

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY	6
1 JOHDANTO	7
2 VARAVOIMAKONE.....	8
2.1 Rakenne.....	8
2.1.1 Dieselmoottori.....	8
2.1.2 Kytkin.....	9
2.1.3 Generaattori.....	9
2.2 Apujärjestelmät	10
2.2.1 Moottorin jäähdytysjärjestelmä.....	10
2.2.2 Korvausilmajärjestelmä	10
2.2.3 Polttoainejärjestelmä.....	10
2.3 Automatiikka ja ohjaus	11
2.4 Käyttötarkoitus	11
3 VIKAANTUMINEN JA LUOTETTAVUUS	14
3.1 Vikaantumistavat	14
3.2 Luotettavuuden merkitys käytössä.....	15
3.3 Luotettavuusodotus aluksissa.....	16
4 LUOTETTAVUUDEN PARANTAMINEN	18
4.1 Koneiden kahdentaminen.....	18
4.2 Laadun parantaminen	18
4.3 Kunnossapidon vaikutus	18
4.4 Varavoimakoneiden määräaikaistarkastukset	20
5 VARAVOIMAKONEIDEN TYYPILLISET VIAT JA KUNNOSSAPITOKOhteet	21
5.1 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä	21
5.2 Kvantitatiivinen tutkimustulosten tarkastelu	22
5.3 Kvalitatiivinen tutkimustulosten tarkastelu	24
5.4 Tutkimustulokset.....	26
6 VARAVOIMAKONEIDEN KUNNOSSAPITOSUOSITUS	28
6.1 Huollon organisointi ja vastuu	29
6.2 Huollon suunnittelu.....	32
6.3 Loppupäätelmä tutkimuksen perusteella – mitä tehdään ja miksi	32
LIITTEET	
Liite 1	Tutkimuksen perusteella tehty tarkastuslista
Liite 2	Vikakartoituksen yhteen veto teholuokittain
Liite 3	Kartoituksessa mukana olleet moottorityypit

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

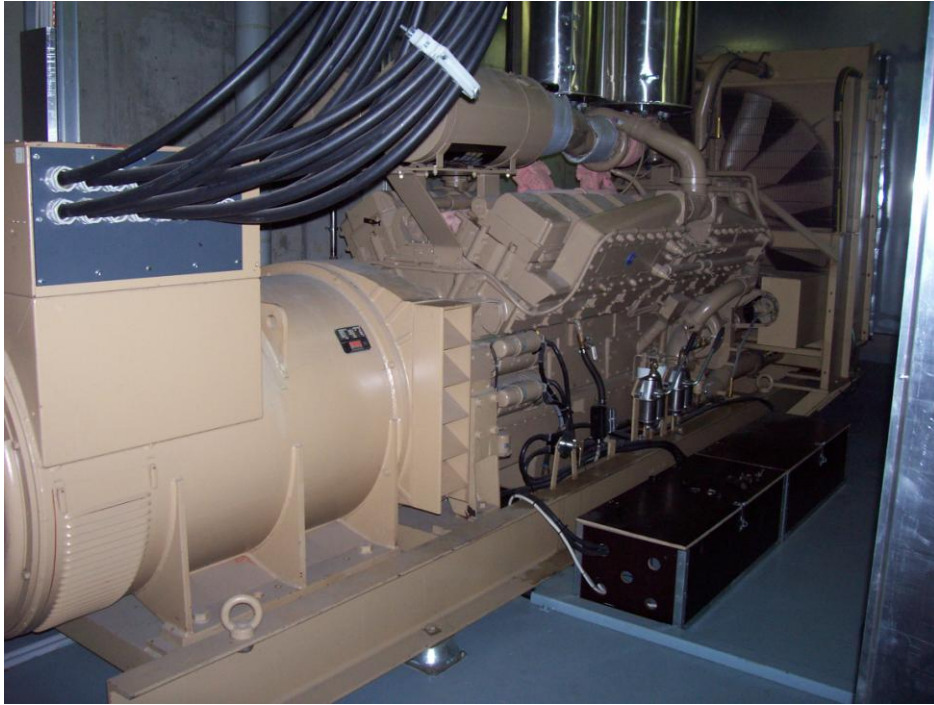
SOLAS	tärkein merenkulun turvallisuutta koskeva sopimus
TUKES	Turvatekniikan keskus
DNV	Det Norske Veritas, merenkulun luokituslaitos
Sähkömagneettinen induktio	fysiikan perusilmiö, joka liittyy magneettivuon muutokseen
Tehoreservi	varavoimakoneesta saatavan maksiminimelistehon ja kiinteistön varmennetun verkon tarvitseman tehon välinen erotus
UPS-akut	järjestelmä, johon varastoidaan sähköverkon toimiessa virtaa sähkökatkoksen varalle
Varavoimakone	Dieselmoottorin ja sähkögeneraattorin yhdistelmä apulaitteineen

1 JOHDANTO

Varavoimakoneiden kunnossapito on usein toteutettu heikosti. Syynä tähän lienee se, että yleisesti luullaan varavoimakoneiden kunnossapidon perustuvan samoihin syihin kuin liikkuvan kaluston dieselmootoreiden kunnossapidon. Liikkuvan kaluston dieselmootoreiden kunnossapito perustuu usein käyttötuntimääriin ja ajettujen kilometrien määriin. Varavoimakoneiden käyttötuntimäärät vuodessa jäävät usein suurin piirtein samalle tasolle kuin liikkuvan kaluston käyttötuntimäärät vuorokaudessa. Tästä syystä usein luullaan, että huoltotarvetta varavoimakoneelle ei ole. Tässä työssä tuodaan asiaan toinen näkökanta ja pyritään selvittämään, minkälaista kunnossapito-ohjelmaa varavoimakoneiden kanssa tulisi noudattaa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kiinteästi asennettuihin dieselmootorikäyttöisiin varavoimalaitoksiin, koska varavoimakoneena on yleisimmin dieselmoottori, joka tuottaa generaattorin kautta sähköä kiinteistön tai laivan varmennettuun verkkoon. Myös muita variaatioita on käytössä, esim. dieselmoottorin sijasta on käytössä muutamia kaasuturbiineja. Toinen hyvin yleinen sähkön saannin varmennustapa esimerkiksi tietokonejärjestelmille on UPS-akkujen käyttö, mutta niiden toiminta-aika dieselgeneraattoriin nähden on hyvin lyhyt. Työ on rajattu käsittelemään kiinteästi asennettuja automaattisesti toimivia 5... 1000 kW:n varavoimalaitoksia.

2 VARAVOIMAKONE



Kuva 1 Varavoimakone

2.1 Rakenne

Varavoimakoneen muodostavat yleisimmin dieselmoottori, generaattori, niiden välinen kytkin sekä varavoimakoneen automatiikkayksikkö.

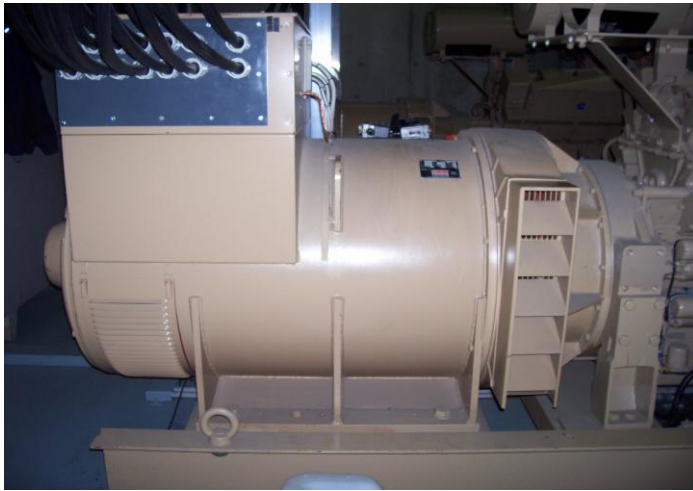
2.1.1 Dieselmoottori

Varavoimakoneissa käytetään yleisimmin voimanlähteinä suoraruiskutteisia ja monisylinterisiä dieselmoottoreita niiden yksinkertaisen rakenteen ja hyvän luotettavuuden vuoksi(1, s. 44). Dieselmoottori on yleensä myös muita vaihtoehtoja halvempi ratkaisu. Dieselmoottoreita valmistetaan suuria määriä liikkuvan kaluston käyttöön, joten niiden valmistuskustannukset ovat huomattavasti pienempiä kuin muilla vaihtoehdoilla. Dieselmoottoreiden etuihin varavoimakonekäytössä voidaan lukea myös niiden apulaitteiden vähäinen määrä ja yksinkertainen rakenne. Dieselmoottorin hyötysuhde on riittävän hyvä varavoimalaitoskäyttöön.

2.1.2 Kytkin

Moottorissa tuotettu pyörimisliike välitetään generaattorille niiden välissä olevan kytkimen välityksellä. Kytkimenä käytetään yleensä joustavaa kumikytkintä, jonka joustokyvyn ansiosta vääntöväärähtelyt vähenevät. Myös iskumaisten kuormien hetkelliset ylikuormituspiikit voidaan vaimentaa oikein mitoitettujen jousto-osien avulla. Kytkimen tehtävänä on myös suojata moottoria tilanteessa, jossa vaarana on, että varavoimalaitteistoa ajetaan päin sähkön jakeluverkkoa. Kytkin on siis se osa, jonka kuuluu rikkoutua tässä tilanteessa ja estää näin moottoria rikkoutumasta.

2.1.3 Generaattori



Kuva 2 Varavoimakoneen generaattori

Generaattori tuottaa mekaanisesta pyörimisliikkeestä sähköenergiaa. Varavoimalaitosten generaattorit tuottavat vaihtovirtaa, jonka suunta ja suuruus muuttuvat jatkuvasti generaattorin pyörimisen tahtiin sinikäyrän muotoisesti. Generaattorin toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Se muodostuu, kun generaattorin magneettikentässä pyörivään johtimeen indusoituu sähkömotorinen voima (jännite) ja sitä kautta sähkövirta. (2.)

2.2 Apujärjestelmät

2.2.1 Moottorin jäähdytysjärjestelmä

Moottorin jäähdytys on toteutettu niin, että jäähdytysneste saadaan kiertämään järjestelmässä moottorin omalla vesipumpulla. Se tuodaan ilmapuhaltimella varustetulle jäähdyttimelle, jossa sen lämpö siirtyy jäähdyttimen läpi virtaavaan ilmaan. Vaihtoehtoisesti se voidaan tuoda lauhduttimelle, jossa jäähdyttävänä aineena on lauhduttimen toisena aineena oleva ns. raakavesi, johon lämpö jäähdytysnesteestä siirtyy. Pienet varavoimakoneet voivat olla myös täysin ilmajäähdytteisiä.(1, s. 63-67)

2.2.2 Korvausilmajärjestelmä

Käydessään moottori tarvitsee ilmaa sylintereihin palamista varten. Varavoimatilaan muodostuu siis alipaine. Tällöin moottorin käyttämä ilma täytyy korvata. Korvausilma voidaan järjestää usealla eri tavalla:

- alipaineen vaikutuksesta avautuva korvausilmäsäleikkö
- termostaattiohjattu sähkömoottorilla varustettu korvausilmäsäleikkö
- jatkuvasti avoin korvausilmakanava
- puhaltimella varustettu korvausilmakanava.

2.2.3 Polttoainejärjestelmä

Varavoimakoneen dieselmoottorin polttoainejärjestelmään kuuluu seuraavat komponentit:

- päivätankki, jonne polttoaine varastoidaan, mikäli erillistä varastotankkia ei ole
- polttoaineputkisto moottorille
- vedenerotin, jonka tarkoitus on poistaa polttoaineesta mahdollisesti oleva vesi
- polttoainesuodattimet, jotka suodattavat polttoaineesta siinä olevat kiinteät epäpuhtaudet
- polttoainekäsipumppu, joka mahdollistaa polttoainejärjestelmän ilmaamisen polttoainesuodattimien vaihdon jälkeen
- ruiskutuspumppu
- polttoainesuuttimet.

2.3 Automatiikka ja ohjaus



Kuva 3 Varavoimakoneen automatiikkayksikkö

Automatiikan tärkeimpiä tehtäviä on valvoa kiinteistön normaalia sähkönjakelua ja verkkohäiriön sattuessa käynnistää laitteisto automaattisesti sekä suorittaa verkko- ja generaattorikontaktorien vaihdot ja tahdistukset asianmukaisesti. Yksi automatiikan tärkeistä tehtävistä on myös pysäyttää laitteisto, mikäli siihen tulee sellainen vika, joka vaatii pysäytyksen.

2.4 Käyttötarkoitus

Varavoimakonetta käytetään sähkön saatavuuden turvaamiseen silloin, kun sähkön- syöttö on katkennut sen normaalin syöttöverkon kautta. Monet kiinteistöt ovat riippu- vaisia sähköstä. Varavoimakoneen tulee toimia siten, että kun automatiikka havaitsee verkkohäiriön normaalissa sähkönjakeluverkossa, varavoimakone käynnistyy miehiti- tämättömänä automaattisesti ja alkaa tuottaa sähköä kiinteistön/ laivan varmennettuun verkkoon. Mikäli halutaan täysin katkotonta sähköä joillekin laitteille, kuten tietoko- neille, voidaan verkkohäiriön alkamisen ja varavoimakoneen käynnistymisen välisenä aikana sähkön tuotto varmistaa UPS-laitteella. Yleensä varavoimalaitosta ei taloudel- lisista syistä mitoiteta kattamaan koko kiinteistön sähköverkkoa. Varavoimalaitos

syöttää ainoastaan kiinteistön varmennettua verkkoa, johon on liitetty ainoastaan kiinteistön toiminnalle tärkeimmät kuormat. Kiinteistön kuormat jakaantuvat tällöin kahteen ryhmään:

- dieselvarmistetut
- dieselvarmistamattomat.

Dieselvarmistetut kuormat jaetaan usein vielä kahteen tai useampaan alaryhmään sallitun katkosajan tai kuorman tärkeyden mukaan. Alaryhmien mukaan voidaan kuormia kytkeä varmennettuun verkkoon siten, että tärkeimmät tai sellaiset kuormat, joiden sallitut katkosajat ovat lyhyimpiä, saavat syöttönsä heti varavoimalaitoksen käynnistyttyä ja seuraavaksi tärkeimmät kuormat kytkeytyvät tehoreservin kasvaessa. Näin on menetelty usein laitoksissa, joissa on useita rinnan käyviä varavoimakoneita. Mikäli joku koneista vikaantuu toimintakyvyttömäksi, putoavat vähiten tärkeät kuormat pois, jotta jäljelle jääneet koneet eivät ylikuormittuisi. (1, s. 27)

Esimerkkejä kiinteistöistä, joissa sähkön saanti on turvattu varavoimakoneilla:

Virastot

- Esimerkiksi poliisilaitoksien ja hälytyskeskusten on oltava verkkohäiriöstä huolimatta toimintakunnossa.

Tehtaat

- Tehtaille, jotka käyttävät valtakunnanverkon sähköä, varavoimakone on tärkeä taloudellisten tappioiden ehkäisemiseksi.

Kauppakeskukset

- Varavoimakone on tärkeä taloudellisten tappioiden ehkäisemiseksi.
- Varavoimakoneiden pääasiallinen tehtävä on turvata kylmäkoneiden, ilmanvaihdon ja valaistuksen toimivuus.

Elintarvikekaupat

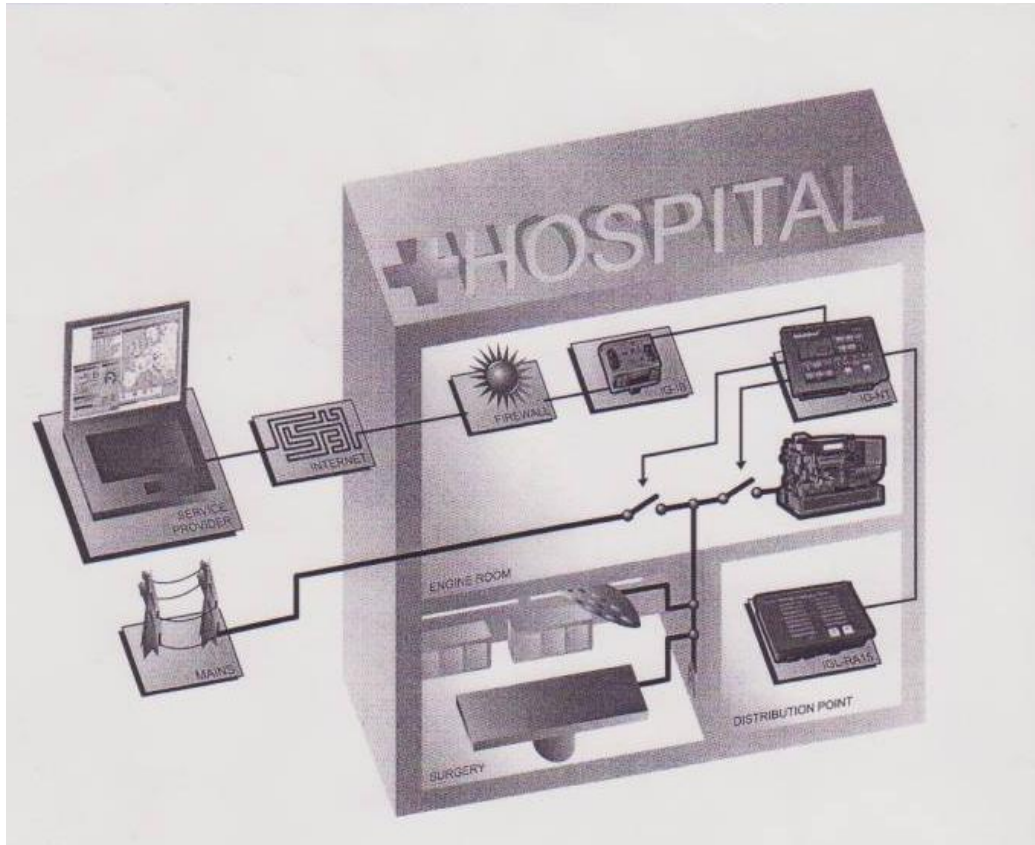
- Elintarvikekauppojen kylmävarastojen kylmäkoneet ovat riippuvaisia sähköstä.
- Vakuutusmaksut alenevat, mikäli sähkön saanti on turvattu varavoimakoneella.

Väestönsuojat

- Varavoimakonetta tarvitaan kriisiaikana sähkön tuottamiseen valaistuksen ja ilmanvaihdon ylläpitämiseksi.

Sairaalat

- Sähkön saanti on pakko turvata elämää ylläpitävien laitteiden, kuten hengityskoneiden ja leikkaussalien laitteiden, toiminnan varmistamiseksi.



Kuva 4. Esimerkki nykyaikaisen sairaalan varvoimajärjestelmästä(3.)

3 VIKAANTUMINEN JA LUOTETTAVUUS

3.1 Vikaantumistavat

Varavoimakoneiden huolto ja kunnossapito on usein toteutettu heikosti tai sitä ei ole toteutettu lainkaan. Tämä johtuu siitä, että varavoimalaitteiston käyttäjät/haltijat eivät ole tietoisia varavoimakoneiden vikaantumisten syistä. Yleisesti luullaan, että varavoimakoneen vähäisestä käyttötuntimäärästä johtuen sen huoltoväliä voidaan kasvat-
taa joskus jopa 10 vuoteen. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, sillä varavoimakoneena käytetyn dieselmoottorin vikaantuminen eroaa normaaleista ajoneuvo- tai laivakäytössä olevista dieselmoottoreista melko paljon. Kun ajoneuvo- ja laivakäytössä olevien dieselmoottoreiden vikaantuminen johtuu usein kuluvien osien vikaantumises-
ta, varavoimakone vikaantuu yleensä korroosion ja kosteuden aiheuttamien vikojen seurauksena. Tämä johtuu siitä, että varavoimakoneen käyntituntimäärä on vain murto-osa siitä, mitä se on laiva- ja ajoneuvokäytössä.

Korroosion aiheuttamat viat ja sylinteriputkien kuivuminen on yleinen ongelma varavoimakoneiden dieselmoottoreissa, ja niiden ehkäisemiseksi varavoimakoneeseen tulisi aina asentaa myös esivoitelupumppu, joka kierrättää koneessa voiteluöljyä ja näin ehkäisee koneen sylinteriputkien ja muiden komponenttien ruostumisen ja kuivumi-
sen.(4.)

Erityisen herkkiä komponentteja vikaantumaan ovat varavoimakoneiden jäähdytysjärjestelmän osat. Kumiletkut kovettuvat ajan saatossa. Tämä on erityisen hankala ongelma varavoimakoneille, koska kumiletkujen kovettuminen ja mahdollinen halkeaminen aiheuttaa pahimmassa tapauksessa jäähdytysvesijärjestelmän tyhjentymisen ja moottorin pysähtymisen yllimmämmön vuoksi tai pahimmassa tapauksessa jopa moottorin tuhoutumisen. Tästä syystä jäähdytysvesiletkujen kunnon tarkastaminen ja tarvittaessa uusiminen on vuosihuollon yhteydessä ensiarvoisen tärkeää. Toinen herkkä osa jäähdytysjärjestelmässä on termostaatit. Vähäisestä käytöstä johtuen termostaatit saattavat jumiutua eivätkä ne enää avaudu moottorin jäähdytysnesteen saavuttaessa lämpötilan, jolla termostaattien kuuluisi avautua.

3.2 Luotettavuuden merkitys käytössä

Vaikka varavoimakoneet seisovat suurimman osan ajasta käyttämättöminä, niiltä vaaditaan, että niiden on verkkohäiriön tullessa toimittava erittäin luotettavasti. Laitteiston käyttövarmuus onkin yksi tärkeimmistä varavoimakoneille asetettavista vaatimuksista. Käyttövarmuus muodostuu toimintavarmuudesta, huollettavuudesta ja huoltovarmuudesta. On tärkeää ymmärtää, että toimintavarmuuden ja huollettavuuden suunnitteluvirheitä ei pystytä enää laitteiston toimituksen jälkeen korjaamaan, ainakaan kohtuullisin kustannuksin. Alue mihin voidaan vaikuttaa, on laitteiston huoltovarmuus. Laitteiston huoltovarmuus muodostuu kunnossapito-organisaation kyvystä ylläpitää näitä ominaisuuksia asetettujen tavoitteiden mukaisesti. (5.)

Varavoimakoneen vikaantumista ei helposti havaita, koska se käy vain verkkohäiriötilanteissa ja koekäytöissä. Yksinkertaisuus ja luotettavuus ovat sen perusominaisuuksia.

Varavoimalaitoksen tehtävä on turvata sähkön saanti verkkohäiriötilanteissa. Sairaaloissa varavoimalaitoksella voivat olla kuormina mm. hengityskoneet ja leikkaussalin instrumentit. Varavoimakone syöttää siis elämää ylläpitäviä laitteita, ja siksi varavoimakoneen luotettavuus on ensiarvoisen tärkeää.

Varavoimakoneita käytetään paljon myös tehdaskiinteistöissä. Varavoimakoneen luotettavuus on tärkeää suurten taloudellisten tappioiden ehkäisemiseksi, jotka aiheutuisivat tehtaan pysähtymisestä sähkökatkon sattuessa.

Varavoimakoneella parannetaan myös eräissä tehtaissa mm. yleistä turvallisuutta. Kemian teollisuuden tehtaissa varmennettua verkkoa saatetaan käyttää ns. patojen sekoittimien pyörimisen turvaamiseksi. Padoissa sekoitetaan kahta tai useampaa kemikaalia, jotka sekoittamatta alkavat kuumeta ja aiheuttavat räjähdysten.

3.3 Luotettavuusodotus aluksissa

Varavoimakoneille on laivakäytössä asetettu määräyksiä, jotka sen tulee pystyä täyttämään. Varavoimakoneiden ehdot on asetettu SOLAS-sopimuksessa, ja niitä tulee noudattaa kaikissa sellaisissa sellaisissa aluksissa, joissa muutenkin on noudatettava SOLAS-sopimuksen määräyksiä. Seuraavassa on yhteenveto tärkeimmistä DNV-lukituslaitoksen määräyksistä, jotka koskevat nimenomaan varavoimakoneita laivakäytössä:

Varavoimakone tulee sijoittaa ylimmän, koko laivan pituudelta yhtämittaisen kannen yläpuolelle. Sinne tulee olla helppo pääsy laivan ulkokannelta. Varavoimakone ei saa olla sijoitettu laivan törmäyslaipion etupuolelle. (6.)

Varavoimakoneena voi olla joko generaattori tai akusto. Varavoimakoneen on kyettävä automaattisesti alkaa syöttää varmennettua verkkoa, mikäli sähkön normaalissa syötössä on häiriö. Mikäli varavoimakoneena on generaattori, on sen käynnistytävä verkkohäiriön alkaessa automaattisesti ja pystyttävä syöttämään varmennettua verkkoa 45 sekunnin sisällä verkkohäiriön alkamisesta. Mikäli laitteisto ei käynnisty, on siitä tultava hälytys konevalvomoon. Laitteiston on pystyttävä käynnistymään 0-asteen lämpötilassa. Mikäli alus operoi niin kylmissä olosuhteissa, että ympäröivä lämpötila laskee alle nollan, on laitteistoon asennettava esilämmityslaite varmistamaan laitteiston käynnistyvyys. (6.)

Varavoimakoneiston käynnistysjärjestelmän voimanlähteen on pystyttävä tekemään laitteistolle kolme peräkkäistä käynnistysyritystä. Lisäksi on oltava varalla toissijainen käynnistysjärjestelmä, jonka avulla on pystyttävä tekemään kolme lisäkäynnistystä 30 minuutin sisällä. (6.)

Varavoimakoneen apujärjestelmien, kuten jäähdytysjärjestelmän, polttoainejärjestelmän, ilmanvaihdon ja voitelujärjestelmän, tulee olla itsenäisiä järjestelmiä ja niiden on oltava riippumattomia sähkön normaalista syötöstä. Käynnistysjärjestelmässä on oltava virranlähteenä akut, joilla täytyy pystyä tekemään kolme peräkkäistä starttausta 30 sekunnin aikana. Käynnistymiseen tarvittavaa sähköenergiaa tulee olla saatavilla akuista koko ajan ja niiden tulee saada latausvirtansa varmennetusta verkosta. Kaikki

käynnistymiseen, akkujen lataukseen ja energian varastointiin liittyvät laitteet tulee sijoittaa varavoimakonehuoneeseen. Mikäli käynnistyminen tapahtuu paineilmalla, hyväksytään, että paineilmalaitteina käytetään apu- tai pääkoneen paineilmalaitteita, kunhan varavoimakonehuoneeseen on asennettu tarvittava takaiskuventtiili. Mikäli varavoimakone on varustettu sähköisillä laitteilla, kuten sähköisellä säätäjällä, tulee virran syötön näille laitteille olla järjestetty siten, että samat vaatimukset täyttyvät kuin sähköisellä käynnistysjärjestelmällä. (6.)

Laitteiston pysäyttämisen aiheuttavia antureita saa olla vain sellaisissa toiminnoissa, jotka aiheuttavat laitteiston välittömän tuhoutumisen vaaran. Sellaisia ovat moottorin ryntösuoja ja laitteiston oikosulku. Muiden antureiden arvojen, kuten esimerkiksi moottorin jäähdytysnesteen lämpötilan antureiden, voiteluöljynpaineen ja –lämpötilan antureiden asetettujen ylä- ja alarajojen ylittyessä, tulee laitteiston antaa vain hälytys. Esimerkiksi polttoainevuodosta, ylivirrasta ja kampikammion öljysumusta tulee tulla vain hälytys eikä niillä saa olla pysäyttävää vaikutusta laitteistoon. (6.)

Varavoimakonetta ei saa käyttää sähkön tuottamiseen laivan normaalitoimintoihin lukuun ottamatta poikkeustilanteita. Niitä ovat mm. lyhytaikaiset työt, jotka liittyvät laivan normaaleihin sähkönsyöttöjärjestelmiin, ”kylmän” laivan käynnistäminen, kun mitkään koneet eivät ole vielä päällä, sekä varavoimakoneen toiminnan testaus. (6.)

4 LUOTETTAVUUDEN PARANTAMINEN

Varavoimakoneen tärkein ominaisuus on laitteiston luotettavuus. Seuraavassa käydään hieman läpi toimenpiteitä, jotka parantavat laitteiston luotettavuutta.

4.1 Koneiden kahdentaminen

Varavoimalaitteiston luotettavuutta voidaan lisätä käyttämällä kahta laitetta rinnakkain. Koneiden määrän lisääminen kolmeen ei juuri paranna luotettavuutta, koska tällöin luotettavuuden kasvaessa vain vähän, myös vikaantumisriski kasvaa. Lisäksi kokonaisten varavoimakoneistojen kahdentaminen ei usein ole taloudellisesti kannattavaa. Paljon kannattavampaa on kahdentaa komponentteja, joiden toimivuus on ehdoton edellytys laitteiston toiminnalle. Esimerkiksi laitteiston jäähdytysveden magneettiventtiilit on usein kahdennettu. Mikäli toinen venttiili ei avaudu, avautuu toinen venttiili ja mahdollistaa jäähdytysveden kierron.

4.2 Laadun parantaminen

Luotettavuutta voidaan parantaa käyttämällä korkealaatuisia laitteita ja osia, mutta kustannus-/hyötyraja tulee vastaan. Komponenttien eliniän määrittäminen katsotaan yleisesti kuitenkin paremmaksi ja halvemmaksi vaihtoehdoksi. Määritetyllä komponentin eliniällä tarkoitetaan komponentin käyttöönotosta kulunutta aikaa, jonka jälkeen komponentti uusitaan kunnosta huolimatta.

4.3 Kunnossapidon vaikutus

Luotettavuutta voi parantaa kunnossapidolla, joka jakautuu määräaikaishuoltoon ja säännöllisiin koekäyttöihin. Tämän lisäksi tehdään määräaikaistarkastukset sähköverkon tarkastuksien yhteydessä.

Laitteiston luotettavuutta voidaan parantaa myös ylläpitämällä laitteistoa niin, että suoritetaan laitteiston valmistajan ohjeiden mukaiset määräaikaishuollot. Lisäksi laitteistolle tulee tehdä koeajo vähintään kerran kuukaudessa.

Varavoimakoneen määräaikaishuollon tulee sisältää vähintään seuraavat toimenpiteet, jotta laitteiston voidaan olettaa toimivan luotettavasti:

Moottori:

- moottoriöljyn vaihto
- öljysuodattimen vaihto
- vaihteistoöljyn tarkastus
- jäähdytysjärjestelmän tarkastus
- jäähdytysnesteen tarkastus/vaihto
- polttoainejärjestelmän tarkastus
- polttoainesuodattimien vaihto
- ilmasuodattimien tarkastus/vaihto
- kiilahihnojen tarkastus
- letkujen kunnan tarkastus/vaihto
- esilämmityksen toiminnan tarkastus
- moottorin yleisen kunnan tarkastus

Generaattori:

- laakereiden voitelu
- magnetoinnin ja säätimen toiminnan tarkastus
- liitosten ja kaapeleiden tarkastus

Käynnistysakusto:

- latauslaitteen toiminnan tarkastus
- kennojen nestepintojen tarkastus
- purkauskyvyn mittaus
- kennojännitteiden mittaus

Automatiikka:

- mittareiden tarkastus
- hälytysten koestus
- tahdistuksen tarkastus
- asetusarvojen tarkastus
- keskuskaappien tarkastus ja tarvittaessa puhdistus

Koekäyttö:

- Laitteiston koekäyttö n. 1 h mielellään kuormitettuna; minimivaatimus on ½ h ilman kuormaa, mikäli katkoa ei sallita
- Laitteistoille suositellaan tehtäväksi myös verkkohäiriökoe, jossa simuloidaan oikeaa verkkohäiriötä vastaava tilanne katkasemalla sähkönsyöttö kiinteistön pääkatkaisijasta.
- Kuormitetun koekäytön yhteydessä on hyvä mitata myös varmennetun verkon sähkön laatu, jotta saadaan tietoa varmennetun verkon kunnosta. (7.)

4.4 Varavoimakoneiden määräaikaistarkastukset

Sähköturvallisuutta koskevien säädösten ja määräysten (KTMP 517/1996) mukaan kiinteistön sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksen enimmäisväli on 5, 10 tai 15 vuotta. Varavoimalaitosten ja varmennetun verkon komponenttien sopiva määräaikaistarkastuksen väli voisi olla esimerkiksi 3 vuotta. (1., 8.)

Määräaikaistarkastuksessa tarkastetaan, että

- huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa on noudatettu ja tehty sen mukaiset toimenpiteet ja huollot
- laitteiston käyttö on turvallista
- muutostöistä on olemassa asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat
- laitteiston käyttäjä on perehdytetty riittävästi työhönsä
- laitteiston asiakirjat ovat helposti saatavilla ja tallessa
- laitteiston käyttöön ja hoitoon liittyvät tarvikkeet ovat käytettävissä
- Lisäksi laitteisto testataan. (1, s. 114)

5 VARAVOIMAKONEIDEN TYYPILLISET VIAT JA KUNNOSSAPITOKOHTTEET

5.1 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä

Tyypillisten vikojen selvittämiseksi tehtiin kartoitus, jonka aineistona käytettiin Medifast-Tekniikka Ky:n huoltokohteiden arkistoitua huoltohistoriaa. Tutkimusmateriaalina on käytetty huoltoyrityksen huolto- ja korjausraportteja sekä huoltolaskuja. Kartoituksessa on ollut mukana yhteensä 156 varavoimakonetta ja 84 eri moottorityyppiä teholuokkien vaihdella alle 50 kW:sta yli 800 kW:iin. Tutkittujen huoltokertojen määrä on 349. Yleisin teholuokka kartoituksessa on 50 - 250 kW.

Kartoitukseen otettiin mukaan tarpeeksi suuri otanta huoltoyrityksen asiakaskannasta, jotta tutkimuksen tulosta voitaisiin pitää luotettavana. Kartoitusta varten tutkittiin näiden koneiden määräaikaishuoltojen ja korjausten huoltoreporttien perusteella kunkin koneen viat ja tehdyt korjaukset. Tutkimuksessa esiintyvien koneiden huoltohistoriaa ja koneissa esiintyviä vikoja tutkittiin aikaväliltä 2002 - 2007. Tutkimuksessa oli mukana kaiken kaikkiaan 349 varavoimakoneen huoltokäyntiä kaikki teholuokat mukaan lukien.

Kartoituksessa oli tarkoituksena selvittää, mitkä varavoimakoneiden komponentit ovat herkimpiä vikaantumaan, jotta tulevaisuudessa huoltojen yhteydessä voitaisiin juuri näihin komponentteihin kiinnittää enemmän huomiota ja etsiä eniten vikaantumisia aiheuttavien komponenttien tilalle parempia ja kestävämpiä ratkaisuja. Varavoimakoneissa esiintyvät viat voidaan jakaa kahteen erilliseen ryhmään niiden aiheuttamien seurausten perusteella: vaaralliset viat ja vaarattomat viat. Erityisesti vaarallisten vikojen ehkäisyyn tulee huoltojen ja tarkastusten yhteydessä kiinnittää huomiota.

5.2 Kvantitatiivinen tutkimustulosten tarkastelu

Tutkimuksessa mukana olleissa huolloissa varavoimakoneista löytyi yhteensä 442 vikaa. Voidaan siis todeta, että keskimäärin jokaisessa huollossa löytyi noin 1,25 vikaa. Kaikki viat eivät välttämättä olleet ns. vaarallisia tai laitteiston toimintaa verkkohäiriötilanteessa haittaavia vikoja. Tässä osiossa keskitytään tarkastelemaan tutkimusta kvantitatiiviselta kannalta eikä niinkään syvennyttä vikojen syntymissyihin.

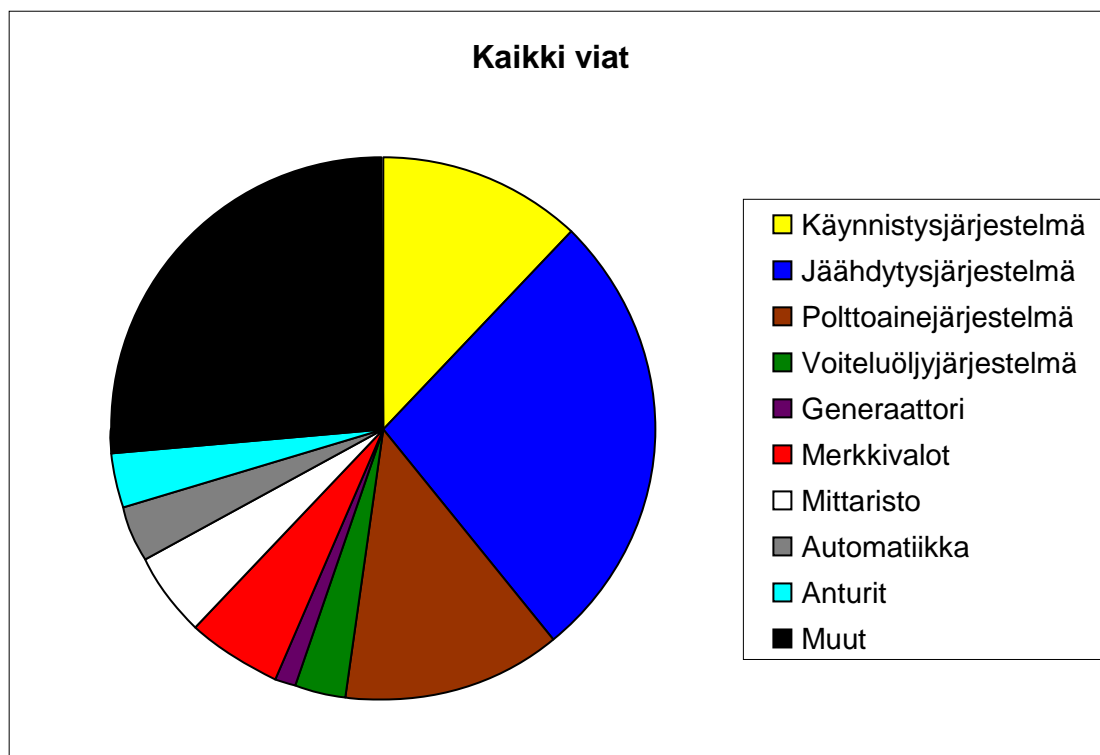
Yleisimmin viat aiheutuivat akkujen, jäähdytysnesteletkujen ja esilämmittimien vikaantumisista, joilla kullakin oli hieman alle 10 prosentin ja yhteensä yli 25 prosentin osuus kaikista vioista. Seuraavaksi yleisimpiä vikoja olivat merkkivalojen, mittariston ja polttoainejärjestelmien käsipumppujen vikaantumiset. Näiden vikojen osuus kaikista vioista oli lähes 16 prosenttia. Muita yleisiä vikoja olivat jäähdytysjärjestelmien (muiden kuin kartoituksessa eriteltyjen), termostaattien, antureiden, automatiikkosten, akkulaturien, jäähdytysvesipumppujen ja polttoaineputkien/ -letkujen vikaantumiset sekä öljyvuodot. Näiden osuus kaikista vioista oli hieman yli 25 prosenttia. Muut viat olivat harvinaisempia eivätkä ne ole oleellisia tutkimuksen kannalta, kun tutkitaan yleisimmin vikaantuvia komponentteja.

Varavoimakoneen luotettavuutta verkkohäiriötilanteessa alentavia vikoja ovat ns. vaaralliset viat. Niihin luetaan varavoimakoneen käynnistyksen estävät, pysäyttävät ja väärennälaisen toiminnan aiheuttavat viat. Tämän tyyppisiä vikoja tutkimuksessa havaittiin 210 kappaletta. Vaarallisten vikojen toteaminen on kuitenkin hieman tulkinnanvaraista, koska itsessään jokin vika ei välttämättä ole vaarallinen, mutta sen vaikutuksesta voi aiheutua vika, joka aiheuttaa laitteiston käyttöä estävän vikaantumisen.

Varavoimakoneiden määräaikaishuoltojen ja -tarkastusten kannalta oleellinen tutkimustulos on se, että yli neljänneksen vioista aiheuttaa kolme yleisimmin vikaantuvaa komponenttia. Kuuden yleisimmin vikaantuvan komponentin vikaantumiset kattavat jo yli 40 prosenttia kaikista vioista. Jos näiden komponenttien kuntoon kiinnitetään säännöllisesti tehdyissä määräaikaishuolloissa ja tarkastuksissa enemmän huomiota, saadaan yllättävät vikaantumiset merkittävästi vähenemään. Jos kuuden komponenttiryhmän perusteellisella tarkastamisella ja kunnon arvioimisella saadaan yli 40 % vi-

oista poistumaan, vanhojen tarkastusmenetelmien lisäksi, voidaan huollon kehityssuunnan katsoa olevan oikea ja edistyksen merkittävä.

Joidenkin komponenttien kunnan arvioiminen on kuitenkin hankalaa niiden rakenteesta johtuen, mutta esimerkiksi akuille, jäähdytysnesteletkuille ja esilämmittimille voidaan arvioida kokemuksen perusteella tai valmistajan suositusten mukaan käyttöikä, jonka jälkeen komponentti vaihdetaan sen kunnosta riippumatta. Tätä kutsutaan ns. ennakoivaksi kunnossapidoksi. Tämän opinnäytetyön osana olevan tutkimuksen ajanjakso on kuitenkin liian lyhyt kokemusperäisen käyttöiän asettamiseen.



Kuva 5. Yleisimmät viat osuuksiin jaettuna

5.3 Kvalitatiivinen tutkimustulosten tarkastelu

Kun tutkimustuloksia tarkastellaan niiden laadun, vakavuuden ja syntymissyiden varoimassa, kutsutaan sitä kvalitatiiviseksi tutkimustulosten tarkasteluksi. Varavoimakoneen vikoja kartoitettaessa voidaan ne jakaa kahteen ryhmään:

- vaaralliset viat
- vaarattomat viat

Vaarallisiin vikoihin luokitellaan ne viat, jotka aiheuttavat tai saattavat aiheuttaa varavoimakoneen pysähtymisen tai rikkoontumisen. Myös sellaiset viat kuuluvat tähän ryhmään, jotka saattavat aiheuttaa haittaa/vaaraa varmennetun verkon kuluttajille.

Vaaralliset viat on korjattava ensi tilassa niiden havaitsemisen jälkeen, jotta laitteiston luotettavuus verkkohäiriötilanteessa säilyisi sallitulla tasolla. Tällaisia vikoja ovat mm. jäähdytysjärjestelmän vuodot, käynnistysjärjestelmien viat (akut/laturit), automaatiikan viat sekä katkaisijoiden ja kontaktorien vioittumiset.

Vaarattomiin vikoihin luokitellaan sellaiset viat, joista ei aiheudu vaaraa varavoimakoneelle tai sähköverkon kuluttajille, mutta jotka ovat selkeästi vikoja ja saattavat vaikeuttaa varavoimakoneen käyttöä. Laitteiston käyttäjälle tiedotetaan asiasta, ja mikäli vikojen korjaaminen vaatii varaosien tilaamista tai niiden korjaaminen ei muuten sillä hetkellä ole mahdollista, viat korjataan sovitus- ja aikataulussa. Tällaisia vikoja ovat mm. mittaristoviat, merkkivalojen palamiset sekä osa anturivioista.

Laitteiston luotettavuuden parantamiseksi pitäisi kiinnittää huomiota vaarallisten vikojen ehkäisemiseen. Tutkimuksesta käy ilmi, että suurin osa varavoimakoneiden vaarallisista vioista kohdistuu jäähdytysjärjestelmän letkuihin ja putkiin sekä käynnistysjärjestelmän akkuihin. Komponenttien kahdentaminen on hyvä keino parantaa laitteiston luotettavuutta. Tätä keinoa voidaan käyttää esimerkiksi käynnistysjärjestelmän akuissa. Akkujen uusiminen tulisi kuitenkin aina olla mukana huoltosuunnitelmassa. Lyijy-akut olisi hyvä uusida vähintään viiden vuoden välein. Kaikissa tilanteissa kahdentaminen ei kuitenkaan ole mahdollista, kuten esimerkiksi juuri jäähdytysvesiletkuissa.

Jäähdytysvesiletkut haurastuvat ja kovettuvat vanhetessaan ja saattavat halkeilla, mikä aiheuttaa vuotoja. Tällaisessa tilanteessa ainoa luotettavuuden parannuskeino on parempien materiaalien käyttö ja jäähdytysvesiletkujen uusimisen liittäminen kunnossa-

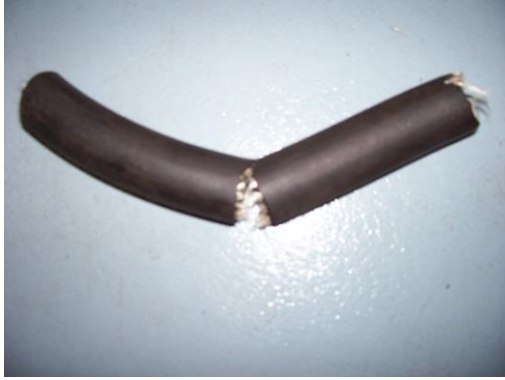
pitosuunnitelmaan. Varavoimakoneen kaikkien letkujen vaihtojen tulisi kuulua laitteiston kunnossapitosuunnitelmaan, jolloin letkut vaihdettaisiin niiden kunnosta riippumatta määräajan (esim. viisi vuotta) tultua täyteen.

Vaarattomia vikoja tarkasteltaessa paljon vikaantumisia aiheuttavat merkkivalojen vikaantumiset. Merkkivalojen lamput tulisi aina korvata pitkäikäisemmällä LED-valoilla. Merkkivalojen toiminnalla ei yleensä ole merkitystä laitteiston toimiessa automaattisesti, mutta ajettaessa käsikäytöllä on lamppujen toiminta usein välttämätöntä.

Tutkimuksessa varavoimakoneiden viat on eritelty myös teholuokittain. Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että laitteiston tehon suuruudella ei näytä olevan merkitystä siihen, mitkä komponentit vikaantuvat. Yleisimmin vikaantuvat komponentit ovat samoja kaikissa teholuokissa.

Analysoitaessa tutkimustuloksia kvalitatiivisesti voidaan todeta, että yleisimpien vikojen syntyminen syynä on komponenttien ikääntyminen.

Eniten vikaantumisia aiheuttavat jäähdytysvesiletkut. Ne kovettuvat ja haurastuvat vanhentuuksaan. Niiden vanheneminen on suhteellisen nopeaa verrattuna esimerkiksi metalleihin. Kumi menettää kimmoisuutensa alhaisissa lämpötiloissa. Kuvasta 6 nähdään, kuinka kumi kovettuessaan menettää elastisuutensa ja taivutettaessa katkeaa. Mikäli kumi on jännityksessä, nopeutuu sen haurastuminen entisestään. Kuvasta 7 nähdään, kuinka hauraaksi kumi muuttuu vanhetessaan. Painettaessa sitä kasaan se halkeilee ja murtuu. Tästä syystä varavoimakoneiden huoltosuunnitelmiin ja kunnossapito-ohjelmiin tulisi sisältyä myös jäähdytysvesiletkujen vaihto. Kokemuksen perusteella on hyväksi jäähdytysvesiletkujen vaihtoväliksi osoittautunut viisi vuotta. (9.)



Kuva 6 Kovettunut jäähdytysvesiletku



Kuva 7 Haurastunut jäähdytysvesiletku

Seuraavaksi eniten vikaantumisia aiheuttavat käynnistysakut, esilämmittimet, merkkivalot, mittaristot ja polttoainekäsipumput. Käynnistysakkujen elinikä vaihtelee akkujen valmistajasta ja akkutyypistä riippuen, mutta hyvänä ohjeena esimerkiksi lyijyakkujen vaihtovälille voidaan pitää viittä vuotta. Esilämmittimien toimimattomuus, silloin kun laitteistoa joudutaan kuormittamaan heti sen käynnistymisen jälkeen, saattaa aiheuttaa pahimmillaan jopa kannen halkeamisen ja siksi se lukeutuu ns. vaarallisiin vikoihin. Merkkivalojen ja mittaristojen vikaantumiset luetaan puolestaan ns. vaarattomiin vikoihin, koska ne eivät yleensä estä laitteiston automaattista käyttöä. Polttoainekäsipumput alkavat vikaantuessaan vuotamaan, mutta ne vuotavat yleensä ainoastaan niillä pumpattaessa eikä lukitusasennossa. Tästä syystä ne voidaan luokitella vaarattomiin vikoihin.

5.4 Tutkimustulokset

Tutkimus osoittaa, että eniten varavoimakoneiden vikaantumisia aiheuttavat jäähdytys- ja käynnistysjärjestelmien vikaantumiset. Ongelma on vakava, sillä lähes poikkeuksetta jommankumman järjestelmän vikaantuminen tekee laitteiston toimintakyvyttömäksi. Jäähdytysjärjestelmän vikaantuminen aiheuttaa yleensä moottorin ylikuumentumisen ja pahimmassa tapauksessa moottorin tuhoutumisen, kun taas käynnistysjärjestelmän vikaantuminen estää laitteistoa käynnistymästä.

Yleisin jäähdytysjärjestelmässä havaittu vika on jäähdytysvesiletkujen heikko kunto, josta seuraa nestevuotoja ja -vajausta jäähdytysjärjestelmässä. Tämä johtaa lopulta laitteiston pysähtymiseen moottorin ylikuumenemisen vuoksi. Toinen yleinen jäähdytysjärjestelmän vikaantunut komponentti on moottorin termostaatti, joka säätelee moottorin

käyntilämpötilaa. Jumiutuessaan termostaatti ei aukea, jolloin seurauksena on laitteiston pysähtyminen moottorin yllämmön vuoksi.

Käynnistysjärjestelmässä useimmin esiintyvä vikaantuminen kohdistuu akkuihin. Kuten vikakartoituksesta ilmenee, on akkujen heikkokuntoisuus erittäin yleinen ongelma. Yli kymmenessä prosentissa huoltokerroista havaittiin olleen huonokuntoiset akut. Yleisimmät syyt akkujen kunnon heikkenemiseen ovat niiden ikääntyminen, latauslaitteiston toiminnan puutteellisuus ja akkuhuoltojen puutteellisuus (veden lisäys). Varavoimakoneen käynnistysakut tulee aina varustaa myös verkkolatauslaitteella, sillä koekäyttöjen yhteydessä moottorin oma latauslaite ei riitä lataamaan akkuja tarpeeksi. Lisäksi akuille tulee määritellä käyttöikä, jonka jälkeen akut vaihdetaan niiden kunosta riippumatta. Varavoimakoneiden käynnistysakuiksi suositellaan huoltovapaita syväpurkauksen kestäviä akkuja, jolloin laitteiston käyttäjän ei tarvitse kiinnittää huomiota akkujen nesteen määrään.

Laitteiston käyttäjän näkökulmasta katsottuna hankalia vikoja on usein esiintyvä laitteiston ohjauskaapin mittareiden ja merkkivalojen puutteellinen toiminta. Nämä viat hankaloittavat laitteiston käyttöä käsikäytöllä, mutta eivät yleensä estä laitteiston automaattista toimintaa verkkohäiriötilanteessa. Mittari- ja merkkivalojen vikaantumisten määrä osoittautui kartoituksessa huomattavan suureksi.

Yleisimmin vikaantuvat komponentit ovat: akut, termostaatit, esilämmittimet, mittaristot, jäähdytysvesi- ja polttoaineletkut.

Vikaantumisen syyt:

- korroosio
- käyttämättömyys
- käyttäjän tietotaidon puute tai inhimillinen erehdys
- komponenttien kuluminen
- apulaitteiden puute/vikaantuminen
- suunnitteluvirheet.

6 VARAVOIMAKONEIDEN KUNNOSSAPITOSUOSITUS

Varavoimakoneiden huolto perustuu ympärivuorokautiseen käynnistys- ja käyntivalmiuden ylläpitämiseen eikä laitteiston käyntituntimäärään. Varavoimakone on yleisesti laitteiston valmistajan huolto-ohjeiden mukaan huollettava vähintään kerran vuodessa ja sille on tehtävä koeajo vähintään kerran kuukaudessa. Huoltojen ja koeajojen tekemättä jättäminen on osoittanut laitteiston kunnon ja luotettavuuden romahtamisen. Kuukausittaisella koeajolla pyritään tuomaan esiin käynnin aikana esille tulevat viat, jolloin ne pystytään korjaamaan jo ennakkoon ilman, että taloudellisia tai materiaalisia tappioita pääsee syntymään. Koeajolla on myös laitteiston ylläpitoon liittyvä merkitys. Laitteistoja koekäytettäessä voiteluöljy kiertää koneessa ja voitelee koneen osia ja näin estää voideltavien kohteiden voiteluainekalvoja kuivumiselta ja suojaa niitä korroosiolta. Koeajossa moottorin termostaatti saadaan liikkeelle, mikä taas ehkäisee sitä jumiutumasta. Mikäli varavoimakoneelle ei ole suoritettu kuukausittaisia koeajoja ja varavoimaa tarvitaan, sen edellisestä koeajosta saattaa olla kulunut jopa 12 kuukautta riippumatta siitä, onko vuosihuollot tehty ajallaan. Näin pitkällä aikavälillä käyttämättömän koneen luotettavuudesta ei ole enää takeita.

Koekäyttö on laitteiden kannalta tarpeen sen vuoksi, että esim. voideltavien kohteiden voiteluainekalvot eivät pääsisi kuivumaan, voiteluöljystä haihtuisi vesi, releiden koskettimien kontaktit pysyisivät parempina, polttoainelaitteiden ja jäähdytysjärjestelmän sekä pakoputkiston korroosio estyisi jne. Koekäyttöjen yhteydessä myös mahdolliset nestevuodot ym. viat ja toimintahäiriöt pystytään usein havaitsemaan ja korjaamaan jo ennakkolta.

Koekäyttö tulisi suorittaa aina kuormitettuna siten, että kuormat kytketään generaattorin perään. Dieseliä ei suositella käytettäväksi pienemmällä kuin ¼ teholla nokeentumisvaaran vuoksi. Mikäli laitoksesta on koekäyttöjen aikana saatavilla vain pieni kuorma, olisi suositeltavaa, että varavoimakone kuormitetaan kerran vuodessa täydellä pätöteholla erillisillä lisäkuormilla. Lisäkuormina voivat toimia esimerkiksi ulos sijoitetut teollisuuspuhaltimet.

6.1 Huollon organisointi ja vastuu

Varavoimakoneen huolto ja kunnossapito on usein organisoitu heikosti eikä usein edes laitteiston käyttäjällä ole tietoa kiinteistön sähköjärjestelmien huollon organisoinnista. Seuraavassa on kuitenkin Tukesin määräyksiä siitä, kuinka huollon ja kunnossapidon tulisi olla organisoitu.

Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä laitteistolle käytön johtaja, kun sähkölaitteistoon kuuluu suurjännitteinen muuntamo tai kun sähkölaitteiston liittymisteho on yli 1600 kVA. Liittymisteholla tarkoitetaan kiinteistön tai yhtenäisen kiinteistöryhmän haltijan sähköliittymien liittymistehojen summaa. Myös laitteiston pienjännitteiselle (alle 1000 V) osuudelle on nimettävä käytön johtaja. Kyseessä ei välttämättä tarvitse olla sama henkilö eli käytönjohtajina voi toimia useampi henkilö samassa kiinteistössä. Tällöin esimerkiksi kiinteistön pienjännitepuolen käytönjohtajana voi toimia eri henkilö kuin suurjännitepuolen käytönjohtajana.(10.)

Sähkölaitteiston käytön johtajana on oltava luonnollinen henkilö, jolla on riittävä sähköpätevyys (pätevyystodistus). Käytön johtajana ei voi toimia yritys. Käytön johtaja on nimettävä kolmen kuukauden sisällä laitteiston käyttöönotosta.(10.)

Sähkölaitteiston haltijan tehtäviin kuuluu seuraavat:

- Antaa käytön johtajalle riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkölaitteiston käyttö-, huolto- ja kunnossapitotöitä.
- Huolehtii, että sähkölaitteiden kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.
- Huolehtii, että sähkölaitteistolle laaditaan ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma.
- Huolehtii säädettyjen tarkastusten ja ilmoitusten suorittamisesta.
- Antaa käytön johtajalle tarvittavat tiedot sähkölaitteiston rakennus-, muutos- ja korjaustöistä sekä niihin liittyvistä tarkastuksista.(10.)

Sähkölaitteiston käytön johtajan tehtäviin kuuluu seuraavat:

- Huolehtii, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuksilain säädöksiä ja määräyksiä.
- Huolehtii, että käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi perehdytettyjä tehtäväänsä.(10.)

Mikäli Tukes katsoo tarpeelliseksi, voi se tarvittaessa vaatia selvitystä käytön johtajan edellytyksistä hoitaa tehtäviään.(10.)

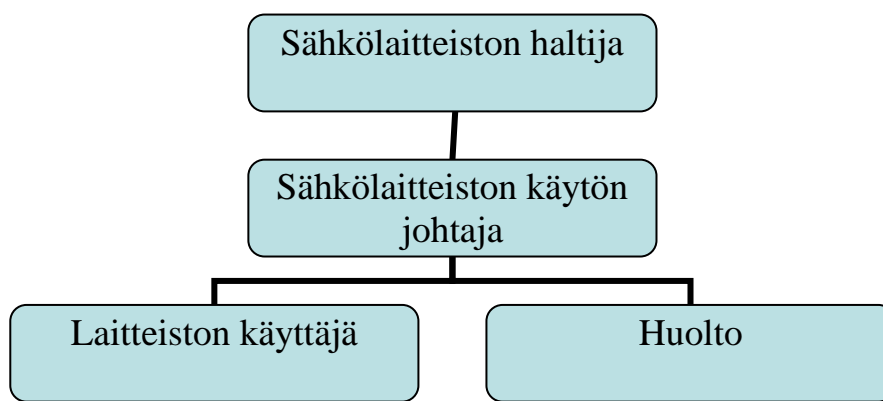
Sähkölaitteiston käytön johtajan on myös huolehdittava tai valvottava omasta ja haltijan puolesta seuraavista asioista:

- Sähkölaitteiston kuntoa valvotaan riittävästi esim. säännöllisillä huoltoon ja kunnossapitoon kuuluvilla katselmuksilla.
- Havaitut viat ja puutteet tulevat korjattua riittävän nopeasti.
- Sähkölaitteiston käyttöhenkilökunnalla on tehtävään riittävä kelpoisuus ja ammattitaito ja heidät on perehdytetty tehtäviinsä.
- Sähkölaitteistoille on olemassa sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma.
- Sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle tehdään huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet. Toimenpiteiden tekemisestä pidetään kirjaa.
- Sähkölaitteistolle suoritetaan säädösten edellyttämät määräaikaistarkastukset. Pöytäkirjoissa todetut puutteet korjataan.
- Säädösten edellyttämät käyttöönotto- ja varmennustarkastukset lisäys-, muutos- sekä laajennustöille on tehty. Haltijalle on luovutettu tarkastuspöytäkirjat ja havaitut puutteet on korjattu.
- Haltijan velvoitteisiin kuuluvat ilmoitukset tehdään.
- Sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja ajan tasalla. Käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat.(10.)

Sähkön käytön johtajan ja sähkölaitteiston haltijan on hyvä sopia kirjallisesti käytön johtajan tehtävien hoidosta. Sopimuksesta tulisi käydä ilmi vähintään seuraavat asiat:

- miten tehtävät hoidetaan
- kumpi sopijaosapuolista huolehtii kunkin toimenpiteen suorittamisesta käytännössä. (10.)

Sopimuksesta huolimatta sähkölaitteiston käytönjohtaja on velvollinen valvomaan, että toiminta on säädösten ja määräysten mukaista.(10.)



Kuva 8 Varavoimalaitoksen huolto- ja kunnossapito-organisaatio

Varavoimalaitoksen huolto- ja kunnossapito-organisaatio toimii käytännössä siten, että varavoimalaitoksen määräaikaishuollon tullessa ajankohtaiseksi sähkölaitteiston käytön johtaja ottaa yhteyttä huoltoon ja tilaa määräaikaishuollon. Kun huoltoyhtiöllä on määräaikaishuollosta tilaus, se sopii yhdessä käytön johtajan ja laitteiston käyttäjän kanssa sopivan ajankohdan siten, että huollosta ja siinä tehtävistä koeajoista ei ole haittaa kiinteistön toiminnalle.

Muissa tilanteissa, kuten laitteiston vikaantuessa, laitteiston käyttäjä havaitsee vian esimerkiksi koeajon yhteydessä ja ilmoittaa siitä sähkölaitteiston käytön johtajalle. Sähkölaitteiston käytön johtaja ottaa yhteyttä sekä laitteiston haltijaan että huoltoon. Huolto esittää korjausehdotuksen, joka menee sähkölaitteiston käytön johtajan kautta laitteiston haltijan hyväksyttäväksi, minkä jälkeen korjaavat toimenpiteet voidaan aloittaa ajankohdan sopimisen jälkeen.

6.2 Huollon suunnittelu

Huollon ja säännöllisten koekäyttöjen tarkoitus on ylläpitää laitteiston käyttövarmuus-taso mahdollisimman pienin kokonaiskustannuksin. Tästä syystä on tärkeää, että huol-lot tapahtuvat suunnitelmallisesti. Varavoimakoneiden huolto on pääasiassa enna-koivaa kunnossapitoa. Määräaikaishuolto suoritetaan tietyn kalenteriajan tultua täy-teen. Määräaikaishuoltovälin pituuteen saattaa vaikuttaa myös se, mihin laitteisto on sijoitettu. Mitä lämpimämpi ja kuivempi sijoituspaikka on, sitä parempi. Varavoima-koneen huollon suunnittelussa on otettava huomioon se, että koneen todellisessa käyt-tötarkoituksessa siitä otetaan noin kymmenen sekunnin kuluessa sen käynnistymisestä lähes sata prosenttia tehoa ulos. Varavoimalaitteiston on oltava täydessä käyttöval-miudessa ympäri vuoden kellon ajasta riippumatta. Tällöin koneen koeajoilla, esi-lämmityksellä ja esivoitelulla on suuri merkitys. Varavoimalaitoksen on pystyttyävä toimimaan miehittämättömänä ainakin niin pitkään, kuin sen polttoainemäärä sallii. Varavoimalaitosta saatetaan tarvita yhtämittaisesti jopa useita vuorokausia. Varavoi-makoneella tulee olla kunnossapito-ohjelma ja sen huollon pitää tapahtua suunnitel-lusti. (10.)

Kun varavoimalaitoksen huolto tapahtuu suunnitellusti, on huomattavasti helpompaa pitää yllä laitteiston luotettavuutta. Jos huolto suoritetaan vuosittain, on huomattavasti helpompi arvioida useiden mahdollisesti vikaantuvien komponenttien kunto ja vaih-don tarpeellisuus kuin tapauksissa, joissa huolto suoritetaan epäsäännöllisin väliajoin. Hyvän ohjeena voidaan pitää, että jos on aihetta epäillä jonkun komponentin vikaan-tumista huoltojen välisenä aikana, se on aina uusittava.

6.3 Loppupäätelmä tutkimuksen perusteella – mitä tehdään ja miksi

Tutkimuksen perusteella yrityksen asiakkaille tullaan suosittelemaan määräaikaishuol-toja tehtäväksi vuosittain ja tarjoamaan heille koekäyttöpalveluja, mikäli koekäytön suorittaminen ei laitteiston käyttäjän toimesta ole mahdollista. Tutkimuksen perusteel-la Medifast-Tekniikka Ky tulee kiinnittämään määräaikaishuoltojen yhteydessä aikai-sempaa enemmän huomiota tutkimustuloksissa havaittuihin heikoimpiin komponent-teihin. Yritys ottaa myös käyttöön tutkimuksen perusteella tehdyn uuden tarkastuslis-tan, jonka tehtävänä on muistuttaa huoltohenkilökuntaa huoltokohteista ja useimmiten

vikaantuvista komponenteista. Uusitun tarkastuslistan suunnittelussa on otettu huomioon myös komponenttien mahdollisten vikaantumisten aiheuttamat vahingot ja niiden vakavuudet. Uusitulla tarkastuslistalla otetaan tämän tutkimuksen tulokset huoltohenkilökunnan päivittäiseen käyttöön, jolloin tutkimuksesta on hyötyä käytännön tasolla sekä asiakkaalle että huoltohenkilökunnalle.