



Arttu Tolvanen

Etävälvontajärjestelmän anturointi varavoimakoneessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

4.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Arttu Tolvanen
Otsikko: Etävalvontajärjestelmän anturointi varavoimakoneessa
Sivumäärä: 44 sivua + 3 liitettä
Aika: 4.3.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka
Ohjaajat: Lehtori Pasi Oikarinen
Tekninen päällikkö Jyrki Lehtonen
Kalustomestari Petteri Ranta
Kalustomestari Samuli Ketola

Insinööriyön tavoitteena oli tuottaa pelastuslaitokselle varavoimakoneen etävalvontalaitteiston suunnittelua ja hankintaa tukeva dokumentti. Työssä selvitettiin varavoimakonelaitteiston toimintaa ja laitteiston käyttöä. Lisäksi tutkittiin etävalvontalaitteistoon tarvittavien anturien eri vaihtoehtoja, anturivaihtoehtojen eri ominaisuuksia, anturoinnin avulla saatavien signaalitietojen hälytysrajoja ja anturointien priorisointia.

Työssä suunniteltiin etävalvontalaitteiston esimerkkilaitteisto, joka toimii tilaajan toiveiden mukaisesti ja jota voidaan käyttää apuna varavoimakoneen etävalvontalaitteistoa suunnitellessa.

Avainsanat: Varavoimakone, etävalvonta, etävalvontalaitteisto, anturointi

Abstract

Author: Arttu Tolvanen
Title: Remote Monitoring System Sensors in Emergency Generator
Number of Pages: 44 pages + 3 appendices
Date: 4 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics
Supervisors: Pasi Oikarinen, Senior Lecturer
Jyrki Lehtonen, Head of Material Services
Petteri Ranta, Equipment Supervisor
Samuli Ketola, Equipment Supervisor

This thesis was commissioned by The Länsi-Uusimaa Rescue Department. The purpose of this thesis was to produce document that can be used as an aid when remote monitoring system to emergency generators is being built.

The thesis was executed by first researching how emergency generators operate and how they are generally used. Secondly, the specifications to sensors that can be used in monitoring were made and alert limits to sensor signals were determined. Finally, an example monitoring system was designed to meet the commissioner's needs.

As a result of this thesis, a guide to designing a monitoring system that does not require any modification or disturbance to original design of emergency generator system was made.

Keywords: Emergency generator, remote monitoring, remote monitoring system, monitoring

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Varavoimakone	2
2.1	Varavoimakonelaitteiston pääkomponentit	2
2.2	Varavoimakoneluokat	4
2.3	Laitteiston käyttö ja toiminta	4
2.3.1	Polttoaineen lisääminen	4
2.3.2	Polttoainelaitteisto	5
2.3.3	Jännitteen muodostuminen	5
2.3.4	Varavoimakonehuone	6
2.4	Etäkunnonvalvonta	7
3	Anturoinnin suunnittelu, anturien vaatimukset ja hälytysrajat	7
3.1.1	Moottorin käyntitieto	8
3.1.2	Akuston napajännitteen mittaus	10
3.1.3	Akuston latauksen valvonta-anturi	10
3.1.4	Jäähdytysnesteen lämpötilan seuranta	11
3.1.5	Polttoaineen määräanturi	14
3.1.6	Generaattorin jännitetuoton valvonta-anturi	16
3.2	Johtosarjan mitoitus ja suojaus	17
3.3	Antureiden priorisointi	17
4	Anturit	18
4.1	Passiiviset ja aktiiviset anturit	18
4.2	Lämpötila-anturointi	18
4.2.1	RTD-anturi	18
4.2.2	Termoparit	21
4.2.3	Termistorit	22
4.2.4	Infrapunamittaus	23
4.3	Jännitemittaus	24
4.4	Pintatasoanturointi	24
4.4.1	Mitattavaan aineeseen koskevat mitta-anturit	24
4.4.2	Mittaus ainetta koskematta	28

4.5	Käyntitiedon anturointi	28
4.5.1	Hall-anturi	29
4.5.2	Induktiivinen anturi	30
4.5.3	Kiihtyvyyssanturi	30
4.6	Vaihevalvonta-anturi	31
4.6.1	Pihtivirtakytkin	31
4.6.2	Rele	32
4.6.3	Vikailmoituksen anturointi	32
4.7	Anturisignaalin muuttaminen tulkittavaan muotoon	32
5	Esimerkkilaitteisto	34
5.1	Toimintaperiaate	34
5.2	Antureiden valinta	36
5.3	Vikadiagnoosit etäyhteydellä ja etävalvontamodeemin logiikka	37
5.3.1	Polttoainetaso	37
5.3.2	Akuston jännite	38
5.3.3	Käyntitieto	38
5.3.4	Lämpötila	38
5.3.5	Jännitevalvonta	38
6	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1: Akkujen napajännitteet eri kapasiteettiprosenteilla 12 ja 24 V:n järjestelmissä	
	Liite 2: Generaattorin polttoaineenkulutus eri kuormitusasteella	
	Liite 3: Pickup-anturin paikka moottorilohkossa	

Lyhenteet

- AGM: Absorbent Glass Mat. AGM-akku on lyijyakku, jossa elektrolyytti on imeytetty lasimattoon.
- kVA: Kilovoltttiampeeri. Voltttiampeeri (VA) on näennäistehon yksikkö.
- kW: Kilowatti. Tehon yksikkö.
- N/A: Not available. Tietoa ei ole saatavilla.
- RTD: Resistance Temperature Detector. Lämpötila-anturi, jonka vastusarvo muuttuu lämpötilan muuttuessa.
- TOF: Time-of-Flight. Mittasignaalin etenemiseen lähettimeltä vastaanottimelle kulunut aika.
- V: Voltti. Jännitteen yksikkö.

1 Johdanto

Pelastuslaitos varautuu erilaisiin poikkeusoloihin. Poikkeusoloissa arkipäiväiset valtakunnan tuottamat palvelut, kuten esimerkiksi polttoainejakelu tai sähköverkko, eivät välttämättä ole käytössä. Jotta pelastuslaitoksen omat toiminnot eivät halvaantuisi poikkeusolojen aikana, on pelastuslaitoksen tiloihin sijoitettu varavoimakoneita tuottamaan sähköä sähkökatkojen ajaksi. Varavoimakoneiden toimintavarmuuden on oltava riittävän korkealla tasolla, jotta laite toimii, kun sitä tarvitaan. Laitteiston toimintavarmuutta ylläpidetään säännöllisillä tarkastuksilla, koekäyttöillä ja huoltotoimenpiteillä. Laitteiston toimintavarmuuteen vaikuttavat negatiivisesti tekemättömät huoltotoimenpiteet, riittämätön polttoainemäärä tai käynnistysakun alhainen jännitetaso. Varavoimakoneen ylläpidosta vastaa kaupunki, pelastuslaitos tai ulkoistettu toimija. Varavoimakoneen toimintavarmuuden ylläpitoa on helpompaa, jos huoltotoimenpiteitä ja reaaliaikaisia anturitietoja pystyy seuraamaan etäyhteydellä.

Työn tavoitteena on suunnitella ja mahdollistaa etävalvontalaitteiston valmistus yhdessä yhteistyökumppanin kanssa. Laitteiston avulla jokaisen varavoimakoneen toimintavarmuutta ylläpitäviä tietoja voi valvoa keskitetysti ja etänä. Insiinööriyö rajataan käsittelemään etävalvontalaitteiston anturoinnin sekä johtosarjojen suunnittelua.

Työssä kuvataan ensin läpi varavoimakoneiden perusrakenne ja käyttötarkoitus. Tämän jälkeen esitellään etävalvontalaitteiston anturointiratkaisuja ja johtosarjojen suunnittelua. Tämän jälkeen kuvataan suunniteltua esimerkkilaitetta ja sen anturiratkaisuja.

Työn tilaaja on Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Pelastuslaitoksen sivuilla kerrotaan toiminnasta seuraavasti:

Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos huolehtii kansalaisten, yritysten ja yhteisöjen turvallisuudesta kymmenen kunnan alueella. Tehtäviin kuuluvat onnettomuuksien ehkäiseminen, kuntien ja kuntalaisten

onnettomuustilanteissa tarvittavien valmiuksien parantaminen, pelastustoimenpiteet ja ensihoitopalvelut. (Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos.)

Suomessa pelastustoimen tehtäviä hoitaa 21 alueellista pelastuslaitosta. (Pelastustoimi.fi – yhdessä vahva).

2 Varavoimakone

Varavoimakone on laitteisto, jonka avulla tuotetaan sähköä kiinteistöön sähkökatkon aikana. Yleisimmin varavoimakone on dieselgeneraattori eli dieselmoottorin ja generaattorin yhdistelmä. Dieselmoottori pyörittää kampiakselin välityksellä generaattoria, joka muuttaa liike-energian sähköksi. (Kauppinen ym. 2020: 177.)

2.1 Varavoimakonelaitteiston pääkomponentit

Kuten kuvasta 1 voidaan todeta, koostuu varavoimakonelaitteisto useasta laitteesta. Pääkomponentit ovat polttomoottori ja generaattori. Ne asennetaan koneikoksi yhteisen rungon varaan. Moottorin ja generaattorin mekaaninen liitäntä voi olla yksilaakerinen tai kaksilaakerinen. Yksilaakerisessa rakenteessa moottorin kampiakseli ja generaattori on liitetty jäykällä laippaliitoksella ja generaattorin vapaassa päässä on laakerointi. Kaksilaakerisessa rakenteessa generaattorin roottoriakselin molemmissa päissä on laakerointi ja moottorin kampiakselin ja generaattorin roottoriakselin välissä on joustava kytkin. (Kauppinen ym. 2020: 178.)



1. Engine
2. Generator
3. Fuel tank
4. Lubrication system
5. Cooling system
6. Starting system
7. Exhaust system
8. Control panel
9. Air intake system
10. Batteries

Kuva 1. Dieselmootorikäyttöisen varavoimakoneen pääkomponentit (Best Practices for Standby Generator Operations and Maintenance).

Varavoimakoneen asennusratkaisuja on useita. Varavoimakeita rakennetaan kuvan 2 mukaisesti koteloituna tai avoimena kuvan 3 mukaisesti. Koteloitu malli on avointa rakennetta kalliimpi rakenne. Koteloituja malleja saa sääsuojattuna, jolloin sijoituspaikka voi olla ulkotiloissa. (Yleistä.)



Kuva 2. Koteloitu 55 kVA:n varavoimakone (Yleistä).

Avoin rakenne (kuva 3) on aina koteloitua halvempi ja soveltuu sisätiloihin asennettavaksi. Varavoimakone voidaan sijoittaa kiinteästi kiinteistön lattiarakenteisiin tai liikuteltavaan muotoon merikonttiin tai peräkärryn. (Yleistä.)



Kuva 3. 165 kVA:n perusvaravoimakone (Yleistä).

2.2 Varavoimakoneluokat

Varavoimakoneet on jaettu ISO 8528-1:2018 -standardissa kolmeen eri luokkaan: katkoton, lyhytkatkoinen ja pitkäkatkoinen. Jako on tehty sen perusteella, kuinka nopeasti koneesta saa varavoimaa sen jälkeen, kun verkkosähkö on katkenut. (Kauppinen ym. 2020: 177–178.)

2.3 Laitteiston käyttö ja toiminta

2.3.1 Polttoaineen lisääminen

Polttoaine tankataan ulkoiseen varastosäiliöön joko säiliöautosta tai käsin kannulla. Jos polttoainesäiliö on tarkoitus tankata säiliöautosta, sen pitää olla varusteltu ylitäytönestimellä eli anturilla, joka keskustelee säiliöautossa olevan sulku-laitteiston kanssa joko langattomasti tai johtojen välityksellä ja antaa käskyn lopettaa tankkaus, kun pintataso on asetetussa ylärajassa. Säiliöauton öljyputken venttiilit sulkeutuvat, kun ylitäytönestimen signaali saavuttaa säiliöauton keskustelukaapelia pitkin; tällä vältetään ylitankkaus.

2.3.2 Polttoainelaitteisto

Polttoainelaitteisto voi olla varavoimakoneen yhteydessä oleva yksinäinen säiliö tai laitteisto, johon kuuluu usea varastosäiliö ja päiväsäiliö koneen yhteydessä. Päiväsäiliö on yleensä varastosäiliötä pienempi säiliö, joka on sijoitettu joko varavoimakoneikon alustarakenteisiin tai varavoimakoneen välittömään läheisyyteen. Päiväsäiliö voidaan varustella anturoinnilla, joka pitää säiliössä määritetyn ainemäärän ja ennen tyhjentymistä lähettää täyttösignaalin siirtopumpulle. Siirtopumppu siirtää polttoaineen varastosäiliöstä varavoimakoneen alustarakenteissa olevaan päiväsäiliöön, josta polttoainepumppu syöttää polttoaineen dieselmoottorin poltettavaksi. Kun päiväsäiliö ja varastosäiliö ovat erillään toisistaan, varastosäiliöön liittyvän vian ilmetessä voi generaattori käydä päiväsäiliön polttoainemäärällä häiriöttä. Ilman päiväsäiliötä pitäisi generaattori sammuttaa polttoainelinjaston korjaustöiden ajaksi tai järjestää polttoaineen saatavuus jostain muualta. (Hakala ym. 2019: 107–108.)

2.3.3 Jännitteen muodostuminen

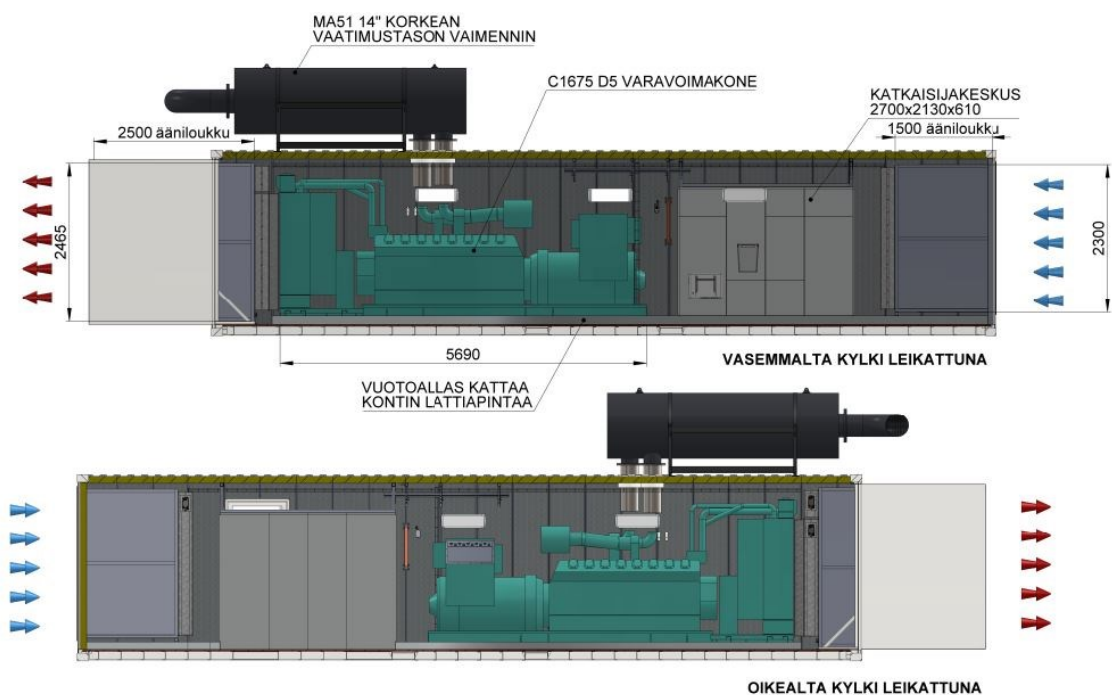
Palotapahtumassa vapautuneen energian aiheuttamana dieselmoottorin kampiakseli pyörii. Kampiakseliin on kiinnitetty generaattorin roottoriakseli, joka pyörii generaattorissa staattorin sisällä. Roottorin pyöriessä staattorin käämien ohitse, indusoituu käämeihin jännitettä, joka ohjataan eteenpäin kiinteistön käyttöön.

Varavoimakone on varustettu automatiikalla, joka valvoo verkkojännitettä. Verkkojännitteen poiketessa asetetuista arvoista tai kadotessa kokonaan ohjaa automatiikka verkkokatkaisijan auki, minkä jälkeen varavoimakone käynnistyy. Generaattorijännitteen ja taajuuden saavuttaessa nimellisarvonsa ohjaa automatiikka generaattorikatkaisijan kiinni, minkä jälkeen kuorma siirtyy varavoimakoneelle. Verkkohäiriön poistuttua varavoimakoneen automatiikka tahdistaa generaattorijännitteen verkon kanssa ja sulkee verkkokatkaisijan. Kuorma siirtyy varavoimakoneelta verkolle, minkä jälkeen automatiikka aukaisee generaattorikatkaisijan. Vaihto varavoimakoneelta takaisin verkkosyötölle ei aiheuta katkoa.

Käytön jälkeen moottori jää muutaman minuutin jäähdytyskäynnille, ja sen jälkeen moottori pysähtyy ja jää valmiustilaan. (Kauppinen ym. 2020: 182.)

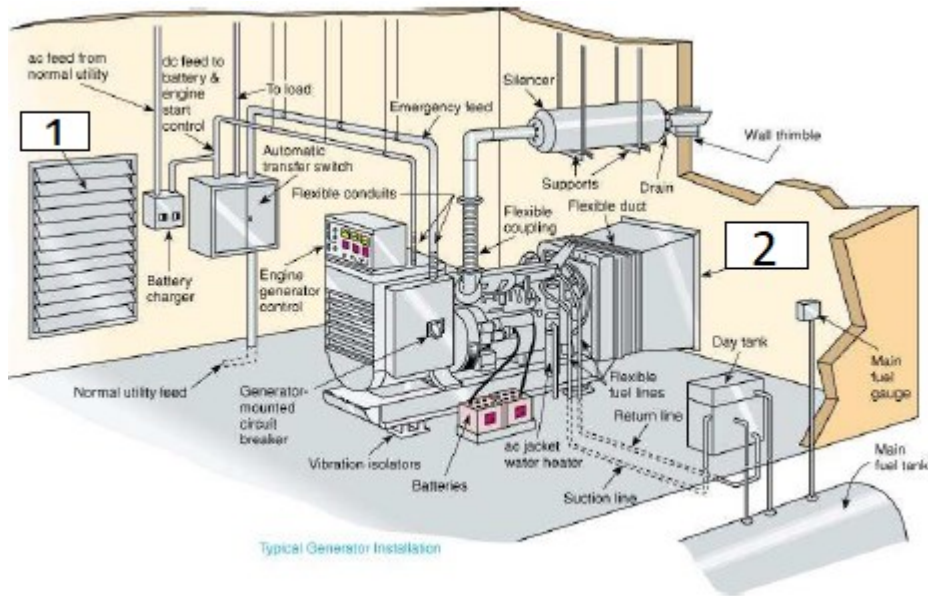
2.3.4 Varavoimakonehuone

Koteloidut varavoimakoneet voidaan sijoittaa vapaammin kuin koteloidumattomat. Kuvan 4 kaltaisella suureholla koteloidulla varavoimakoneella kotelon sisäpuoli toimii varavoimakonehuoneena ja valvomona. Joissain tapauksissa koteloinnin sisään voidaan sijoittaa polttoaineen varastosäiliö. (Kauppinen 2020: 178–179.)



Kuva 4 Varavoimakone merikontissa (Jaatinen).

Jos varavoimakone on koteloiduton, se sijoitetaan kuvan 5 kaltaisesti varavoimakonehuoneeseen. Varavoimakonehuoneeseen ohjataan polttomoottorille palotapahtumassa käytettävä ilma konehuoneen ulkopuolelta, esimerkiksi ulkoa hormistoa pitkin. Palotapahtuman pakokaasut ohjataan pakoputkistoa ja hormistoa pitkin pois konehuoneesta. Polttoainesäiliöt voivat olla samassa tilassa tai varavoimakoneesta erillisessä tilassa.



Kuva 5. Esimerkki varavoimakoneeseen liittyvien komponenttien sijoituksesta sisätiloihin (Emergency and Standby Power Systems Help).

2.4 Etäkunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on kunnossapidon osa-alue, joka tuottaa kunnossapidon kannalta oleellisia tietoja. Etäkunnonvalvonta on kunnonvalvontaa, jota voidaan suorittaa etänä, käymättä valvottavan laitteen läheisyydessä.

3 Anturoinnin suunnittelu, anturien vaatimukset ja hälytysrajat

Työn tilaaja toivoi, että laitteistosta anturoitaisiin moottorin käyntitieto, käynnistysakuston napajännite, käynnistysakuston lataus, jäähdytysnesteen lämpötila, polttoaineen määrä sekä generaattorin vaiheiden päälläolo. Antureiden kiinnitysratkaisuissa laitteiston alkuperäistä kuntoa ei saa muuttaa. Esimerkiksi moottorilohkoon tai polttoainesäiliöön ei saa tehdä uusia reikiä. Anturointiratkaisun on oltava helppo kytkeä muihin varavoimakoneisiin.

Laitteiston anturoinnin voi tehdä hyödyntämällä laitteistossa jo olevia antureita. Laitteiston omia antureita hyödyntämällä ei tarvitse suunnitella anturointia aivan

alusta lähtien, sillä jo käytössä olevia antureita pystytään tarvittaessa hyödyntämään. Tässä toimintamallissa on varmistettava, ettei etävalvontalaitteiston tarvitsemat lisättävät kytkennät häiritse varavoimalaitteiston alkuperäistä anturointia ja valvontalaitteistoa.

Toinen vaihtoehto on rakentaa olemassa olevan anturoinnin rinnalle erillinen anturointi. Tällä varmistutaan siitä, että alkuperäinen anturointi ei häiriinny. Lisäksi laitteisto on asennettavissa mihin tahansa moottoriin tai generaattoriin, jonka toimintaa halutaan seurata.

Anturointia suunnitellessa päädyttiin suunnittelemaan erillinen anturointi jo olemassa olevan anturoinnin rinnalle. Tämä ratkaisu valikoitui siksi, että laitteiston alkuperäistä kuntoa ei tarvitse muuttaa. Erillinen anturointiratkaisu on helppo kytkeä muihin varavoimakoneisiin.

Verrattuna modernia henkilöauton moottoria ja varavoimakoneen moottoria anturoinnin näkökulmasta on varavoimakoneet varustettu mahdollisimman pienellä anturimäärällä ylimääräisten vikaantuvien kohteiden poistamiseksi. Suunniteltavan ja rakennettavan etävalvontalaitteiston modeemin on saatava haltuun anturin lähettämä signaali muodossa, jota se pystyy käsittelemään.

Antureita valittaessa on pyrittävä valitsemaan antureita, jotka antavat ulostulosignaalin jännitteenä, mieluiten 0–5 V:n alueella. Jos signaalijännite on suurempi kuin 5 V, on se skaalattava esimerkiksi vastuskytkennällä 0–5 V:n jännitealueelle niin, että käytössä oleva I/O-modeemi pystyy käsittelemään tietoa. Esimerkiksi akuston napajännite on liian suuri, jotta modeemi pystyisi sitä seuraamaan ilman skaalausta.

3.1.1 Moottorin käyntitieto

Moottorin käyntitieto tarkoittaa tietoa siitä, onko moottori käynnissä vai ei. Polttomoottori ei ole käynnissä silloin, kun sen kampiakseli ei pyöri. Kun kampiakseli pyörii, voidaan olettaa, että moottori on käynnissä.

Moottorin käyntitiedon perusteella saadaan tietoa siitä, onko moottori käynnistynyt tai onko se sammunut silloin, kun sen olisi pitänyt. Tarkastelun pitäisi seurata useampaa anturia, sillä esimerkiksi pelkkä moottorilohkon lämpeneminen ei tarkoita moottorin käyvän vaan voi esimerkiksi olla aiheutunut tulipalosta. Kampiakselin pyörintä voi johtua huoltotoimenpiteistä.

Moottorin käyntitieto voidaan ottaa useasta paikasta. Moottorin käydessä käynnistysmoottori on pysähtyneenä, kampiakseli, nokka-akseli ja laturi pyörivät hihnan tai ketjun välityksellä. Generaattori ei välttämättä ole kytkeytyneenä kampiakseliin. Palotapahtumassa syntyy räjähtelyä ja lämpöä. Lämpö ohjataan pakokaasujen mukana pakoputkistoon sekä sylinteriseinämien kautta johtamalla jäähdytysnesteeseen. Koska moottorit ovat dieselmoottoreita, sytytyskomponentteja ei ole. Polttoainelaitteisto varavoimakoneissa on yleisesti mekaaninen, joten sähköistä ohjausta ei ole. Kohteita ja näiden yhdistelmiä, joista voisi todistaa moottorin käyvän, ovat moottorin ääni, laturin tuottama jännite D+-liittimellä, kampi- tai nokka-akselin pyörimisliike, pakokaasujen, moottorilohkon tai jäähdytysnesteen lämpötilan kohoaminen. Yleisesti moottoreista käyntitieto poimitaan havaitsemalla kampiakselin pyörimisliike pickup-anturilla. Moottorin ja generaattorin välissä saattaa olla paikka anturille, josta voidaan mitata kampiakselin pyörintäliikettä soveltuvalla anturilla.

Moottorin ääntä voidaan havaita kiihtyvyyssanturilla. Jännitevaihteluista D+-liittimellä mitataan jännitemittauksella kahden pisteen väliltä. Asentotunnistinanturit mittaavat pyörimisliikettä ja sen nopeutta, jonka avulla kertovat pyöriikö akseli vai ei. Tällaisia ovat esimerkiksi Hall-anturit ja induktiiviset anturit.

Moottorin käyntitietoa anturoidessa hälytysrajat kannattaa asettaa niin, että hälytys saadaan laitteen käynnistymisestä ja sammumisesta. Käyttötunteja olisi hyvä seurata, jolloin saadaan varmuus huoltojen tarpeellisuudesta ja koekäyttöjen suorittamisesta. Seuranta riittää, jos se seuraa, onko moottori käynnissä vai ei. Huoltotoimenpiteiden suunnittelua ja valvontaa varten esimerkiksi kuukausittainen käyttötuntiraportti olisi hyödyllinen.

3.1.2 Akuston napajännitteen mittaus

Varavoimakoneen käynnistysakusto säilöö virtaa moottorin käynnistymistä varten. Akkuun varastoitunut energia näyttäytyy jännite-erona akun plus- ja miinusnavan välillä.

Akuston napajännitteen seurannalla pystytään varmistumaan siitä, ettei napajännite nouse latautuessaan liikaa tai laske käynnistyksen tai valmiudessaolon yhteydessä liian alhaiseksi. Lisäksi voidaan seurata, latautuuko akku moottorin käydessä laturilla tai moottorin ollessa pysähtyneenä ylläpitolaturin avulla.

Akuston napajännitteen mittaus kannattaa suorittaa suoraan akun navoista. Akuston antama käyttöjännite tulee jokaiselle sähköiselle laitteelle mutta johtimien kautta, jotka aiheuttavat jännitehäviöitä eli virhettä mittaukseen. Napajännitettä voidaan mitata joko modeemin input-portissa tai portista, johon laite ottaa virran pysyäkseen käynnissä.

Jännite-eromittaus ei tarvitse erityisempää anturointia, vaan kaksi johdinta riittää antamaan jännite-erolukeman mittaavalle laitteelle.

Akuston napajännitteen seuranta ja akuston latauksen valvonta onnistuu yhdellä anturilla. Napajännitteen muutokset johtuvat latauslaitteiston tuottamasta latausjännitteestä tai sen viallisuudesta, jolloin hälytysrajat asetetaan valvomaan akuston latausta.

3.1.3 Akuston latauksen valvonta-anturi

Käynnistysakustoa ladataan moottorin käydessä laturin tuottamalla latausjännitteellä. Kun moottori ei käy, ladataan käynnistysakustoa ylläpitolaturilla verkkovirrasta. Jos akustoa ei ladata, akuston napajännite laskeutuu lepojännitealueelle.

Latausjännitettä mitataan, jotta tiedetään, latautuuko akusto eli tuottaako laturi enemmän virtaa akkuun kuin sieltä kulutetaan pois. Jos näin ei ole, alenee

akuston napajännite pikkuhiljaa eikä laitteisto jaksa alentuneella napajännitteellä käynnistyä. Ylijännite voi saada akuston turpoamaan ja vuotamaan, joka rikkoo akuston.

Akuston latausta voidaan mitata joko akun napajännitteen nousuna tai suoraan laturin D+-liittimeltä. Mittaus suoraan akun navoista on luotettavampi mittaus-tapa kuin mittaus laturilta, sillä jälkimmäinen mittaus ei huomioi jännitehäviöitä laturin plusjohdossa.

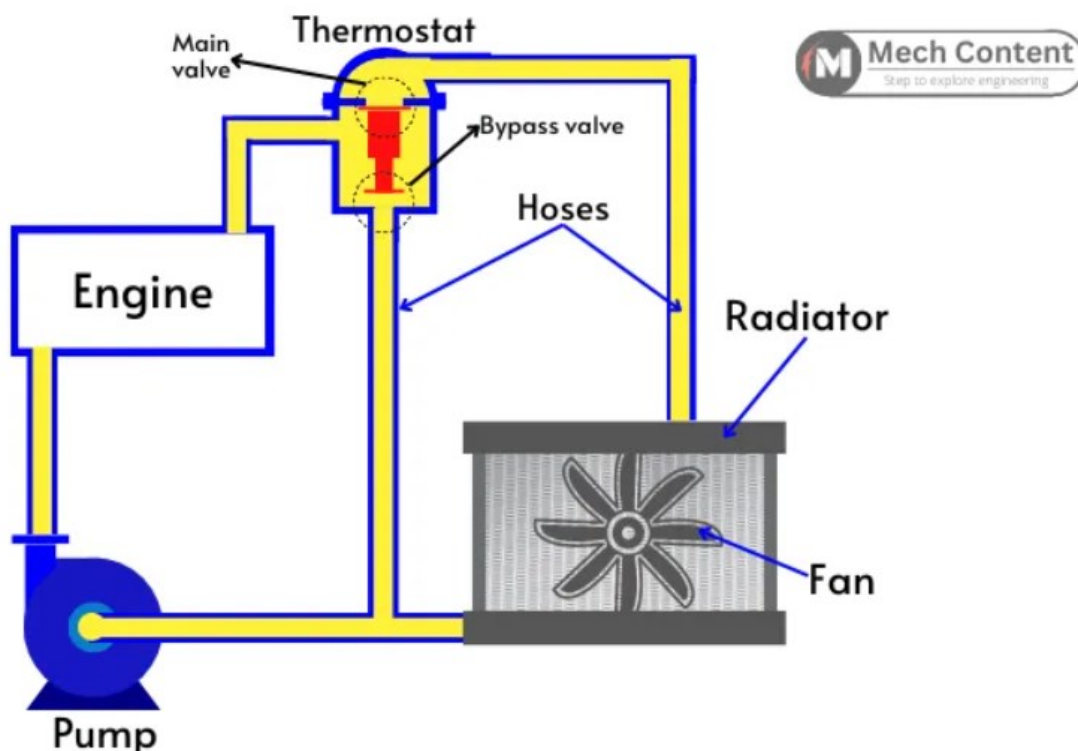
Käynnistysakuston latauksen valvonnan ja napajännitemittauksen voi hoitaa yksi anturi. Koska käytössä olevissa laitteistoissa on 12 V:n ja 24 V:n sähköjärjestelmiä, pitää anturin kyetä mittaamaan jännitetaso väliltä 8–30V. Normaali latausjännite 12 V:n järjestelmässä on noin 14 V, ja 24 V:n järjestelmässä latausjännite on noin 28 V. Jännitettä ei tarvitse pystyä seuraamaan alle 8 V:n alueelta, sillä jo alle 10 V:n napajännitteellä akku on syytä vaihtaa. Jotta samaa anturointiratkaisua voidaan käyttää kaikissa varavoimakoneissa, on skaalaus tehtävä laitekohtaisella kytkennällä niin, että anturoinnin signaalijännitteen maksimiarvo on modeemin input-portilla 5 V. Toinen vaihtoehto on seurata jännitettä laitteiston käyttöjännitteenä. (Robert Bosch GmbH 2014: 434, 443.)

Akuston latauksen etävalvonnan hälytysrajat olisi syytä asettaa niin, ettei käynnistysakuston napajännite pääse putoamaan huomaamatta alijännitteelle tai nousemaan ylijännitteelle. Liitettä 1 tarkastellessa alijännitteen raja voisi olla n. 50 % kapasiteetin paikkeilla eli 12 V:n järjestelmässä noin 12,07–12,23 V:n alueella ja 24 V:n järjestelmässä 24,15–24,45 V:n alueella riippuen akuston rakenteen tyypistä. Ylijännitteen raja-arvo voisi olla 12 V:n järjestelmässä 14–15 V ja 24 V:n järjestelmässä noin 29 V riippuen jännitteensäätimen normaalista latausjännitteestä. (Robert Bosch GmbH 2014: 434, 443.)

3.1.4 Jäähdytysnesteen lämpötilan seuranta

Jäähdytinneste eli glykolin ja veden seos kiertää moottorilohkon jäähdytiskanavia pitkin kuvan 6 mukaisesti jäähdyttäen sylinteriputkia ja -lohkoa

ylivuonemismiselta. Nesteseoksen ollessa viileää se virtaa sylinterilohkon jäähdytyskanavien lävitse ja vesipumpun kautta takaisin sylinterilohkole. Sen saavutettua riittävän lämpötilan aukeaa termostaattikotelossa oleva jousikuormitettu venttiili vahan laajentuessa ja neste pääsee kiertämään ylävesiletkua pitkin jäähdyttimelle. Jäähdyttimen läpi kuljettuaan neste palaa vesipumpun pumpaamana alavesiletkusta takaisin sylinterilohkon jäähdytyskanaviin.



Kuva 6. Jäähdytysnestekierron kaaviokuva (Ambukar).

Taulukossa 1 on esitetty, että glykolivesiseos, joka on sekoitettu suhteessa 50/50 kiehuu noin 107 celsiusasteessa ja jäätyy noin -37 asteen pakkasessa (Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid Properties). Jos jäähdytysneste pääsee jäätymään, saattaa jäähdytysjärjestelmä vaurioitua nesteen jäätyessä ja laajentuessa. Jäätynyt jäähdytysneste ei toimi tarkoitetulla tavalla, jos moottori saadaan käynnistettyä. Jäähdytysnesteen kiehuessa jäähdytyskanavissa ei virtaa enää neste, vaan vesihöyry. Kaasu imee itseensä huomattavasti vähemmän lämpöenergiaa

ja sylinterilohko voi ylikuumentua ja esimerkiksi vääntyillä. Optimaalisessa lämpötilassa pysyvä jäähdytysneste ei pääse aiheuttamaan moottorivauriota.

Taulukko 1. Etyleeniglykolin ja veden seoksen jäätymis- ja kiehumispisteet (Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid Properties).

Glykolin osuus seoksesta (%)	Kiehumispiste (°C)	Jäätymispiste (°C)
0	100	0
10	101,1	-3,4
20	102,2	-7,9
30	104,4	-13,7
40	104,4	-23,5
50	107,2	-36,8
60	111,1	-52,8
70	118	N/A
80	127	≈ -46
90	142	≈ -30
100	197	≈ -45

Moottorilohkossa jo kiinni olevien jäähdytysnesteen lämpötila-antureiden kyljessä olevien tunnistetietojen avulla anturityypin voi tunnistaa ja anturin datalehdien avulla ohjelmoida lämpötilakäyrä modeemiin. Jos anturia ei tunnisteta, pitää anturin lähettämää signaalia seurata ja poimia säännöllisin väliajoin arvot ylös ja rakentaa lämpötila-asteikko modeemiin. Vaihtoehtona on rakentaa kahdennettu anturointi lämpötilaseurannalle. Vaihtoehtoina on moottorilohkon tai jäähdytysvesiletkun pintaan liimattava anturi, tai vaihtoehtoisesti jäähdytysvesiletkun väliin laitettava anturi. Jotta mittavirhe olisi pienin, pitää moottorilohkon pintalämpötilaa seurata. Jäähdytysvesiletkun lämpötilaseuranta reagoi vasta, kun termostaatti aukeaa ja jäähdytinneste virtaa jäähdyttimelle. Termostaatin jumiutuessa kiinniasentoon saataisiin väärää tietoa lämpötilasta.

Täydellinen tilanne olisi, jos jäähdytysnesteen lämpötilaa mittaava anturi kykenisi mittaamaan lämpötiloja -40–120 celsiusasteen väliltä. Anturi, jonka mitta-alue on välillä 40–120 celsiusastetta on riittävä.

Jotta saataisiin tieto moottorivaurioiden lähestymisestä, hälytysrajat olisi syytä asettaa tasolle, jolloin mitään vaurioita ei vielä ole tapahtunut. Alaraja sallitulle lämpötilalle olisi nesteseoksen jäätympisteen lähellä, esimerkiksi 30 pakkasasteessa ja yläraja kiehumispisteen lähellä 105 asteessa olettaen, että termostaatti aukeaa ja jäähdyttimen puhallin on asetettu käynnistymään jo lähellä 90 celsiusastetta.

3.1.5 Polttoineen määräanturi

Dieselmoottorin polttoainepumppu imee polttoainetta päiväsaaliosta. Varastosäiliöstä pumpataan polttoainetta päiväsailiöön joko jatkuvasti tai päiväsailiön pintatason saavuttaessa asetetun raja-arvon.

Jäljellä oleva polttoaineen määrä määrittää sen, kuinka pitkään kyseistä varavoimakonetta pystyy käyttämään ilman tankkausta. Jäljellä olevan käyttöajan pystyy laskemaan pintatasotiedon, polttoaineenkulutuksen ja säiliön mittojen perusteella. Tankkauksen pystyy ennakoimaan paremmin, jos pintatasoanturointi on olemassa. Ilman anturointia polttoaineen kulutus ja tankkausajankohta pitää suunnitella ilman todellista tietoa polttoainemäärästä tai sitten laitteen lähetyvillä on oltava joku aina seuraamassa polttoainetilannetta.

Polttoainemäärän anturointi voidaan toteuttaa yhteen säiliöön tai useampaan säiliöön erillisillä antureilla. Päiväsaaliön tilavuus on pieni verrattuna varastosäiliöön. Oletuksena voidaan pitää, että päiväsaaliön vajetessa täytetään varastosäiliöstä korvaava määrä polttoainetta. Laitteiston toimiessa oikein pitäisi varastosäiliön tyhjentyä ensin. Varastosäiliön tyhjenemisen jälkeen päiväsailiö tyhjenee. Optimaalisin tilanne olisi mitata molemmista säiliöistä pintataso. Jos yhdellä anturilla pitää tulla toimeen, on kaksi vaihtoehtoa: päiväsaaliön anturointi ja varastosäiliön anturointi.

Varastosäiliön anturointi helpottaa tankkauksen suunnittelua, ja laitteistolle pystyy laskemaan toiminta-ajan niin pitkälle kuin varastosäiliössä riittää polttoainetta; päiväsäiliöllä oleva toiminta-aika perustuisi arvioon. Pelkkä varastosäiliön anturointi on ongelmallinen tilanteessa, jossa päivä- ja varastosäiliön välille polttoainelinjaan muodostuu tukos moottorin käydessä. Tällöin päiväsäiliö tyhjenee, mutta varastosäiliön anturi näyttää pintatason olevan suurempi ja laskettu toiminta-aika on väärä. Seurauksena on moottorin sammuminen huomaamatta.

Päiväsäiliön anturoinnissa reaaliaikaista jäljellä olevaa toiminta-aikaa ei pysty laskemaan kuin vasta varastosäiliön tyhjennyttyä. Päiväsäiliön anturoinnissa voidaan olettaa, että varastosäiliö on täynnä ja arvioida jäljellä oleva toiminta-aika laskemalla. Tämän perusteella huomataan, jos varastosäiliön ja päiväsäiliön välillä polttoaine ei siirrykään, kun toiminta-aika muuttuu merkittävän nopeasti päiväsäiliön tyhjentyessä. Lisäksi tankkauksen jälkeen pitäisi toiminta-aikalaskuri nollata, mikä voi muodostua hankalaksi, jos varastosäiliötä ei tankata täyteen asti.

Polttoaineen määrää mittaavan anturin on vähintään oltava anturi, joka hälyttää tietyn asetetun pintatason jälkeen. Parempi vaihtoehto olisi anturi, joka mittaisi todellista polttoainemäärää. Anturin on tunnistettava neste pinta. Anturin on oltava polttoaineen kestävä, jos anturi on kosketuksissa polttoaineen kanssa. Anturissa olisi hyvä olla mahdollisimman vähän mekaanisia osia, jotka ovat alttiita jumiutumislle. Polttoaineen määrää voidaan seurata polttoainesäiliön painon tai pintatason perusteella.

Varavoimakoneen päiväsäiliön anturin pintatason hälytys voidaan asettaa halutulle tasolle ja tämän jälkeen laskea jäljellä oleva toiminta-aika moottorille. Yleisenä polttoaineen kulutuksen ohjesääntönä voidaan pitää lukemaa 0,3 l/kWh. Varmuuden maksimoimiseksi voidaan toiminta-aika laskea suurimmalla kuormituksella ja generaattorin tuottamalla teholla. (Hakala ym. 2019: 109.) Liitteessä 2 on listattuna dieselkäyttöisten generaattoreiden suuntaa antavia polttoaineen kulutuslukemia eri kuormitusasteella. Jäljellä oleva toiminta-aika T voidaan laskea alla olevalla kaavalla.

$$T = \frac{P_m}{P_k \cdot P}$$

T on jäljellä oleva toiminta-aika (h)
 P_m on jäljellä oleva polttoainemäärä (l)
 P_k on polttoineen kulutus (l/kWh)
 P on teho (kW)

3.1.6 Generaattorin jännitetuoton valvonta-anturi

Generaattori tuottaa kiinteistöön kolmivaihesähköä. Roottori pyörii staattorin sisällä ja staattorin käämeihin indusoituu jännite. Jännite ohjataan generaattorin käämitykseltä kolmea johdinta pitkin sähkökeskukselle, ja jokaisessa johtimessa kulkee virta eri vaiheessa toisiinsa nähden. Vaiheet on nimetty sähkötekniikassa merkinnöillä L1, L2, L3.

Vaiheiden päällä olon seuranta auttaa etävalvonnassa. Tämän tiedon avulla pystytään toteamaan, että laitteisto tuottaa onnistuneesti jännitettä kiinteistöön. Anturoinnilla saadaan reaaliajassa tieto myös siitä, jos jännitettä ei muodostukaan vaihejohtimiin.

Jokaisella vaihejohtimella on oltava oma anturinsa. Näin jokaisen johtimen päällä oloa pystytään seuraamaan erikseen. Anturointi voisi olla pihtivirtamittaus tyylinen tai rele johtimen välissä. Johtimen välissä oleva valvontarele voi vikaantuessaan estää vaiheen virran etenemisen. Pihtivirtamittaus ei häiritse normaalia toimintaa vikaantuessakaan.

Generaattorin jännitevalvonnan anturit on oltava antureita, jotka tunnistavat jännitteen muutokset johtimessa. Jännitesyöttö generaattorilta ei saa häiriintyä anturin vikaantumisen takia. Generaattorin muodostama vaihejännite yhdessä vaiheessa on 230 V, ja vaiheiden välinen pääjännite on 400 V. Mittatarkkuus on riittävä, jos tunnistetaan jännitteen muodostuminen ja sen puuttuminen, laatu-tarkastelu ei ole tilaajan mukaan tarpeellista.

Hälytysrajat tulisi asettaa niin, että jos laite ei tuota jännitettä vaiheeseen käydessään, laitteisto hälyttää.

3.2 Johtosarjan mitoitus ja suojaus

Varavoimakoneiden johtosarjan mitoitukseen ei liity standardeja, mutta ajoneuvoihin liittyvää standardia voi käyttää hyödyksi, sillä olosuhteet ovat samanlaisia. Moottorin käydessä aiheutuu tärinää, lämpövaihteluita sekä mahdollisia nestevuotoja. Johdinten tulee olla suojattuja teräviltä kulmilta, niiden osuminen kuumiin kohtiin on estettävä, eivätkä johtimet saa vääntyillä.

3.3 Antureiden priorisointi

Antureiden tärkeysjärjestys listattuna alkaen tärkeimmästä:

1. Polttoainemäärä - käyttöaika
2. Akuston napajännite / latausjännite - käynnistettävyyks
3. Jäähdytysnesteen lämpötila - vaurioituminen
4. Jännitetuotto – varmuus toiminnasta
5. Käyntitieto – Käyttöhistoria

Anturointi vie virtaa, ja kun antureita on useita, niin jotkin anturitiedot ovat tärkeämmässä roolissa kuin toiset. Polttoaineen määrätieto on tärkein; ilman sitä ei tiedetä, onko laitetta edes mahdollista käyttää. Akuston napajännite on seuraavaksi tärkein tieto, sillä ilman riittävää jännitettä laitteisto ei käynnisty, vaikka polttoainetta olisikin. Käynnistysakusto on kuitenkin suhteellisen helppo uusida. Jäähdytysnesteen lämpötilan seurannalla estetään mahdolliset vauriot ylikuumenemisesta. Generaattorin jännitetuottoa anturoimalla saadaan varmuus, että laite toimii ja syöttää jännitettä kiinteistöön. Käyntitieto on historiatietojen kannalta hyvä olla, mutta ei välttämätön.

Ilman käyntitietoa jännitetuoton ja lämpötilan seurantaan varavoimalaitteisto pysyy toimimaan oman diagnostiikkansa ja laatutarkastelunsa voimin. Nämä voi tarvittaessa poistaa käytöstä, jos esimerkiksi akuston napajännite laskee ja pitää säästää virtaa. Polttoaineen määrää sekä akuston napajännitettä on seurattava, jotta tiedetään, onko varavoimakonetta mahdollista käynnistää ja kuinka kauan sitä voidaan käyttää.

4 Anturit

4.1 Passiiviset ja aktiiviset anturit

Kaikki anturityypit ovat joko passiivisia tai aktiivisia. Passiivinen anturi ei tarvitse energialähdettä toimiakseen, vaan anturi muodostaa signaalinsa ulkoisen ärsyksen seurauksena. Esimerkiksi termopari on passiivinen anturi. Aktiivinen anturi tarvitsee ulkoisen virtalähteen toimiakseen. Termistori on esimerkki aktiivisesta anturista, joka ei tuota itsessään virta- tai jännitearvoa vaan vastusarvon. Kun termistorin läpi johdetaan virta, voidaan termistorin vastusarvo havaita joko jännitteen tai virran muutoksena. (Fraden 2016: 7.)

4.2 Lämpötila-anturointi

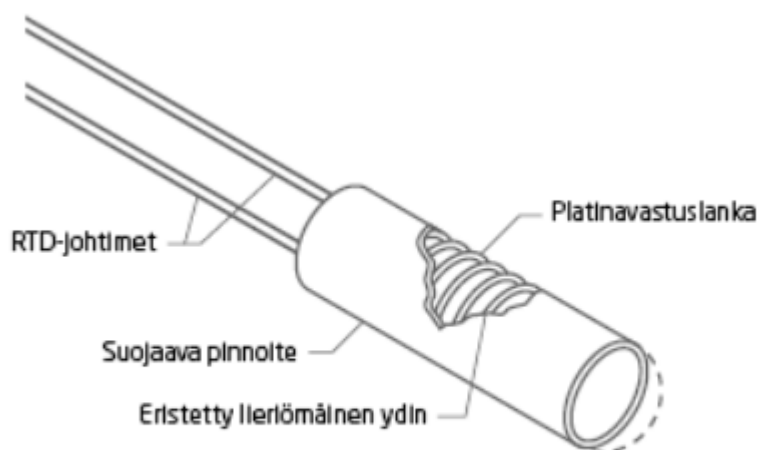
Lämpötilan mittaamiseen on neljä yleisimmin käytettyä anturityyppiä; termoparit, termistorit, RTD-anturit ja puolijohdepohjaiset anturit. RTD-anturin ulostulosignaali on muuttuva vastusarvo, termoparin ulostulosignaali on tasajännitearvo millivolttialueella, ja termistorien ulostulosignaali on muuttuva vastusarvo. Riippuen anturivalinnasta on käytettävä joko vakiovirtatoimintoa tai mitattava signaalijännitettä ja jännitettä vahvistettava tarvittaessa 0–5 V:n alueelle. (4 Most Common Types of Temperature Sensor.)

4.2.1 RTD-anturi

RTD on englanninkielinen lyhenne sanoista Resistance Temperature Detector. Anturin materiaalin lämpötilan vaihdellessa myös sen resistanssi muuttuu.

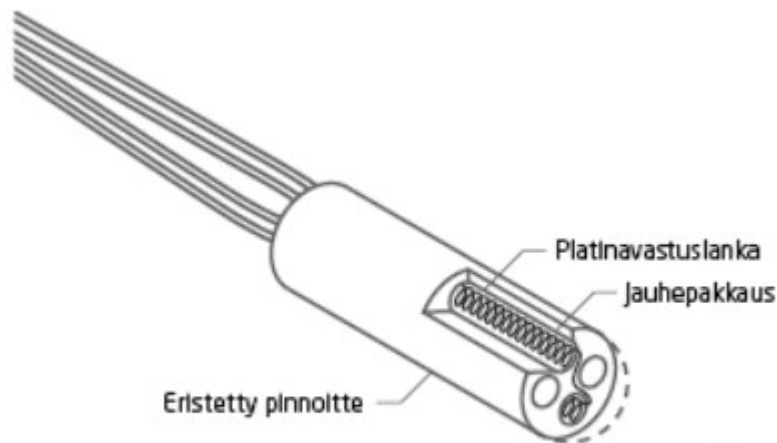
Anturi koostuu yleisimmin platinavastuslangasta, joka on kiedottu johtamattoman ytimen ympärille. Useat anturit on myös asetettu suojaavan sondin sisälle. Platinan resistanssi nousee lineaarisesti lämpötilan noustessa. Muita käytettyjä vastuslankamateriaaleja ovat nikkeli ja kupari. Mainittujen materiaalien lämpötilakerroin on positiivinen, mikä tarkoittaa resistanssin kasvavan lämpötilan kasvaessa.

Kierrettyssä vastuslankaelementissä (kuva 7) ydin on johtamaton materiaalia, jonka ympärille vastuslanka on kierretty. Vastuslanka leikataan tietyn pituiseksi, jolloin saavutetaan haluttu vastusarvo 0 celsiusasteessa. Lyijyiset johdinlangat kiinnitetään vastuslankaan, minkä jälkeen vastuslangan päälle levitetään lasi- tai keraaminen päällyste suojaamaan. (RTD-lämpötila-antureiden perusteet.)



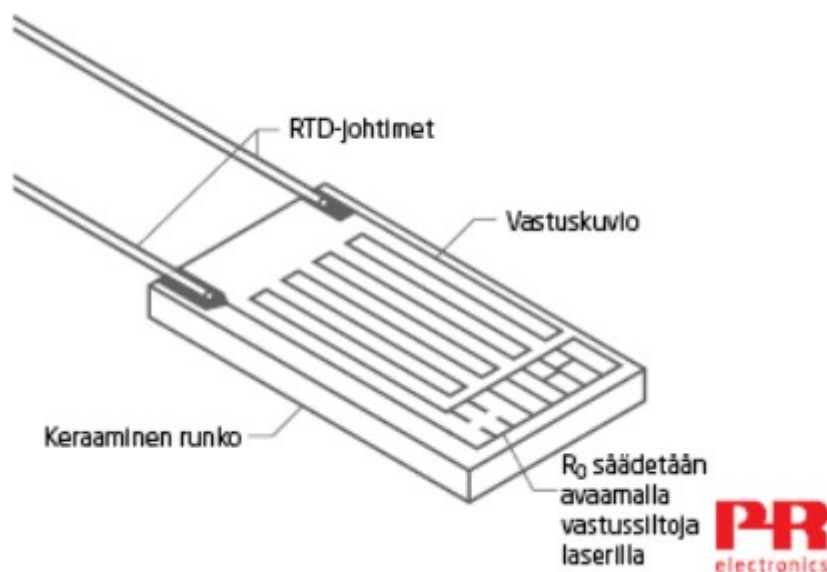
Kuva 7. Kierretty RTD-elementti (RTD-lämpötila-antureiden perusteet).

Kelattu RTD-elementti (kuva 8) muodostuu pieneksi keloiksi rullatuista vastuslangoista, jotka sopivat keraamiseen muotoon löyhästi. Keraamisen muodon sisäosa täytetään johtamattomalla jauheella. Lämpötilan muuttuessa vastuslanka pääsee laajenemaan ja kutistumaan vapaasti ja näin minimoidaan mekaanisesta rasituksesta aiheutuvat virheet. Jauhe johtaa lämpöä käämeihin ja näin vasteaikaa saadaan parannettua. Kelatut elementit on yleensä suojattu metallivaipalla. (RTD-lämpötila-antureiden perusteet.)



Kuva 8. Kelattu RTD-elementti (RTD-lämpötila-antureiden perusteet).

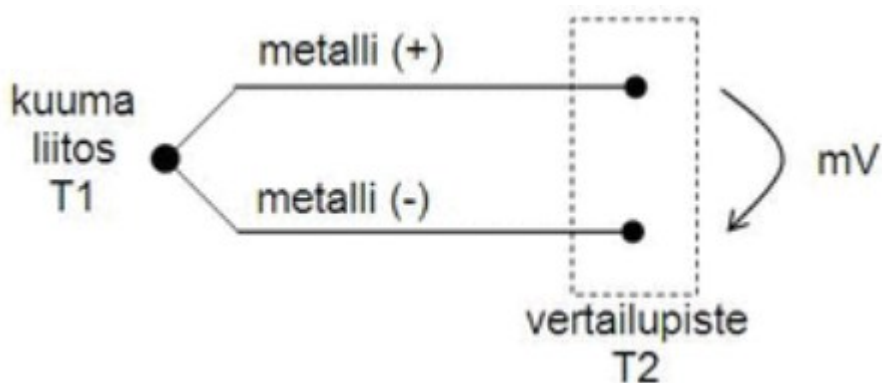
Ohutkalvoiset RTD-elementit (kuva 9) ovat halvimpia RTD-elementeistä, sillä ne valmistetaan massatuotannolla. Ohutkalvo elementtien reaktioaika on nopeampi kuin muiden RTD-elementtien, mutta ovat alttiimpia suuremmalle virheelle anturin itselämpenemisen takia. Itselämpeneminen aiheutuu elementin pienestä koosta, joten syötetty anturivirta lämmittää anturia nopeammin kuin muita suurempia elementtejä. (RTD-lämpötila-antureiden perusteet.)



Kuva 9. Ohutkalvo RTD-elementti (RTD-lämpötila-antureiden perusteet).

4.2.2 Termoparit

Termopari eli termoelementti (kuva 10) muodostuu vähintään kahden johtimen liitoksesta. Johtimien kuuma pää on liitetty yhteen, ja tämä pää laitetaan mitattavaan materiaaliin. Johtimien kylmä pää on tiedetyssä lämpötilassa, josta mitataan jännite-ero. Johtimet ovat eri metalliseosta toistensa kanssa. Johtimien välille muodostuu jännite-ero, mitä kutsutaan Seebeckin ilmiöksi. Jännitteen perusteella mitattavan kohteen lämpötila voidaan laskea. Anturi ei tarvitse ulkoista virta- tai jännitelähdettä toimiakseen. (Thermocouple probes.)



Kuva 10. Termoelementin kytkentä (Miten toimii TE-anturi (termoelementti)?).

Termoelementtejä on useaan eri käyttölämpötilaan. Nämä jaotellaan johtimien materiaalien mukaan. Esimerkiksi tyypin J-anturin positiivinen johdin on rautaa ja negatiivinen johdin nikkeli-kupariseosta. Taulukossa 2 on lueteltuna lämpötila-alueet eri termoparityypeille.

Taulukko 2. Termoparityyppien lämpötila-alueet ja toleranssit (Miten toimii TE-anturi (termoelementti)?).

<i>Tyyppi</i>	<i>Tarkkuusluokka</i>	<i>Lämpötila-alue °C</i>	<i>Kiinteä arvo °C</i>	<i>Sallitut toleranssit</i>
T	1	-40...+350	± 0,5	± 0,004 [t]
	2	-40...+350	± 1,0	± 0,0075 [t]
	3	-200...+40	± 1,0	± 0,015 [t]
E	1	-40...+800	± 1,5	± 0,004 [t]
	2	-40...+900	± 2,5	± 0,0075 [t]
	3	-200...+40	± 2,5	± 0,015 [t]
J	1	-40...+750	± 1,5	± 0,004 [t]
	2	-40...+750	± 2,5	± 0,0075 [t]
K	1	-40...+1000	± 1,5	± 0,004 [t]
	2	-40...+1200	± 2,5	± 0,0075 [t]
	3	-200...+40	± 2,5	± 0,015 [t]
N	1	-40...+1000	± 1,5	± 0,004 [t]
	2	-40...+1200	± 2,5	± 0,0075 [t]
	3	-200...+40	± 2,5	± 0,015 [t]
R ja S	1	0...+1600	± 1,0	± [1+(t-1100)×0,003] °C
	2	0...+1600	± 1,5	± 0,0025 [t]
L*		-200...+400 +400...+900		± 3,0 °C ± 0,75 %
* Tyyppi L määritellään standardissa DIN 43710, kaikki muut standardin IEC 60584 mukaan.				

4.2.3 Termistorit

Termistorit ovat lämpötila-antureita, joiden resistanssi riippuu lämpötilasta. Termistorit jaetaan kahteen ryhmään: PTC- ja NTC-termistorit. PTC-termistorin vastusarvo kasvaa lämpötilan kasvaessa, kun taas NTC-termistorin vastusarvo pienenee lämpötilan kasvaessa.

Termistorin valmistusmateriaali vaikuttaa vastusarvon muutoksen suuruuteen ja rakenne mitta-alueen alku- ja loppupisteen sijaintiin lämpötila-asteikolla. Muista lämpötila-antureista poiketen, termistorin vastuskuvaaja ei ole lineaarinen (kuva 11). Termistoreita on useaa eri muotoa. Mitä suurempaa pinta-alaa voidaan käyttää mitattavassa kohteessa, sitä tarkempi mittaustulos on. (What is a thermistor?.)

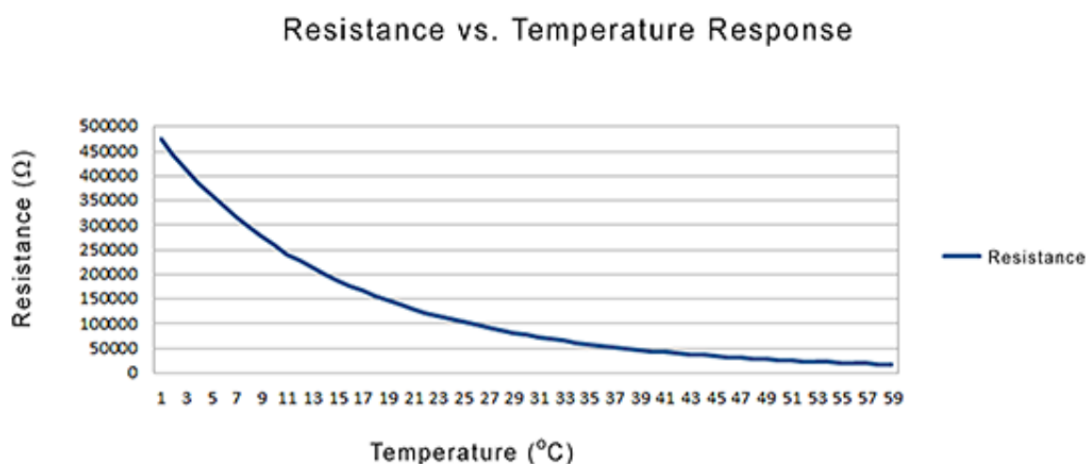


Figure 2: Resistance vs. Temperature

Kuva 11. Termistorin vastusarvon muutoskäyrä (What is a thermistor?).

4.2.4 Infrapunamittaus

Infrapunamittaus on kosketukseton lämpötilamittaus, joka toteutetaan infrapunäsäteiden avulla. Mittari lähettää infrapunäsäteitä mitattavaan pintaan. Mitattavasta pinnasta säteet heijastuvat takaisin mittariin. Takaisin heijastunut säde muunnetaan sähköiseksi signaaliksi, joka näytetään lämpötila-arvona. Mitattavan pinnan emissiivisyyskerroin vaikuttaa infrapunäsäteiden heijastumiseen. Tarkan mittaustuloksen saamiseksi pitää mitattavan pinnan emissiivisyyskerroin tietää ja asettaa se mittarille.

Infrapunamittaus soveltuu mittaustilanteisiin, jossa mitattavaan pintaan on vaikea päästä käsiksi tai jossa pinta on kuuma, steriili tai liikkuva. (How do Infrared Thermometers work?.)

4.3 Jännitemittaus

Jännitteestä puhuttaessa tarkoitetaan virtapiirissä kahden pisteen välistä potentiaalieroa. Jännitteen mittaukseen on kaksi tapaa: jännitemittaus verrattuna maata vasten ja jännitemittaus kahden jännitetason erotuksena. (Measuring Direct Current (DC) Voltage.)

Käytettävän modeemin kanssa riittää, että laitteella annetaan akun plusnavalta käyttöjännite johtimella ja miinusnavalta maadoitus.

4.4 Pintatasoanturointi

Nestetasoa voidaan seurata nestepinnan korkeuden, nesteen painon tai säiliössä olevan paine-eron avulla. Mittaus voidaan suorittaa jatkuvalla mittauksella, jolloin aina tiedetään aineen määrä, tai voidaan käyttää kytkintä ilmoittamaan, kun tietty raja on saavutettu. Mittausta voi tehdä kosketuksettomasti tai koskemmalla anturilla mitattavaan aineeseen. Jos mitattavaa ainetta voidaan koskea, ovat vaihtoehtoina esimerkiksi kohoanturointi, hydrostaattiset anturoinnit tai kapasitiiviset anturit. Kosketuksettomia antureita ovat esimerkiksi optiset kytkimet, ultraääni anturit, laser anturi ja punnituskennot.

4.4.1 Mitattavaan aineeseen koskevat mitta-anturit

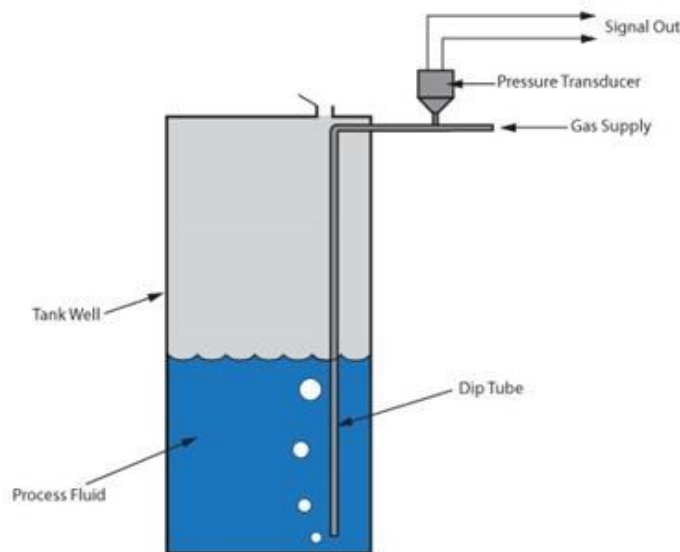
Kohokytkin / -anturi

Kohoanturointi toimii yksinkertaisella periaatteella: Kelluva kappale sijoittuu mitattavan nesteen pintatason ja säiliössä olevan kaasun väliin. Kohoon liitetään mekaaninen laite, jolla havaitaan kohon sijainti säiliön sisäpuolella. Kohoon voi olla liitettynä vaijeri, nauha, rattaita tai talja. Magneettinen koho on yleinen ratkaisu nykypäivänä. Anturointi soveltuu nesteiden pintatasomittaukseen. Koho on valmistettu ontoksi, niin että se kelluu nesteessä. Kohokytkin voi olla joko pystysuunnassa olevan kiinteän tangon ympärillä tai johdon päässä vapaasti roikkuva koho. Jos kohoon odotetaan tarttuvan epäpuhtauksia, voidaan koho

ylimitoittaa riittävän suureksi, jolla varmistetaan kohon kelluminen. (A dozen ways to measure fluid level.)

Kupla-anturi

Hydrostaattiseen paineeseen perustuva kupla-anturointi (kuva 12) työntää paineella putkea pitkin kaasua säiliön pohjalle. Kaasu voi olla ilmaa tai tarvittaessa inerttiä kaasua. Mitä enemmän säiliössä on nestettä, sitä suuremmalla paineella on kaasua työnnettävä putkea pitkin säiliöön. Paine kasvaa putkessa, kunnes se syrjäyttää putken päähän aiheutuneen hydrostaattisen paineen. Pinnankorkeus lasketaan paineanturilla, joka on kaasulinjassa. Kaasun paine on yhtä suuri kuin nesteen tiheys kerrottuna säiliön pohjalla olevan putken pään ja nestepinnan välisellä korkeudella. Anturin asennus ei vaadi reikien poraamista säiliön kylkeen, mutta vaatii kaasulinjan. (A dozen ways to measure fluid level.)

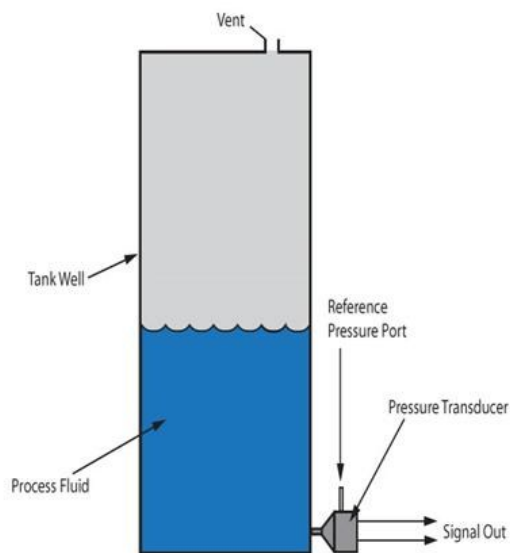


Kuva 12. Kupla-anturin kaaviokuva (A dozen ways to measure fluid level).

Paine-eroanturi

Toinen hydrostaattiseen paineeseen perustuva anturi on paine-eroanturi (kuva 13). Anturi sijoitetaan säiliön alaosaan. Anturi vertaa säiliön ulkopuolella olevaa ilmanpainetta ja mitattavan nesteen anturiin aiheuttamaa painetta ja laskee

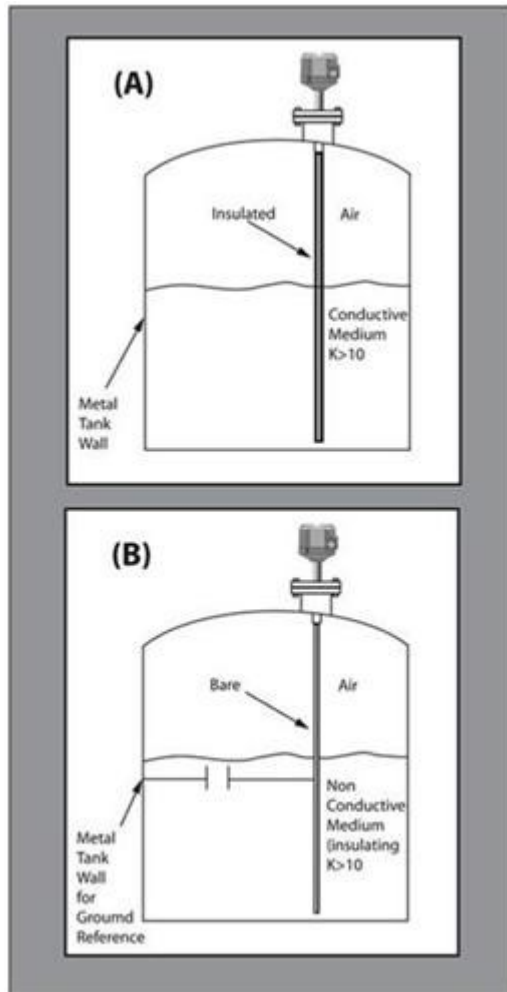
paine-eron avulla pinnankorkeuden. Paine-eroanturi sekä kupla-anturi voivat toimia myös suljetussa, paineellisissa astioissa. Vertailupaine on silloin otettava säiliön yläreunasta, täyteen täytetyn säiliön nestepinnan yläpuolelta. Paine-eroanturin asennus vaatii reiän säiliön kylkeen. (A dozen ways to measure fluid level; Lukat; Use Differential Pressure Transmitter to Measure Liquid Level.)



Kuva 13. Paine-eroanturin kaaviokuva (A dozen ways to measure fluid level).

Kapasitiivinen mittaus

Kapasitiivinen pintatasoanturin mittaus (kuva 14) perustuu siihen, että mitattavan aineen dielektrisyyskerroin on selvästi erilainen kuin ilman 1,0. Öljyillä kerroin on noin 1,8–5,0. Anturi on yleisesti sauvamainen anturi, joka muodostuu joko kahdesta toisistaan eristetystä elektrodista, ulkoputkesta ja sisäputkesta tai täysin suljetusta putkesta. Kun nestetaso nousee anturin sisällä, kasvaa kokonaiskapasitanssiarvo samassa suhteessa. Anturin käyttöönotossa pitää kalibrointi suorittaa matalan ja täyden nestepinnan välille. Kapasitiivinen anturi tarjoaa jatkuvan mittauksen. (A dozen ways to measure fluid level; Level Sensors.)



Kuva 14. Kapasitiivisen anturoinnin kaaviokuva (A dozen ways to measure fluid level).

Rajakytkin

Rajakytkin on kytkin, joka on joko asennossa, jossa se johtaa tai ei johda sähköä. Koho, joka on tangon ympärillä, perustuu Reed-kytkimen toimintaan. Kohossa oleva magneetti aiheuttaa Reed-kytkimen kytkeytymisen tai aukeamisen riippuen kytkimen normaaliasennosta. Vapaasti johdon päässä roikkuva pintakytkin on yleisesti mikrokytkin, jonka sisällä on metallinen pallo, joka liikkuu kohon liikkeiden takia liikealueen äärilaitaansa sulkien tai avaten virtapiirin. (Pintakytkimet.)

4.4.2 Mittaus ainetta koskematta

Painoon perustuva anturointi

Punnituskenno tai venymäliuska tunnistaa nesteen painosta johtuvan rasituksen säiliön tukirakenteissa. Yksi tai useampi punnituskenno sijoitetaan kantamaan säiliön paino. Punnituskennoja saa mittaamaan muutamien grammojen tai tuhansien kilojen painoisia esineitä.

Venymäliuska toimii samalla periaatteella kuin punnituskenno, mutta venymäliuska liimataan säiliön tukirakenteen päälle. Venymäliuska tunnistaa tukirakenteen venymät.

Kun säiliön paino muuttuu, muuttuu punnituskennoille tai venymäliuskoille välittyvä voima samalla. Kun tiedetään säiliön mitat ja nesteen ominaispaino, pystytään nesteen tilavuus laskemaan. (A dozen ways to measure fluid level.)

TOF-anturit

Nykyaikaiset teknologiat pintatason mittauksessa perustuvat mittasignaalin lentoaikaan (TOF Time of Flight). Laitteet mittaavat yleisesti pintatason referenssipisteen etäisyyttä anturilla tai lähettimellä, joka sijaitsee säiliön yläosassa. Yleisesti laitteisto lähettää mittapulssin, joka heijastuu mitattavan aineen pinnasta takaisin vastaanottimelle. Sähköinen piiri laskee signaalin kokonaislentoaikaa. Jakamalla signaalin lentoaika kaksinkertaisella signaalin nopeudella saadaan pintatason etäisyys laskettua. Käytettävien teknologioiden mittasignaalit ovat ultraääntä, mikroaaltoja tai valoa. Nämä ovat todettu toimiviksi. (A dozen ways to measure fluid level.)

4.5 Käyntitiedon anturointi

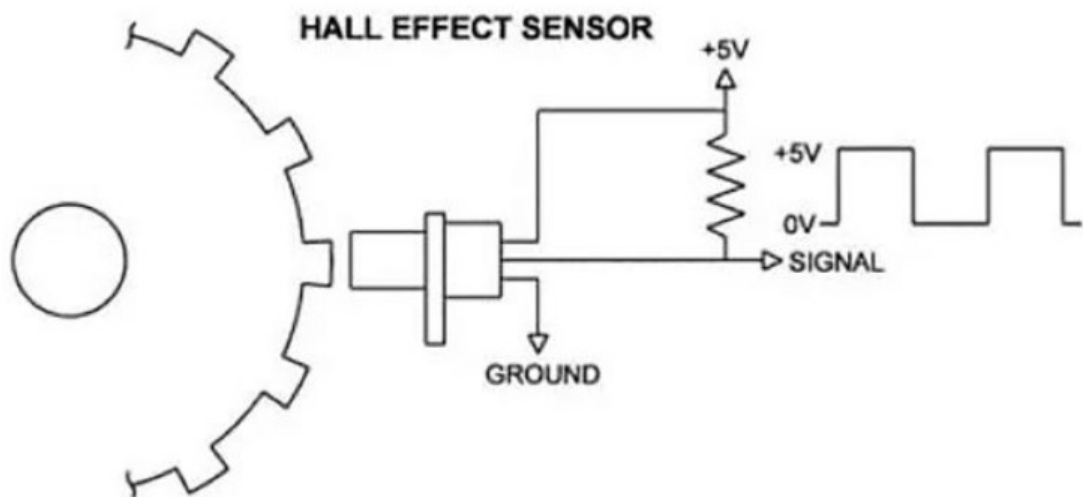
Moottorin käyntitieto voidaan tunnistaa kampiakselin pyörimisestä. Liitteessä 3 esitetään esimerkimoottorista moottorilohkon ja generaattorin välissä oleva paikka anturille, joka tunnistaa vauhtipyörän hammaskehän liikkeen.

Hammaspyörän liikkeen tunnistukseen voidaan käyttää esimerkiksi Hall-anturia, induktiivista anturia tai optista anturia. Kaikkiin moottorilohkoihin ei välttämättä saa anturia tunnistamaan kampiakselia. Tällaisessa tilanteessa moottorilohkon kylkeen pystyy kiinnittämään tärinää tunnistavan kiihtyvyyssanturin. Moottorin kierroslukua ei tarvitse seurata, joten tieto moottorin käynnistä riittää. Antureissa riittävät kytkimen ominaisuudet, eli ulostulosignaali on riittävä, jos se kertoo, pyöriikö kampiakseli vai ei.

4.5.1 Hall-anturi

Hall-anturi tunnistaa ferromagneettisia metalleja. Ferromagneettisen metallin liikkuminen anturin ohitse aiheuttaa anturiin magneettikentän muutoksen, jonka anturi havaitsee. Digitaalinen signaalijännite muuttuu vauhtipyörän hampaan ohittaessa anturin joko 0–5 V:n tai 5–0 V:n välillä riippuen anturin sisäisestä kytkennästä. Hall-anturi, jossa on kolme johdinta, tarvitsee syöttöjännitteen kuvan 15 mukaisesti. Tämä voi tulla ongelmaksi laitteissa, joissa ei ole akkua.

(Crankshaft position sensor (Hall effect) – running; Hall Effect or Reluctor?.)



Kuva 15. Hall anturi (Hall Effect or Reluctor?).

4.5.2 Induktiivinen anturi

Induktiivisen anturin toiminta perustuu magneettikentän muutokseen. Anturin sisällä on kestopagneetti, joka luo anturissa olevalle käämille magneettikentän. Kun ferromagneettinen kappale kulkee anturin ohitse, muuttuu käämin magneettikenttä, joka muodostaa oskilloivan jännitesignaalin. Induktiivinen anturi ei tarvitse Hall-anturin tavoin syöttöjännitettä. (Measuring an inductive crankshaft sensor.)

4.5.3 Kiihtyvyyssanturi

Moottorin käydessä moottorilohko tärisee. Kiihtyvyyssanturit tunnistavat kappaleen tärinää kiihtyvyyden muodossa. Pietsoelektrisessä kiihtyvyyssanturissa (kuva 16) anturin pohjaelementin päällä on pietsoelektrinen elementti, jonka päällä on anturin massaelementti. Tärinän takia massaelementti tärisee pietsoelektrisen elementin päällä. Jännitearvo syntyy, kun pietsoelektrinen elementti joutuu rasitukseen massaelementin ja anturin pohjamateriaalin välissä. Anturin valinnassa pitää ottaa huomioon mitattavan moottorin tärinän taajuus ja valittava anturi, jonka mitta-alueelle tämä sijoittuu. (Fraden 2016: 405–406; Measuring Vibration with Accelerometers.)

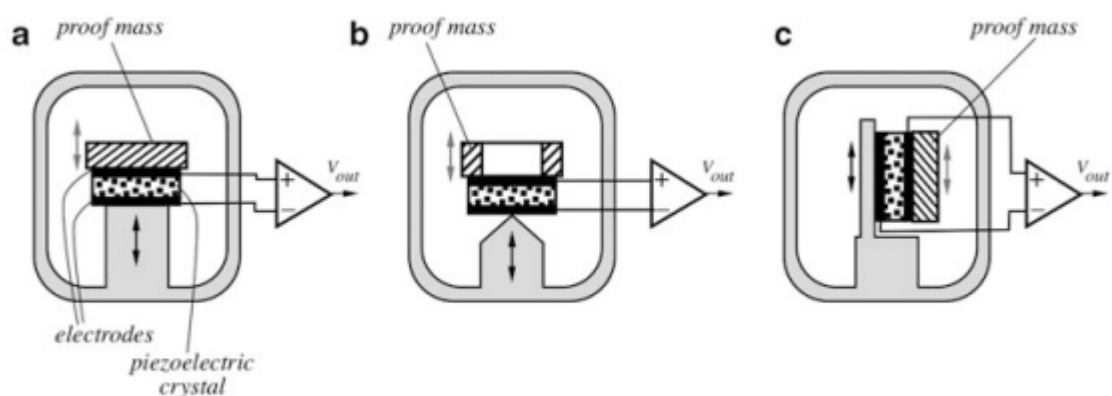


Fig. 9.23 Piezoelectric accelerometer options. Compression coupling (a), flexural coupling (b), and shear coupling (c)

Kuva 16. Pietsoelektriset kiihtyvyyssanturit (Fraden 2016: 405).

4.6 Vaihevalvonta-anturi

Vaihevalvonnan anturointi seuraa generaattorin tuottamaa jännitettä kolmeen vaiheeseen. Jokaista vaihetta on seurattava omanaan. Koska vaiheita on kolme ja valvonta-anturi tarvitsee modeemissa vähintään tilaa kahdelle johtimelle, signaalijohdolle ja maadoituspisteelle, tarkoittaa tämä vaihevalvonnan osalta kolmen input-portin käyttöönottoa. Jos tarvittavien input-porttien määrä on rajallinen ja määrällisesti kolme käytettyä input-porttia per anturointi osoittautuu liian suureksi, vaihtoehtona on toteuttaa anturointi niin, että luotetaan laitteiston omaan automatiikkaan ja otetaan varavoimakoneen älyvalvonnalta häiriötieto anturoitavaksi niin, että kun laitteisto huomaa vian ja hälyttää siitä omalla näyttöllään, poimii lisätty anturointi tämän tiedon ja kerää sen etävalvontamodeemille.

4.6.1 Pihtivirtakytkin

Kun generaattori tuottaa vaihejohtimeen jännitteen, joka ohjataan kiinteistön käyttöön, kulkee johtimessa myös jonkinsuuruinen virta. Kun vaihejohtimen ympärille kiedotaan käämi, virran kulkiessa käämin lävitse indusoituu käämin jännite, joka voidaan huomata jännitemittauksella. Vaihejohdinta koskettamaton pihtivirtamittaus ei häiritse laitteiston varsinaista toimintaa edes vikaantuessaan. Generaattorin ja vaihejohtimen väliin laitettavat kytkimet tai muut anturit voivat vikaantuessaan katkaista jännitteensyötön vaihejohtimessa, vaikka muuten laitteessa ei olisi mitään vikaa. Pihtivirtamittauksen periaatteella toimivat virtakytkimet (kuva 17) tunnistavat lävitseen menevän virran ja avaavat tai sulkevat kytkimen riippuen kytkimen tyypistä.



Kuva 17. Ei avattavissa oleva virtaanturi (ASP-FD Series Current Switches).

4.6.2 Rele

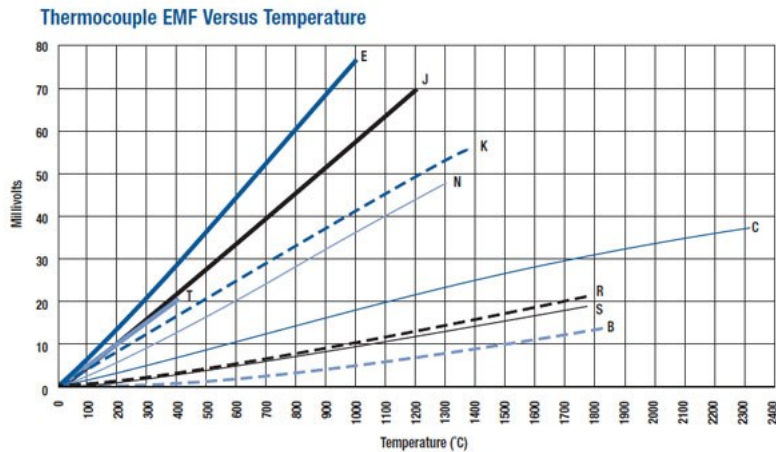
Releiden avulla pienellä virralla ohjataan yleisesti suurempaa jännitettä. Vaihejohtimen väliin laitettava rele voisi olla toiminnaltaan käänteinen. Suurella virralla ohjataan matalajännitepuolta. Virran kulkiessa vaihejohtimen lävitse sulkeutuu anturoinnin virtapiiri, jonka modeemilaite tunnistaa. Releen vikaantuessa suuremman jännitteen puolella estyy jännitteen pääsy anturointiratkaisun takia eteenpäin. Releen pitää kestää 230 V käämijännitteenä.

4.6.3 Vikailmoituksen anturointi

Varavoimakoneen älyllinen ohjaus seuraa jatkuvasti käynnissä olevan generaattorin tuottaman jännitteen laadukkuutta. Kun laite havaitsee laatupoikkeaman, katkaisee se jännitteensyötön kiinteistöön ja ilmoittaa siitä vikailmoituksella. Tämän laitteiston vikailmoitussignaalin havaitsemisella saadaan etävalvontajärjestelmäänkin tieto havaitusta viasta.

4.7 Anturisignaalin muuttaminen tulkittavaan muotoon

Jotkin käytettävissä olevat anturit tuottavat itsessään 0–5 V:n jännitealueen signaalijännitteen; toisaalta esimerkiksi lämpötilaa mitatessa termopareilla signaalijännitekäyrä on kokonaisuudessaan millivolttialueella (kuva 18).



Kuva 18. Termoparityyppien signaalijännitealueet (Thermocouple Type K).

Ilman signaalijännitteen ylös skaalausta eli vahvistusta pitäisi tunnistavan anturin ja modeemin tunnistuksen olla hyvin tarkka. Jos käytössä ei ole laitetta, joka tunnistaa millivolttien muutoksia, on käytettävä jännitevahvistinta (kuva 19).



Kuva 19. Termoparijen signaalijännitteen vahvistimia (Termopari Jännitevahvistin).

Jos käytetään antureita, joiden signaaliarvo on muuttuva vastusarvo, on käytettävä laitetta, joka syöttää virtapiiriin jatkuvasti vakiovirtaa. Anturin vastusarvon muuttuessa seurantalaitteeseen palaa takaisin muuttunut virta-arvo. Laite laskee lähetetyn virran ja laitteeseen saapuneen virran erotuksen ja laskee tämän avulla termistorin tilanteessa anturin tunnistaman lämpötilan. Käytettävän vastusarvoa muuttavan anturin vastusarvon muutoskäyrä on ohjelmoitava

seurantalaitteeseen, jotta laite osaa laskea oikein. Mitä tarkemmin ja tiheäm- millä mittapisteillä käyrä saadaan siirrettyä laitteeseen, sitä tarkempi valvonta saadaan.

5 Esimerkkilaitteisto

Tässä luvussa on muodostettu esimerkkilaitte, joka toimii tilaajan haluamalla ta- valla.

Käyntitietoanturina käytetään kiihtyvyyssanturia, joka tunnistaa tärinän moottorin käydessä. Tämä siksi, että kaikissa laitteissa ei ole anturipaikkaa kampiakse- lilla, mutta jokainen polttomoottori tärisee, kun se on käynnissä.

Generaattorin tuottaman jännitteen laatua ei valvota. Anturointi seuraa vain, kul- keeko vaihejohtimessa virta. Tämä toteutetaan jokaiseen kolmeen vaihejohti- meen.

Polttoainetasoa seurataan varastosäiliöstä ja päiväsäiliöstä kapasitiivisen antu- reiden avulla reaaliaikaisella seurannalla.

Akun jännitetietoa seurataan etävalvontalaitteen käyttöjännitteenä. Näin saa- daan yksi input-tieto vapautettua toisen anturin käyttöön.

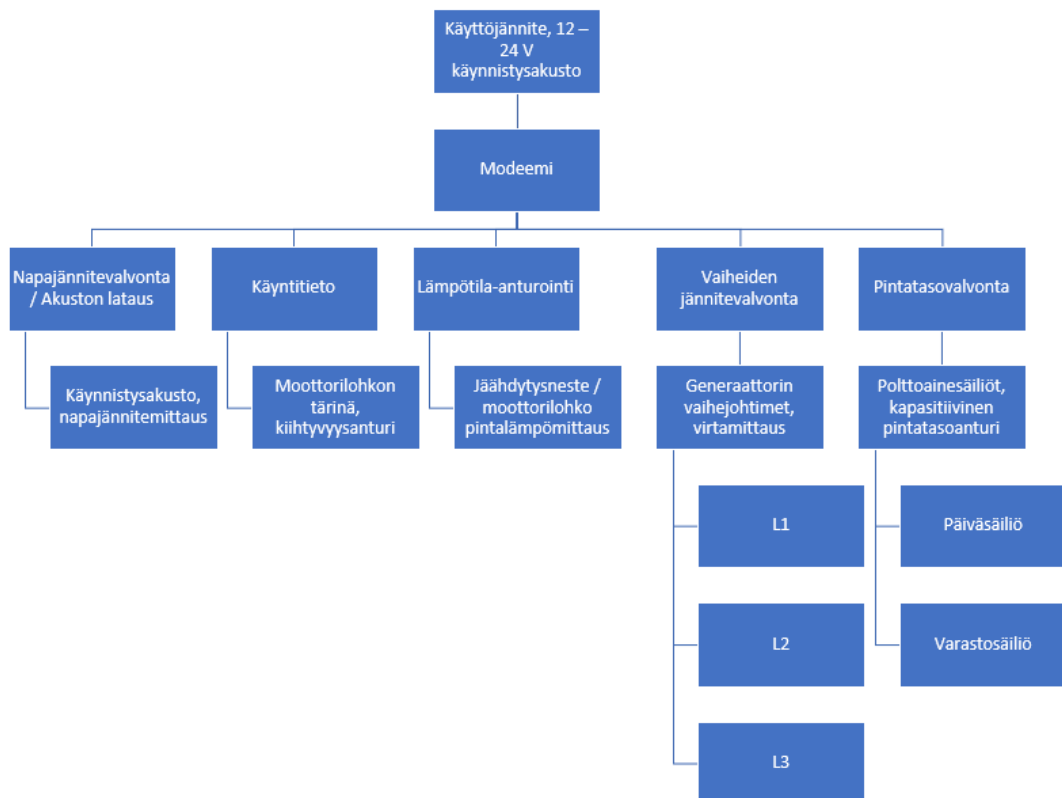
Lämpötilaa mitataan pintalämpötilana moottorilohkosta. Tällä järjestelyllä ei tar- vitse porata lohkoon reikiä eikä irrotella vesiletkuja. Tällä järjestelyllä voidaan valvoa jatkossa mitä tahansa polttomoottoria, jopa ilmajäähdytteistä moottoria.

Valvontamodeemiin kootaan kaikki anturitiedot ja laite seuraa anturiarvoja lait- teeseen ohjelmoidun logiikan perusteella.

5.1 Toimintaperiaate

Kuvan 20 mukaisesti valvontalaitteiston modeemi saa käyttöjännitteensä käyn- nistysakustolta. Samalla seurataan käynnistysakuston jännitetasoa.

Seurantalaitemodeemiin kytketään anturit, joita tarvitaan anturoinnissa. Moottorin käyntitietoa seurataan moottorilohkon tärinän avulla kiihtyvyyssanturilla. Jos moottori ei tärise, se ei myöskään ole käynnissä. Jäähdytysnesteen lämpötilaa seurataan moottorilohkoon liimattavalla lämpötila-anturilla. Jäähdytysnesteen lämpötila johtuu jäähdytyskanavien seinämien kautta moottorilohkon ulkopinnalle. Generaattorin jännitetuottoa seurataan vaihejohtimen ympärille laitettavan pihtivirtamittaustyylisen anturin avulla, kun vaihejohtimeen muodostuu jännite, kulkee sen lävitse myös virta, jonka virtamittari tunnistaa. Polttoaineen pintatasovalvontaa suoritetaan kahdella anturilla. Varastosäiliössä ja päiväsäiliössä on pintatasoanturi, joka mittaa nestepinnan korkeutta jatkuvasti. Pintatasotiedon sekä modeemille asetetun polttoaineen kulutustiedon perusteella lasketaan jäljellä oleva toiminta-aika. Modeemiin on ohjelmoitu logiikka, jolla se havaitsee epänormaalin toiminnan ja ilmoittaa niistä käyttäjille etänä.



Kuva 20. Kaaviokuva esimerkkilaitteen kytkennöistä ja toimintaperiaatteesta.

5.2 Antureiden valinta

Napajännitemittaus on järkevintä suorittaa seuraamalla modeemin käyttöjännitteen suuruutta, millä vapautetaan input-portteja muille antureille, eikä anturia tarvitse erikseen valita.

Moottorin käyntitieto poimitaan kiihtyvyyssanturilla moottorilohkon pinnasta. Tällä mahdollistetaan laitteen käyntitiedon seuranta, vaikka laitteessa ei olisi paikkaa seurata kampiakselin pyörintää. Dieselmoottori on yleisesti säädetty toimimaan 1500 kierroksen läheisyydessä. Tyhjäkäynnillä kampiakseli pyörii noin 600 kierrosta minuutissa. Yleisesti dieselmoottorin kierrosalueen yläpää sijoittuu noin 7000 kierrokseen minuutissa. Edellä mainitun avulla ja alla olevan kaavan avulla voidaan laskea, että palotapahtuman aiheuttama värähtely tapahtuu 50–100 Hz:n alueella, oli kyseessä neljä-, kuusi- tai kahdeksan sylinterinen moottori.

$$\frac{n \cdot kpl \cdot p}{s} = \frac{1500 \cdot 6 \cdot 0,5}{60} = 75 \text{ Hz}$$

n on kampiakselin kierrosluku minuutissa

kpl on sylinterien lukumäärä

p on palotapahtumien lukumäärä sylinterissä kampiakselin kierroksen aikana

s on sekuntia minuutissa

Moottorin värähtelyn tunnistamiseksi anturin taajuusalueeksi riittää 2–1000 Hz. Anturi voidaan kiinnittää magneetilla tai liimaamalla. Mitattavia akseleita ei tarvitse olla yhtä enempää. Anturin mitta-alue tunnistaa palotapahtuman värähtelyn moottorissa, joka on 1–12-sylinterinen ja moottorin kierrosalue 600–10000 kierrosta minuutissa. (Örn 2014: 16–22; Tuomioja 2023.)

Lämpötila-anturi liimataan moottorilohkon pintaan. Mittatarkkuus on riittävä, jolloin jäähdytysvesiletkuja ei tarvitse irrottaa tai moottorilohkon jäähdytyskanaviin tehdä lisäreikiä. Anturina käytetään PT1000 RTD -ohutkalvoanturia, jossa on kaksi johdinta. PT1000-anturi on tarkempi kuin PT100-anturi, silloin kun käytetään konstruktioita, jossa on vain kaksi johdinta. Kahdella johtimella säästetään

input-portteja muille antureille. Käytettäessä RTD-anturia pitää käyttää vakiovirtalähtöä ja kytkeä anturi modeemiin niin, että se pystyy lähettämään virtasignaalin anturille, jonka suuruutta seurataan vastuksen jälkeen input-portissa. (How to Choose Between a RTD PT100 vs PT1000?; DeLancey.)

Generaattorin vaihevalvonta suoritetaan vaihejohtimen ympärille asennettavalla, avattavalla virtakytkimellä. Virtakytkimen on oltava avattava, jolloin valvontalaitteiston asennuksen voi tehdä ilman, että laitteiston vaihejohtimia on tarve irrottaa.

Polttoaineen pintatasoa seurataan molemmista säiliöistä jatkuvalla mittauksella. Näin voidaan aina olla varmoja polttoaineen määrästä ja mahdolliset polttoainejärjestelmän viat huomataan paremmin. Kapasitiivinen anturi sopii polttoaineen mittaamiseen, sillä siinä ei ole liikkuvia osia eikä se kulu ajansaatossa.

5.3 Vikadiagnoosit etäyhteydellä ja etävalvontamodeemin logiikka

Järjestetyn anturoinnin perusteella voidaan mahdollisia vikatiloja diagnosoida etäyhteydellä.

5.3.1 Polttoainetaso

Jos moottorin käydessä varastosäiliön pintataso on jotain muuta kuin tyhjä eikä se muutu ja samalla päiväsäiliön pintataso laskee, tarkoittaa se vikaa varastosäiliön ja päiväsäiliön välisessä polttoaineen siirrossa, esimerkiksi tukos polttoainelinjastossa, viallinen siirtopumppu tai viallinen varastosäiliön anturi.

Jos moottori ei käy mutta polttoaineen nestepinta laskee edes toisessa polttoainesäiliössä, tarkoittaa se sitä, että polttoainejärjestelmässä on vuoto.

5.3.2 Akuston jännite

Jos akuston latausjännite laskee koneen ollessa valmiustilassa, se voi johtua viallisesta verkkovirralla toimivasta ylläpitolaturista tai viallisesta akustosta.

Jos moottori käynnistyy, mutta latausjännite ei nouse, se tarkoittaa, että moottorin laturi ei tuota latausjännitettä akustolle. Syynä voi olla viallinen laturi, katkenut apulaitehahna tai katkos laturin ja akuston välisissä kaapeleissa.

5.3.3 Käyntitieto

Jos varavoimageneraattorin vaihejohtimissa kulkee virta, mutta kiihtyvyyssanturi ei anna käyntitietoa, tarkoittaa se viallista kiihtyvyyssanturia moottorilohkon kyljessä.

5.3.4 Lämpötila

Jos moottorilohkon pintalämpötila nousee liian korkeaksi, on kyseessä jäähdytysjärjestelmän vika. Tämä voi johtua jäähdytinnestevuodosta tai jumiutuneesta termostaatista.

Jos moottorilohkon pintalämpötila ei nouse normaaliin käyntilämpötilaan määritellyn seurantajakson aikana, tarkoittaa se jäähdytysjärjestelmän vikaa. Termostaatti voi olla jumiutunut, tai laite saa liiallista jäähdytystä.

Jos moottorilohkon pintalämpötila on epälooginen tai anturi ei anna signaalia, voi lämpötila-anturi olla viallinen.

5.3.5 Jännitevalvonta

Jos moottori on käynyt jo pidemmän aikaa, mutta vaihejohtimissa ei havaita kulkevan virtaa, on jännitteen tuotossa vikaa tai todennäköisemmin vaihejohtimessa oleva virta-anturi viallinen.

Jos moottori käy ja yhdessä vaihejohtimessa ei kulje virta, mutta kaksi muuta vaihejohtimen virta-anturia antaa signaalin, on vaihejohtimen virta-anturi viallinen.

Jos etävalvontamodeemiin ei saada yhteyttä, on modeemin jännitesyötössä vika.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tuottaa pelastuslaitokselle varavoimakoneen etävalvontalaitteiston suunnittelua ja hankintaa tukeva dokumentti. Työssä selvitettiin varavoimakonelaitteiston toimintaa ja laitteiston käyttöä. Lisäksi tutkittiin etävalvontalaitteistoon tarvittavien anturien eri vaihtoehtoja, anturivaihtoehtojen ominaisuuksia, anturoinnin avulla saatavien signaalitietojen hälytysrajoja ja anturointien priorisointia.

Työssä suunniteltiin etävalvontalaitteiston esimerkkilaitteisto, joka toimii tilaajan toiveiden mukaisesti. Työtä voidaan käyttää apuna, kun suunnitellaan varavoimakoneen etävalvontajärjestelmän hankintaa tai rakentamista.

Varavoimalaitteistot voivat olla toisistaan täysin eroavia, joten kaikkiin sopivaa, laitteistossa jo olemassa olevia antureita hyödyntävää mutta laitteiston alkupeiräiskunnon säilyttävää etävalvontajärjestelmää on vaikea suunnitella, sillä anturointiratkaisut saattavat olla erilaisia eikä joitain kohteita välttämättä ole edes anturoitu joissain varavoimakoneissa. Laitteistosta erillinen etävalvontalaittepaketti antureineen pystytään suunnittelemaan helpommin ja asennettavaksi vattomammin käyttöön.

Ylläpidon näkökulmasta laitteistossa oleva etävalvonta voi esimerkiksi vähentää paikan päällä tehtävien valvontakäyntien lukumäärää, jos osa valvontatoimenpiteistä voidaan suorittaa etänä. Etävalvontalaitteisto mahdollistaa useamman anturitiedon seuraamisen etäyhteydellä ja tarvittaessa pystytään rajaamaan

mahdollisia vikoja näkemättä laitteistoa. Tarvittaessa tämän vianraijauksen pystyy tekemään laitteistoon ohjelmoitava logiikka, joka tarkastelee mitta-arvoja.

Jännitteentuoton valvontaa ei välttämättä ole mahdollista toteuttaa rajattujen input-porttien määrän takia, sillä vaihevalvonta vie kolme input-porttia. Jos input-portit eivät riitä, voidaan vaihevalvonta jättää toteuttamatta ja luottaa varavoimailaitteiston automatiikkaan. Automatiikan oma virhesignaali voidaan anturoida yhdeksi input-portin tiedoksi, jolloin modeemista säästyy kaksi porttia muuhun käyttöön.

Etävalvontajärjestelmää voisi kehittää niin, että se ilmoittaa käyttäjille anturitiedot kännykkään tekstiviestein, kun varavoimakone käynnistyy tai sammuu. Pyydetessä laitteistolta tekstiviestillä anturitietoja, ne saisi omaan puhelimeen. Anturitietoja voisi myös seurata internet-portaalin kautta tietokoneella reaaliajassa, jolloin valvontatehtävät olisivat helpompia kuin tekstiviestein pyydettyjen anturitietojen kanssa.

Lähteet

4 Most Common Types of Temperature Sensor. Verkkoaineisto. Ametherm. <<https://www.ametherm.com/blog/thermistors/temperature-sensor-types>>. Luettu 5.10.2023.

A dozen ways to measure fluid level. Verkkoaineisto. ABB <<https://new.abb.com/products/measurement-products/level/a-dozen-ways-to-measure-fluid-level>>. Luettu 24.10.2023.

Ambukar, Pratik. Engine cooling system: Definition, Diagram, Components, Work, Pdf. Verkkoaineisto. Mech Content. <<https://mechcontent.com/engine-cooling-system/>>. Luettu 26.9.2023.

ASP-FD Series Current Switches. Verkkoaineisto. Mod Tronic Instruments. <<https://www.mod-tronic.com/asp-fd-series-current-switches.html>>. Luettu 21.2.2024.

Bale, Alex. 2022. Lead Acid Battery Voltage Charts (6V, 12V & 24V). Verkkoaineisto. Footprint Hero. <<https://footprinthero.com/lead-acid-battery-voltage-charts>>. Päivitetty 20.05.2022. Luettu 18.9.2023.

Best Practices for Standby Generator Operations and Maintenance. 2021. Verkkoaineisto. Pacific Northwest National Laboratory. <<https://www.pnnl.gov/projects/best-practices/standby-generators>>. 07.2021. Luettu 21.2.2024.

Coulson, Nick. 2019. Diesel Generator Fuel Consumption Chart in Litres. Verkkoaineisto. ABLE Sales. <<https://www.ablesales.com.au/blog/diesel-generator-fuel-consumption-chart-in-litres.html>>. 13.6.2019. Luettu 21.2.2024.

Crankshaft position sensor (Hall effect) – running. Verkkoaineisto. Pico Technology. <<https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/crankshaft-hall-effect/>>. Luettu 19.2.2024.

DeLancey, Adam. Pt100 and Pt1000 Sensors: Important Facts and Differences. Verkkoaineisto. Wika. <https://blog.wika.us/products/temperature-products/pt100-and-pt1000-sensors-important-facts-and-differences/?doing_wp_cron=1705426939.9790370464324951171875>. Luettu 16.1.2024 .

Emergency and Standby Power Systems Help. Verkkoaineisto. EZ-pdh.com. <<https://ez-pdh.com/emergency-standby-power-systems-help/>>. Luettu 21.2.2024.

Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid Properties: Properties like freezing point, viscosity, specific gravity and specific heat of ethylene glycol based heat-transfer fluids, or brines. Verkkoaineisto. The Engineering Toolbox. <https://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html>. Luettu 29.11.2022.

Fraden, Jacob. 2016. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. 5. painos. E-kirja. Springer International Publishing.

Hakala, Paavo; Hakanen, Pertti; Kortelainen, Tero; Kousa, Pertti; Laaksonen, Matti; Nurmi, Marko & Piippo, Esa. 2019: ST-Käsikirja 31. Varavoimakoneet ja -laitokset, 4., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Hall Effect or Reluctor?. 2022. Verkkoaineisto. Haltech. <<https://support.haltech.com/portal/en/kb/articles/hall-effect-or-reluctor>>. Päivitetty 2022. Luettu 19.2.2024.

How do Infrared Thermometers work?. Verkkoaineisto. Instrument Choice. <<https://www.instrumentchoice.com.au/news/how-do-infrared-thermometers-work>>. 2.10.2020. Luettu 7.2.2023.

How to Choose Between a RTD PT100 vs PT1000?. Verkkoaineisto. Omega Engineering. <<https://www.omega.com/en-us/resources/rtd-pt100-vs-pt1000>>. Luettu 16.1.2024.

Jaatinen, Mikko. Ristomaan keskuskeittiö: Varavoimakone varmentaa ateriakeskuksen sähkönjakelua kriisitilanteissa. Verkkoaineisto. kW-set. <<https://www.kwset.fi/fi/ristonmaan-keskuskeittio/>>. Luettu 24.2.2024.

Jokisalo, Anton. 2023. Tuotetuki-insinööri. Voimantuoton liiketoimintayksikkö. Machinery Oy. Espoo. Puhelinkeskustelu. 26.10.2023.

Kauppinen, Jukka; Wikström, Rauno & Hietalahti, Lauri. 2020. Generaattorit käyttö, huolto ja kunnossapito. Tampere: Tammertekniikka.

Level Sensors: How does capacitive level sensing work?. Verkkoaineisto. Gill Sensors and Controls. <<https://www.gillsc.com/newsitem/51/how-does-capacitive-level-sensing-work->>. Luettu 24.10.2023.

Lukat, Robert. Using a Differential Pressure Transmitter for Liquid Measurement. Verkkoaineisto. Wika. <<https://blog.wika.us/products/level-products/how-differential-pressure-transmitters-measure-level/>>. Luettu 19.2.2024.

Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. 2024. Verkkoaineisto. Pelastustoimi. <<https://pelastustoimi.fi/lansi-uusimaa>>. Luettu 7.2.2024.

Measuring an inductive crankshaft sensor. Verkkoaineisto. TiePie engineering. <<https://www.tiepie-automotive.com/en/articles/crankshaft-sensor-inductive>>. Luettu 19.2.2024.

Measuring Direct Current (DC) Voltage. Verkkoaineisto. Ni. <<https://www.ni.com/fi-fi/shop/data-acquisition/sensor-fundamentals/measuring-direct-current-dc-voltage.html>>. Luettu 19.2.2024.

Measuring Vibration with Accelerometers. Verkkoaineosto. Ni. <<https://www.ni.com/en/shop/data-acquisition/sensor-fundamentals/measuring-vibration-with-accelerometers.html>>. Luettu 18.11.2023.

Miten toimii TE-anturi (termoelementti)?. Verkkoaineisto. Lapp Automaatio. <<https://www.epicsensors.fi/faq/miten-te-anturi-toimii/>>. Luettu 25.1.2023.

Pelastustoimi.fi – yhdessä vahva. 2024 Verkkoaineisto. Pelastustoimi. <<https://pelastustoimi.fi/etusivu>>. Luettu 7.2.2024.

Pintakytkimet. Verkkoaineisto. Hemomatik. <<https://www.hemomatik.fi/tuotteet/pintakytkimet-2/>>. Luettu 19.2.2024.

Robert Bosch GmbH. 2014: Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics: Systems and Components, Networking and Hybrid Drive, 5. painos. Springer Fachmedien Wiesbaden.

RTD-lämpötila-antureiden perusteet. Verkkoaineisto. PR electronics. <<https://www.prelectronics.com/fi/rtd-lampotila-antureiden-perusteet/>>. Luettu 30.1.2023.

Termopari Jännitteenvahvistin. Verkkoaineisto. SO Engineering. <<https://www.soe.fi/products/termopari-jannitemuunnin>>. Luettu 21.2.2024.

Thermocouple probes. Verkkoaineisto. Omega Engineering. <<https://www.omega.com/en-us/resources/thermocouple-hub>>. Luettu 25.1.2023.

Thermocouple Type K. Verkkoaineisto. Thermometrics Corporation. <<https://www.thermometricscorp.com/thertypk.html>>. Luettu 21.2.2024.

Tuomioja, Teemu. 2023. Kiihtyvyyssanturin kiinnitys – Ei ole sama miten kiinnität. Verkkoaineisto. Nome. <<https://nome.fi/2023/05/11/kiihtyvyyssanturin-kiinnitys/>>. 11.5.2023. Luettu 19.2.2024.

Use Differential Pressure Transmitter to Measure Liquid Level. Verkkoaineisto. Sino-Inst. <<https://www.drurylandetheatre.com/use-differential-pressure-transmitter-to-measure-liquid-level/>>. Luettu 19.2.2024.

What is a thermistor?. Verkkoaineisto. Wavelength Electronics.
<<https://www.teamwavelength.com/thermistor-basics/>>. Luettu 7.2.2023.

Yleistä. Verkkoaineisto. FinGen. <<https://www.fingen.fi/yleista/>>. Luettu 1.1.2023.

Örn, Johannes. 2014. Vibration guideline for large diesel engines. Bachelor's Thesis. Novia University of Applied Sciences. Theseus-tietokanta.

Akkujen napajännitteet eri kapasiteettiprosenteilla 12 ja 24 V:n järjestelmissä

Taulukko 1. 12 V:n järjestelmän napajännite kapasiteetin suhteen (Bale 2022).

12V Sealed Lead Acid Batteries (AGM & Gel)		12V Flooded Lead Acid Batteries
Voltage	Capacity	Voltage
12.89 V	100 %	12.64 V
12.78 V	90 %	12.53 V
12.65 V	80 %	12.41 V
12.51 V	70 %	12.29 V
12.41 V	60 %	12.18 V
12.23 V	50 %	12.07 V
12.11 V	40 %	11.97 V
11.96 V	30 %	11.87 V
11.81 V	20 %	11.76 V
11.70 V	10 %	11.63 V
11.63 V	0 %	11.59 V

Taulukko 2. 24 V:n järjestelmän napajännitteet kapasiteetin suhteen (Bale 2022).

24V Sealed Lead Acid Batteries (AGM & Gel)		24V Flooded Lead Acid Batteries
Voltage	Capacity	Voltage
25.77 V	100 %	25.29 V
25.56 V	90 %	25.05 V
25.31 V	80 %	24.81 V
25.02 V	70 %	24.58 V
24.81 V	60 %	24.36 V
24.45 V	50 %	24.14 V
24.21 V	40 %	23.94 V
23.91 V	30 %	23.74 V
23.61 V	20 %	23.51 V
23.40 V	10 %	23.27 V
23.25 V	0 %	23.18 V

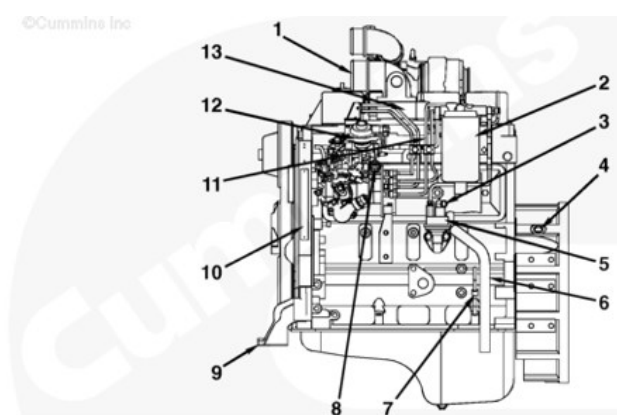
Generaattorin polttoaineenkulutus eri kuormitusasteella

Taulukko 1. Dieselkäyttöisten generaattorien polttoaineenkulutus lukemia eri kuormitusasteella (Coulson 2019).

Generator Size	Approximate Diesel Fuel Consumption			
	¼ Load (litres/hr)	½ Load (litres/hr)	¾ Load (litres/hr)	Full Load (litres/hr)
8 kW / 10 kVA	0.8	1.3	1.8	2.4
10 kW / 12 kVA	0.9	1.6	2.2	2.9
12 kW / 15 kVA	1.1	1.9	2.7	3.6
16 kW / 20 kVA	1.5	2.5	3.6	4.8
20 kW / 25 kVA	1.8	3.1	4.5	6.0
24 kW / 30 kVA	2.2	3.7	5.4	7.2
32 kW / 40 kVA	2.9	5.0	7.2	9.6
40 kW / 50 kVA	3.6	6.2	9.0	12.0
60 kW / 75 kVA	5.4	9.4	13.5	18.0
80 kW / 100 kVA	7.2	12.5	18.0	24.0
120 kW / 150 kVA	10.8	18.8	27.0	36.0
160 kW / 200 kVA	14.4	25.0	36.0	48.0
200 kW / 250 kVA	18.0	31.2	45.0	60.0
280 kW / 350 kVA	25.2	43.7	63.0	84.0
400 kW / 500 kVA	36.0	62.4	90.0	120.0

Pickup-anturin paikka moottorilohkossa

Moottorin käyntitieto saadaan käyttämällä pickup-anturia ja tunnistamalla vauhtipyörän hammastus kohdasta 4.



LARGE
Left Side View - B3.9 Industrial

1. Engine air inlet
2. Fuel filter/water separator
3. Fuel inlet connection
4. Magnetic pickup location (3/4-16 UNF)
5. Fuel lift pump
6. Crankcase breather tube
7. Lubricating oil dipstick
8. Fuel drain connection
9. Front engine mounting bracket
10. Engine dataplate
11. High pressure fuel lines
12. Fuel injection pump
13. Intake air preheater (optional).

Kuva 1. Pickup-anturin paikka moottorilohkon vauhtipyöräkotelossa (Jokisalo).