

Henkilöauton kaasupoljin ohjaamaan sähkömoottoria

1.12.2025

Sähköiset voimalinjat (SäVo) -hankkeessa auto- ja työkonetekniikan laboratorioon on hankittu sähköisen voimalinjan simulaattori eKit48. Kyseessä on HYDACin standardoitu ja modulaarinen sähköistämisratkaisu, joka on suunniteltu liikkuvien työkoneiden nopeaan ja vaivattomaan sähköistämiseen. Kokonaisuus sisältää valmiiksi konfiguroidut moduulit, kuten 48 voltin akuston ja laturit, sähkömoottorin ja invertterin, ohjausyksikön ohjelmistoineen sekä tehonjakoyksikön. Komponentit voidaan liittää suoraan erilaisiin työkoneisiin ja mukauttaa joustavasti eri tehovaatimuksiin, energiatarpeisiin ja konetyyppeihin. Lisäksi ratkaisu ei vaadi korkeajännitekoulutusta. (HYDAC International GmbH, n.d.)



Kuva 1. Laboratorioon hankittu sähköisen voimalinjan simulaattori. Oikealta vasemmalle moottori, invertteri, tehonjakoyksikkö, laturit ja hallintapaneeli. Ohjausyksikkö piilossa etuvasemmalla ja akut pöydän alla oikealla (kuva: Juha Vaara, 2025).

Opiskelijoiden projektiopintona laboratorion nelivetoinen Skoda Octavia -henkilöauto sähköistetään hyödyntämällä sähköisen voimalinjan simulaattoria. Tavoitteena on toteuttaa hybridijärjestelmä, jossa polttomoottori pyörittää etupyöriä ja sähkömoottori takapyöriä. Ensimmäisessä vaiheessa moottorit eivät ole käytössä samanaikaisesti, vaan ajotila valitaan poltto- ja sähkömoottorin välillä. Tässä artikkelissa keskitytään siihen, miten sähkömoottorin nopeuden ohjaus on toteutettu simulaattorin käyttöliittymässä, ja kuinka siihen yhdistetään henkilöauton vastaava käyttöliittymä, eli kaasupoljin.

Nopeudensäätimen ja kaasupolkimen toiminta

Autoa liikutetaan eteen- tai taaksepäin painamalla kaasupoljinta. Moottorinohjausyksikkö tunnistaa polkimen liikkeen ja säätää sen perusteella polttoaineen ruiskutusta. Kaasupolkimen asento mitataan asentoanturilla, joka tuottaa kahdennetun signaalin. Tämä tarkoittaa, että ohjausyksikkö vastaanottaa kaksi erillistä signaalia polkimen painalluksesta. Kahdennus parantaa järjestelmän turvallisuutta ja luotettavuutta. Jotta virheet voidaan huomata, signaalit eivät ole täysin identtisiä, vaan ne voivat esimerkiksi toimia eri jännitealueilla tai muuttua eri tavalla polkimen liikkeen mukaan. Moottorinohjausyksikkö vertailee signaaleja jatkuvasti, ja jos niiden ero ylittää sallitun rajan esimerkiksi anturivian vuoksi, tunnistaa se poikkeaman ja rajoittaa auton

toimintaa.

Simulaattorissa moottorin nopeutta ohjataan hallintapaneelin nopeudensäätimellä. Kun säädintä käännetään myötäpäivään, moottorin pyörimisnopeus kasvaa. Vastapäivään käännettäessä nopeus pienenee. Nopeudensäädin on potentiometri, joka antaa portaattoman jännitteen maan ja syöttöjännitteen väliltä. Se tuottaa kaksi jännitesignaalia, jotka ovat toistensa käänteisiä. Kun toinen kasvaa, toinen pienenee. Molempien jännitealue on rajattu 0,5–4,5 volttiin, vaikka koko alue on 0–5 volttia. Ylä- ja alapäähän jätetyt käyttämättömät alueet mahdollistavat vikatilanteiden tunnistamisen ja parantavat häiriönsietokykyä.

Potentiometrin signaalit on kytketty simulaattorin ohjausyksikön jännitetuloihin, ja tulot on kalibroitu vastaamaan potentiometrin tuottaman signaalin jännitealuetta. Jos alue muuttuu, tulot on kalibroitava uudelleen. Uudelleenkalibrointi tehdään ohjelmalla, jolla voidaan muuttaa ohjausyksikön parametreja.

Skoda Octavian kaasupolkimen asentoanturi on myös potentiometri, joka tuottaa kaksi jännitesignaalia. Molemmat muuttuvat samaan suuntaan polkimen liikkeen mukaan, mutta eri jännitealueilla. Mittausten perusteella toinen signaali vaihtelee välillä 0,4–1,9 volttia ja toinen välillä 0,7–3,9 volttia.

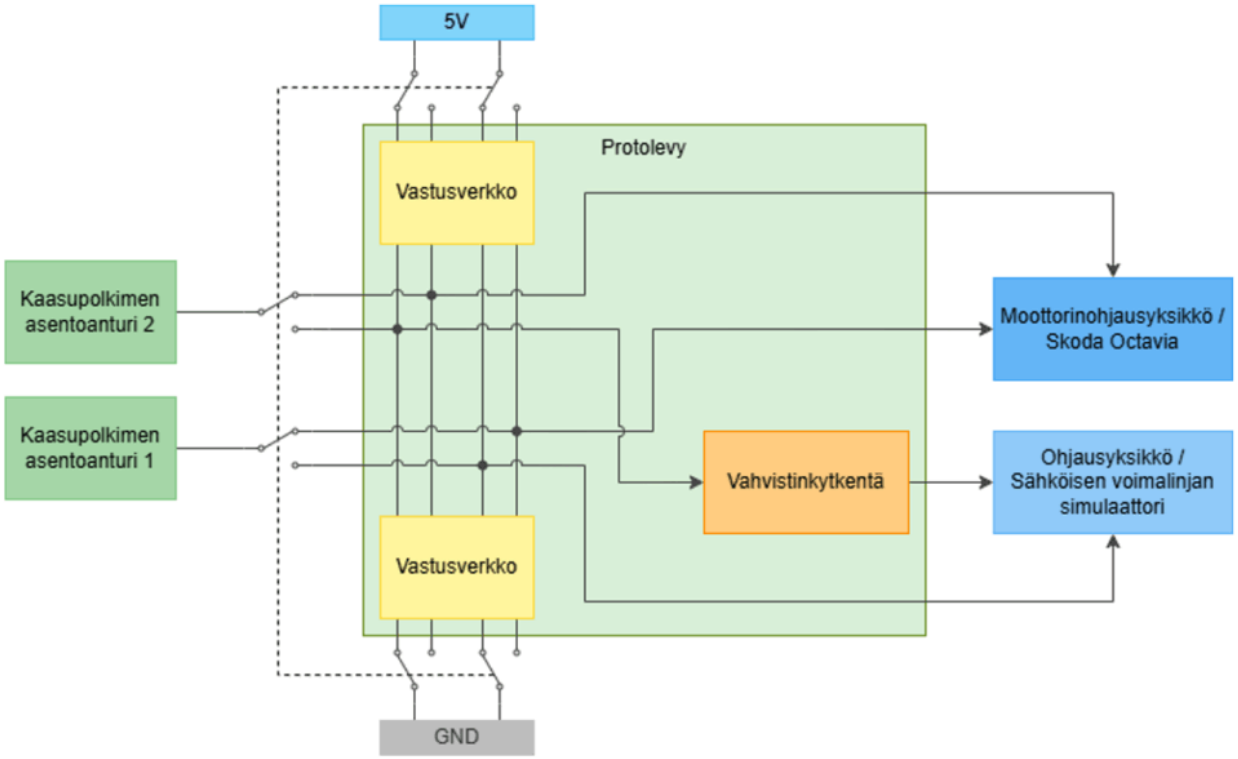
Kaasupolkimen signaalin muokkaus ja ajotilan valinta

Yksinkertaisin tapa yhdistää kaasupolkimen anturisignaalit sähköisen voimalinjan simulaattoriin olisi muokata simulaattorin ohjausyksikön ohjelmistoa niin, että anturisignaalit toimivat sellaisenaan. Koska ohjelmistoa ei voida muuttaa, tarvittavat muokkaukset tehdään elektroniikan kytkennöillä. Operaatiovahvistimesta muodostuvalla vahvistinkytkennällä matalamman jännitetason tuottavan anturin signaali nostetaan samalle tasolle kuin korkeamman jännitetason signaali, ja siitä tehdään peilikuva.

Ajotilan valinnassa on varmistettava, että ohjaussignaalit ei-aktiiviselle moottorille asetetaan tunnettuun tilaan, mikä estää moottorin toiminnan. Polttomoottoritilassa sähkömoottori pysyy poissa käytöstä, ja muuten toiminta säilyy ennallaan. Sähkömoottoritilassa polttomoottori ei reagoi kaasupolkimen painalluksiin, vaan käy tyhjäkäynnillä, eikä auton ajotietokone havaitse muutosta. Tämä saavutetaan syöttämällä moottorinohjausyksikölle anturijännitteet, jotka vastaavat kaasupolkimen yläasentoa riippumatta polkimen todellisesta asennosta.

Ajotilan valinta toteutetaan kaksiasentoisilla moninapaisilla kytkimillä. Ensimmäisessä asennossa kytkimet välittävät kaasupolkimen asentoanturien signaalit sellaisenaan auton moottorinohjausyksikölle. Samalla simulaattorin ohjausyksikön tulojen jännitteet asetetaan vastuksilla kalibroidun alueen ulkopuolelle, jolloin sähkömoottori pysyy poissa käytöstä.

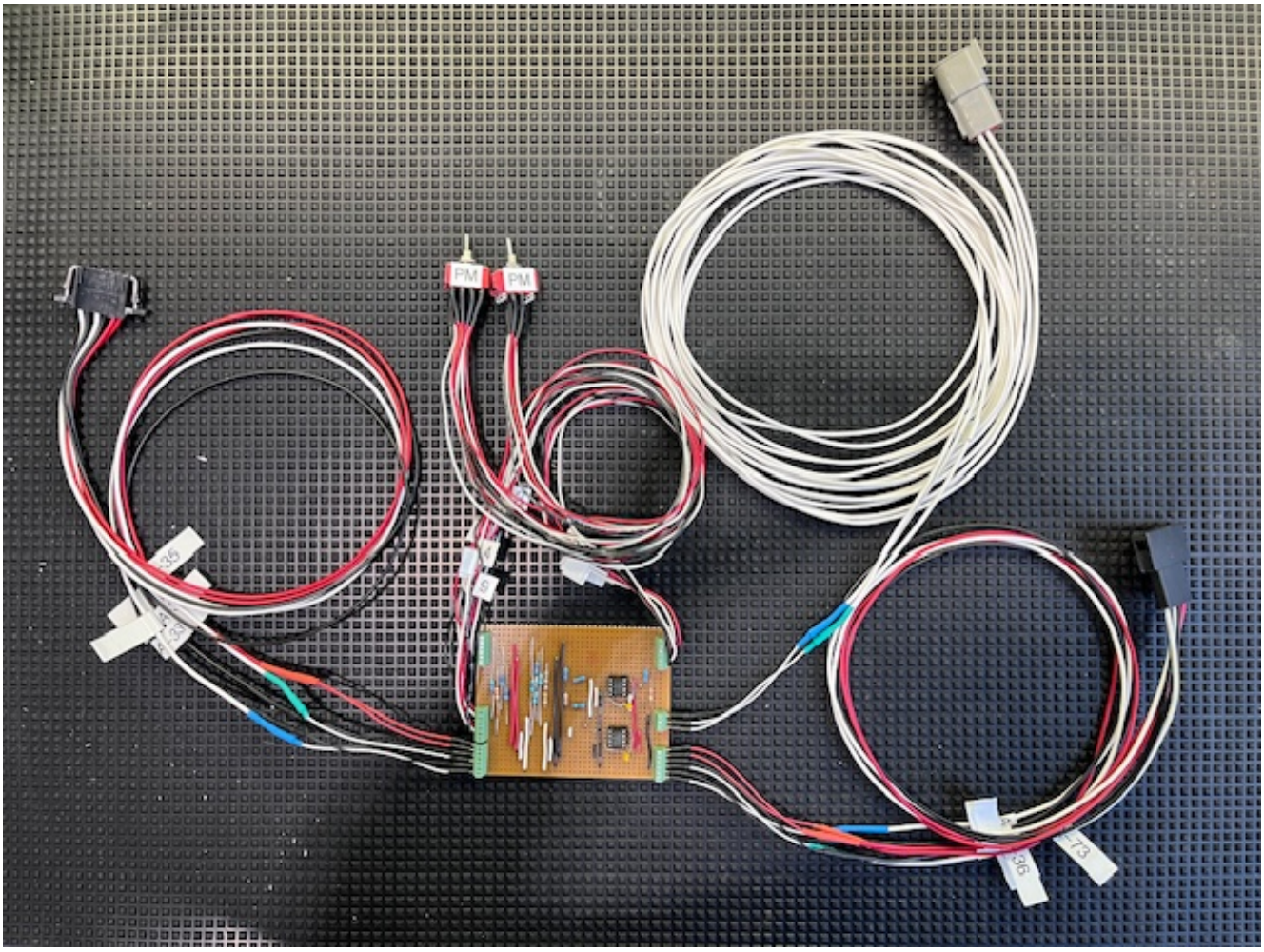
Toisessa asennossa kytkimet ohjaavat anturisignaalit sähköisen voimalinjan simulaattorille siten, että ensimmäinen signaali välitetään sellaisenaan ja toinen on muokattu. Moottorinohjausyksikön jännitteet asetetaan vastuksilla niin, että se tulkitsee kaasupolkimen olevan yläasennossa.



Kuva 2. Kaasupolkimen asentoanturien signaalien reititys protolevyn kautta moottorinohjausyksikölle ja sähköisen voimalinjan simulaattorille.

Kytkennän toteutus ja järjestelmän toiminta

Komponentit ja liittimet juotettiin protolevylle. Moottorinohjausyksikön ja asentoanturin välinen johtosarja irrotettiin anturin päästä, ja protolevy sijoitettiin johtosarjan ja anturin väliin. Ratkaisu mahdollistaa johtosarjan palauttamisen ennalleen tarvittaessa. Protolevyltä haarautuu johtosarja sähköisen voimalinjan simulaattorille, ja kytkimet ovat johtimien päässä.



Kuva 3. Protolevy ja siihen kytketyt johtosarjat. Vasemmalla johtosarja kaasupolkimen asentoanturille, ylhäällä oikealla sähköisen voimalinjan simulaattorille ja oikealla moottorinohjausyksikölle. Keskellä kytkimet (kuva: Juha Vaara, 2025).

Protolevyn kytkennät toimivat suunnitellusti. Simulaattorin ohjausyksikkö vastaanottaa kaksi signaalia, joiden jännitteet vaihtelevat välillä 0,7–3,9 V ja liikkuvat vastakkaisiin suuntiin. Sähkömoottori reagoi kaasupolkimen painallukseen, ja pyörimisnopeus muuttuu polkimen asennon mukaan, eikä moottorinohjausyksikkö anna virheilmoituksia. Polttomoottoritilassa kaasupolkimen toiminta on säilynyt ennallaan, eikä sähkömoottori osallistu toimintaan.

Tämä artikkeli on kirjoitettu osana Euroopan unionin osarahoittamaa Sähköiset voimalinjat (SäVo) –hanketta. Lisätietoja hankkeesta löytyy SEAMKin projektisivulta:
Sähköiset voimalinjat.

Juha Vaara
Digitalisaatio ja älykkäät teknologiat
SEAMK

Kirjoittaja on koulutukseltaan elektroniikan diplomi-insinööri ja ollut kolmen kuukauden ajan työkokeilussa Sähköiset voimalinjat -hankkeessa.

Lähteet

HYDAC International GmbH. (i.a.). eKit48 – We electrify your mobile machines. https://www.hydac.com/download/ekit48-we-electrify-your-mobile-machines-1000505037-en.pdf