



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HYBRIDIAUTON MOOTTORIN ESILÄMMITYS

Moottorinlämmittimen energia hybridiakusta

TEKIJÄ: Valtteri Latvanen

| | | | |
|---|-----------|--------------------|----|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | | | |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma | | | |
| Työn tekijä(t) Valtteri Latvanen | | | |
| Työn nimi Hybridiauton moottorin esilämmitys | | | |
| Päiväys | 16.9.2019 | Sivumäärä/Liitteet | 46 |
| Ohjaaja(t) Arto Toppinen | | | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Autokauppa / Joonas Hämäläinen | | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia mahdollisuuksia käyttää hyödyksi Toyotan tai Lexuksen hybridiautojen hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä. Tavoitteena on suunnitella järjestelmä, josta voitaisiin pienellä lisätyöllä kehittää hybridiauton energiaa moottorin esilämmityksessä käytävä järjestelmä, jota voitaisiin myydä jälkiasennuksena uusiin malleihin. Järjestelmän tulisi siis olla käyttäjälleen helppokäyttöinen, osa- ja työkuksannuksiltaan alhainen ja erittäin toimintavarma. Rakensin tämän järjestelmän prototyypilaitteiston omaan 2004 vuosimallin NHW20 Priukseeni, ja vaikka kyseessä on jo vanha auto, on siinä käytössä oleva Toyotan 201,6V nikkelimetallihydridiakusto hyvin samanlainen kuin suurimmassa osassa uusia Toyotan hybridiautoja. Työssä tutkitaan järjestelmän toimintaa, mahdollisia käytössä ilmeneviä ongelmia ja ratkaisuja näihin ongelmiin.</p> <p>Hybridiauton energiaa moottorin esilämmityksessä käytävä järjestelmä toteutettiin käyttäen hybridiauton energiaa autoon jo asennetun kontaktilämmittimen "säteilylämmittimen" vastuksen lämmittämiseen. Järjestelmä tulee suunnitella erittäin varmatoimiseksi, helppokäyttöiseksi ja yksinkertaiseksi asentaa. Testauksessa järjestelmän havaittiin toimivan, mutta havaittiin sen aiheuttavan ongelman hybridiauton varaustilan hallinnassa. Havaittuihin ongelmiin pyrittiin löytämään erilaisia mahdollisia ratkaisuja mutta, useiden erilaisten testien jälkeen, osoittautui, ettei järjestelmää voida suunnitella kaikkia kriteereitä täyttäväksi ilman yhdenkään ohjausyksikön uudelleen ohjelmointia, mitä ei valitettavasti voida tehdä ainakaan tämän projektin puitteissa.</p> | | | |
| Avainsanat Moottorin lämmitys, auton lämmitys, hybridiauto, lisälämmitin, hybridiakku, lohkolämmitin, kontaktilämmitin | | | |
| | | | |

| | | | |
|---|-----------|------------------|----|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering | | | |
| Author(s) Valtteri Latvanen | | | |
| Title of Thesis Engine preheater for hybrid vehicles | | | |
| Date | 16.9.2019 | Pages/Appendices | 46 |
| Supervisor(s) Arto Toppinen | | | |
| Client Organisation /Partners Kuopion Autokauppa / Joonas Hämäläinen | | | |
| <p>Abstract</p> <p>Focus of this thesis is to evaluate the possibilities of using the energy from hybrid battery of Toyota or Lexus vehicles to pre-heat the gasoline engines of the vehicles. Object is to design a prototype system that can be turned into the system that would use power from the hybrid battery to pre-heat the engine and could be fitted as an aftermarket option to new vehicles. The system should be easy to use by consumer, parts and installation should be relatively cheap and the entire system needs to be very reliable. The prototype system is installed into my own 2004 NHW20 Prius. Even though the vehicle is already old its nickel metal hydrate battery with 201,6V of nominal voltage is still basically the same as most of new Toyota hybrid vehicles. Focus of the thesis is to evaluate the effectiveness of the heater, possible problems that it had, and to come up with fixes to those problems.</p> <p>The prototype system that uses power from the hybrid battery to pre-heat the engine is made to use power from hybrid battery directly to power the contact heater already installed onto the vehicles engine to pre-heat the engine. System is designed to be very reliable, easy to use, and simple to install. When testing the system it was discovered to be working satisfactory. But it was also discovered that system caused a problem in controlling charge level of the hybrid battery. After finding the problems, focus of the work was to find solutions to those problems. But after extensive testing it was ruled that system cannot be designed to satisfy all the design goals without reprogramming some control unit which is unfortunately not possible within this project.</p> | | | |
| <p>Keywords Engine pre-heating, pre-heating, hybrid, heater, hybrid battery, block heater, heating system, engine heater</p> | | | |
| | | | |

ESIPUHE

Hybridiautot ovat yleistyneet kokoajan, Suomessa myydyistä uusista Toyotoista suuri osa on hybridejä, hybridiautoja myydään myös paljon kaikkialla maailmassa. Suomessa on noin puoli vuotta, jolloin yöllä voi olla pakkasta. Moottorin esilämmittäminen pakkasella kannattaa sekä päästöjen vähentämiseksi, että auton kulumisen välttämiseksi. Suomessa uusin autoihin asennetaan yleensä verkkovirtakäyttöinen moottorinlämmitin, jota usein virheellisesti, kutsutaan lohkolämmittimeksi, uutena, jotta moottori voidaan esilämmittää talvella. Kuitenkin polttoainekäyttöisen lisälämmittimen asentaminen tämän lämmittimen vaihtoehtona on kokoajan lisääntynyt, polttoainekäyttöisen lämmittimen helppouden takia, polttoainekäyttöinen lisälämmitin kun ei tarvitse verkkovirtaa. Polttoainekäyttöisten lisälämmittimien yhtenä ongelmana on kuitenkin 12V akun tyhjentyminen, ja erityisesti tämä on ongelma hybridiautoilla, joiden 12V akut ovat yleensä pienempiä kuin tavanomaisissa autoissa, koska niiden ei tarvitse käynnistää polttomoottoria.

Näistä asioista syntyi idea yhteistyössä Kuopion autokaupan kanssa. Ajatuksena olisi tutkia mahdollisuutta käyttää hybridiauton hybridiakkua polttomoottorin esilämmitykseen. Ensin työtä miettiessäni tuntui kummalliselta, ettei tällaista laitteistoa ole jo tuotu markkinoille, tai ainakin suunniteltu. Kun aloin tekemään tätä työtä, tuntui se erittäin helpolta ja yksinkertaiselta. Työn edetessä havaitsin kuitenkin, että vaikka periaatteessa hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävä järjestelmä on hyvin yksinkertainen, ei sen toteutus käytännössä ilman autotehtaan apua ole edes mahdollista. Kuitenkin tätä prototyypilaitteistoa testattaessa on havaittavissa että järjestelmä toimii hyvin, pois lukien ohjelmistosta johtuvat ongelmat. Autonvalmistajalle järjestelmän pitäisi kuitenkin olla verrattain helppo toteuttaa.

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 1.1 | Vastaavat tai samantyylliset järjestelmät | 8 |
| 2 | LÄMPÖENERGIA | 8 |
| 3 | MAHDOLLISUUDET HYBRIDIAUTOSSA | 9 |
| 3.1 | Hybridiakun käyttö suoraan moottorin lämmitykseen..... | 9 |
| 3.2 | Hybridiakun käyttö polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä..... | 10 |
| 4 | TOIMINTAPERIAATTEITA..... | 10 |
| 4.1 | Nikkeli-metallihydridiakku | 10 |
| 4.2 | Väylätekniikka..... | 11 |
| 4.2.1 | Can-väylä | 12 |
| 4.2.2 | Bean-väylä..... | 13 |
| 5 | LÄMMITYS KÄYTTÄEN HYBRIDIAKKUA SUORAAN | 14 |
| 5.1 | Edut..... | 14 |
| 5.2 | Mahdolliset ongelmat | 14 |
| 5.3 | Kokonaistaloudellisuus ja päästöt..... | 15 |
| 5.4 | Sisätilan lämmitysmahdollisuus | 16 |
| 5.5 | Toistuvat lämmityskerrat | 16 |
| 5.6 | Päästöt ja kestävyys verrattuna polttoainekäyttöiseen lisälämmittimeen | 16 |
| 6 | POLTTOAINEKÄYTTÖISEN LISÄLÄMMITTIMEN KÄYTTÖ HYBRIDIAKULLA | 16 |
| 6.1 | Mahdolliset toteutustavat | 16 |
| 6.2 | Hyödyt..... | 17 |
| 6.3 | Ongelmat | 17 |
| 7 | LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS..... | 18 |
| 7.1 | Kohdeauto..... | 18 |
| 7.2 | Toteutustavan valinta..... | 18 |
| 7.2.1 | Alijänniterajan toteutustapa ja komponenttien sijoitus..... | 18 |
| 7.2.2 | Kontaktorien malli ja sijoitus | 19 |
| 7.2.3 | Ohjauskello tai katkaisin | 19 |
| 7.2.4 | Sulakesuojaus..... | 20 |
| 7.2.5 | Suojaus kontaktorien rikkoutumista vastaan | 20 |
| 7.2.6 | Mahdolliset apureleet | 21 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.3 | Järjestelmän kytkentäkaava..... | 21 |
| 7.4 | Käytännön toteutus..... | 21 |
| 7.5 | Kustannukset ja työaika | 27 |
| 7.6 | Testaus ja havaitut ongelmat..... | 28 |
| 7.6.1 | Moottorin lämmityskokeet..... | 28 |
| 7.6.2 | Lämmityskokeissa havaitut ongelmat..... | 29 |
| 8 | MAHDOLLISIA RATKAISUMENETELMIÄ VARAUSTILAVIRHEEN KORJAAMISEKSI..... | 29 |
| 8.1 | Hybridiakun ohjausyksikön nollaus | 30 |
| 8.2 | Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi | 32 |
| 8.3 | Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi | 32 |
| 8.3.1 | Pelkästään hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi | 33 |
| 8.3.2 | Hybridiakun-, moottorin-, ja hybridijärjestelmänohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi 35 | |
| 8.3.3 | Vielä useamman ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi..... | 39 |
| 8.3.4 | Manuaalinen käynnistys ACC tilaan lämmityksen ajaksi..... | 40 |
| 8.4 | Ratkaisuja ohjausyksiköitä lämmityksen ajaksi käynnistettäessä tapahtuvien virheiden korjaamiseen40 | |
| 8.4.1 | Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodikriteereiden muuttaminen..... | 41 |
| 8.4.2 | Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodien nollaus lämmityksen jälkeen | 41 |
| 8.4.3 | Hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön viestinnän esittäminen hybridiakun ohjausyksikölle | 41 |
| 8.4.4 | Hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön vikakoodikriteereiden muuttaminen..... | 42 |
| 8.5 | Yhteenveto..... | 42 |
| 9 | POHDINTA..... | 44 |
| | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 45 |

1 JOHDANTO

Suomessa moottorin esilämmitys käyttäen verkkovirtaa lämmitystolpan tai tavallisen pistorasian kautta on hyvin yleistä ja ongelmattonta, kunhan verkkovirtaa on saatavissa. Jos verkkovirtaa ei ole saatavissa on moottorin ja yleensä myös sisätilan, esilämmitys mahdollista polttoainekäyttöisellä lisälämmittimellä (Motiva 2019).

Polttoainekäyttöisten lisälämmittimien ongelmana on kuitenkin niiden käyttämä energia, joka otetaan auton matalajännitteisestä sähköjärjestelmästä, yleensä 12V DC. Tämä matalajännitejärjestelmän energia on varastoitu yleensä lyijyhappokemiaan perustuvaan akkuun. Nämä lyijyhappokemiaa käyttävät akut ovat erittäin huonoja latautumaan kylmissä olosuhteissa, kun virtaa erityisesti tarvitaan, joten akkujen tyhjeneminen on yleinen ongelma. (Tuulilasi 2012)

Maailmalla kylmissä maissa on edelleen tapana esilämmityksen ollessa mahdotonta vain jättää moottori käyntiin (Russia beyond 2019). Toinen edelleen yleinen tapa on käyttää ”starttitermostaateja”, jotka käynnistävät moottorin aina sen lämmön pudotessa tietyn rajan alle, erityisesti nämä moottoria jatkuvasti käyttävät tai käynnistävät järjestelmät kuluttavat paljon polttoainetta (Morris_Mongolia 2014). Polttoaineenkulutuksen lisäksi nämä menetelmät tuottavat paljon päästöjä, ja kuluttavat itse autoa.

Hybridiautoissa tähän ongelmaan on kuitenkin olemassa ratkaisu, sillä hybridijärjestelmän akku latautuu erittäin nopeasti myös kylmissä olosuhteissa, joten sen hyödyntäminen esilämmitykseen olisi erittäin järkevää. Tässä työssä tutkin menetelmiä tällaisen hybridijärjestelmän korkeajänniteakun, erityisesti Toyotan 201,6V nikkeli-metallihydridiakuston hyödyntämistä esilämmitykseen. Samantyyppinen akusto on käytössä suurimmassa osassa uusiakin Toyotan hybridimalleja mm. osassa Corolla, CH-R ja Prius (Corolla RM 2018; CH-R RM 2017; Prius RM 2015; Prius new car features 2003, TH-2).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia hybridiautojen hybridiakkua moottorin esilämmityksessä. Kappaleessa 2 tarkastellaan teoriaa moottorin lämmityksestä suoraan hybridiakusta, kappaleessa 3 menetelmiä käyttää hybridi auton hybridiakkua lämmitykseen. Kappaleessa 4 tarkastelussa on akun lataustilan hallinnan toimintaperiaatteet ja kappaleessa 5 muun muassa sitä, millaisia etuja ja ongelmia hybridiakun käyttämisessä suoraan moottorin lämmitykseen, on. Kappale 6 käsittelee polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöä hybridiakulla. Kappaleessa 7 kuvataan tätä opinnäytetyötä varten rakennetun hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän prototyypin rakenne ja toiminnasta saadut tulokset ja kappale 8 prototyypin keskittyä kokeilusta havaittujen ongelmien ratkaisemiseen. Lopuksi kappaleessa 9 vedetään tämän tutkimuksen tulokset yhteen.

1.1 Vastaavat tai samantyylliset järjestelmät

Mitään järjestelmiä, jotka käyttäisivät hybridi-auton hybridiakun energiaa esilämmitykseen, ei ole markkinoilla. Edes asiaan liittyviä tutkimuksia en ole löytänyt mistään. Osittain samankaltaiset tutkimukset ovat jatkokehitettyjä perinteisistä moottorinlämmittimistä, jotka käyttävät energiaa suoraan sähköverkosta. Esimerkiksi Pereiran opinnäytetyössään (Pereira 2013, 9) kehittämä järjestelmä on periaatteessa vain moottorin ja sisätilan lämmittimen lisäksi asennettu akun lämmitin, ja näiden ohjausjärjestelmä. Osittain samankaltaisiksi voidaan myös ajatella itse akun lämmittämiseen, lähinnä sähköautokäytön tarkoitetut järjestelmät, tosin suurin osa näistäkin on tarkoitettu toimimaan verkovirralla. Esimerkiksi (Journal of Modern Power Systems and Clean Energy 2015) akun lämmitys käyttää ulkoista energiaa. Sähköautoissa tätä ajatusta, että käytettävissä on ulkoista energiaa, voidaan pitää järkevänä, sillä auto on yleensä latauksessa joka tapauksessa.

Kun mitään vastaavia järjestelmiä, tai mitään tietoa niiden kehityksestä ei löydy voidaan tätä hybridiakun energiaa moottorin esilämmityksessä hyödyntävää järjestelmää pitää uutena innovaationa. Mutta samalla kasvaa myös mahdollisuus, että työtä tehtäessä löytyisi syy, miksei vastaavaa järjestelmää ole tuotu markkinoille, tai edes julkaistu mitään asiaan liittyviä tutkimuksia.

2 LÄMPÖENERGIA

Laskemalla, paljonko hybridiakun energiamäärällä voidaan teoriassa lämmittää moottoria, voidaan päätellä onko hybridiakun käyttäminen suoraan polttomoottorin lämmitykseen mahdollista. Ensin lasketaan moottorin lämpömassa, ja verrataan sitä sitten hybridiakun sisältämään energiamäärään.

Moottorin lämpömassan määrän arvioimisessa voidaan laskennan helpottamiseksi ajatella sen koostuvan vain alumiinista ja jäähdytysnesteestä, joka taas voidaan käytännössä ajatella vedeksi. Moottorin painaa noin 80 kg ja on pääosin alumiinia ja jäähdytysjärjestelmä sisältää noin 4 litraa kierrossa olevaa jäähdytysnestettä (Prius new car features 2003, MO-4). Alumiinin lämpömassa on 0,896 kJ/(K·kg) ja veden 4,182 kJ/(K·kg) (Valtanen 2007, 46 ja 148).

Moottorin lämpömassaksi tulisi näin:

$$0,896 \text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg}) * 80 \text{ kg} + 4,182 \text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg}) * 4 \text{ kg} = 88,408 \text{ kJ}/\text{K} \approx 90 \text{ kJ}/\text{K}$$

Tässä työssä käytetty nhw20 Priuksen akusto on 6,5Ah 201,6V (Prius new car features 2003, TH-2).

Akun energiamäärä on siis $6,5\text{Ah} * 201,6\text{V} = 1310,4\text{Wh} = 4717,44\text{kJ} \approx 4700\text{kJ}$

Näistä arvoista saadaan laskettua suurin teoreettinen moottorin lämmitysmäärä

$$4700 \text{ kJ} / 90 \text{ kJ}/\text{K} = 52 \text{ K} = 52 \text{ }^\circ\text{C}$$

Käytännössä ei hybridiakun varausta kannata laskea alle 20 % eikä voida olettaa, että varaus olisi yli 80 % lämmityksen alkaessa, joten lämpenemismäärä jäänee:

$$52 \text{ c} \cdot (80 \% - 20 \%) = 31 \text{ } ^\circ\text{c}$$

Tämä teoreettisesti laskettu lämpenemisen määrä olisi täysin riittävä, sillä moottorin lämmittäminen 0c olisi täysin riittävä lämmitysmäärä. Suomessa -31 °c kylmempi sää on harvinaista, ja vaikka lämpötila olisi -40 °c, riittäisi 31 °c lämpenemismäärä lämmittämään moottorin -9 °c asti.

3 MAHDOLLISUUDET HYBRIDIAUTOSSA

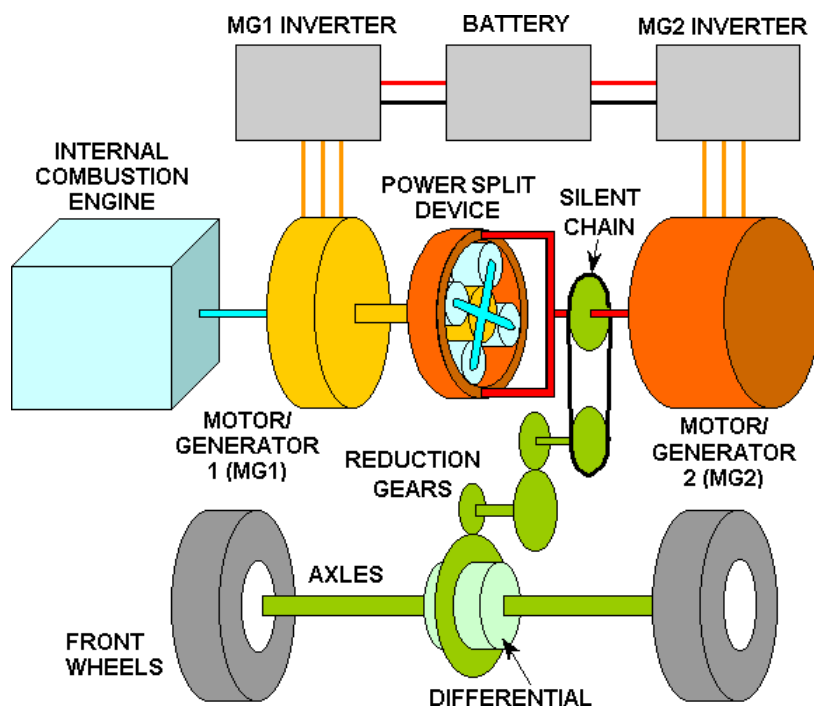
Hybridiautoissa hybridijärjestelmän akku latautuu verrattain nopeasti myös kylmissä olosuhteissa (Corolla RM 2018; Prius RM 2015). Hybridiautoissa moottorin lämmityksessä voitaisiin siis hyödyntää hybridijärjestelmän akkua.

3.1 Hybridiakun käyttö suoraan moottorin lämmitykseen

Hybridiakun energiaa voidaan käyttää suoraan lohkolämmitysvastuksen lämmittämiseen, sillä 230 V AC käyttöön tarkoitettu vastus toimii hyvin myös akulla, jonka nimellisjännite on 201,6 V DC. Nikkeli-metallihydriakun valmistaja Panasonickin mukaan (Panasonic 2013) jännite on yleensä korkeampi, kuin sen nimellisjännite. Näiden ominaisuuksien takia täyteen varatun akun jännite on hyvin lähellä vastuksen nimellisjännitettä. Vastuksen nimellisjännite on 230V (Defa 2014).

Koska hybridiakun energiasisältö on melko pieni verrattuna moottorin lämpömassaan, on varmistettava, että hybridiakussa on riittävästi varausta ennen pysäköintiä. Jos järjestelmä olisi toteutettu valmistajan kanssa yhteistyössä, olisi todennäköisesti mahdollista toteuttaa tämä varauksen lataus akkuun automaattisesti.

Tarvittaessa vanhemmissa Toyotan tai Lexuksen malleissa voidaan hybridiakku ladata paikallaan painamalla yhtä aikaa jarru- ja kaasupoljinta, ja näin Kuvassa 1 esiintyvän rakenteen takia energia siirtyy hybridiakkuun (Hietalahti 2011, 27). Painettaessa kaasua ja jarrua yhtä aikaa estää jarru renkaiden pyörimisen, jolloin MG2 ja planeettapyörästäön kehä eivät pyöri. Kun samaan aikaan polttomoottori pyörittää planeettapyörän kannatinta, pyörii aurinkopyörä, jolloin MG1 pyörii ja tuottaa energiaa. Osa siitä energiasta yrittää pyörittää MG2, mutta koska paikoillaan olevalle moottorille voidaan syöttää vain rajallinen määrä energiaa, latautuu ylimääräinen energia akkuun (Prius new car features 2003, TH-6).



Kuva 1. Hybridijärjestelmän mekaaninen toteutus (Toyota Hybrid Synergy Drive 2011, 2)

3.2 Hybridiakun käyttö polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä

Polttoainekäyttöiset lisälämmittimet käyttävät lämmitykseen energiaa polttoaineesta polttamalla sitä, mutta lämmittimen käyttämä energia lämmittimen ohjausyksikölle, vesipumpulle, polttoainepumpulle, hehkutulpalle ja paloilmapuhaltimelle otetaan tavallisesti auton 12V järjestelmästä. Kun lisäksi halutaan lämmittää myös auton sisätilat, energia auton sisätilapuhaltimelle ja monesti myös ilmastoinnin ohjausyksikölle otetaan myös tästä samasta matalajännitejärjestelmästä. (Parviainen 2007, 136...137)

Hybridiakun energiaa voidaan hyödyntää polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä yksinkertaisimmillaan käyttämällä hybridiakun energiaa laturin energianlähteenä, ja lataamalla tällä energialla 12V matalajännitejärjestelmää. Riippuen 12V akun latausvirrasta suhteessa lämmityksen käyttämään virtaan akun varaustilan lasku vähenee, pysyy samana tai voi jopa kasvaa.

4 TOIMINTAPERIAATTEITA

Lämmitysjärjestelmien toiminnan kannalta ja mahdollisesti esiintyvien ongelmien ymmärtämisen kannalta on tärkeää ymmärtää muutamia peruseriaatteita. Tässä opinnäytetyössä nämä periaatteet liittyvät lähinnä akun lataustilan hallintaan ja ohjausyksiköiden keskinäiseen viestintään. Näistä joitakin käydään läpi seuraavissa kappaleissa.

4.1 Nikkeli-metallihydridiakku

Nikkeli-metallihydridiakku on yleinen akkutyyppi, joka on käytössä sekä pienissä kuluttajalaitteissa esimerkiksi ladattavana patterin korvikkeena, mutta käytetään myös teollisuuskäytössä, sähköautoissa, ja hybridi-autoissa.

Ajoneuvokäytössä NiMH-tekniikalla on monta hyvää ominaisuutta kuten seuraava luettelo osoittaa:

- kennojen valmistus kokoluokissa 0,3...250 Ah
 - turvallisuus korkeilla jännitteillä
 - energia- ja tehotilavuus
 - akkukoteloiden sekä kennojen monimuotoisuus
 - mahdollisuus yksilohkoiseen rakenteeseen. (esim. ajoneuvon käynnistysakku)
 - turvallisuus varattaessa ja varausta purettaessa
 - ylivarauksen ja syväpurkautumisen kestävyys
 - huoltovapaus
 - erinomaiset termiset ominaisuudet
 - yksinkertaiset ja halvat ohjaus- ja varauspiirit
 - ympäristöystävällisyys ja kierrätettävät materiaalit
- (Linden & B. Reddy 2002, 877)

Haittapuolena NiMH akussa ajoneuvokäytössä verrattuna litium-ioniakkuun on sen huonompi hyötysuhde, eli lataus ja purkuvirtojen ero. Litium-ioniakussa hyötysuhde on 98%, kun taas NiMH akussa jäädään 75% (Hietalahti 2011, 100).

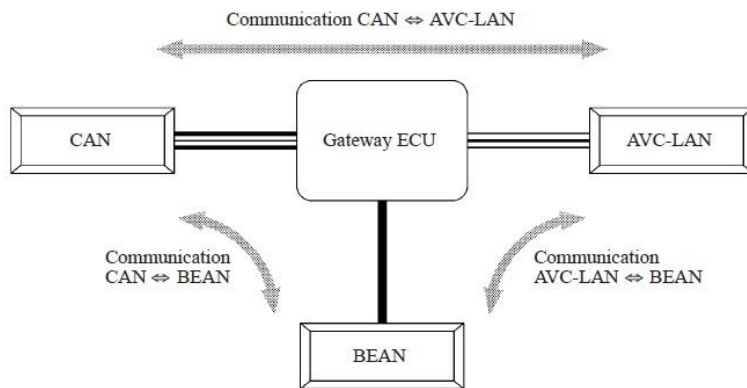
Lisäksi ongelmana voi olla akun lataustilan mittaaminen, sillä nikkeli-metallihydridiakun jännite nousee lataustilan kasvaessa vähemmän kuin monilla muilla akkutyypeillä (Panasonic 2013). Tämän takia nikkeli-metallihydridiakujen tarkkaa lataustilaa on hankala arvioida. Toyotan huoltomanuaali ei kerro tarkkaa menetelmää, jolla hybridiakun lataustilaa mitataan. Hybridiakun lataustilan määrittää hybridiakun ohjausyksikkö (Prius new car features TH-10). Tällä ohjausyksiköllä on käytössään useita tietoja, joita se todennäköisesti käyttää tämän lataustilan määrittämiseen kuten virtamittari, jännitetiedot kaikilta moduulipareilta ja lämpötila akun kolmesta eri kohdasta (EWD555U 2003, 104-105).

4.2 Väylätekniikka

Ajoneuvojen elektronisten järjestelmien lisääntyessä ja monimutkaistuessa on ajoneuvoissa siirrytty käyttämään useita eri ohjausyksiköitä, jotka keskustelevat keskenään väylien kautta. Näin jokaista anturia ei enää tarvitse kytkeä jokaiseen sen tietoa tarvitsevaan ohjausyksikköön, vaan ohjausyksiköt saavat tarvitsemansa väylän kautta anturitiedon siltä ohjausyksiköltä, johon anturi on kytketty. Kun näitä ohjausyksiköitä on monta, ja niiden on kyettävä ottamaan yhteyttä toisiinsa, tarvitaan väylätekniikkaa, jossa sama väylä voidaan kytkeä moneen ohjausyksikköön ja viestit voivat liikkua kaikkien näiden yksiköiden välillä. (Koivisto, Mikkolainen ja Rantala 2012, 181)

Nämä tiedonsiirtoväylät voivat olla toteutettu yhdellä tai kahdella johdolla, valokaapelilla, tai esimerkiksi langattomasti. Väylillä tieto kulkee binäärisesti, ja tieto kulkee viestikehyksessä, joka sisältää viestin lisäksi tiedon esimerkiksi sen lähettäjistä ja tarkastussumman varmistamassa viestin pääsy perille oikein. (Koivisto, Mikkolainen ja Rantala 2012, 182)

Prototyyppilaitteiston asennuskohde NHW20 Prius käyttää tiedonsiirtoon ohjausyksiköiden välillä kolmea eri järjestelmää Can, Bean, ja AVC-Lan, nämä tiedonsiirtoväylät on kytketty yhteen väyläohjausyksikön (Gateway ecu) kautta. Väyläohjausyksikön on siis siirrettävä tietoa näiden eri tiedonsiirtoväylien välillä. Kuvassa 2 näkyvät ohjausyksiköiden tiedonsiirtojärjestelmät NHW20 Priuksessa. (Prius new car features 2003, BE-46)



255BE01

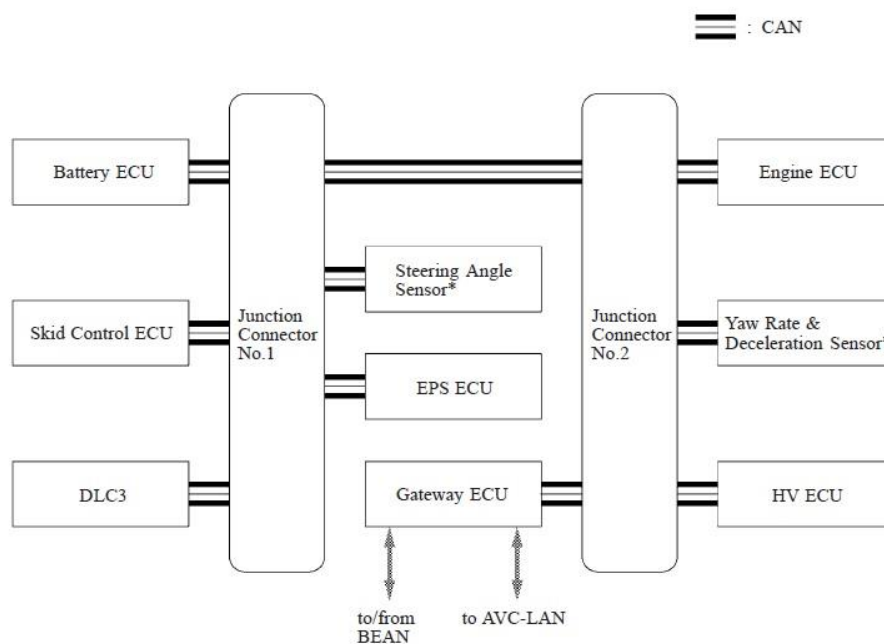
Kuva 2. Väyläohjausyksikön toiminta (Prius new car features 2003, BE-46)

Tässä työssä olennaisia ovat Bean- ja Can-väylä, jotka liittyvät enemmän auton hybriditekniikkaan. AVC-Lan-väylä järjestelmää käytetään lähinnä Infotainment-järjestelmässä, joka sisältää tässä tapauksessa informaationäytön, radion ja cd-vaihtajan (Prius new car feature 2003, BE-46).

4.2.1 Can-väylä

Can-väylä, eli controller area network käyttää tavallisesti kahta kuparikaapelia kierrettynä parina. Viesti välitetään johtojen välisenä jännite-erona eli differentiaalisesti. Tämä tekee väylästä hyvin häiriötä kestävä, sillä häiriöimpulssit vaikuttavat yleensä samalla tavoin kierretyn parin molempiin johtiin. Yleensä väylän päissä on 120ohmin päätevastukset, joiden tehtävä on vähentää signaalin heijastumista linjalla. Can-järjestelmän kahta johtoa kutsutaan nimillä CAN-H ja CAN-L. (Koivisto, Mikolainen ja Rantala 2012, 184)

NHW20 Priuksessa can-väylä kytkee yhteen akunhallintayksikön (Battery ECU), luistohallintayksikön (Skid Control ECU), OBD2-diagnostiikkaliittimen (DLC3), ohjaukulma-anturin (Steering Angle Sensor), ohjaustehostimenohjausyksikön (EPS ECU), moottorinohjausyksikön (Engine ECU), Ajonvakuutuksen liikeanturin (Yaw rate & Deceleration Sensor), hybridijärjestelmän ohjausyksikön (HV ECU) ja väyläohjausyksikön (Gateway ECU) (Prius new car features 2003, BE-47). Kuvassa 3 on kaaviokuva Can-väylän rakenteesta NHW20 Priuksessa.



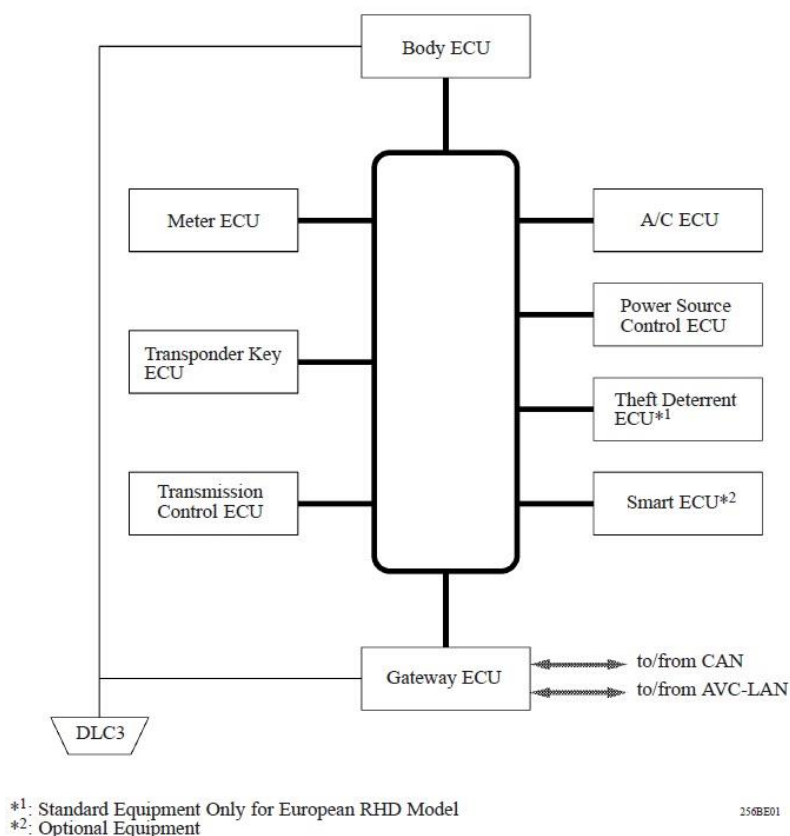
*: with VSC+ System

255BE02

Kuva 3. Can-väylä (Prius new car features 2003, BE-47)

4.2.2 Bean-väylä

Bean-väylä eli body electronics area network on yksijohtoinen väylä, joka kulkee kaikkien siihen kytkettyjen ohjausyksiköiden läpi päättyen ja alkaen väyläohjausyksikköön. NHW20 Priuksessa bean-väylä kytkee yhteen korinohjausyksikön (Body ECU), mittariston (Meter ECU), ilmastoinnin ohjausyksikön (A/C ECU), virranohjausyksikön (Power Source Control ECU), ajoneston (Transponder Key ECU), vaihteiston ohjausyksikön (Transmission Control ECU), avaimettoman järjestelmän ohjausyksikön (Smart ECU), väyläohjausyksikön (Gateway ECU) ja OBD2-Diagnostiikkaliittimen DLC3 (Prius new car features 2003, BE-48). Kuvassa 4 on Bean-väylän rakenne kaaviokuvana NHW20 Priuksessa.



Kuva 4. Bean-väylä (Prius new car features 2003, BE-48)

5 LÄMMITYS KÄYTTÄEN HYBRIDIAKKUA SUORAAN

Lämmitys käyttäen suoraan hybridiakkua on yksinkertaisin tapa käyttää hybridiakkua hyödyksi moottorin lämmitykseen. Moottorin lämmitysvastus muuttaa sähköenergiaa suoraan lämmöksi, kun hybridiakun jännite kytketään siihen. Kytcentä voidaan tehdä suoraan tai välillisesti, esimerkiksi jonkinlaisen jännitemuuntimen kautta, jos akun jännite ei soveltuisi suoraan vastukseen kytkettäväksi.

5.1 Edut

Lämmitys käyttäen hybridiakkua suoraan lämpövastuksen lämmittämiseen on yksinkertainen ja verrattain halpa toteutustapa moottorin lämmitykseen ilman ulkoista energiaa. Erityisesti jos hybridiakun jännite soveltuu suoraan vastukselle käytettäväksi, ei periaatteessa tarvita kuin kontaktorit ja lämpövastus, joka Suomessa yleensä autoihin asennetaan joka tapauksessa.

Toisin kun polttoainekäyttöinen lisälämmitin, hybridiakkua suoraan käyttävä lämmitysjärjestelmä olisi käytännössä täysin huoltovapaa järjestelmä, sillä hyvät elektroniikkakomponentit kestävät auton normaalin käyttöä.

5.2 Mahdolliset ongelmat

Hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän asennus edellyttää muutoksia hybridiakkuun, mikä merkitsee sitä, että auton takuu loppuisi niiltä osin, ellei lupaa saada

tehdä muutoksia saataisi suoraan tehtaalta. Hybridiakun varauksen pienentyminen auton ollessa sammutettuna saattaa aiheuttaa ongelmia hybridijärjestelmän ohjausyksiköissä. Lataustilanäytön väärä näkymä ei välttämättä aiheuta isoja ongelmia, mutta esimerkiksi järjestelmän vikailmoitus olisi suurempi ongelma.

Hybridiakun energia ei riitä kuin yhteen lämmityskertaan, mikä aiheuttaa mahdollisesti ongelmia mahdollista viikkokelloa käytettäessä. Näiltä ongelmilta voitaisiin välttyä, jos lämmitysjärjestelmä toteutettaisiin ohjelmoimalla yksiköt, siten että esilämmityksen jälkeen moottori käynnistyisi ja lataisi hybridiakun takasin lämmitykseen riittävään lataustilaan.

Hybridiakun hyödyntäminen suoraan lämmitykseen kuluttaa sen energiaa merkittävästi ja tämän takia on varmistettava ennen pysäköintiä, että hybridiakussa on riittävästi energiaa lämmitykseen. Koska hybridiakun riittävä lataus lämmitystä varten on varmistettava, ennen pysäköintiä, on järjestelmä käytännössä mahdollista asentaa vain autoihin, joissa hybridiakun pakkolataus on jollain menetelmällä mahdollista. Tarvittaessa vanhemmissa Toyotan/Lexuksen malleissa voidaan hybridiakkua ladata paikallaan painamalla yhtä aikaa jarru- ja kaasupoljinta. Valitettavasti uudemmissa Toyotan hybridiautoissa hybridiakun pakkolataus ei ole enää mahdollinen, koska turvaominaisuudet estävät kaasupolkimen toiminnan, jos jarrupoljinta painetaan.

Auton ohjausyksiköillä, erityisesti akunhallintayksiköllä voi olla vaikeuksia ymmärtää akun varauksen muuttuminen auton ollessa sammutettuna. Tätä voidaan mahdollisesti auttaa nollaamalla akunhallintayksikkö lämmityksen aikana, esimerkiksi katkaisemalla sen muistijännitesyöttö. Voidaan myös käynnistää akunhallintayksikkö lämmityksen ajaksi syöttämällä jännitettä sille. Vaihtoehtona olisi myös muuttaa akunhallintayksikön ohjelmointia. Ohjausyksiköiden ohjelmoiminen ei kuitenkaan valitettavasti ole mahdollista tämän projektin puitteissa.

5.3 Kokonaistaloudellisuus ja päästöt

Käytännössä voidaan päästä hyvin lähelle tilannetta, jossa moottorin esilämmitys hybridiakusta ei lisää polttoaineenkulutusta, ja saattaa jopa vähentää päästöjä. Lisäksi moottorin pienempi kuluminen verrattuna esilämmittämättömään on myös merkittävä etu.

Tarkempi päästöjen arviointi edellyttäisi kuitenkin mittauksia. Rautalin mittasi omassa opinnäytetyössään että, 2013 Prius+ säästi kuitenkin 11ml polttoainetta -7c lämpötilassa esilämmitettynä 4km ajomatalla, verrattuna lämmittämättömään (Rautalin 2013, 30). Käynnistyksen jälkeen akkua ladatessa moottorin lisäkulutuksen akkua ladatessa voidaan olettaa olevan kohtuullisen lähellä tätä, tosin ilman mittauksia tämä on vain arvio. Rautalin mittasi myös että HC päästöt lämmitettynä 2013 Prius+:lla laskivat -7c lämpötilassa noin 1g samalla 4km ajomatalla, verrattuna esilämmittämättömään (Rautalin 2013, 31). Koska moottorin HC päästöt ovat lämmenneenä mitättömiä verrattuna kylmään moottoriin, voidaan olettaa, että tämä noin 1g vähennys HC -päästöissä toteutuisi myös käytännössä.

5.4 Sisätilan lämmitysmahdollisuus

Hybridiakun energiamäärä ei riitä lämmittämään kuin moottorin, mutta jos auton moottori voidaan esilämmityksen jälkeen käynnistää ja samalla kytkeä sisätilan lämmitys päälle, voidaan järjestelmään yhdistää näin myös sisätilan lämmitys. Tämä olisi toteutettavissa joko käyttämällä apuna olemassa olevia etäkäynnistyslaitteita tai jopa vain ohjelmoimalla auton omia ohjausyksiköitä uudelleen.

5.5 Toistuvat lämmityskerrat

Hybridiakun energiamäärä ei riitä kuin yhteen lämmityskertaan. Jos autoon olisi ohjelmoimalla toteutettu järjestelmä, joka käynnistäisi moottorin sen lämmentyessä ja samalla lataisi hybridiakun riittävän täyteen samaan aikaan kun sisätiloja lämmitetään, olisivat myös peräkkäiset lämmityskerrat mahdollisia. Akun automaattinen lataus takaisin lämmityksen jälkeen olisi myös toteutettavissa ilman yksiköiden ohjelmointia, mutta järjestelmästä tulisi erittäin monimutkainen, kallis, ja osaltaan myös viikaherkkä.

5.6 Päästöt ja kestävyys verrattuna polttoainekäyttöiseen lisälämmittimeen

Koska hybridiakkujen energiaa suoraan moottorin esilämmityksessä käytävä järjestelmä sisältää vain elektronisia osia, olisi käyttöikä vähintään auton käyttöikä ja se olisi täysin huoltovapaa, toisin kun polttoainekäyttöiset lisälämmittimet ovat. Päästöt jäisivät myös pienemmiksi, sillä auton moottori on suunniteltu polttamaan polttoaine mahdollisimman puhtaasti ja sen pakoputkisto sisältää katalysaattorin. Sen sijaan polttoainekäyttöiset lisälämmittimet on suunniteltu erityisesti helppoa käynnistystä ajatellen, eikä niiden pakoputkisto sisällä mitään päästöjä puhdistavia tai valvovia järjestelmiä.

6 POLTTOAINEKÄYTTÖISEN LISÄLÄMMITTIMEN KÄYTTÖ HYBRIDIAKULLA

Moottorin, ja mahdollisesti sisätilan, lämmityksen tekisi tavalliseen tapaan asennettu polttoainekäyttöinen lisälämmitin. Polttoainekäyttöinen lisälämmitin toimisi tavalliseen tapaan käyttäen 12V jännitettä omaan toimintansa, vesipumpulle ja auton sisäpuhaltimen käyttämiseen. Hybridiakun energiaa käytävä järjestelmä lataisi lisälämmittimen käytön aikana 12V akkua ottaen energiaa hybridiakusta.

6.1 Mahdolliset toteutustavat

Yksinkertaisin toteutus olisi kytkeä päälle auton omat pääkontaktorit ja käyttää auton omaa 12V akun latausjärjestelmää, eli DC-DC muunninta. Tämä sama hakkuritekniikkaan perustuva jännitelähde lataa auton 12V järjestelmää aina auton ollessa käynnissä eli "Ready". DC-DC muuntimen käynnistäminen vaatisi kuitenkin ohjausyksiköiden uudelleen ohjelmointia, ja pääkontaktorien kytkeminen päälle auton ollessa sammutettuna aiheuttaisi vikakoodeja, eli menetelmä tulisi vaatimaan auton ohjausyksiköiden ohjelmointia.

Toinen menetelmä 12V akun lataukseen hybridiakusta olisi käyttää tavanomaista akkulaturia. Koska nykyiset akkulaturit ovat yleensä suunniteltu toimimaan kaikkialla maailmassa toimivat ne 100v...240v AC jännitteellä, kun nämä akkulaturit käyttävät hakkuritekologiaa, ne toimivat myös hyvin tasajännitteellä. Näistä seikoista johtuen ne toimivat hyvin myös 201,6V hybridiakun DC jännitteellä. Toteutus toimisi kytkemällä hybridiakku erillisillä kontaktoreilla tällaiseen akkulaturiin, polttoainekäyttöisen lisälämmittimen toiminnan ajaksi. Akkulaturi lataisi 12V akkua samaan aikaan kun polttoainekäyttöinen lisälämmitin ottaisi energiaa siitä. Riippuen 12V akun latausvirrasta suhteessa lämmityksen käyttämään virtaan akun varaustilan lasku vähenee, pysyy samana, tai voi jopa kasvaa.

6.2 Hyödyt

Jos polttoainekäyttöistä lisälämmittintä käytetään hybridiakulla, käytännössä 12V akun tyhjentyminen ei olisi enää ongelma. 12V akun tyhjeneminen on tyypillinen ongelma lyhyitä matkoja ajettaessa, kun käytössä on polttoainekäyttöinen lisälämmitin. Hybridiautoissa ongelma on vielä suurempi, sillä 12V akku on niissä yleensä pienempi, sillä sen ei tarvitse käynnistää polttomoottoria.

Polttoainekäyttöisten lisälämmittimien myynti hybridiautoihin kasvaisi, sillä tällä hetkellä moni jättää polttoainekäyttöisen lisälämmittimen hankkimatta, koska erityisesti hybridiautoista kerrotaan niiden tyhjentävän 12V akun. Tämä maine saa todennäköisesti monet jättämään lämmittimen hankkimatta, vaikka sen kanssa ei oikeasti tulisi ongelmia 12V akun tyhjenemisestä. Tämän järjestelmän kanssa 12V akun tyhjentyminen ei kuitenkaan voisi olla enää ongelma minkäänlaisessa ajossa, joten polttoainekäyttöisten lisälämmittimien myynti hybridiautoihin kasvaisi varmasti.

Hybridiakun varausta ei tarvitse varmistaa ennen lämmitystä. Toisin kun hybridiakun suorassa käytössä moottorin lämmitykseen ei käytettäessä hybridiakku polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä tarvitse etukäteen ladata hybridiakku. Polttoainekäyttöisen lisälämmittimen 12V järjestelmästä ottama energiamäärä on sen verran pieni, että talvella lähes aina on hybridiakun varaus riittävä. Jos hybridiakussa ei jostain syystä riitä energiaa polttoainekäyttöiselle lisälämmittimelle voidaan energia tällöin ottaa 12V akusta, tämä ei edellytä mitään erityistä kytkentää, vaan toimii suoraan esimerkiksi alijännitereleen avulla.

6.3 Ongelmat

Hybridiakun energiaa käyttävän järjestelmän asennus edellyttäisi muutoksia hybridiakkuun, jolloin auton takuu loppuisi niiltä osin, ellei lupaa muutoksiin saataisi suoraan tehtaalta. Vaikka järjestelmä kuluttaakin hybridiakusta huomattavasti vähemmän energiaa kuin moottorin suora lämmitys, ei järjestelmä saa sotkea lataustilan hallintaa. Jo pieni virhe todellisen lataustilan ja hybridiakun hallintayksikön välillä voi aiheuttaa esimerkiksi hybridiakun käyttöiän lyhentymistä.

Tällaisen järjestelmän, jossa polttoainekäyttöinen lämmitin lämmittäisi auton ja moottorin, mutta sähkö energia lämmittimelle tulisi hybridiakulta, asennustyö sisältää sekä polttoainekäyttöisen lisälämmittimen sekä akun latausjärjestelmän asennuksen. Kyseessä on monimutkainen järjestelmä, jossa olisi myös polttoainekäyttöisen lisälämmittimen huoltokohteet, ja mahdolliset viat. Kuitenkin

järjestelmän luonteesta johtuen, eli koska akun lataus ja lisälämmitys toimisivat täysin erikseen, ei mahdollinen vianhaku kummastakaan järjestelmästä pitäisi olla erityisen hankalaa.

7 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Tässä opinnäytetyössä rakennan omaan autooni prototyyppilaitteiston, jonka tehtävänä on tutkia hybridiakun energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän mahdollisuuksia. Prototyyppilaitteiston tarkoituksena on testata järjestelmän toiminta, ja mahdollisesti sen avulla saatujen kokemusten perusteella suunnitella järjestelmä, joka voitaisiin jälki asentaa uusiin hybridi-autoihin. Hybridiakun energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän vaatimuksena on, että sen tulee olla käyttäjälleen helppokäyttöinen, osien hankinta- ja työkustannuksiltaan alhainen ja erittäin toimintavarma. Tässä kappaleessa kuvataan sitä, miten prototyyppi rakennettiin.

7.1 Kohdeauto

Tässä työssä toteutan lämmitysjärjestelmän omaan NHW20 Priukseeni. Vaikka kyseessä on jo vanha malli, on sen hybridijärjestelmä hyvin lähellä uusienkin Toyotan hybridien järjestelmiä. Samantyyppinen akusto on käytössä suurimmassa osassa uusiakin Toyotan hybridimalleja mm. osassa Corolla, CH-R ja Prius -malleja (Corolla RM 2018; CH-R RM 2017; Prius RM 2015; Prius new car features 2003, TH-2).

7.2 Toteutustavan valinta

Kuten edellä on kuvattu, voidaan esilämmitysjärjestelmä toteuttaa monin erilaisin tavoin. Järjestelmä tullaan toteuttamaan käyttäen hybridiakun energiaa olemassa olevan lämmitysvastuksen kontaktilämmitin "säteilylämmittimen" lämmittämiseen. Tähän lämmitysmenetelmään päädyttiin koska jos laitteisto saadaan ongelmattomasti toimimaan suoraan käyttäen hybridiakun energiaa, ei pitäisi olla mitään esteitä käyttää hybridiakun energiaa myöskään polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä. Tämän toteutustavan valinnan lisäksi on kuitenkin useita käytännön valintoja, jotka täytyy ratkaista tätä, tai vastaavaa järjestelmää johonkin toiseen autoon tai käyttöön tehtäessä.

7.2.1 Alijänniterajan toteutustapa ja komponenttien sijoitus

Alijänniterajan valvominen on tärkeää, sillä hybridiakun päästäminen liian tyhjäksi estää auton käynnistymisen, ja edellyttäisi auton hinaamista paikkaan, jossa olisi käytössä tähän soveltuva laturi. Tällaisia latureita on Suomesta Toyota-liikkeissä vain yksi.

Valmiita alijännitereleitä, joissa olisi mahdollisuus asettaa tähän sopiva alijännitekatkaisu, noin 205 V DC, on saatavilla. Alijänniteraja on mahdollista toteuttaa myös irtokomponenteista verrattain yksinkertaisesti, sillä esimerkiksi transistorin, vastuksen ja zener-diodin yhdistelmä riittäisi jo toteuttamaan alijänniterajan riittävän tarkasti.

Tässä työssä päädyttiin käyttämään valmista säädettävää alijänniterelettä ja sijoittamaan se helposti käytettävään paikkaan, jotta releen jänniteraja voidaan säätää käytössä havaittujen arvojen mukaan. Alijännitereleenä käytettiin Geyan GRV8-01/AD240 monitoimirelettä, sillä se täytti kaikki vaatimukset ja oli kohtuuhintainen, eli kustannuksiltaan alle 20e. Tämä monitoimirele mahdollistaa lukittuvan alajänniterajan säätämisen välillä 85...260Vdc (Geya, 15). Alijänniterele päädyttiin sijoittamaan takakontin alla olevan laatikon viereen hybridiakun erottimen läheisyyteen. Jännite alijännitereleelle voidaan vetää oranssiksi teipatun suojaputken sisällä alijännitereleelle, jolloin järjestelmä säilyy sähköturva sääntöjen mukaisena.

7.2.2 Kontaktorien malli ja sijoitus

Kontaktorit voidaan sijoittaa joko omaan suojakoteloon tai hybridiakun sisään, jolloin ne eivät tarvitse mitään erillistä suojausta. Hybridiakun sisään sijoittaminen on parempi ratkaisu myös tilankäytön kannalta, sillä silloin mitään lisätilaa ei niille tarvita.

Kontaktorien käyttöjännitteeksi kannattaa käytännössä valita joko 12V akusta saatava noin 12V DC tai järjestelmän jännite noin 230 V DC. Jos päädytään käyttämään 230v kelalla olevia kontakteja, tarvitaan lisäksi yksi apurele joka on 12v kelalla mutta kytkee 230v jännitettä. Tämä apurele täytyy kontaktorien tapaan sijoittaa suojakoteloon, tai muuten täysin kosketussuojata.

Kontaktoreina päädyttiin käyttämään 12V kelalla olevia malleja. Kontaktorien malliksi valittiin Omron G9EJ-1-DC12. Nämä releet kykenevät kytkemään ja katkaisemaan jopa 20A virran 400Vdc jännitteellä (Omron, 1). Ne ovat siis moninkertaisesti riittäviä kytkemään ja katkaisemaan virran lämmitysvastukselta, joka ei tulisi ottamaan yli 2 ampeerin virtaa ja jonka syöttöjännite tulee pysymään alle 240Voltissa. Kontaktorit päädyttiin sijoittamaan hybridiakun kotelon sisään, joten niille ei tarvinnut varata tilaa ja sähköturvallisuus on verrattain helppo toteuttaa.

7.2.3 Ohjauskello tai katkaisin

Ideana oli, että hybridiakun energiaa lämmitykseen käyttävän järjestelmän käytön helpottamiseksi voisi siinä käyttää kello-ohjainta kuten esimerkiksi Webaston tai Eberspächerin polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöön tarkoitettua kellolaitetta. Tällaisella kellolaitteella lämmitin voidaan ohjelmoida kytkeytymään päälle esiasennettuun kellonaikaan. Polttoainekäyttöisiin lisälämmittimiin on myös saatavana kaukosäätimellä tai kännykällä ohjattavia yksiköitä, ja tällaisenkin voisi helposti asentaa käyttämään myös tätä järjestelmää. Edellä kuvattuja edullisempi tapa järjestelmän käyttöön olisi yksinkertainen katkaisija, joka vain kytkisi 12V jännitteen.

Prototyypilaitteistossa päädyttiin käyttämään käyttökatkaisimen vain tavallista 12V katkaisijaa, sillä näitä oli jo valmiina työn tilaajan tiloissa käytettävissä. Testausvaiheessa ei kellokatkaisijalle ole mitään tarvetta sillä järjestelmää lämpötilatiedot täytyy käydä joka tapauksessa kirjoittamassa ylös. Käyttökatkaisin on myöhemmin helppo korvata kellokytkimellä tai kaukosäätimen vastaanottoyksiköllä käytön helpottamiseksi.

7.2.4 Sulakesuojaus

Lämmitysvastuksen käynnistyessä ottama virta määrittää pienimmän mahdollisen sulakkeen arvon, koska virta laskee vastuksen lämmitessä. Sulakkeen pienin mahdollinen arvo voidaan siis laskea kylmän vastuksen resistanssimittauksesta. $230V/120\ \Omega=1,9A$. Erityisesti käytettäessä nopeaa sulaketta on laskennassa käytettävä kylmän vastuksen resistanssia.

Paras sijoituspaikka sulakkeelle missä tahansa järjestelmässä on mahdollisimman lähellä virtalähdettä, sillä sulake suojaa vain sen jälkeen olevia osia. Sulake, ja mahdollinen virranrajoitusvastus sijoitetaan akkupaketin sisälle, jolloin missä tahansa akun ulkopuolella tapahtuvan oikosulun yhteydessä sulake suojaa auton alkuperäistä järjestelmää. Sulakkeelle tarvitaan täysin eristävä suojakotelo, joka mahdollistaa sen asentamisen suojaamattomien kohteiden yhteyteen.

Sulakkeina päädyttiin käyttämään Schurter Inc. 8020.5074.G sulakkeita, joka on 4A nopea 6,3x32mm lasisulake. Tämä sulake kykenee katkaisemaan 1,5kA virran 400V tasajännitteellä (486-4167-ND 2019). Sulakkeet kykenevät siis suojamaan varmasti oikosulkua vastaan, sillä akun jännite tai virta eivät voi nousta noin korkealle. Sulakekoteloina päädyttiin käyttämään Littelfuse Inc. 01500332H sulakekotelo, joka on hyväksytty 250V jännitteelle, ja 15A virralle (F6775-ND 2019), joten se riittää varmasti tähän projektiin.

Sulakkeet ja sulakekotelot kytkettiin akun molempiin napoihin, sekä positiiviseen että negatiiviseen napaan. Ne sijoitettiin mahdollisimman lähelle jännitelähdettä, ne ja johdot suojattiin hyvin mekaanista kulumaa vastaan.

7.2.5 Suojaus kontaktorien rikkoutumista vastaan

Kontaktorien toimintaa valvova järjestelmä olisi mahdollista toteuttaa melko pieninkin lisäosin, sillä järjestelmässä on kaksi erillistä kontaktoria. Mahdollisuus kontaktorien vioittumiseen jää pieneksi, sillä lämmitysvastus on hyvin lähellä resistiivistä, joten kytkinkärjet eivät pyri juuttumaan kiinni. Lisäksi riskit kontaktorien mahdollisesti rikkoutuessa ovat verrattain pienet.

Mikäli toinen kontaktori juuttuisi päälle asentoon, jäisi vastuksen toinen pää jännitteeseen kiinni, mutta varsinaista riskiä ei aiheutuisi. Jos taas molemmat kontaktorit vioittuisivat niin, että ne jäisivät päälle, olisi riskinä akun loppuminen, mutta, todennäköisemmin autolla olisi kuitenkin lähdetty ajamaan normaalin lämmitysjakson loppua, jolloin vastuksen palaminen kuumaa vastusta lämmitettäessä olisi huomattavasti todennäköisempi seuraus. Vastuksen palaessa saattaisi syntyä sen sisälle maavuoto, joka estäisi myöhemmin auton käynnistämisen, ellei tätä lämmitysjärjestelmää kytketä irti tai viallisia kontakteja vaihdeta toimiviin.

Yksinkertaisimmillaan suojaus kontaktorien hajoamista vastaan olisi suuriohmiset vastukset kytkettyinä vastuksen jännitesyötöistä maihin eli auton koriin. Jos kontaktori olisi vioittunut juuttumalla kiinni, estäisi auton oma järjestelmä, joka mittaa hybridiakun eristysvastusta, auton käynnistymisen käyttämällä olemassa olevaa hybridiakun eristysvastusmittausta (Toyota RM1075U 2003, 05-795).

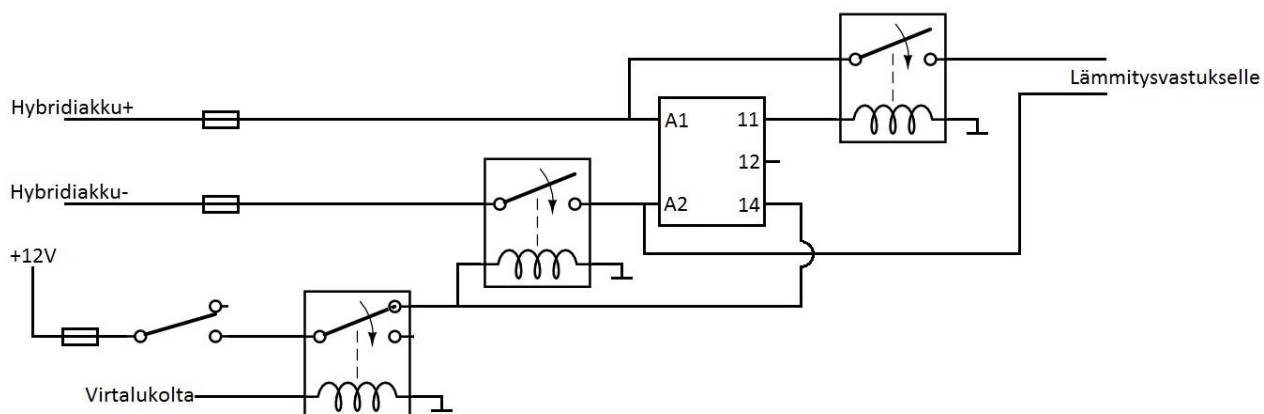
7.2.6 Mahdolliset apureleet

Riippuen lämmitysvastuksen tyypistä lämmitysjärjestelmän käyttäminen moottorin käydessä tai käynnistyessä ei ole kannattavaa, sillä kuuman lämmitysvastuksen rikkoutuminen on todennäköistä moottorin tärinässä. Yksinkertaisimmillaan tämä voidaan estää kytkemällä kontaktorien toimintaa ohjaavan katkaisijan virransyöttö avausreleen tai vaihtoreleen avulla niin, että se ei saa virtaa auton järjestelmän ollessa käynnissä "Ready"-tilassa. Tämä lämmitysjärjestelmän käytön auton ollessa käynnissä estävä rele päädyttiin asentamaan. Rele asennetaan kuljettajan jalkatilaan sulakekotelon viereen. Sulakekotelolta tai sen vierestä saadaan myös 12 V jännite, ja virtalukolta tuleva ohjausjännite.

Jos halutaan, että lämmitysjärjestelmää voidaan käyttää myös verkkovirralla, täytyy kontaktorit vaihtaa vaihtoreleiksi tai lisätä vaihtorele kytkentään. Erillinen vaihtorele kytkettäisiin niin, että se kytkisi lämmitysvastuksen verkkovirtaan, kun verkkovirta liitetään. Tarve kyetä käyttämään verkkovirtaa saman vastuksen lämmittämiseen ei kuitenkaan välttämättä ole tarpeen. Moottoreissa on yleensä mahdollisuus useamman erillisen lämmitysvastuksen käytölle. Useamman lämmitysvastuksen käyttö mahdollistaa myös järjestelmän käytön, mikäli käytössä olevan verkkovirran jännite ei ole riittävän lähellä järjestelmän käyttämän jännitteen kanssa. Mikäli verkkovirtaa ei ole saatavilla, mitään tarvetta sen käyttöön ei myöskään ole. Tässä työssä ei päädytty järjestämään mahdollisuutta saman lämmitysvastuksen käyttöön verkkovirralla.

7.3 Järjestelmän kytkentäkaava

Toteutettava kytkentä on hyvin yksinkertainen, sisältäen sulakkeet, katkaisijan, kontaktorit, alijännitereleen, ja yhden apureleen. Kuvassa 5 näkyy rakentamani hybridiakun energiaa suoraan moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän kytkentäkaava.



Kuva 5. Kytchentäkaava

7.4 Käytännön toteutus

Järjestelmän asennus suoritettiin työn tilaajan tiloissa, ja käyttäen tilaajan asennustarvikkeita niiltä osin, joilta ne sopivat tämän työn toteuttamiseen. Työntilaajan tiloissa työskenteli myös henkilöitä ilman sähköalan koulutusta, joten työalue eristettiin SFS6002 sääntöjen mukaisesti.

Työ aloitetaan tyhjentämällä auton takakontti tavaroista, ja nostamalla pois auton alkuperäinen tavaralaatikko (Kuva 6). Tämä tavaralaatikko joudutaan nostamaan autosta pois aina, kun halutaan päästä käsiksi varapyörään.



kuva 6. takakontti tyhjennettynä

Seuraavaksi puretaan auton sisusta takakontista, mikä tarkoittaa verhoilupaneleita takakontin taka-reunasta ja vasemmalta sivulta ja takapenkin selkänojan vasenta sivua (Kuva 7). Tämä työ ei ole sähkötyötä, joten sen voi suorittaa kuka tahansa riittävän kokemuksen omaava.



Kuva 7. Verhoilupaneelit ja selkänoja irrotettuna

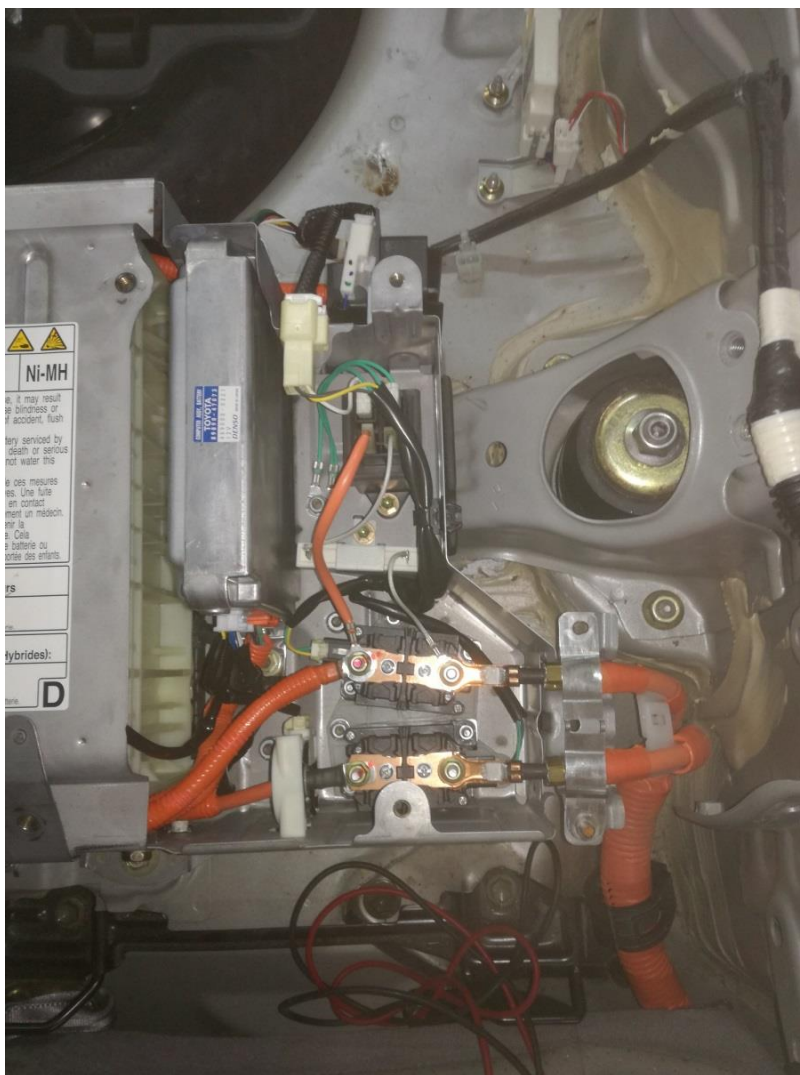
Seuraavaksi irrotetaan akun erotusavain ja vahvikepelti, joka yhdistää hybridiakun kuoren koriin (Kuva 8). Tässä vaiheessa työ on sähkötyötä, eli on noudatettava SFS6002 säännöksiä mm. työtilan erotuksesta, ja työntekijällä on oltava tämä koulutus käytynä. Erotusavaimen irrotuksessa on käytettävä esimerkiksi jännitetyökäsintä. Erotusavain sijoitetaan työn ajaksi varmaan paikkaan, jottei sitä

vahingossa aseteta takaisin paikalleen. Erotusavaimen asennus työn aikana voisi aiheuttaa vakavan sähköiskun vaaran.



Kuva 8. Vahvikepelti irrotettu

Sitten voidaan avata hybridiakun reunankuori, jolloin päästään käsiksi itse auton pääkontaktoreihin (Kuva 9). Kun reunakuori on nostettu pois, on työskentely tehtävä varoen ja käytettävä tarvittavia suojavarusteita, esimerkiksi jännitetyökäsineitä.



Kuva 9. Hybridiakun kuori irrotettu

Käyttäen eristyshyväksyttyä jännitetyökalua irrotetaan kontaktorien sisääntulopuolen päällä olevat suojat, ja mitataan jännite, jotta voidaan todeta jännitteettömyys. Jännitteettömyyden toteamisen jälkeen työ voidaan suorittaa jännitteettömän työn sääntöjen mukaan.

Järjestelmän kontaktorit asennetaan hybridi akun kotelon sisälle. (Kuva 10) Tässä prototyypilaitteistossa kiinnitys toteutettiin käyttäen vahvaa kaksipuolista teippiä ja nippusiteitä, mutta myöhemmin olisi parempi käyttää releitä, jotka voitaisiin kiinnittää esimerkiksi ruuveilla.



Kuva 10. kontaktorit kiinnitettynä akun kotelon sisälle

Sulakekoteloihin asennetaan sulakkeet, ja liitetään niihin rengasterminaalit, johdot myös suojataan riittävästi kulumista vastaan. (kuva 11)



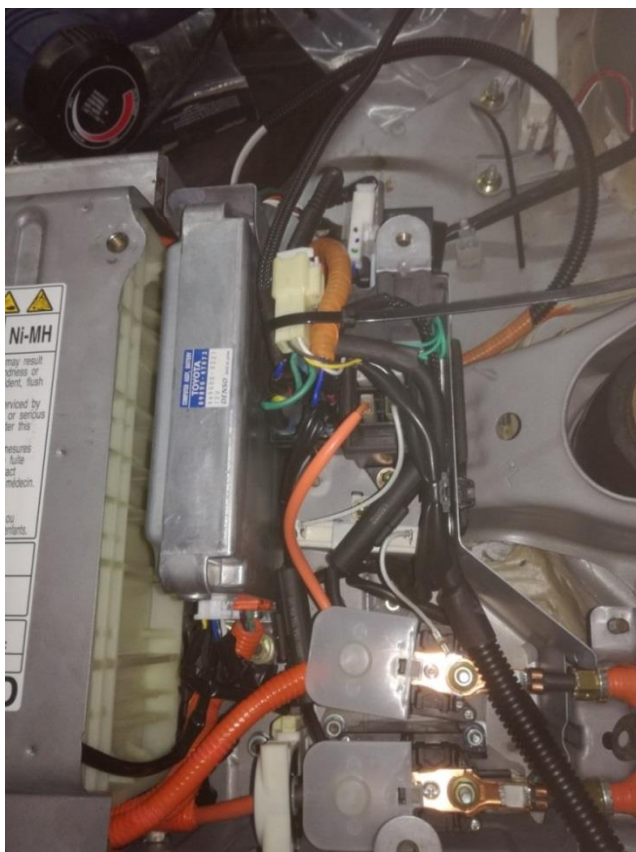
Kuva 11. Syöttöjohto järjestelmän releelle

Kontaktoreihin liitetään sulakkeiden johdot sekä alijännitereleelle lähtevä johto suojattuna. (Kuva 12) Virranotto piuhat liitetään myös pääkontaktoreiden tulopuolelle tässä vaiheessa.



Kuva 12. Syöttöjohdot, ja alijännitereleelle menevä johto asennettuna

Seuraavaksi liitetään alijännitereleelle ja käyttökatkaisijalle menevät ohjausjohdot suojasukalla suojattuna. Lisäksi alijännitereleelle menevä suojattu syöttöjohto teipataan oranssilla teipillä, jotta se on säännöstenmukainen. Vastukselle menevä syöttöjohto tuodaan ulos samaa reittiä, kuin auton omat syöttöjohdot, ja se suojataan myös suojaputkella. Lisäksi johdot varmistetaan nippusiteellä kiinnittämällä ne auton oman pistokkeen kanssa yhteen. Tämän jälkeen asennetaan suojat auton pääkontaktoreille tulevien piuhojen päälle takaisin. (kuva 13)



Kuva 13. Asennus akun sisällä valmiina

Käyttökatkaisija asennetaan paneeliin, apurele asennetaan katkaisijan läheisyyteen, ja johto vedetään järjestelmän kontaktoreille. Tätä vaihetta ei kuitenkaan tehty tämän projektin aikana. Seuraavaksi kuljetettaisiin panssarikaapeli auton läpi moottorinlämmittimelle, tai asennus olisi myös mahdollista toteuttaa auton alakautta, mutta koska tämän työn tarkoituksena on lähinnä tutkia järjestelmän toimintaa ja mahdollisuuksia, ei tässä työssä näitä vaiheita toteuteta täysin.

Asennuksen jälkeen näkyviin ei jäisi muuta kuin käyttökatkaisin, käyttökatkaisinta ei kuitenkaan asennettu tämän työn aikana, sillä testaus voitiin suorittaa syöttämällä jännite alijännitereleelle ja kontaktorille yksinkertaisesti käyttäen hauenleukaliittimellisiä testijohtoja.

7.5 Kustannukset ja työaika

Järjestelmän tulisi olla osakustannuksiltaan kohtuuhintainen ja asennukseen käytettävä aika ei saisi olla liian suuri. Tässä prototyypilaitteistossa kustannukset pysyivät kohtuullisina. Taulukosta 1. Näkyvät tässä projektissa tarvittavien osien hinnat. Kohta "Muut tarvikkeet" sisältää johdot, suojaputket, kutistesukan, nippusiteet yms. pientarvikkeet. Varsinaisessa laitteistossa osakustannukset tulisivat todennäköisesti pysymään hyvin lähellä tämän prototyypilaitteiston kustannuksia, sillä asennustarvikkeet olisivat halvempia isommissa määrissä, joka alentaisi hintoja, kun taas joitain muita osia tarvittaisiin ehkä lisäksi.

| | |
|-----------------|--------|
| Alijänniterele | 20,00 |
| Pääkontaktorit | 54,26 |
| Käyttökatkaisin | 1,17 |
| Apurele | 3,14 |
| Sulakkeet | 1,98 |
| Sulakepesät | 4,83 |
| Muut tarvikkeet | 40,00 |
| Yhteensä | 125,38 |

Taulukko 1. Osakustannukset

Tämän prototyypilaitteiston asennusaika oli hieman alle neljä tuntia, vaikkei siinä asennettu täysin johdotusta lämmitysvastukselle, eikä järjestelmän käyttökatkaisijaa. Mutta prototyypilaitteiston asennuksen yhteydessä aikaa kului asioiden selvitykseen, sekä valokuvien ottamiseen. Tämän perusteella voitaisiin olettaa että valmiin järjestelmän asennukselle jäisi varmasti alle 4 tuntiin. Koska sekä osakustannukset että työaika pysyivät kohtuullisina, voidaan järjestelmää pitää näiltä osin hyvin onnistuneena.

7.6 Testaus ja havaitut ongelmat

Testauksessa tutkitaan moottorin lämpötilan nousua ja hybridiakun jännitteen laskua. Tulokset ovat sitä luotettavampia, mitä kylmempi moottori on ja mitä lähempänä sen lämpimämpänä se on ulkolämpötilaa. Tässä työssä ei lämmittimen testausta voida tehdä lämpösäädelyssä mittaustilassa. Vaikkei mittauksia voidakaan tehdä pakkasessa, johtuen testiajankohdasta, voidaan tuloksia arvioida, riittävällä tarkkuudella, kunhan moottorin lämpötila testin alussa vastaa ulkolämpötilaa, mittaamalla moottorin lämmön nousu. Lisäksi testauksessa tutkitaan aiheutuuko hybridiakunenergiaa käyttävän lämmitysjärjestelmän käytöstä joitain ongelmia.

7.6.1 Moottorin lämmityskokeet

Lämmityskokeita ennen hybridiakku ladattiin ajamalla ja pakkolataamalla se 8 "tolppaan", eli täydeksi auton näytön mukaan, aivan kuten laitteiston käyttäjän lataisi akun ennen lämmitystä. Tämä ei kuitenkaan oikeasti vastaa akun täyttä lataustilaa, vaan kyseessä on 8 "tolpan" alaraja. Akun lataamisen jälkeen odotettiin seuraavaan päivään, jotta moottorin lämpötila vastaisi ulkolämpötilaa. Moottorinlämpö luettiin auton moottorinohjauksiköltä OBD2 väylän kautta moottorin jäähdytysnesteen lämpötila-anturilta. Lämmitysaikana pidettiin noin 45 minuuttia.

| | 1. testi | 2. testi | 3. testi |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| Ulkolämpötila | 11...13c | 9...10c | 11c |
| Akun jännite ennen lämmitystä | 234V | 232V | 233V |
| Akun jännite lämmityksen jälkeen | 214V | 212V | 212V |
| Akun "tolpat" ennen lämmitystä | 8 | 8 | 8 |
| Moottorin lämpötila ennen testiä | 11c | 9c | 10c |
| Moottorin lämpötilatestin jälkeen | 25c | 19c | 22c |
| Lämpötilan nousu | 14c | 10c | 12c |

Taulukko 2. Lämmityskokeet

Järjestelmän testauksessa havaittiin, että järjestelmä kykeni lämmittämään noin 45 minuutin lämmitysjaksoilla jäädytysnestettä 10...14c ja moottoriöljyä enemmän. Vaikka lämpötilan nousu ei vaikutaakaan suurelta verrattuna mahdollisiin koviin pakkasiin, on moottorin lämpenemisnopeudella ja kulumisella kuitenkin selkeä ero riippuen siitä, onko moottorin käynnistymislämpötila esimerkiksi -30c vai -18c. Lisäksi asennuspaikkansa takia moottorin kontaktilämmitysvastus lämmittää enemmän öljyä ja moottorinlohkoa kuin jäädytysnestettä (Defa 2014). Taulukkoon 2 on koottu lämmityskokeiden testitulokset.

Moottori lämpeni näiden testauksien perusteella riittävästi, jotta järjestelmä olisi käyttökelpoinen, eli tältäkin osalta järjestelmää voidaan pitää onnistuneena. Jos moottori pakotetaan lataamaan hybridiakkaa käynnistymisen jälkeen painamalla jarrupoljinta, ja hieman kaasua, havaitaan, että moottori myös lämpenee huomattavasti nopeammin täyteen lämpötilaan, mikä lisää järjestelmän hyödyllisyyttä merkittävästi. Valitettavasti auto ei osannut tehdä tätä itsenäisesti johtuen hybridiakun ohjausyksikön virheellisestä käsityksestä akun varauksesta.

7.6.2 Lämmityskokeissa havaitut ongelmat

Testauksessa havaittiin, että moottorin lämpenee riittävästi, jotta järjestelmä olisi käyttökelpoinen. Ongelmaksi muodostui hybridiakun hallintayksikön käsitys hybridiakun varauksesta, jos yksikkö on vain sammutettuna lämmityksen aikana se kuvittelee hybridiakun olevan edelleen 80% varauksessa lämmitysjakson lopulla, vaikka akku on todellisuudessa n.30% varattu. Tämä virhe hidastaa merkittävästi moottorin lämpenemistä käynnistymisen jälkeen, sillä se ei lataa hybridiakkaa, vaan käy vain tyhjäkäyntiä. Lisäksi virhe varaustilassa heikentää hybridijärjestelmän toimintaa, lisäten näin myös polttoaineenkulutusta ja lyhentäen hybridiakun kestoikää.

8 MAHDOLLISIA RATKAISUMENETELMIÄ VARAUSTILAVIRHEEN KORJAAMISEKSI

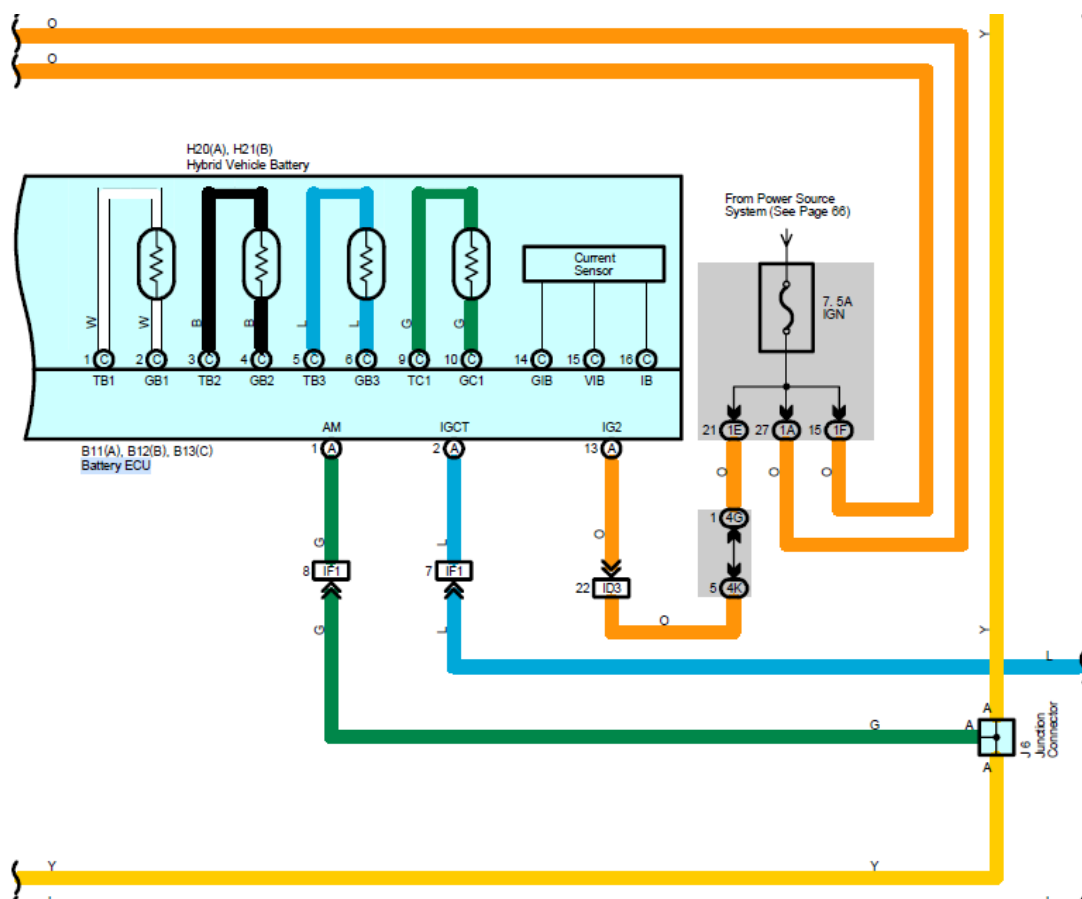
Hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävän järjestelmän lämmityskokeessa siis havaittiin, että lämmityksen jälkeen, hybridiakun hallintayksiköllä on virheellinen käsitys hybridiakun

varauksesta. Koska järjestelmä olisi tällaisenaan lähes käyttökelvoton ja virhe hybridiakun lataustilassa aiheuttaisi ongelmia myös polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energiansyötössä, vaikkakin pienempiä, on nämä ongelmat korjattava jollain menetelmällä. Muutoin työn tuloksena on todettava, ettei hybridiakua voida hyödyntää lämmitykseen.

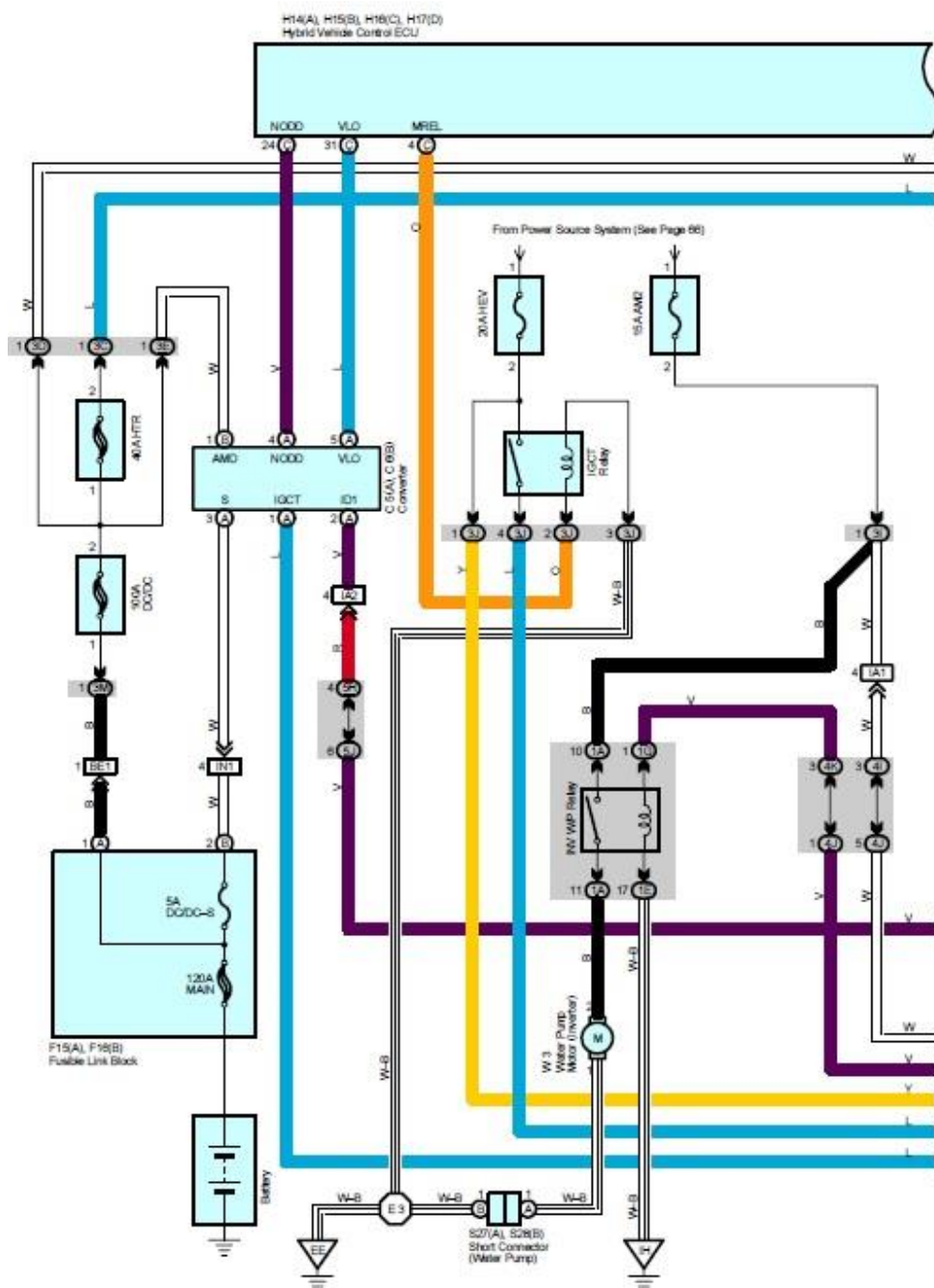
Seuraavaksi tarkastellaan vaihtoehtoja, joissa hallintayksikön virheellisestä varauskäytystä syntyviin ongelmiin haetaan ratkaisua nollaamalla hybridiakun ohjausyksikkö, ohjelmoimalla se uudelleen ja käynnistämällä hybridiakun ohjausyksikkö lämmityksen aikana. Hybridiakun ohjausyksikön käynnistämässä tarkastelussa ovat vaihtoehdot käynnistää pelkästään hybridiakun ohjausyksikkö lämmityksen aikana, käynnistää lämmityksen ajaksi useita ohjausyksiköitä tai käynnistää auto ACC tilaan lämmityksen ajaksi. Lopuksi haetaan ratkaisuja ohjausyksiköitä lämmityksen ajaksi käynnistetessä tapahtuvien virheiden korjaamiseen.

8.1 Hybridiakun ohjausyksikön nollaus

Hybridiakun varaustilatieta on ainoastaan hybridiakun ohjausyksikössä (Prius new car features 2003, TH-10). Tästä syystä varaustiedon nollaamiseksi tarvitsee nollata ainoastaan tämä yksikkö. Hybridiakun ohjausyksikön nollaus lämmityksen aikana onnistuisi helposti, sillä ohjausyksikön tieto lataustilasta on muistissa, joka nollautuu kun käyttöjännite yksiköltä katkaistaan. Käyttöjännite ohjausyksikölle, kun ohjausyksikkö on sammutettuna, tulee sen AM2 pinniin. Tämä nähdään kuvista 14 ja 15. Kuvassa 14 vasemmalle lähtevä keltainen johto on siis sama kuin kuvassa 15 oikealle lähtevä keltainen johto.

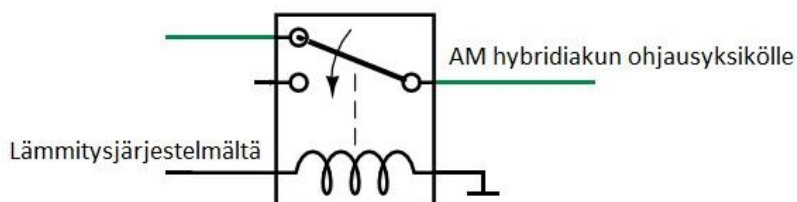


Kuva 14. Akunhallintayksikön virransyöttö 1 (EWD555U 2003, 105)



Kuva 15. Akunhallintayksikön virransyöttö 2 (EWD555U 2003, 96)

Tämän menetelmän käyttö prototyyppilaitteistossa toteutettaisiin kytkentään, käyttäen esimerkiksi vaihtorelettä avausreleeksi kytkettynä, tämän vihreän AM nastaan kytketyn johdon välissä. Avausrele saisi ohjausjännitteensä alijännitereleeltä, samoin kuin toinen lämmitysjärjestelmän kontakteista. Tämä kytkentä olisi helppo toteuttaa hybridiakun lähelle, sillä kaikki nämä johdot ovat helposti käsiksi päästävissä hybridiakun takana. Mahdollinen kytkentä on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Hybridiakun ohjausyksikön nollauskytkentä

Tämä menetelmä ei kuitenkaan toimi ilman ohjausyksikön uudelleenohjelmointia, sillä jos ohjausyksikkö nollataan, kuvittelee se hybridiakun varauksen olevan 60 %, mikä on hieman lähempänä todellisuutta, mutta ei kuitenkaan riittävän lähellä. Tämä sama hybridiakun lataustilan virheellinen näyttö tapahtuu toki esim. aina silloin, kun 12V akkua käytetään irti, joten ongelma ei ole periaatteessa kovin suuri. Akun lataustilan virheellinen näyttö kuitenkin haittaisi akun latausta seuraavaa lämmityskertaa varten, joten jatkuvassa käytössä järjestelmä olisi tällaisenaan edelleen lähes käytökelvoton.

8.2 Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi

Jos hybridiakun ohjausyksikön voisi ohjelmoida uudelleen, ei hallintayksikön virheellisestä varauskäsituksesta syntyviä ongelmia todennäköisesti olisi, sillä ohjausyksikkö voisi päätellä akun varaustilan laskun sen jännitteen alenemasta. Kuitenkaan näiden ohjausyksiköiden uudelleen ohjelmointi ei ole helppoa tai välttämättä edes mahdollista etenkin tämän työn puitteissa.

8.3 Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi

| | Alkuperäinen järjestelmä | Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi | Hybridiakun ohjausyksikön nollaus lämmityksen aikana |
|--|--|--|---|
| Varaustilavirhe | Varaustilan näyttö pysyy lämmitystä edeltäneessä lukemassa | Teoriassa toimiva | Varaustilan näyttö muuttuu 50% |
| Alkuperäiseen järjestelmään tehtävät muutokset | - | Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi | Releen lisääminen kytkentään kuvan 16 mukaan |
| Ongelmat | Varaustilavirhe on aivan liian suuri | Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi ei ole mahdollista tämän työn puitteissa | Varaustilavirhe on edelleen liian suuri, sillä varausnäytön lukema muuttuu 50 % |

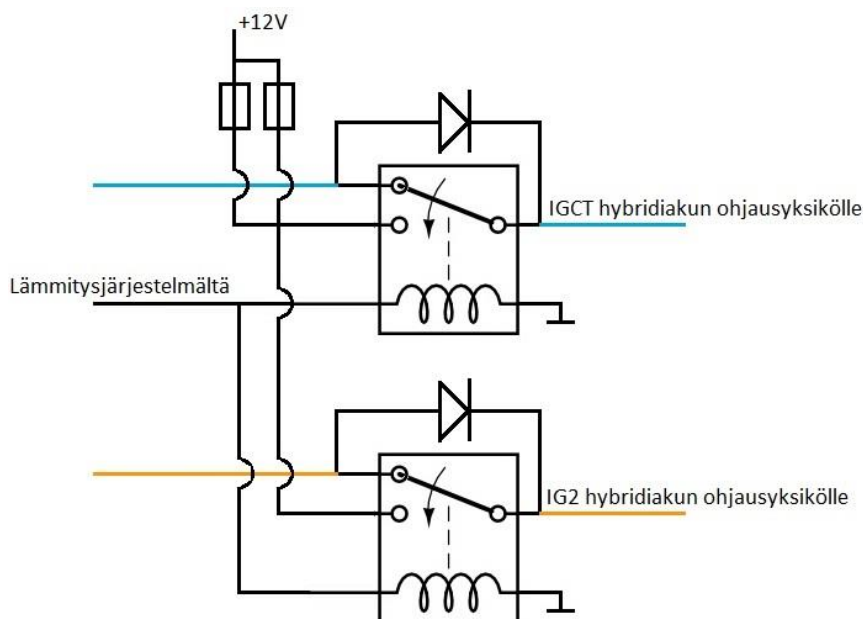
Taulukko 3. Tähän mennessä testatut menetelmät

Kuten taulukosta 3. havaitaan, mikään tähän mennessä kokeilluista menetelmistä mikään ei kyennyt korjaamaan varaustilavirhettä, pois lukien teoreettinen mahdollisuus hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointiin. On siis kehitettävä muita menetelmiä virheen korjaamiseksi. Hybridiakun ohjausyksikkö on ainut yksikkö, joka valvoo hybridiakun varaustilaa (Prius new car features 2003, TH-10). Lataustila pysyisi oikeana, jos ohjausyksikkö voitaisiin käynnistää lämmityksen ajaksi. Ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua väyläjärjestelmä. Ohjausyksiköt keskustelevat keskenään väylän kautta, ja jos ohjausyksiköt eivät saa toisiinsa yhteyttä syntyy helposti vikakoodeja, jotka taas voivat saada aikaan vikavaloja, tai järjestelmän joutumista jonkinlaiseen suojatilaan.

8.3.1 Pelkästään hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi

Kuten kuvasta 14 näkyy, on hybridiakun ohjausyksikkö kytketty virtalukolta tulevaan 7.5A IGN sulakkeeseen pinnistä IG2 13. Lisäksi ohjainyksikkö saa käyttöjännitteen hybridiohjausyksikön ohjaamana pinniin IGCT 2, 20A HEV sulakkeen kautta. Tämä näkyy kuvasta 14 ja kuvasta 15. Kuvassa 14 oikealle lähtevä sininen johto on yhdistetty kuvassa 15 näkyviin kahteen alimpaaseen oikealle lähtevään siniseen johtoon.

Tämän menetelmän käyttö prototyypilaitteistossa toteutettaisiin kytkentään, käyttäen esimerkiksi kahta vaihtorelettä kytkettynä niin, että lämmityksen ollessa päällä ne kytkisivät hybridiakun ohjausyksikön IG2 ja IGCT nastoihin tulevat sinisen ja oranssin johdon erillisten sulakkeiden kautta 12V akulle. Vaihtoreleet saisivat ohjausjännitteensä alijännitereleeltä, samoin kuin toinen lämmitysjärjestelmän kontaktoreista. Vaihtoreleiden kärkien välille olisi myös hyvä asentaa, myötäsuuntaiset diodit, jolloin lämmitysjärjestelmää käytettäessä, tilanteessa jossa jännite tulisi vielä ohjausyksiköille, ei virransyöttöön syntyisi hetkittäistä katkosta releiden vaihtaessa tilaa. Tämä kytkentä olisi helppo toteuttaa hybridiakun lähelle, sillä kaikki nämä johdot ovat helposti käsiksi päästävissä hybridiakun takana. Mahdollinen on kytkentä esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Hybridiakun ohjausyksikön käynnistyskytkentä

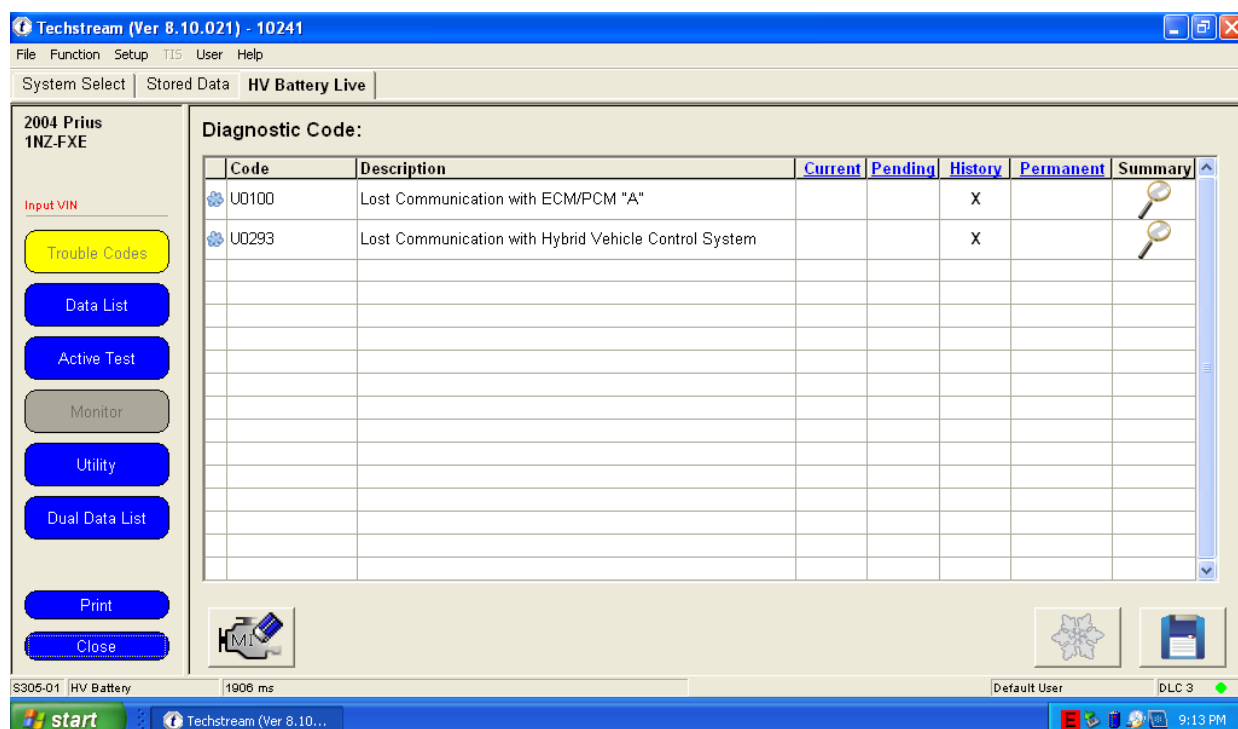
Kun lämmityksen aikana syötettiin virtaa näihin johtoihin hybridiakun ohjausyksiköille, se käynnistyi ja mittasi virrankulutuksen, ja näin myös akun lataustilan oikein. Mutta kun autoa yritetään sen jälkeen käynnistää, syttyy vikavalaja ja näytöllä käy ilmoitus "Problem". Toisella yrityksellä auto kuitenkin käynnistyy, mutta useita vikavalaja jää palamaan mittaristoon, mittaristoon palamaan jääneet vikavalot näkyvät kuvassa 18. Nämä syttyneet vikavalot olivat päävikavalaja (Master warning light) ja moottorinvikavalaja (Check engine) (Prius new car features 2003, TH-58).



Kuva 18. Mittaristoon palamaan jäävät varoitusvalot

Nämä vikavalot jäävät palamaan, sillä hybridiakun ohjausyksikkö yrittää käynnistyessään ottaa yhteyttä moottorin ohjausyksikköön, jolloin syntyy koodi U0100 - Lost Communication with ECM/PCM "A", joka jättää vikavalot palamaan (Diagnosics hybrid control system 2003, 05-859). Lisäksi hybridiakun ohjausyksikköön jää koodi U0293 - Lost Communication With Hybrid Powertrain Control Module, sillä hybridiakun ohjausyksikkö yrittää käynnissä ollessaan ottaa yhteyttä myös hybridijärjestelmän ohjausyksikköön (Diagnosics hybrid control system 2003, 05-941). Nämä vikakoodit tarkastettiin käyttämällä kannettavalla tietokoneella Toyotan Techstream sovellusta, ja OBD2 porttiin liittyvää vikakoodinlukijaa. Kuvasta 19 näkyy miltä tämä sovellus näyttää kannettavan tietokoneen näytöllä, ja miten akunhallintayksikköön tulleet vikakoodit näkyvät. Vikakoodit nollataan käyttämä vasemman alareunan nappia, jossa on kuva moottorinvikavalosta, jonka päällä on pyyhkekumi.

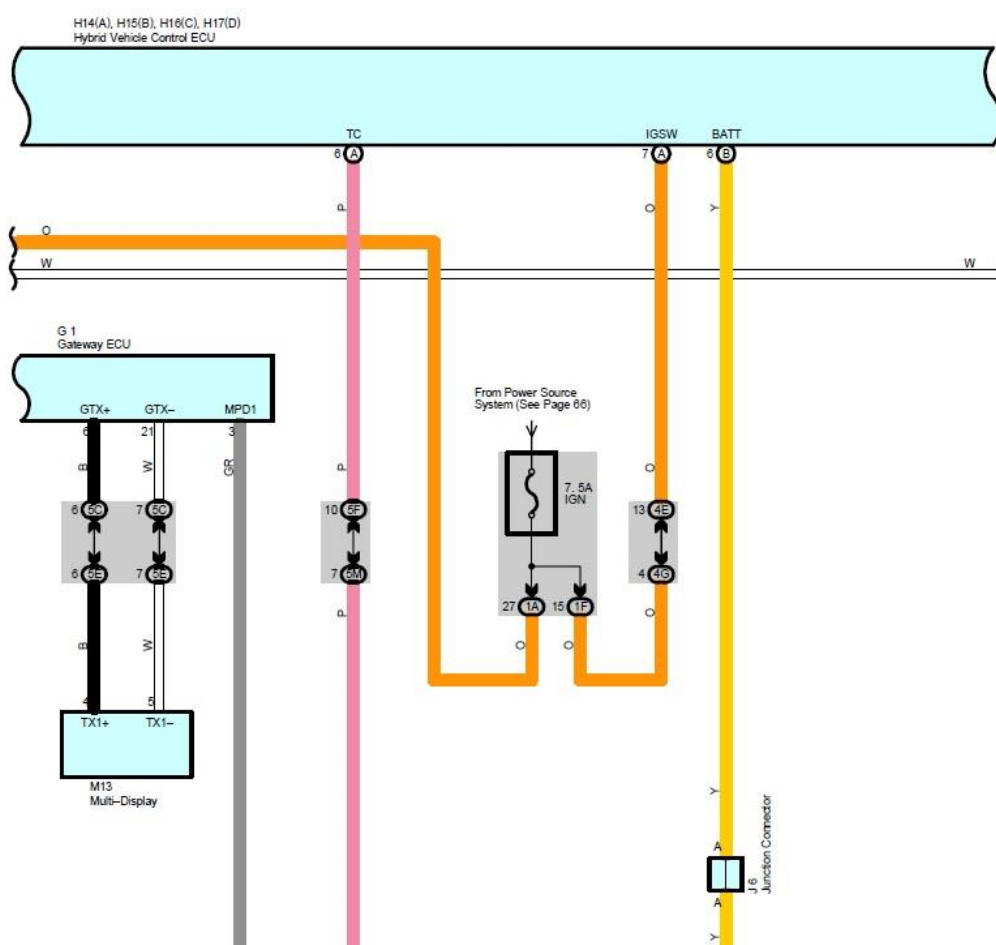
Tämä menetelmä ei ole siis mitenkään toimiva, sillä lämmityksen jälkeen auto ilmoittaisi "problem" ja lähtisi käyntiin vasta toisella yrityksellä, ja vikavalot jäisivät senkin jälkeen palamaan. Järjestelmä ei siis ole tällaisenaankaan toimiva.



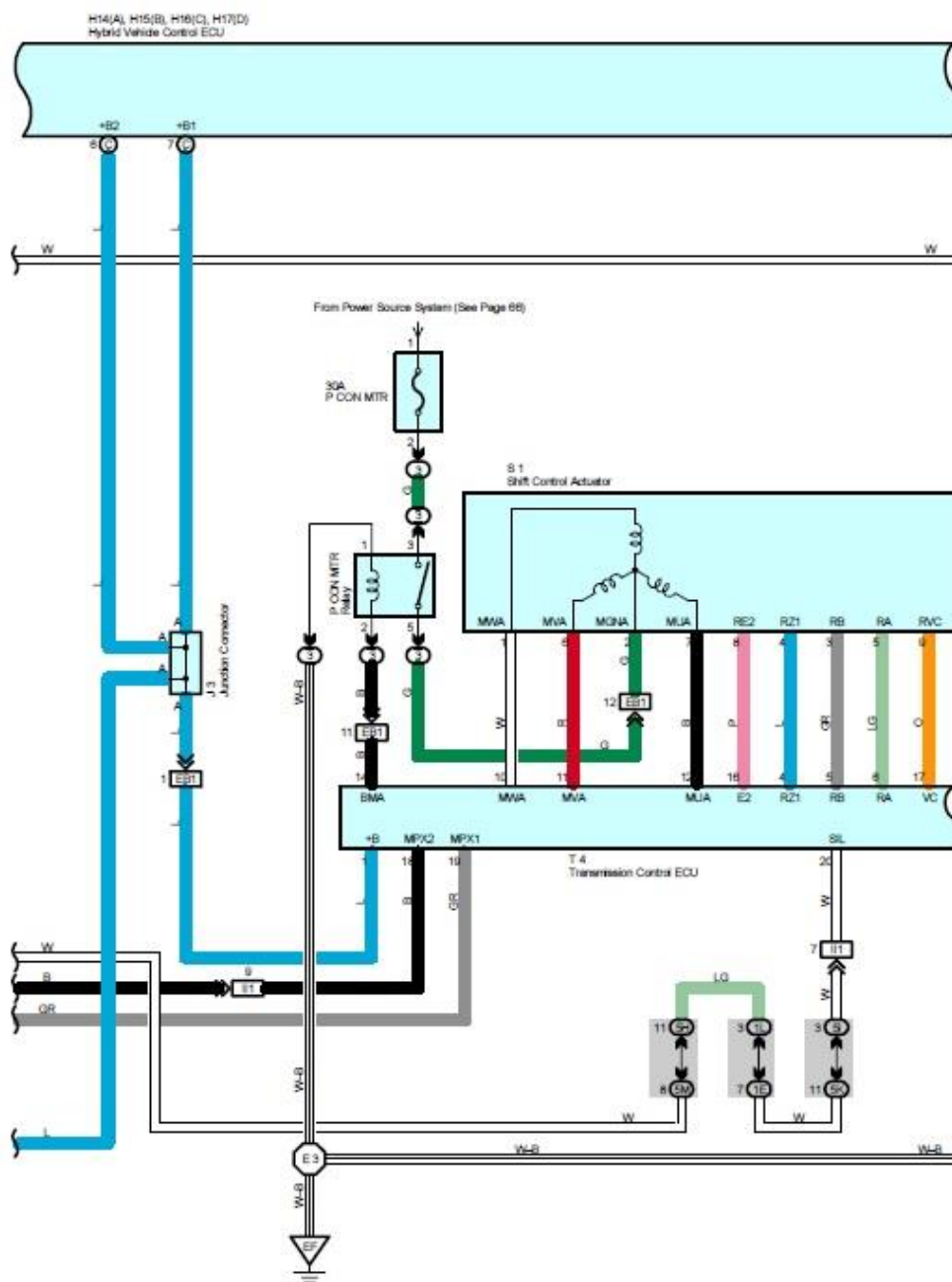
Kuva 19. Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodit Techstream sovelluksessa

8.3.2 Hybridiakun-, moottorin-, ja hybridijärjestelmän ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi

Käynnistettäessä pelkästään hybridiakun ohjausyksikkö, syntyivät vikakoodit U0100 - Lost Communication with ECM/PCM "A" ja U0293 - Lost Communication With Hybrid Powertrain Control Module. Nämä vikakoodit, jotka aiheuttivat vikavalojen palamisen ja virheilmoituksen, tulivat koska hybridiakun ohjausyksikkö yritti ottaa yhteyttä moottorinohjausyksikköön ja hybridijärjestelmän ohjausyksikköön. Jos hybridiakun ohjausyksikön lisäksi käynnistettäisiin nuo kaksi ohjausyksikköä, ei näitä koodeja enää tulisi. Seuraavaksi käynnistettiin siis hybridiakun ohjausyksikön lisäksi myös nämä kaksi ohjausyksikköä. Nämä kolme ohjausyksikköä käynnistämällä ohjausyksiköt voivat keskustella keskenään, sillä kaikkien niiden tiedonsiirto on can-väylässä, kuten can-väylän rakennetta esittävstä kuvasta 3 nähdään.



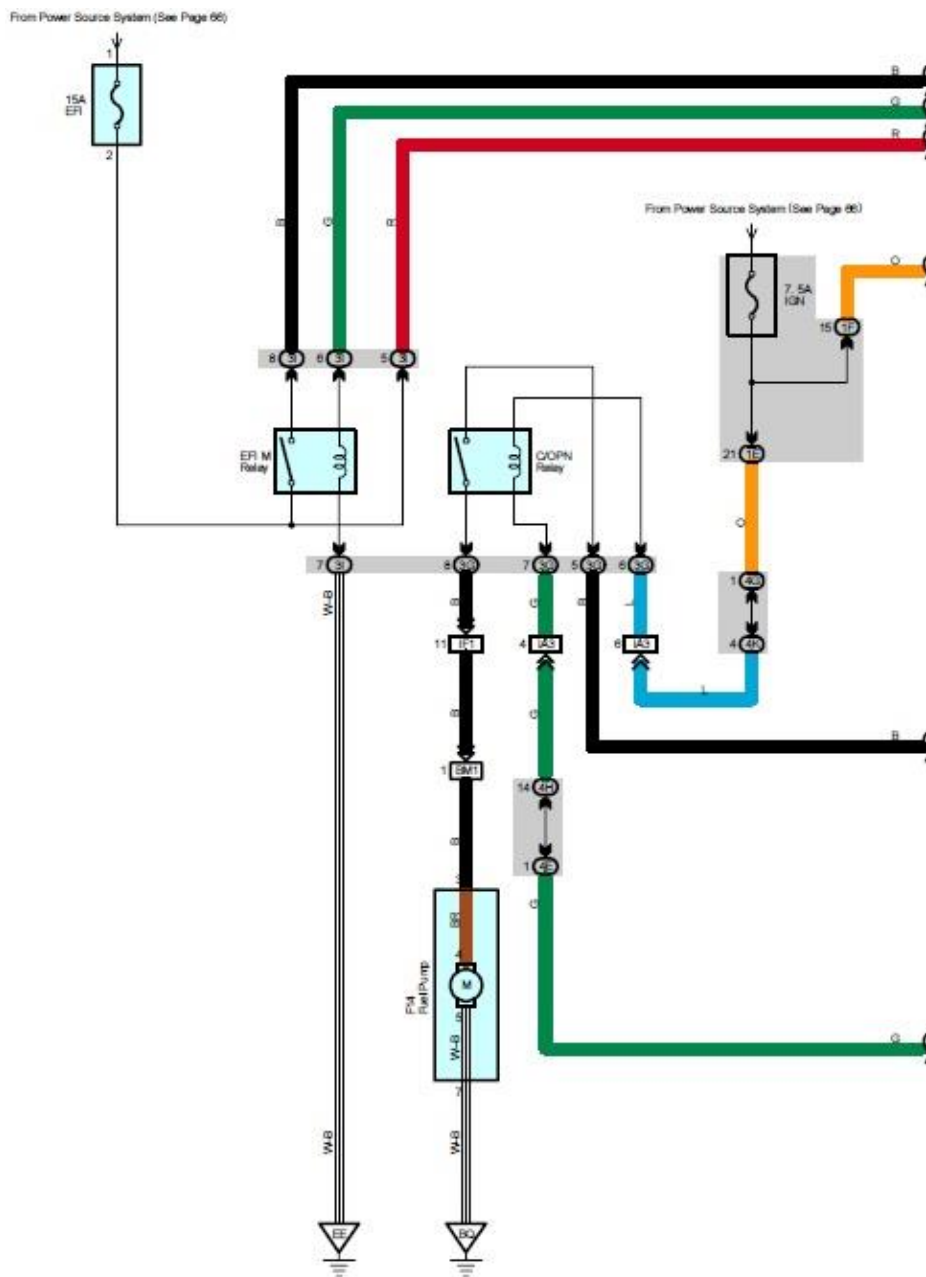
Kuva 20. Hybridiohjausyksikön virransyöttö (EWD555U 2003, 260)



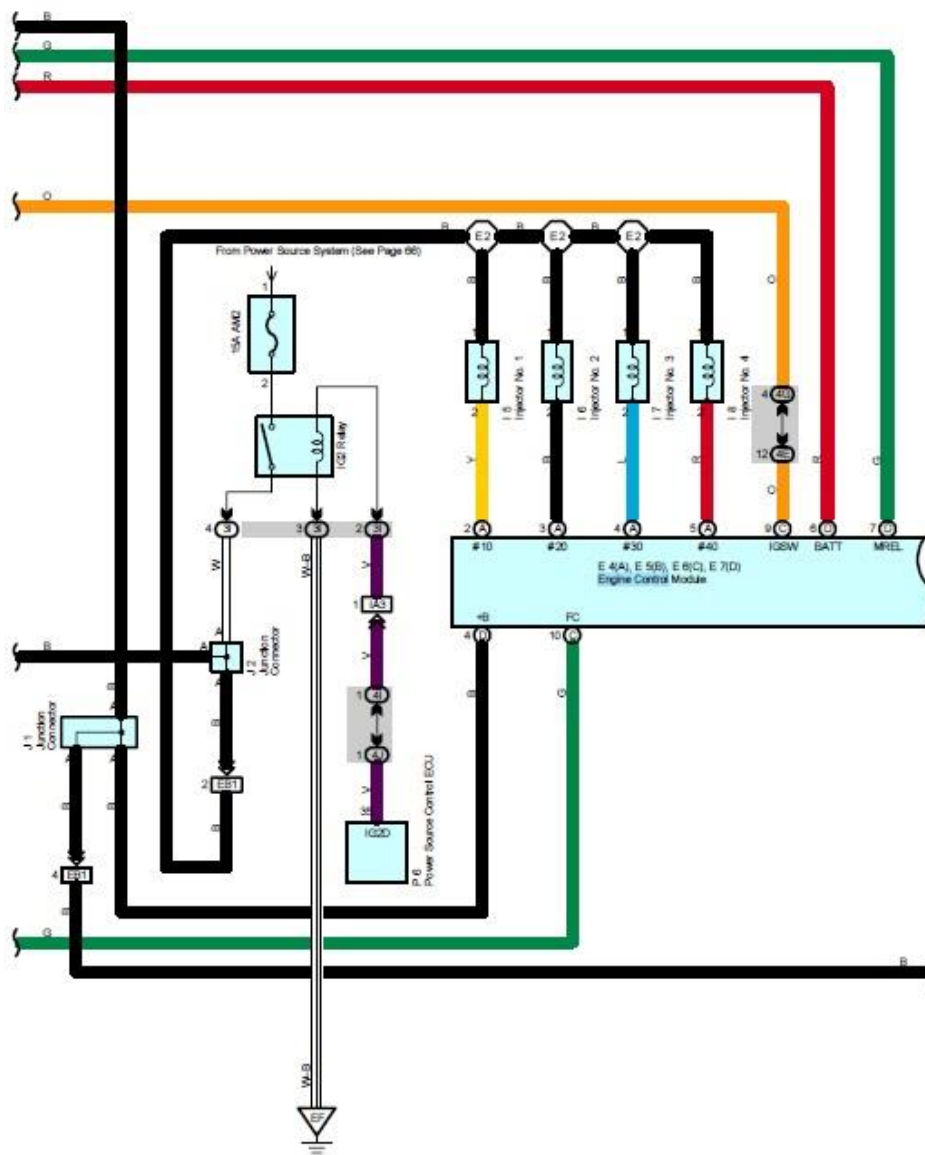
Kuva 21. Hybridiohjausyksikön virransyöttö 2 (EWD555U 2003, 261)

Hybridijärjestelmän ohjausyksikkö voidaan kytkeä päälle syöttämällä jännitettä sen IGSW nastaan. Hybridijärjestelmän ohjausyksikkö saa käyttöjännitteen tähän nastaan virtalukolta tulevan 7,5A sulakkeen kautta kuten kuvasta 21 nähdään. Kytkeytyessään päälle hybridijärjestelmän ohjausyksikkö syöttää jännitettä nastaan MREL joka nähdään kuvasta 15, tästä kuvasta nähdään myös että tämä kytkee jännitteen kuvassa näkyvään siniseen johtoon, tämä johto liittyy kuvassa 21 näkyviin sinisiin johtoihin ja syöttää näin jännitettä hybridiohjausyksikön nastoihin +B1 ja +B2 nastoihin. Kuvasta 18 nähdään myös, että tämä sama jännite kytkeytyy myös vaihteiston ohjausyksikölle. Tämä yhteys täytyy katkaista, jottei vaihteiston ohjausyksikkö käynnistyisi myös.

Moottorinohjausyksikkö voidaan kytkeä päälle syöttämällä jännitettä sen nastaan IGSW, moottorinohjausyksikkö saa käyttöjännitteen tähän nastaan virtalukolta tulevan 7,5 A IGN sulakkeen kautta kuten kuvasta 22 ja kuvasta 23 nähdään.

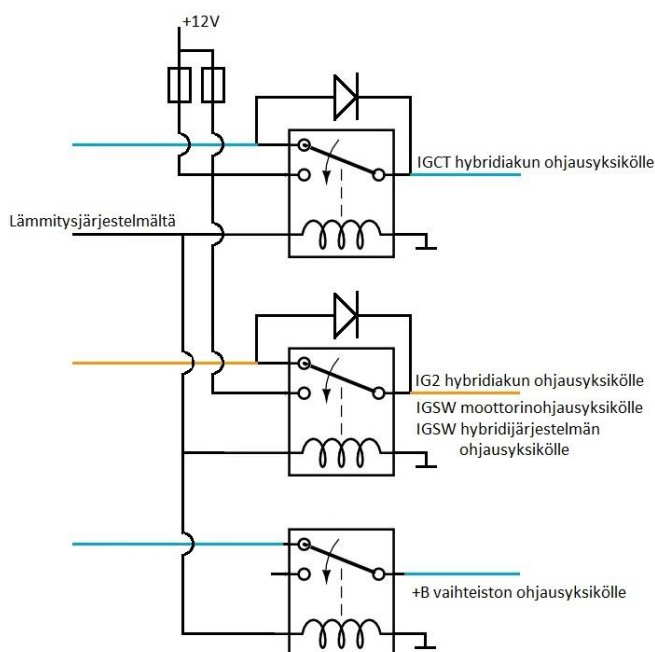


Kuva 22. Moottorinohjausyksikön virransyöttö 1 (EWD555U 2003, 113)



Kuva 23. Moottorinohjausyksikön virransyöttö 2 (EWD555U 2003, 114)

Tämän menetelmän käyttö prototyypilaitteistossa toteutettaisiin kytkentään, käyttäen esimerkiksi kolmea vaihtorelettä kytkettynä niin, että lämmityksen ollessa päällä yksi vaihtorele kytkisi moottorinohjausyksikön IGSW nastaan, hybridijärjestelmän ohjausyksikön IGSW nastaan ja hybridiakun ohjausyksikön nastaan IG2 tulevat oranssit johdot erillisellä sulakkeella 12 V akkuun. Toinen vaihtorele kytkisi hybridiakun ohjausyksikön IGCT nastaan tulevan sinisen johdon erillisen sulakkeiden kautta 12 V akulle. Näiden kahden vaihtoreleen kärkien välille olisi myös hyvä asentaa, myötäsuntaiset diodit, jolloin lämmitysjärjestelmää käytettäessä, tilanteessa jossa jännite tulisi vielä ohjausyksiköille, ei virransyöttöön syntyisi hetkittäistä katkosta releiden vaihtaessa tilaa. Kolmas vaihtorele katkaisisi vaihteiston ohjausyksikölle nastaan +B menevän sinisen johdon. Vaihtoreleet saivat ohjausjännitteensä alijännitereleeltä, samoin kuin toinen lämmitysjärjestelmän kontakteista. Vaihtoreleiden kärkien välille olisi myös hyvä asentaa, myötäsuntaiset diodit, jolloin lämmitysjärjestelmää käytettäessä, tilanteessa jossa jännite tulisi vielä ohjausyksiköille, ei virransyöttöön syntyisi hetkittäistä katkosta releiden vaihtaessa tilaa. Tämä kytkentä voitaisiin toteuttaa kuljettajan jalkatilan sulakekotelon viereen, jossa kaikki tähän kytkentään liittyvät johdot ovat. Mahdollinen on kytkentä esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Hybridiakun- moottorin- ja hybridijärjestelmän ohjausyksikön käynnistyskytkentä

Kun nämä yksiköt oli käynnistetty lämmityksen aikana, seuraavalla kerralla autoa käynnistäessä näyttöön tuli taas virheilmoitus "Problem", ja auto lähti käyntiin vasta toisella yrityksellä. Hybridijärjestelmän ohjausyksikköön ja vakionopeudensäätimeen, oli molempiin jäänyt vikakoodi U0129 - Lost Communication with Brake System Control Module. Tämä koodi syntyi, koska luistonhallinnan ohjausyksikköä ei oltu käynnistetty (Diagnistics hybrid control system 2003, 05-859). Hybridijärjestelmässä oli myös koodi P3102 - Transmission Control ECU Malfunction, mikä syntyy yhteysongelmasta hybridijärjestelmän ohjausyksikön ja vaihteiston ohjausyksikön välillä (Diagnistics hybrid control system 2003, 05-815). Koodi P3108 - Lost Communication with A/C System Control Module syntyi johtuen yhteysongelmasta hybridijärjestelmän ohjausyksikön ja ilmastoinnin ohjausyksikön välillä (Diagnistics hybrid control system 2003, 05-822). Koodi B2799 - Immobilizer Malfunction syntyi yhteysongelmasta hybridijärjestelmän ohjausyksikön ja avaimen luku ohjausyksikön välillä (Diagnistics hybrid control system 2003, 05-2367). Ja koodi U0146 - Lost Communication with Gateway "A" puolestaan syntyi johtuen yhteysongelmasta hybridijärjestelmän ohjausyksikön ja väyläohjausyksikön välillä (Diagnistics hybrid control system 2003, 05-859). Nämä vikakoodit luettiin, ja myöhemmin nollattiin käyttäen OBD2 lukijaa ja Toyotan Techstream sovellusta, joka nähdään kuvassa 19.

Nämä kolme ohjausyksikköä lämmityksen ajaksi käynnistettäessä syntyi siis huomattavasti enemmän vikakoodeja. Vaikkei mikään vikavallo jäänyt palamaan, tuli tälläkin kertaa näytölle vikailmoitus, ja auto vaati kaksi käynnistyskertaa. Johtopäätöksenä on siis, ettei tämäkään menetelmä ei ole toimiva.

8.3.3 Vielä useamman ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi

Edellisen testin tuloksia tutkiessa havaitaan, että hallintayksikön virheellisen varauskäsitteksen korjaamiseksi, ilman että ohjausyksiköihin syntyisi virhekoodeja, täytyisi käynnistää vähintään hybridiakun-, moottorin-, hybridijärjestelmän-, luistonhallinta-, avaimenluku-, ja väyläohjausyksiköt. Nä-

mä muodostaisivat kuitenkin jo niin suuren virrankulutuksen lämmityksen ajalle, että 12V akku saattaisi jo tyhjentyä merkittävästi lämmityksen aikana. Lisäksi järjestelmä muodostuisi erittäin monimutkaiseksi, eikä, avaimenluku ohjausyksikköä käynnistettäessä koodia B2799 - Immobilizer Malfunction pystyttäisi välttämään, sillä avaimia ei autossa tietenkään ole lämmitystä käytettäessä. Lisäksi näiden asioiden tutkiminen ei enää auttaisi mitenkään lämmitysjärjestelmien asennukseen uusiin autoihin, sillä väyläjärjestelmät uusissa autoissa poikkeavat tämän työn kohteena olleesta autosta.

8.3.4 Manuaalinen käynnistys ACC tilaan lämmityksen ajaksi

Jos auto käynnistetään ACC tilaan, niin sanottuun ”virrat päällä tilaan” lämmityksen ajaksi käyttäjän toimesta, ei mitään vikakoodeja tule yhteenkään ohjausyksikköön. Tämä ei kuitenkaan ole tämän opinnäytetyön tehtävän ja tavoitteen mukaista, sillä ACC tilan käyttö kellokytkimellä tai kaukosäädöllä ei ole mahdollista. 12V akun tyhjentymisen olisi myös ongelma tässä tavassa, sillä lämmityksen aikana auton kaikki järjestelmät olisivat käytössä, ellei käyttäjä erikseen niitä sammuttaisi. Vaikka käyttäjä sammuttaisi, kaikki sammuttavissa olevat järjestelmät, jäisi virrankulutus silti edelleen suureksi.

8.4 Ratkaisuja ohjausyksiköitä lämmityksen ajaksi käynnistettäessä tapahtuvien virheiden korjaamiseen

| | Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi | Hybridiakun- Moottorinojaus- ja hybridijärjestelmän ohjausyksiköiden käynnistys lämmityksen ajaksi | Vielä useamman ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi | Manuaalinen käynnistys ACC tilaan lämmityksen ajaksi |
|--|---|--|--|---|
| Varaustilavirhe | - | - | - | - |
| Alkuperäiseen järjestelmään tehtävät muutokset | Releiden lisäys kytkentään kuvan 17 mukaan | Releiden lisäys kytkentään kuvan 24 mukaan | Useiden releiden lisäys kytkentään | - |
| Ongelmat | Hybridiakun ohjausyksikköön tulleet vikakoodit U0100 ja U0293 | Moottorinojaus- ja hybridijärjestelmän ohjausyksiköihin tulleet vikakoodit U0129, P3102, P3108, B2799 ja U0146 | Monimutkaisuus, suuri virrankulutus ja ajoneston vikakoodi B2799 | Edellyttää käyttäjän toimia, eli ei ole tavoitteenmukainen järjestelmä, ja erittäin suuri virrankulutus |

Taulukko 4. Varaustilavirheen korjaavat menetelmät

Koska taulukossa 4 olevat varaustilavirheen korjaavat menetelmät aiheuttivat kaikki myös uusia ongelmia, ei löydetty mitään menetelmiä hybridiakua hyödyntävän lämmitysjärjestelmän toteuttamiseksi. Eli vaatisi toimivan järjestelmän kehittäminen jotain muita menetelmiä. Taulukosta 4 nähdään myös että tähän mennessä lähimpänä toimivia menetelmiä olivat lämmityksen ajaksi hybridiakun ohjausyksikön käynnistäminen, tai lämmityksen ajaksi hybridiakun-, hybridi- ja moottorinohjausyksikön käynnistäminen, näissä menetelmissä ainoina ongelmina ovat aiheutuneet vikakoodit, joten seuraavaksi pyritään kehittämään menetelmiä näiden vikakoodien välttämiseen.

8.4.1 Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodikriteereiden muuttaminen

Hybridiakun ohjausyksikön ohjelmointia voitaisiin muuttaa esimerkiksi lisäämällä koodien U0100 - Lost Communication with ECM/PCM "A" ja U0293 - Lost Communication With Hybrid Powertrain Control Module kriteereihin, että akun jännitteen täytyisi olla yli 13V tai että koodi tulisi vasta useamman peräkkäisen tapahtumakerran jälkeen. Tämän jälkeen moottorin lämmitysjärjestelmä joka käyttää energiaa hybridiakusta, jossa hybridiakun ohjausyksikkö käynnistetään lämmityksen ajaksi, toimisi täysin. Mutta koska ohjelmakoodia ei voida ainakaan tämän työn puitteissa muuttaa, täytyy vikakoodikriteereiden muuttamismenetelmä todeta tämän työn puitteissa toimimattomaksi.

8.4.2 Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodien nollaus lämmityksen jälkeen

Yksi vaihtoehto saada moottorin lämmitysjärjestelmä joka käyttää energiaa hybridiakusta, jossa hybridiakun ohjausyksikkö käynnistetään lämmityksen ajaksi, toimivaksi olisi nollata vikakoodit hybridiakun ohjausyksiköstä aina lämmityksen jälkeen. Jos vikakoodit nollattaisiin hybridiakun ohjausyksiköltä aina lämmityksen jälkeen käyttäen ulkoista laitetta, joka lähettäisi viestin Can-väylälle aina lämmityksen jälkeen, voisi järjestelmä toimia. Kuitenkin tässä ongelmaksi muodostuisi vikakoodien nollaamishetki, sillä heti vikakoodien nollaamisen jälkeen virhetila, jonka myötä koodi on tullut, säilyy, joten vikakoodit palaisivat nopeasti takaisin, eikä näin voida luotettavasti aina nollata vikakoodeja ennen auton käynnistystä.

Tämä sama ongelmien korjausmenetelmä toki toimisi myös muita ohjausyksiköitä lämmityksen ajaksi käynnistettäessä. Mutta koska pelkkä hybridijärjestelmän ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi riittää, ei mitään tarvetta käynnistää muita ohjausyksiköitä lämmityksen ajaksi ole, jos jollain menetelmällä, vaikka nollaamalla hybridiakun ohjausyksikön vikakoodit lämmityksen aikana, voidaan välttää hybridiakun ohjausyksikköön jäävät vikakoodit.

Tekemieni kokeiluiden perusteella vikakoodien nollaus ennen käynnistymistä toimisi parhaimmillaan niin, että lämmityksen jälkeen autoa käynnistettäessä, kun ensimmäisellä käynnistyskerralla auto ei käynnisty vaan menee ACC tilaan, ja näytölle tulee teksti "problem", koodit nollataan. Käyttäjä joutuu käynnistämään auton tämän jälkeen uudestaan. Käyttäjä siis joutuisi käynnistämään auton kahden kertaan aina lämmityksen jälkeen. Lisäksi haittapuolena on se, että tähän tarkoitukseen sopiva Can-väylälaitte lisäisi järjestelmän kustannuksia ja asennustyötä merkittävästi.

8.4.3 Hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön viestinnän esittäminen hybridiakun ohjausyksikölle

Yksi vaihtoehto saada moottorin lämmitysjärjestelmä joka käyttää energiaa hybridiakusta, jossa hybridiakun ohjausyksikkö käynnistetään lämmityksen ajaksi, olisi saada käynnistetty hybridiakun ohjausyksikkö luulemaan että järjestelmä on käynnistynyt tavalliseen tapaan. Lämmityksen ajaksi käynnistettäessä hybridiakun ohjausyksikkö, mutta ei muita ohjausyksiköitä, syntyvät vikakoodit U0100 - Lost Communication with ECM/PCM "A" ja U0293 - Lost Communication With Hybrid Powertrain Control Module. Nämä vikakoodit, jotka aiheuttivat vikavalojen palamisen ja virheilmoituksen, tulivat

koska hybridiakun ohjausyksikkö yritti ottaa yhteyttä moottorinohjausyksikköön ja hybridijärjestelmän ohjausyksikköön.

Voisi olla mahdollista käyttää jonkinlaista can-väylälaitetta lähettämään viestejä väylälle niin, että hybridiakunohjausyksikkö kuvittelisi pystyvänsä keskustelemaan hybridijärjestelmän ohjausyksikön ja moottorinohjausyksikön kanssa. Tämän mahdollisuuden selvittäminen vaatisi perehtymistä yksiköiden keskinäiseen viestintään, josta ei Toyotan manuaaleista löydy minkäänlaista informaatiota, eli koko selvitystyö täytyisi tehdä väyläsignaaleja lukemalla "vakoilemalla".

Yksiköiden välisen viestinnän tyypistä riippuisi, minkälainen can-väylälaitte tähän tarvittaisiin. Käytännössä saatavissa on vain viestejä lähetettäviä laitteita, joten jos keskinäinen viestintä on mitään muuta kuin yksinkertaisten viestien lähetystä ei tämä olisi toimiva menetelmä. Yksinkertaisinkin Can-väylälaitte lisäisi järjestelmän kustannuksia ja asennustyötä merkittävästi.

Lisäksi näiden asioiden tutkiminen ei enää auttaisi mitenkään lämmitysjärjestelmien asennukseen uusiin autoihin, sillä väyläjärjestelmät uusissa autoissa poikkeavat tämän työn kohteena olleesta autosta. Can-väylälle ylimääräisten viestien lähettäminen, vaikka pelkästään tälle hybridiakun ohjausyksikölle saattaisi myös aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Näiden mahdollisten ongelmien takia tämä toteutustapa ei todennäköisesti kelpaisi autonvalmistajalle, jolta lupa järjestelmän asennukseen on saatava, jotta hybridijärjestelmän takuu säilyisi, uusiin autoihin järjestelmän asennusmenetelmäksi.

8.4.4 Hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön vikakoodikriteereiden muuttaminen

Hybridiakua käyttävä lämmitysjärjestelmä, jossa lämmityksen ajaksi käynnistettiin hybridiakun-, moottorin-, ja hybridijärjestelmänohjausyksiköt toimi muuten hyvin, mutta hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön muistiin jäi useita vikakoodeja. Tämän ongelman korjausmenetelmänä voitaisiin uudellen ohjelmoida nämä kaksi ohjausyksikköä niin että vikakoodien U0129 - Lost Communication with Brake System Control Module, P3102 - Transmission Control ECU Malfunction, P3108 - Lost Communication with A/C System Control Module B2799 - Immobilizer Malfunction ja U0146 - Lost Communication with Gateway "A" kriteereihin voitaisiin lisätä, että akun jännitteen täytyisi olla yli 13V tai että koodi tulisi vasta useamman peräkkäisen tapahtumakerran jälkeen. Tämän jälkeen moottorin lämmitysjärjestelmä joka käyttää energiaa hybridiakusta, ja jossa hybridiakun-, hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikkö käynnistetään lämmityksen ajaksi, toimisi täysin. Mutta koska ohjelmakoodia ei voida ainakaan tämän työn puitteissa muuttaa, täytyy vikakoodikriteereiden muuttamismenetelmä todeta tämän työn puitteissa toimimattomaksi.

8.5 Yhteenveto

Taulukossa 3 näkyvistä järjestelmistä mikään ei ollut täysin toimiva, sillä ne eivät ratkaisseet varaustilavirhettä, tai ne olisivat vaatineet ohjausyksiköiden uudelleenohjelmointia, joka ei ollut mahdollista tämän työn puitteissa. Taulukossa 4 näkyvät menetelmät eivät olleet täysin toimivia, sillä vaikka ne ratkaisivat varaustilavirheen, kaikki ne aiheuttivat vikakoodeja, tai eivät olleet muuten tavoitteenmu-

kaisia. Taulukossa 5 näkyvät menetelmät eivät olleet täysin toimivia, sillä ne vaativat joko ohjelmointia, tai eivät olisi muuten vaatimusten mukaisia. Niinpä yhteenvedona täytyy todeta, ettei mitään täysin toimivaa menetelmää havaittu tässä työssä. Koska työssä tutkittiin mahdollisuuksia hyvin monipuolisesti, voidaan sanoa, ettei mitään menetelmää, joka täyttäisi kaikki alussa esitetyt vaatimukset, eli jossa järjestelmän olisi käyttäjälleen helppokäyttöinen, osa- ja työkuksannuksiltaan alhainen ja erittäin toimintavarma ole olemassakaan.

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| | Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi, ja hybridiakun ohjausyksikön vikakoodikriteerien muuttaminen | Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi, ja hybridiakun ohjausyksikön vikakoodien nollaus lämmityksen jälkeen | Hybridiakun ohjausyksikön käynnistys lämmityksen ajaksi ja hybridijärjestelmän ja moottorinohjausyksikön viestinnän esittäminen hybridiakun ohjausyksikölle | Hybridiakun Moottorinohjaus- ja hybridijärjestelmän ohjausyksiköiden käynnistys lämmityksen ajaksi ja hybridijärjestelmän ja moottorinohjausyksikön vikakoodikriteereiden muuttaminen |
| Varaustilavirhe | - | - | - | - |
| Alkuperäiseen järjestelmään tehtävät muutokset | Releiden lisäys kytkentään kuvan 17 mukaan | Releiden lisäys kytkentään kuvan 17 mukaan, ja erillisen can-väyläyksikön asennus | Releiden lisäys kytkentään kuvan 17 mukaan, ja erillisen can-väyläyksikön asennus | Releiden lisäys kytkentään kuvan 24 mukaan |
| Ohjelmointi | Hybridiakun ohjausyksikön vikakoodikriteerien muuttaminen koodien U0100 ja U0293 osalta | Erillisen can-väyläyksikön ohjelmointi niin että se osaisi nollata vikakoodit hybridiakun ohjausyksiköstä oikealla hetkellä | Erillisen can-väyläyksikön ohjelmointi niin että se esittäisi hybridiakun ohjausyksikölle hybridijärjestelmän- ja moottorinohjausyksikön viestinnän | Moottorinohjaus- ja hybridijärjestelmän ohjausyksiköiden vikakoodikriteereiden muuttaminen koodien U0129, P3102, P3108, B2799 ja U0146 osalta |
| Ongelmat | Hybridiakun ohjausyksikön uudelleen ohjelmointi ei ole mahdollista tämän työn puitteissa | Ohjelmakoodin kehitys erilliselle can-väyläyksikölle, yksikön kustannukset asennuksen monimutkaisuus, ja toiminnan mahdolliset virheet | Ohjelmakoodin kehitys erilliselle can-väyläyksikölle, yksikön kustannukset asennuksen monimutkaisuus, ja toiminnan mahdolliset virheet | Moottorinohjaus- ja hybridijärjestelmän ohjausyksiköiden uudelleen ohjelmointi ei ole mahdollista tämän työn puitteissa |

Taulukko 5. Varaustilavirheen ja aiheutuvat vikakoodit korjaavat menetelmät

9 POHDINTA

Hybridiakkujen energiaa moottorin esilämmityksessä käyttävä järjestelmä ei tässä tutkimuksessa rakennetun prototyypin mukaisena toimi kovin hyvin. Tämä johtuu siitä, että NHW20 Priuksen nikkeli-metallihydridi kemiaan perustuvan hybridiakun lataustilan hallinta perustuu tässä työssä havaittujen asioiden perusteella lähinnä akun varaus- ja purkuvirtojen mittaukseen. Jännitteen ja muiden asioiden mittaus vaikuttaa olevan lähinnä toissijainen varaustilan hallinnassa. Voidaan myös olettaa, että uudempien Toyotan mallien samaan kemiaan perustuvien akkujen hallinta toimisi samalla tavalla, sillä nämä järjestelmät ovat olleet hyvin ongelmattomia jo alusta alkaen. Olettaisin siis, että todennäköisesti mitään tarvetta muuttaa periaatetta ei ole ollut. Tämä sama ongelma haittaisi myös polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energian ottamista hybridiakulta, vaikkakin paljon pienemmässä määrin.

Ohjausyksiköiden käynnistys akun varaustilan mittaamiseksi lämmityksen aikana ei onnistu, jollei yksiköiden ohjelmointia muuteta. Kuten taulukoista 3, 4 ja 5 nähdään, en työssäni havainnut mitään menetelmää, jolla yksiköitä käynnistäessä ei tuotettaisi vikakoodeja, pois lukien auton käynnistyskäyttäjän toimesta ACC tilaan, joka taas ei ole työn tavoitteen mukainen menetelmä.

Joissain Toyotan hybrideissä käytetään Litium-ion kemiaan perustuvia hybridiakkuja, näissä polttoainekäyttöisen lisälämmittimen energian ottaminen hybridiakulta olisi todennäköisesti mahdollista, sillä litium-ionakun varaus mitataan normaalisti vain sen jännitteestä. Mutta koska nämä mallit, Prius+ (Prius+ RM), Corolla hatchback hybrid (Corolla RM), Prius PHV (Prius PHV RM), ovat vähemmistö verrattuna kaikkiin muihin malleihin, ei järjestelmän kehittäminen ole todennäköisesti kannattavaa. Lisäksi järjestelmä olisi todennäköisesti toteutettavissa helposti joihinkin muihin hybridiautoihin, joissa olisi litium-ion kemiaan perustuvat hybridi akut ja sopiva käyttöjännite.

Kuitenkin se että moottori lämpenee hyvin, hybridiakun energialla kertoo, että jo hyvin pienellä ohjausyksiköiden uudelleen ohjelmoinnilla tämä järjestelmä olisi toteutettavissa ja siten tehtäälle melko helppo toteuttaa. Hybridiakun käyttö moottorin esilämmitykseen olisi hyvä vaihtoehto polttoainekäyttöiselle lisälämmittimelle. Sisätilan lämmitys hoituisi tässä järjestelmässä helposti yksikertaisesti käynnistämällä moottori, jolloin sen lisääntyvä lämpö lämmittäisi samalla sisätilat. Moottori voisi samalla ladata hybridiakun taas täyteen, joten tarvittaessa peräkkäiset esilämmityksetkin onnistuisivat. Tämä järjestelmä vähentäisi myös päästöjä verrattuna verrattain epäpuhtaasti polttaviin polttoainekäyttöisiin lisälämmittäjiin. Tämä järjestelmä ei myöskään edellyttäisi isoja muutoksia autoihin, eikä tarvitsisi huoltoa kuten polttoainekäyttöiset lisälämmittimet.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- 486-4167-ND 2019. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.digikey.fi/products/en?keywords=486-4167-ND>
- Case study: Toyota Hybrid Synergy Drive 2011. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: http://www.ae.pwr.wroc.pl/filez/20110606094127_HEV_Toyota.pdf
- CH-R RM 2017. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, joka ei sisällä sivunumeroita, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- Corolla RM 2018. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, joka ei sisällä sivunumeroita, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- Defa 411859 2014. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.defa.com/vfp/eh/411859.pdf>
- Diagnistics hybrid control system 2003. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- EWD555U 2003. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- F6775-ND 2019. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.digikey.fi/products/en?keywords=F6775-ND>
- GEYA Monitoring voltage relay [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: dimelectrico.com/manuales/GRV8D240.pdf
- Hietalahti Lauri 2011. Sähkökäyttö ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonetyöhön. Tampere: Tammertekniikka.
- Journal of Modern Power Systems and Clean Energy 2015. [viitattu 2019 -9- 4]. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40565-015-0115-1>
- Koivisto, J. Mikkolainen, P. Rantala, J. 2012 Autotekniikka 5. Helsinki: Otava
- Linden, D., Reddy B. 2002. Handbook of Batteries. 3. uudistettu painos. USA: McGraw-Hill.
- Morris_Mongolia Prius 2003, Model NHW20, fuel consumption 6-13km per liter, HELP. 2014. [viitattu 2019 -8- 14]. Saatavissa: <https://priuschat.com/threads/prius-2003-model-nhw20-fuel-consumption-6-13km-per-liter-help.147994>
- Motiva Moottorin esilämmitys. 2019. [viitattu 2019 -8- 14]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/taloudellinen_ajaminen/moottorin_esilammitys
- Omron G9EJ-1-E [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: https://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-g9ej-1-e.pdf
- Panasonic 2013. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: https://b2b-api.panasonic.eu/file_stream/pids/fileversion/3511
- PARVIAINEN, H. 2007. Polttoainekäyttöiset lämmittimet. Tekniikan maailma 17/2007, 135
- PEREIRA, Ria 2013. Plug-in Hybrid Vehicle (PHEV) Component Pre-Heater. Western Michigan University. Honors Thesis. [viitattu 2019 -9- 4]. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/9eea/7df70d3292b23ab8ca1c1054fc0cb3998c8f.pdf>
- Prius new car features 2003. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- Prius PHV RM 2016. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, joka ei sisällä sivunumeroita, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)

- Prius RM 2015. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, joka ei sisällä sivunumeroita, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- Prius+ RM 2011. [viitattu 2019 -8- 12]. Saatavissa: <https://www.techdoc-toyota.com/viewpublication> (interaktiivinen manuaali, joka ei sisällä sivunumeroita, linkki toimii vain sisään kirjautuneena)
- RAUTALIN, Jan 2013. Moottorin esilämmityksen vaikutukset. Metropolia ammattikorkeakoulu. Auto ja kuljetustekniikka. Opinnäytetyö. [viitattu 2019 -8- 15]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64467/Opinnaytetyo_Jan_Rautalin.pdf?sequence=1
- Russia beyond 2019. [viitattu 2019 -8- 15]. Saatavissa: <https://www.rbth.com/lifestyle/329955-russia-cars-extreme-frosts>
- Tuulilasi Pakkanen kyykyttää akun, Webaston, polttoaineen ja osaamattoman korjaamon. 2012. [viitattu 2019 -8- 14]. Saatavissa: <https://www.apu.fi/artikkelit/pakkanen-kyykyttaa-akun-webaston-polttoaineen-ja-osaamattoman-korjaamon>
- VALTANEN Esko 2007. Fysiikan taulukkokirja. Gummerus.