel mode.



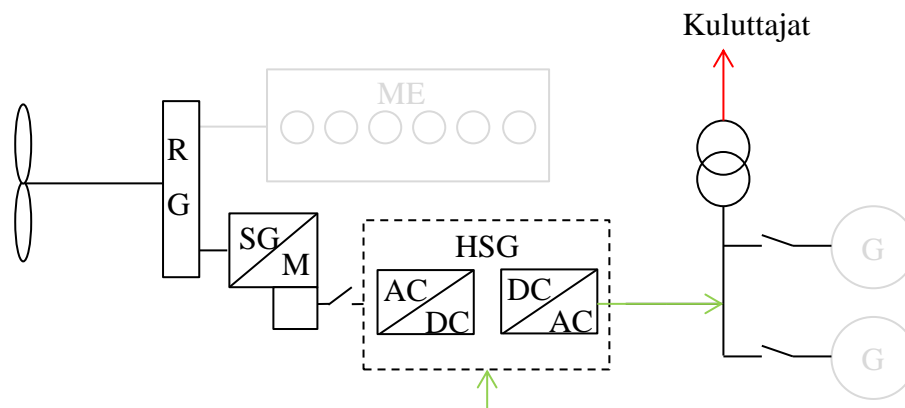
Kuva 15. Parallel moden toiminta.

Transit modessa dieselgeneraattoreita ei käytetä lainkaan, vaan kaikki sähkö tuotetaan akseligenaattorin avulla. Pääkoneen ei tarvitse käydä tasaisilla kierroksilla, vaan kierrokset voidaan pitää mahdollisimman optimaalisina HSG:n pitäessä taajuuden haluttuna. Mahdollista myös Wärtsilän järjestelmällä. (Rolls Royce Brochure 2014) Kuvassa 16 transit mode.



Kuva 16. Transit moden toiminta.

Shore connection modessa maista tuleva syöttö tapahtuu HSG:n kautta. Kytkeminen maistasyötön ja laivan oman energiantuotannon välillä on helppoa. (Rolls Royce Brochure 2014) Kuvassa 17 shore connection mode.



Kuva 17. Shore connection mode.

Itse HSG-yksikön sisällöstä en juuri saanut tarkempaa tietoa. Rolls Roycen lähettämät materiaalit olivat kutakuinkin muutamaa kuvaa lukuun ottamatta samoja, mitä he jakavat julkisesti internet sivuillaan eivätkä he vastaa tiedusteluihini. Wärtsilän e-SG-yksiköstä minulla on vielä vähemmän tietoa. Yritykset ilmeisesti suojelevat keksintöjään, eivätkä halua luovuttaa tietoa ulkopuolisille ilmeisesti kopioinnin pelossa.

Laitteiden toiminnankuvauksia lukemalla ja tutkimalla sitä, mitä ne mahdollistavat, olen kuitenkin päätenyt siihen, että HSG sekä e-SG-yksiköt eivät loppupeleissä ole tavallisia taajuusmuuttajia ihmeellisempiä laitteita. Salaisuus ilmeisesti piilee siinä, kuinka valmistajat yksikkönsä integroivat järjestelmien osiksi.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä tehdessäni huomasin kuinka aiheeseen kuin aiheeseen on mahdollista perehtyä yhä syvemmin. Esimerkiksi taajuusmuuttajista olisin voinut kertoa vielä vaikka kuinka paljon. Ennen tätä kirjoittamisprosessia en ollut juuri miettinyt mitä siellä valmistajan logolla varustetun laatikon sisällä tapahtuu. Tätä opinnäytetyötä varten jouduinkin selailemaan eri alojen oppikirjoja, jotta tajuaisin laitteiden sekä järjestelmien, joista kirjoitan, teoriaa.

Nykypäivän konemestareiden tulisi olla jonkinasteisia yleisneroja, jotta he voisivat tajuta edes osaa laivan monista ja monimutkaisista järjestelmistä. Itsekin onnistuin raapaisemaan vasta pintaa, mitä laitteiden toiminnan takana olevaan teoriaan tulee. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli, ja toivon mukaan se onnistuikin hieman avaamaan erilaisten järjestelmien toimintaa pintaa syvemmältä sekä tuomaan tutuksi yhden uuden varteenotettavan innovaation, akseligenaattorin hybridikäytön.

Akseligenaattorin hybridikäyttö itsessään on vain omanlaisensa fiksu variaatio jo olemassa olevasta teknologiasta: sähkömoottorit eivät ole muuttuneet, generaattorit ovat pysyneet samoina sekä taajuusmuuttajat tekevät sitä samaa, mihin ne on suunniteltukin. Akseligenaattorin hybridikäytön tehtävänä on yhdistää nämä järjestelmät joustavaksi kokonaisuudeksi. Tästä johtuen kirjoitin opinnäytetyöni niin, että ensin avasin kokonaisuuteen liittyvien osasten toimintaperiaatteen ennen kuin katsoimme isoa kuvaa.

Kirjoittaessa minut yllätti myös se kuinka salamyhkäisiä yritykset ovat tuotteistaan. Wärtsilältä kukaan ei koskaan vastannut kyselyihini ja Rolls Roycelta minulle lähetettiin tyhjänpäiväistä tietoa, pääosin samaa aineistoa, jota he tarjoavat internet-sivuillaan. Jatkossa, kun koetin saada heiltä lisää materiaalia, kyselyni ohjattiin aina jollekin toiselle eikä vastausta lopulta tullut koskaan. He eivät myöskään ilmoittaneet yhtään alusta, johon järjestelmä olisi jo asennettu. Tästä johtuen esimerkiksi kaikki ilmoitetut laskut ovat pelkästään heidän laskemiaan, josta johtuen luvut voivat olla hyvinkin kaunisteltuja.

Kaiken kaikkiaan materiaalin vähyydestä huolimatta uskon onnistuneeni luomaan hyvän infopakettin, joka mahdollistaa eri laitteiden, sekä järjestelmien hieman paremman tuntemisen, että ymmärtämisen. Uskon myös tämän opinnäytetyön mahdollisesti innostavan perehtymään kiinnostaviin asioihin syvemmin, esimerkiksi alan oppikirjojen avulla.

Kuten johdannossa sanoin, jatkuvasti on kehitettävä uusia tekniikoita polttoainekulujen ja päästöjen pienentämiseksi, sekä turvallisuuden lisäämiseksi. Helpoiten tämä onnistuu puristamalla nykyisestä teknologiasta löysät pois, mikä on mahdollista vain tuntemalla kyseinen teknologia.

LÄHTEET

Aura, L & Tonteri, A. J. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Porvoo: WSOY.

Hietalahti, L. 2012. Säädetyt sähkömoottorikäytöt. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Hietalahti, L. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Niiranen, J. 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Oy Yliopistokustannus/Otatieto.

Rolls Royce. 2014. Brochure. Viitattu 8.4.2014. http://www.rolls-royce.com/Images/hsg_brochure_tcm92-26884.pdf

Rolls Royce. 2014. Fact Sheet. Viitattu 8.4.2014. http://www.rolls-royce.com/Images/hsg_factsheet_tcm92-18297.pdf

Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry:n julkaisu. 1997. Taajuusmuuttajat – käyttö, asennus ja häiriöt. Espoo: Sähköinfo Oy

Wärtsilä. 2014. e-SG. Viitattu 8.4.2014.
http://www.wartsila.fi/ss/Satellite?c=WMedia_C&childpagename=Wartsila%2FRunningText-Link&cid=1278530328974&pagename=WCom%2FCommon%2FDefaultWrapper