

Pekko Hakala

Renault Twizyn sähköinen kontrolli

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Autosähkötekniikka

Insinöörityö

24.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Pekko Hakala Renault Twizyn sähköinen kontrolli
Sivumäärä Aika	33 sivua 24.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho Projektipäällikkö Harri Santamala
<p>Opinnäytetyö oli osa Sensible 4 Oy:n projektia, jossa Renault Twizy 80 muutetaan autonomiseksi ajoneuvoksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli ratkaista ajoneuvon ohjauslaitteiden sähköinen ja mekaaninen toteutus autonomista järjestelmää varten.</p> <p>Ohjauslaitteisiin kuuluivat ohjaus, kaasuu, jarrut, ajovalot, vilkut sekä äänimerkki. Ajoneuvon muutoksen yhteydessä alkuperäiset hallintalaitteet säilytetään turvavarusteina.</p> <p>Opinnäytetyössä kuvataan autonomisten ajoneuvojen SAE-luokitukset ja niiden turvallisuusvaikutukset. Lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan nykypäivän henkilöautoissa käytettäviä autonomisia turvallisuusjärjestelmiä ja tulevaisuuden joukkoliikenteeseen tarkoitettuja autonomisia linja-autoja.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi eri ohjauslaitteiden toiminnot sekä totuttaminen. Järjestelmien toteuttamiseksi on esitelty eri järjestelmien toimintalohkoja sekä toimilaitteiden toimintakaavioita. Lisäksi työssä kuvataan suunnitelmassa käytetyt sähkökomponentit sekä niiden toimintaperiaatteet</p> <p>Työn tuloksena syntyi toimiva suunnitelma, jota voidaan käyttää autonomista järjestelmää toteuttaessa.</p>	
Avainsanat	Autonominen ajoneuvo, ajoneuvon ohjauslaitteet

Author(s) Title	Pekko Hakala Electrical Control of Renault Twizy
Number of Pages Date	33 pages 24 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Harri Santamala, Project Manager
<p>This Bachelor's thesis was a part of Sensible 4 project in which Renault Twizy 80 will be transformed to an autonomous car. The main objective of this thesis was to solve the electrical and mechanical implementation for the autonomous system in the car.</p> <p>The control system units were steering, throttle, brakes, headlights, turn lights and horn. All the original control units will be used as safety equipment during the transformation process.</p> <p>The thesis describes the SAE-rankings and their safety improvements of autonomous vehicles. Also, autonomous safety systems in passenger cars of today and autonomous buses planned to be used in public transportation in the future are discussed and analysed.</p> <p>This thesis explains the functions of the different control devices and their customization. For the implementation of the systems, the policy areas of the various systems and the operating schemas of the actuators are presented. In addition, the electrical components used in the plan and their operating principles are described.</p> <p>As a result of the thesis a viable plan was created that can be used in the implementation of the autonomous system.</p>	
Keywords	Autonomous vehicle, vehicle control systems

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Autonomiset autot	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Volvo	5
2.3	Sähköbussit	7
3	Renault Twizy	8
3.1	Yleistä	8
3.2	Jarrut	10
3.3	Ohjaus	16
3.4	Logiikka	20
3.5	Valaisin ja merkinantolaitteet ajoneuvossa	21
3.5.1	Yleistä	21
3.5.2	Jarruvalot	22
3.5.3	Peruutusvalaisin tai -valaisimet	23
3.5.4	Suuntavilkut ja hätävilkkukytkentä	23
3.5.5	Ajovalot	23
3.5.6	Takasumuvalaisin	24
3.6	Kuljettajan valvonta	24
3.7	Pyörintänopeus	24
4	Sähkökomponentit	25
4.1	Asentoanturi	25
4.2	CAN-väylä	26
4.3	Hall-anturi	27
4.4	Induktiivinen anturi	28
4.5	Transistori	28
5	Yhteenveto ja päätelmät	31
	Lähteet	32

1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaaja on Sensible 4 Oy, joka on vuonna 2017 perustettu espoolainen, erityisesti henkilöliikenteen automaatioon keskittynyt yritys. Nuoren yrityksen osaamis- perusta koostuu viiden perustajajäsenten osaamisista; GIM Oy:llä sekä tekniikan tohto- reilla Jari Saarisella ja Jussi Suomalalla mobiilirobotiikan ja automaation työhistoriaa aina vuodesta 1986 asti. Harri Santamala on ollut rakentamassa suomalaista tieauto- maatiohanke- ja kehitystoimintaa, ja hänellä on laaja ajoneuvotekniikan sovellus- ja in- tegraatio-osaamista kattava kansainvälinen verkosto ajoneuvoteollisuudesta.

Opinnäytetyön aiheena on tehdä alustava mekaaninen ja sähköinen suunnitelma Re- nault Twizy 80 mallisen auton (kuva 1) neljännen tason autonomista ohjausta varten. Opinnäytetyön tavoitteena on sekä mekaanisesti, että sähköisesti ratkaista, miten Re- nault Twizyn ohjausta, kaasua, jarruja, ajovaloja, vilkkuja sekä äänimerkkiä pystytään ohjamaan autonomisella järjestelmällä. Suunnitelma tehdään siten, että Renault Twizyn alkuperäiset hallintalaitteet tullaan säilyttämään ja pitämään turvavarusteina ajoneuvon kehitysvaiheen vuoksi.



Kuva 1. Renault Twizy 80 (Renault Suomi)

Oma työosuus suunnitelmasta tulee olemaan pääosin auton sähköisen puolen ratkaisut, kuten komponenttien valinnat sekä yllä mainittujen sähköisten laitteiden liittäminen auton erilliseen autonomiseen ohjausjärjestelmään. Tulevaisuudessa projektista saatavia tietoja voidaan hyödyntää autonomisten ajoneuvojen suunnittelussa ja kehityksessä. Lopullinen järjestelmä tulee myös suunnitella ja toteuttaa modulaarisella tavalla, jolloin sitä voidaan hyödyntää myös muissa ajoneuvotyypeissä. Tutkimus antaa tietoa ja esittää vaihtoehtoja, mitä tulevaisuudessa autonominen autoilu tulee olemaan.

2 Autonomiset autot

2.1 Yleistä

Autonomiset ajoneuvot on suunniteltu liikkumaan paikasta A paikkaan B itsenäisesti. Ajoneuvoon asennettu tietokone toimii periaatteessa auton kuljettajana hyödyntäen autoon asennettuja lasereita, GPS:ää, antureita, kameroita sekä tutkia yms. mitkä ovat yhteydessä tietokoneeseen. Nämä autonomisen ajoneuvon toimilaitteet keskustelevat keskenään, minkä avulla auto pysyy ajoradallaan, löytää määränpäähänsä, tutkailee ympäristöään sekä on valmis pysähtymään ja jatkamaan matkaa tarvittaessa. Yleisesti autonominen ajoneuvo koostuu autonomisen järjestelmän lisäksi useista toimilaitteista ja näiden toimilaitteiden viestintä kulkee CAN-väylän kautta.

Autonomiset ajoneuvot ovat luokiteltu autonomiatason mukaan (taulukko 1). Taso 4 ja sitä korkeamman luokituksen saaneita ajoneuvoa voidaan kutsua autonomiseksi. Ensimmäisen eli tason nolla autonomiatason autoissa autonominen järjestelmä sisältää tukijärjestelmiä kuten kuolleen kulman valvontajärjestelmä. Korkeimmalla tasolla autonominen järjestelmä hoitaa kokonaan ajoneuvon ajotehtävät, jolloin kuljettajalla ei ole mahdollisuutta puuttua ajamiseen. (Automaation edistäminen tieliikenteessä.) Toisaalta tässä tilanteessa tulee miettiä, kuvaako kuljettaja etupenkillä istuvan henkilön roolia.

Renault Twizy tullaan muuttamaan projektissa neljännen tason autonomiseksi ajoneuvoksi. Tällä automaatiotasolla järjestelmä vastaa ajoneuvon käyttäytymisestä tarkkailen ympäristöä ja ohjaten ajoneuvoa täysin itsenäisesti. Tästä huolimatta kuljettaja voi vaihtaa manuaalijomoodille ja siten kontrolloida ajoneuvoa jokaisessa tilanteessa. Tämän vuoksi ajoneuvon muutoksia suunniteltaessa tulee säilyttää alkuperäiset laitteet ja järjestelmät on kahdennettava. Automaatio ei saa milloinkaan estää mitään kuljettajan toimintoja.

Taulukko 1. Autonomiset tasot ajoneuvoille (Automaation edistäminen tieliikenteessä.)

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	Automaation kattavuus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä			Ihminen	Ihminen	Ihminen	
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla tai ajamiseen puuttavilla järjestelmissä.				–
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä			Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrollon. Ihminen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Joitakin ajotilanteita
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Suurin osa ajotilanteista
5	Täysi automaatio	Kaikien kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet

Automaation vaikutukset VTT:n tekemässä tutkimuksessa ovat seuraavat:

1. Taso

- Ensimmäisessä vaiheessa, ylläkuvatut 1. tason automaation vaikutukset ovat pieniä. Ne vähentävät 5–10 % liikennekuolemia ja nopeusrajoituksia noudatetaan paremmin. Ruuhkat saattavat lisääntyä koska turvallisuussyistä turvavälit pitenevät autojen välillä.
- Infrastruktuurin kustannukset kasvavat järjestelmävaatimusten vuoksi.

2. Taso

- Kaistalla pysymisen tuki estää kohtaamis- ja suistumisonnettomuuksia ja liikennekuolemat vähenevät 10–15%.
- Liikenne ruuhkautuu pienemmällä ajomäärillä, mutta turvallisuuden paraneminen vähentää liikennehäiriöitä.
- Liikenne on ennakoitavampaa, mukavampaa ja ympäristöä säästävämpää.
- Teiden talvihoito nostaa kustannuksia, koska autonomiset ajoneuvot vaativat parempaa tiehuoltoa.

3. ja 4. Taso

- Ajoneuvojen välimatkat lyhenevät toisistaan saman ajonopeuden ansiosta.
- Ruuhkat vähenevät ja liikenneturvallisuus paranee huomattavasti. Liikennekuolemat vähenevät arviolta noin 40–80 % nykyisestä.
- Automatiikka voi aiheuttaa uudentyyppisiä automatiikasta johtuvia ongelmia.
- Autoilusta tulee kalliimpaa hankintakustannusten vuoksi.
- Näissä tasoissa automaation turvallisuusvaikutuksien arviointi on varsin epävarmaa.
- Sää- ja keliolosuhteet voivat vaikuttaa järjestelmien toimivuuteen.

Nykylainsäädäntö mahdollistaa automatisoitujen autojen kokeilut Suomessa. Suomen tieliikennelainsäädäntö perustuu Wienin tieliikennesopimukseen, jonka 8. artiklan mukaan liikkuvalla ajoneuvolla tai ajoneuvoyhdistelmällä tulee olla kuljettaja (30/1986). Sopimuksessa määrätään lisäksi, että kuljettajan on joka hetki pystyttävä hallitsemaan ajoneuvonsa. Kuljettajaa avustavien järjestelmien käyttöä tämä ei rajoita. Haasteeksi automatisoiduissa ajoneuvoissa nousevat vastuukysymykset tasoilla 4 ja 5. Yhtenä ratkaisuna tähän on, että kuljettajaksi voidaan tulkita henkilö, joka ei matkusta ajoneuvossa, vaan on esimerkiksi liikenteenohjaaja ohjauskeskuksesta.

Ajoneuvojen teknisistä vaatimuksista ja liikennesäännöistä sovitaan kansainvälisesti UNECEssa eli suomeksi Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissiossa, jossa Suomikin on aktiivisesti mukana. Asioista sopiminen on kuitenkin kansainvälisellä tasolla vaikeaa ja hidasta, joten hankkeet kestävät yleensä kauan. Lisäksi kansainväliset sopimiset vaativat yhtenäisen linjauksen infrastruktuuriin, jotta järjestelmät kuten esimerkiksi kaistamerkinnyt ja liikennemerkki pystyvät toimimaan autonomisille ajoneuvoille. (Automaation edistäminen tieliikenteessä.)

Tesla-johtaja Elon Musk on jo ilmoittanut 4-tason autonomisten ajoneuvojen saapuvan markkinoille jopa kahden vuoden kuluessa. Toisaalta Musk on puhunut vain oman yrityksensä autoista. (Autonomiset autot kahden vuoden sisällä.)

2.2 Volvo

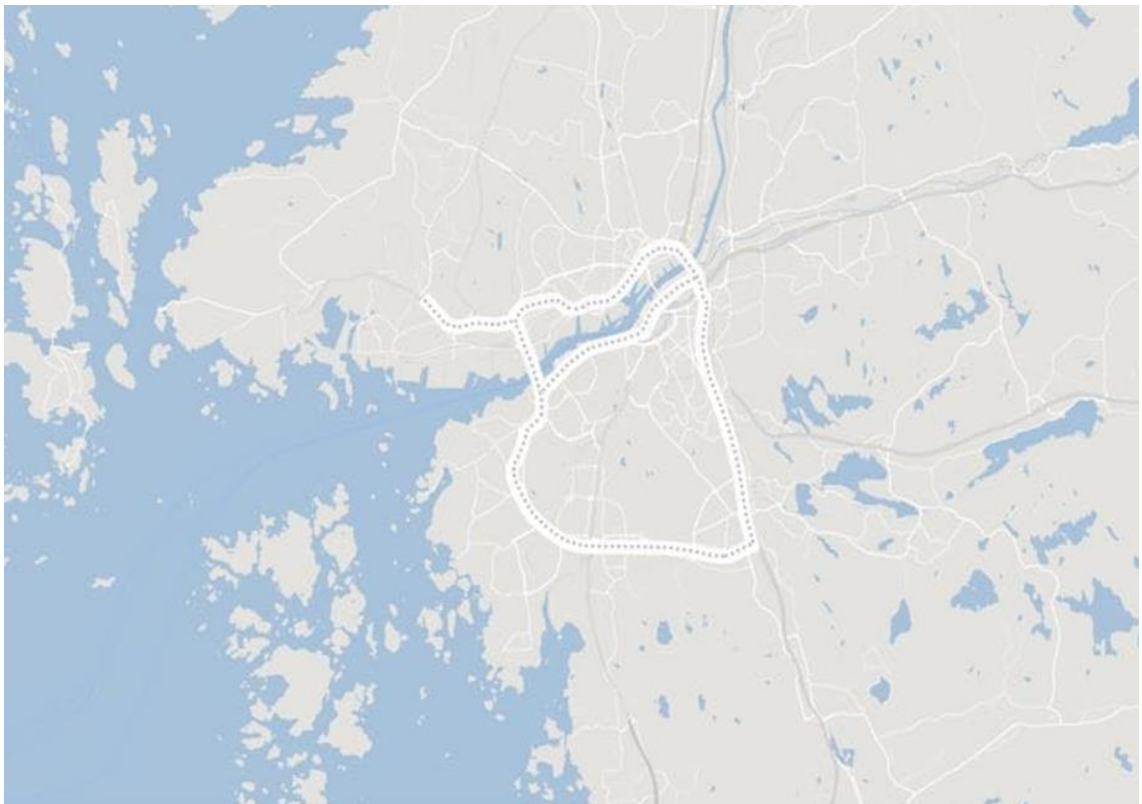
Henkilöautopuolella Volvo on panostanut paljon turvallisuutta edistäviin autonomisiin järjestelmiin. Turvallisuusjärjestelmien kehityksen tavoitteena on, ettei vuoden 2020 jälkeen kukaan menehtyisi tai loukkaantuisi vakavasti uudessa Volvossa. Volvon kehittämät turvajärjestelmät perustuvat IntelliSafe-pääturvajärjestelmään, joka sisältää useita erilaisia turvallisuutta parantavia järjestelmiä. Järjestelmän tavoitteena on parantaa kuljettajan turvallisuuden lisäksi myös muiden tienkäyttäjien ja jalankulkijoiden turvallisuutta.

Yhtenä IntelliSafe-järjestelmän osana on City Safety-törmäyksenestoteknikka, joka pysyy pysäyttämään ajoneuvon, kun kuljetaan nopeudella alle 50 km/h. Järjestelmä reagoi, kun ajoneuvo on törmäämässä edellä ajavan ajoneuvon perään. Suuremmilla nopeuksilla järjestelmä varoittaa kuljettajaa edellä ajavan ajoneuvon ollessa riittävän lähellä sekä jarruttaa automaattisesti, kun se havaitsee mahdollisesti tapahtuvan törmäyksen. Päi-

väsaikaan järjestelmä tarkkailee myös jalankulkijoita ja jarruttaa automaattisesti mahdollisessa törmäystilanteessa. Muita IntelliSafe-järjestelmään kuuluvia turvallisuutta parantavia järjestelmiä ovat seuraavat:

- Kaistavahti sekä kaistalla pysymisen aputekniikka varoittavat kuljettajaa ja korjaavat ajolinjaa, kun ajoneuvo ylittää odottamatta kaistamerkintöjä.
- Driver Alert-tekniikka kuuluu myös IntelliSafe-järjestelmään ja se tarkkailee kuljettajan tilaa sekä ajamista, etsien merkkejä kuljettajan väsymytilasta.
- BLIS-järjestelmä auttaa kuljettajaa havaitsemaan kuolleessa kulmassa olevat ajoneuvot sekä risteävän liikenteen varoitin helpottaa pysäköintipaikoista pois peruuttamista. (IntelliSafe.)
- Kaupunkiliikenteeseen sopiva jonoaputoiminto ylläpitää etäisyyttä edessä olevaan ajoneuvoon aina pysähdyksistä nopeuteen 30km/h asti.

Edellä esitellyt järjestelmät toimivat kuljettajan ajamista tukevinä järjestelminä. Järjestelmät kuuluvat autonomiajärjestelmä luokan 2 tasolle. Volvo on myös testannut vuoden 2017 aikana Ruotsissa täysin autonomista liikennettä Drive Me-projektissa Göteborgin kaupungissa Etelä-Ruotsissa, jossa ajoneuvot liikkuvat itsenäisesti tietyllä kaupunkiin rakennetulla radalla (kuva 2). (Autonomous Driving.)



Kuva 2. Göteborgin-kaupungissa oleva ajorata. (Autonomous Driving.)

2.3 Sähköbussit

Autonomiset sähköbussit ovat tulossa tulevaisuudessa osaksi julkista liikennettä, esimerkiksi ranskalaisten Ligierin ja EasyMilen yhteistyössä valmistama EZ-10 prototyyppi. (kuva 3).



Kuva 3. Autonominen bussi EasyMile EZ-10

Neljää prototyyppiä käytettiin vuonna 2015 kesällä Vantaalla toteutetussa projektissa CityMobile 2 autonomiset ajoneuvot. Bussi käyttää navigoimiseen katolla olevaa lasersensoria. Jotta bussi pystyy kulkemaan halutulla reitillä, tulee sille tehdä ensimmäiseksi karttapohja ympäristöstä. Karttapohja saadaan ajamalla haluttua reittiä manuaalisesti bussilla hiljaisella vauhdilla.

Tämän jälkeen tehtyä karttapohjaa muokataan tietokoneohjelmalla. Ensimmäiseksi poistetaan karttapohjasta kasvillisuutta, esimerkiksi heinää. Nämä voivat häiritä bussin navigointia, sillä ne voivat liikkua karttapohjalla ja ne voivat myös hävitä kartalta. Kun karttapohja on siistitty, tehdään bussille reitti. Reitille ohjelmoidaan bussin haluttu nopeus ja eri nopeuksia voidaan ohjelmoida eri osuuksille reitillä. Reitille ohjelmoidaan myös bussin pysäkit. Navigoinnissa käytetään Rviz 3D-karttaohjelmaa.

Bussin jokaisessa nurkassa on yksi laser, joka havainnoi 270 astetta ympäriinsä. Tämän avulla voidaan havainnoida 360 astetta bussin ympäriltä. Bussilla oli kaksi asetusta turvallisuuden suhteen. Toisessa käytetään kahta laseria vastakkaisista kulmista ja toisessa kaikkia neljää laseria. Erona näillä ajettaessa on, että neljällä laserilla bussi on huomattavasti herkempi, mutta pystyy myös kulkemaan nopeammin. Kahdella laserilla mentäessä bussi ei ole niin herkkä ulkoisille häiriöille, mutta ei kulje yhtä kovaa.

Bussin pysähtyminen riippuu aina siitä, kuinka nopeasti este lähestyy bussista ja mistä kulmasta. Kohtisuora tuleva esteen havaitessaan bussi pysäyttää itsensä noin 1,5 metrin päähän. Sivusuunnasta tulevissa esteissä bussin pysähtymisetäisyys on huomattavasti lyhempi. Tarkoituksena on, että bussi pysäyttäisi itsensä aina mahdollisimman pehmeästi ja tarvittaessa vain hidastaa tilannetta tarkkaillessa. Hidastuksia tapahtui demonstraation aikana päivittäin, sillä ajokaistat olivat niin kapeat, että bussien kohdatessa ne hidastivat vauhtiaan. (Arffman ym 2015: 3)

3 Renault Twizy

Renault Twizy 80 on kaksipaikkainen sähköajoneuvo, joka kuuluu ajoneuvoluokkaan *nelipyörä* (L7e), joka on määritelty seuraavasti:

Nelipyörä on nelipyöräinen moottorikäyttöinen ajoneuvo, jonka kuormittamaton massa on enintään 400 kg tai tavarankuljetusajoneuvon osalta enintään 550 kg – sähköajoneuvon kyseessä ollessa kummassakin tapauksessa lukuun ottamatta akkujen massaa – ja jonka moottorin suurin nettoteho on enintään 15 kW (Ajoneuvoluokat).

3.1 Yleistä

Ajoneuvossa penkit on sijoitettu peräkkäin, mikä poikkeaa normaalista ajoneuvorakenteesta. Renault Twizyn toimintasäde on noin 80 km ja siinä on 6,1 kWh:n akku. Ajoneuvon akusto on sijoitettu ajoneuvon penkkien alle ja integroitu latauspistoke löytyy auton etupuskurista. Etupuskurin sisälle on sijoitettu latausjärjestelmän muutkin komponentit (kuva 4). Akun lataus onnistuu kotitalouksista löytyvistä 220 V:n ja 10 A:n pistokkeista ja akun lataa nolasta sataan prosenttiin noin kolmessa ja puolessa tunnissa. Moottori on sijoitettu autossa auton takaosaan takapuskurin läheisyyteen. Moottorina toimii 13 kW:n sähkömoottori, jonka huippunopeus on 80 km/h. Renault Twizy on 2,34 metriä pitkä, 1,45 metriä korkea sekä 1,24 metriä leveä ja sen ovet aukeavat ylöspäin. (Renault Suomi.)



Kuva 4. Etupuskuriin sijoitettu latausjärjestelmä.

Renault Twizystä on saatavilla myös malli 45, jonka huippunopeus on 45 km/h. Se voidaan rekisteröidä Suomessa mopoautoksi, jolloin ajoneuvoa saa ajaa jo 15-vuotiaana. (Renault Suomi.)

3.2 Jarrut

Renault Twizyssa on edessä 214 mm:n levyjarrut (kuva 5) ja takana 204 mm:n levyjarrut. Tämän lisäksi ajoneuvossa on myös seisontajarru. (Renault Suomi.)



Kuva 5. Renault Twizyn etunavan rakenne.

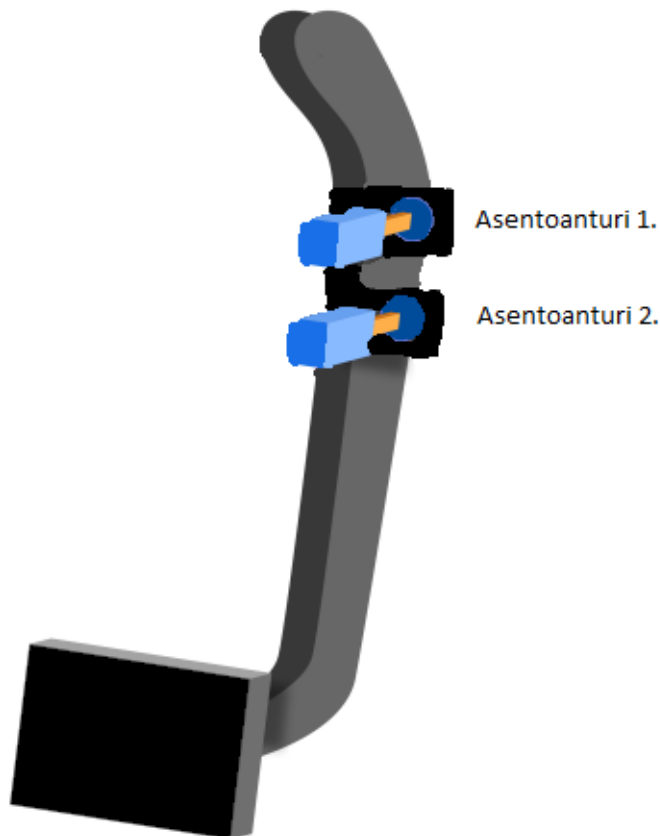
Tavallisessa jarrujärjestelmässä jarruttaminen tapahtuu painamalla jarrupoljinta. Voima välittyy pääsylinteriin, jossa syntyy jarrujärjestelmän paine. Tarvittavan paineen vuoksi pääsylinteriin yhteyteen tarvitaan jarrutehostin, joka helpottaa jarruttamista. Autonomissa ajoneuvossa jarruttaminen tapahtuu koneellisesti, eikä siinä voida käyttää kuljettajan normaalisti jarruttaessa tuottamaa poljinvoimaa.

Muutettaessa jarrujärjestelmää autonomisen ajoneuvon mukaiseksi voidaan jarrujärjestelmän vaatima voima toteuttaa joko painamalla jarrupolkinta erillisellä sähköisellä sylinterillä tai käyttämällä sähköistä pääsylinteriä. Käytettäessä sähköistä sylinteriä jarruvoiman tuottamiseen alkuperäiseen jarrujärjestelmään ei tarvitse tehdä muutoksia. Järjestelmän muuttamiseksi tarvitaan poljinvoimaa tuottava sähköinen sylinteri sekä asentoanturi mittamaan polkimen asentoa ja samalla sylinterin toimintaa. Asentoanturin avulla saatavaa takaisinkytkentätietoa voidaan mitata myös sähköisen sylinterin sisäisellä asentoanturilla. Asentoanturi tuottaa käytettävästä mallista riippuen esimerkiksi jännitetietoa, joka muuttuu lineaarisesti jarrupolkimen liikkeen mukaan. Markkinoilla on mekaanisten asentoantureiden lisäksi tarjolla myös induktiivisia antureita polkimen etäisyyden mittaamiseksi (kuva 6).



Kuva 6. Induktiivinen etäisyyden mittaamiseen tarkoitettu anturi (IG6084).

Sähköistä pääsylinteriä käyttäessä ei toteudu mekaanista yhteyttä jarrupolkimen ja sylinterin välillä, vaan kaikki voima tuotetaan sähköllä. Tämän vuoksi jarrupolkimeen tarvitaan asentoanturit mittaamaan polkimen asentoa ja samalla kuljettajan toivomaa jarrutusvoimaa. Koska jarrutusvoima on tällöin riippuvainen asentoanturin asennosta, asentoanturit tulee kahdentaa järjestelmän turvallisen toiminnan takaamiseksi. Kahdentaminen tulee toteuttaa tavalla, jossa asentoanturit eivät ole toisistaan riippuvaisia vaan ne toimivat itsenäisinä laitteita. Asentoantureiden toiminta voidaan toteuttaa esimerkiksi sijoittamalla kaksi anturia vierekkäin mittaamaan jarrupolkimen liikettä (kuva 7).

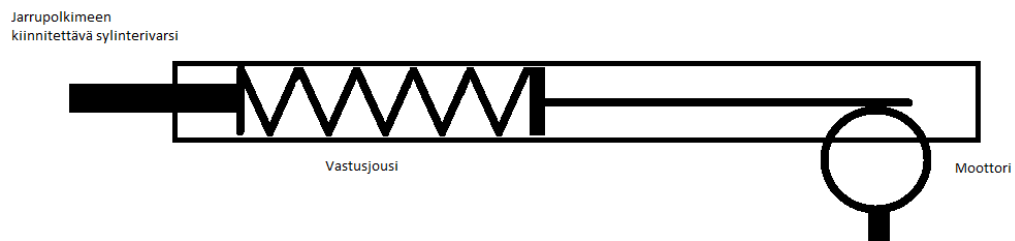


Kuva 7. Esimerkki asentoanturin kahdentamistavasta.

Tämä on tärkeää, koska asentoanturit mittaavat ainoastaan kuljettaman haluamaa jarrutustarvetta. Asentoantureilta saatavaa tietoa voidaan myös käyttää jarruvalon kirkkouden säätymisjärjestelmässä sen mukaan, kuinka paljon milläkin hetkellä jarrutusvoimaa tarvitaan. Jotta jarruvalon kirkkouden säätymisjärjestelmä toimintaa voidaan hyödyntää myös koneellisessa ohjauksessa, tarvitaan järjestelmään tieto koneellisen ohjauksen vaatimasta jarrutusvoimasta.

Jarrujen ohjausjärjestelmässä tulee myös tarkkailla antureiden arvojen vastaavuutta toisiinsa ja esittää vikakoodeja tilanteissa, joissa arvot poikkeavat toisistaan. Vikatilanteissa toimitaan aina suurempaa jarrutusvoimaa esittävän anturin perusteella. Jarrujärjestelmän vikatilanteessa voidaan myös esimerkiksi rajoittaa ajoneuvon maksiminopeutta 15km:iin/h, jolla mahdollistetaan ajoneuvon siirto korjaamolle mahdollisimman turvallisesti. Jos autonomisessa ohjauksessa autonomisenjärjestelmän jarruttaminen toteutetaan sylinterillä, menetetään asentoantureiden vikaantuessa luotettavasta takaisinkytkentätieto sähköisen sylinterin ja jarrupolkimen toiminnasta.

Mekaanisen yhteyden puuttuessa jarrupolkimeen ei välity lainkaan voimaan. Tästä johdun polkimeen tarvitaan progressiivisesti jarrupoljinta painaessa kasvava vastusvoima. Progressiivisesti kasvava vastusvoima perustuu jarrupolkimen asentoantureilta saata-vaan tietoon ja ajonopeuteen, siten että polkimen painuessa tai ajonopeuden kasvaessa tarvittava poljinvoima kasvaa. Vastusvoimaa tuottavan toimilaitteen (kuva 8) tuottama suurin polkimen vastusvoima ei saa koskaan missään tilanteessa ylittää kuljettajan tuot-tamaa poljinvoimaa. Vastusvoimasylinteri asennetaan jarrupolkimen ja tulipellin väliin, jolloin jarrupoljinta voidaan käyttää normaalilla tavalla.



Kuva 8. Vastusvoimasylinterin toiminta.

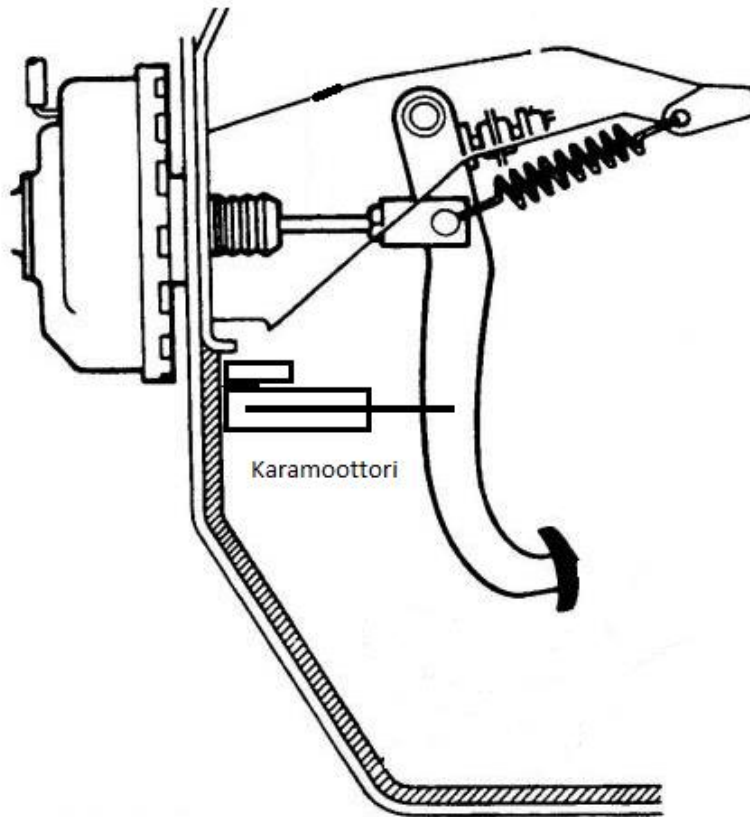
Vastusvoimasylinterissä moottori puristaa vastusjousta, jolloin jarrupolkimen painami-seen tarvitaan enemmän voimaa johtuen jousen puristumisesta aiheutuvasta vastusvoi-masta.

Toinen vaihtoehto sähköisen sylinterin tilalle on asentaa karamoottori (kuva 9) jarrupol-kimeen, jolloin karamoottorin mekaaninen liike hoitaa ajoneuvon jarrupolkimen paina-misvoimaa.



Kuva 9. Karamoottori laite (Lineaarinen karamoottori LA30).

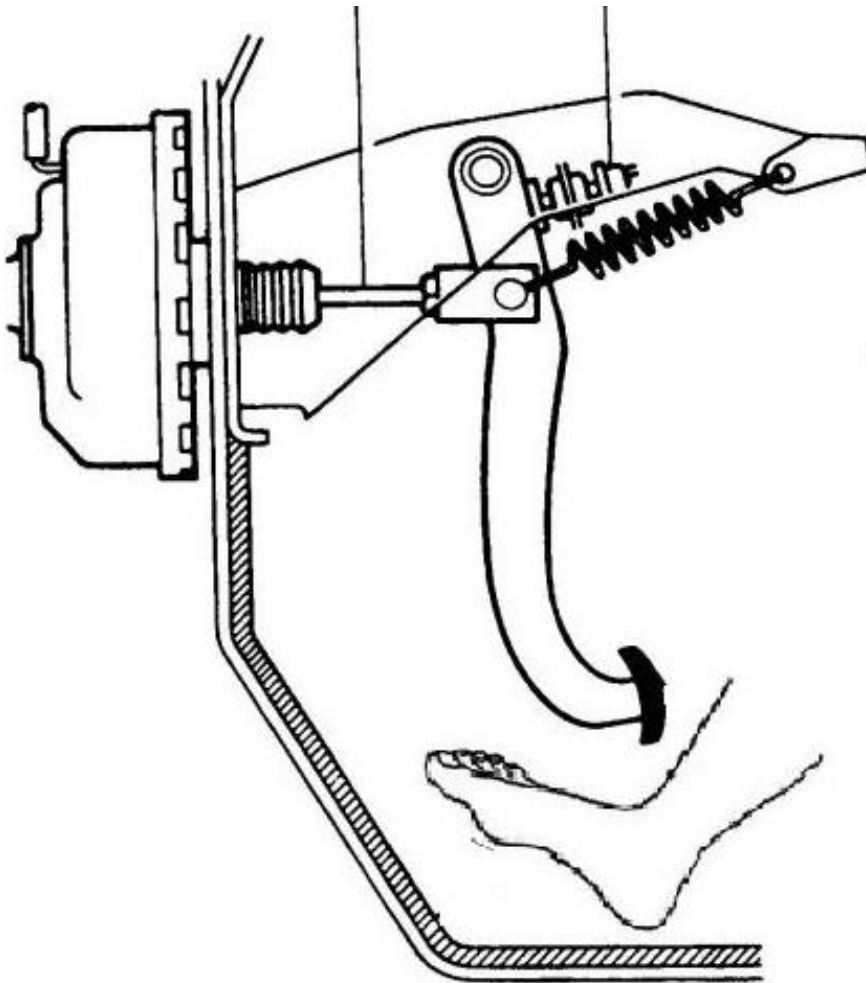
Karamoottori voidaan asentaa vaihtoehtoisesti joko jarrupolkimen etu- tai takapuolelle. Koska kyseisessä projektissa halutaan käyttää jarrupoljinta manuaalisesti myös muutoksen jälkeen, karamoottori tulee asentaa polkimen ja tulipellin väliin (kuva 10).



Kuva 10. Projektissa käytettävä karamoottorin asennustapa (Repair Guide).

Järjestelmä voidaan suunnitella ja valmistaa markkinoilta löytyviltä erilliskomponenteilla. Tällöin tulee huomioida antureiden ja ohjainlaitteiden yhteensopivuus sekä ohjainlaitteen laskentateho, jotta saavutetaan riittävän luotettava järjestelmä. Toteutustavasta riippumatta järjestelmään tarvitaan aktiivinen tieto ajoneuvon jarrutustarpeesta.

Käyttäessä sähköistä sylinteriä tai karamoottoria niiden toiminnasta kuuluva ääni kuuluu ajoneuvon ohjaamossa ja sitä saatetaan joutua vaimentamaan. Erillistä toimilaitetta jarrujärjestelmässä käyttäessä jarrupoljin liikkuu jarrutustilanteessa. Autonomisen ajon aikana kuljettajan jalkapöytä tai jonkin muu este jarrupolkimen liikealueella (kuva 11) saattavat estää jarrupolkimen vapaan liikkeen ja johtaa jarrujen toimimattomuuteen.

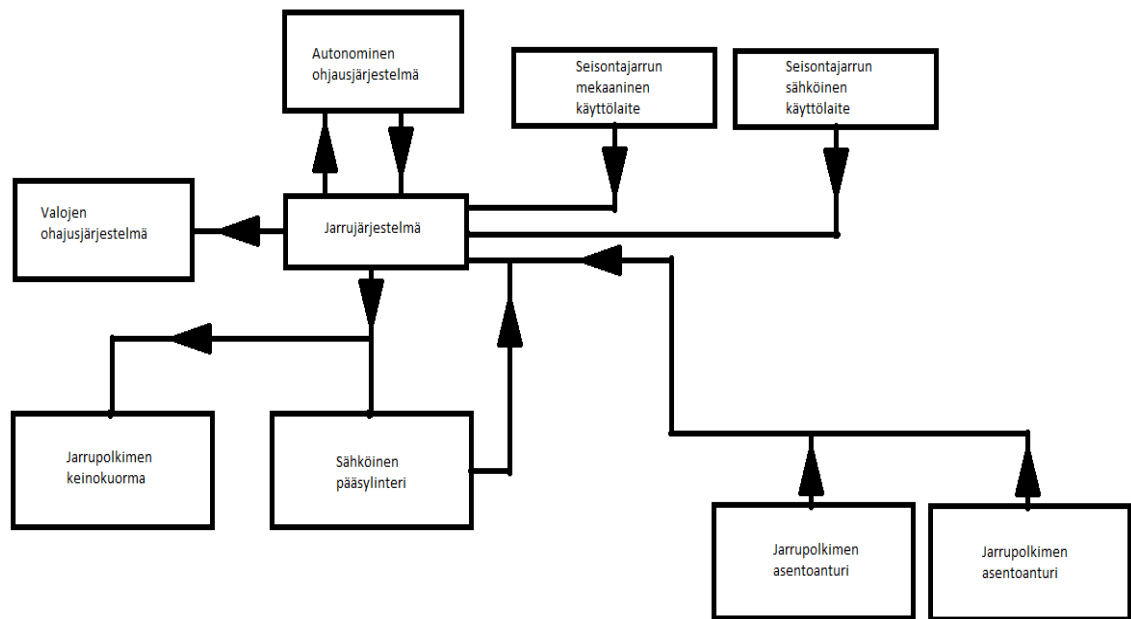


Kuva 11. Esimerkki jarrupolkimen liikealueella olevasta esteestä (Repair Guide).

Alkuperäinen seisontajarru on toteutettu kyseisessä ajoneuvossa mekaanisesti. Jos seisontajarrua halutaan ohjata koneellisesti, tulee se varustaa omalla toimilaitteella. Toimilaitteena voidaan käyttää edellä mainittua sähköistä sylinteriä tai karamoottoria. Toteutettaessa seisontajarrun toiminta erillisellä toimilaitteella, tulee toimilaite valita sellaiseksi, että se palautuu ja kytkee seisontajarrun päälle toimilaitteen sisäisen jousen avulla tilanteessa, jossa sähkötkatkeavat tai järjestelmä on määrittelemättömässä häiriötilassa.

Seisontajarrun mekaanisen käytön säilyttämistä tulee kuitenkin vakavasti harkita, koska se voidaan toteuttaa erillisen toimilaitteen rinnalla. Seisontajarrun mekaaniseen käyttölaitteeseen voidaan lisätä turvaominaisuus, joka estää ajomoottorin toiminnan.

Alla on esitellyn ohjausjärjestelmän toimintaperiaatekuva (kuva 12). Kaaviossa nuolet kuvaavat, mihin suuntaa tietoa missäkin kohdassa siirretään.



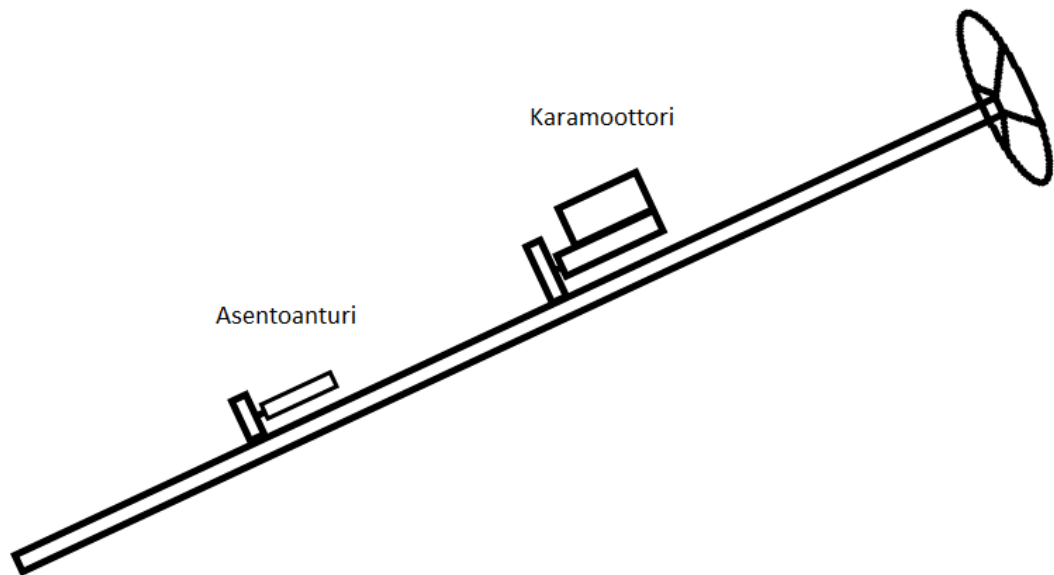
Kuva 12. Jarrujärjestelmän toimintakaavio

3.3 Ohjaus

Autonomisessa ajoneuvossa tarvitaan erillinen toimilaite vastaamaan ohjauksesta, joka saa ohjaustiedon autonomisesta järjestelmästä. Ohjauksen ollessa avainasemassa on hyvin tärkeää järjestelmää suunniteltaessa huomioida myös turvallisuustekijät ja -riskit. Vaikka ohjaus hoidetaan koneellisesti autonomiseen järjestelmän ohjaamana, tulee käyttäjällä olla aina mahdollisuus vastata jokaisessa tilanteessa itse ohjauksesta ja tarvittaessa jopa pystyä ohjaamaan koneellista ohjausta vastaan.

Ohjaus voidaan toteuttaa sijoittamalla ohjauksen toimilaite rattiakselin yhteyteen käytettävissä olevan tilan mukaisesti esimerkiksi ylä- tai alapuolelle (kuva 13), mistä toimilaitteen voima välitetään rattiakseliin hammasrattaiden avulla. Moottorin ja rattaiden sijoituksessa tulee huomioida rattiakselin törmäystilanteessa toimivan sisään painuvan teleskooppiakselin luotettava toiminta. Jotta kuljettajan on mahdollista vastustaa autonomisen järjestelmän koneellista ohjausta, voidaan esimerkiksi voimaa välittävät rattaat suunnitella antamaan periksi kyseisissä tilanteissa.

Riippumatta ohjauksen toteutustavasta täytyy toimilaitteen toiminnasta ja rattiakselin kääntymisestä saada takaisinkytkentätieto autonomiseen ohjausjärjestelmään riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi. Tämä voidaan toteuttaa sijoittamalla rattiakselin asentoa tai kääntymistä mittaava anturi toimilaitteen jälkeen rattiakseliin tai vaihtoehtoisesti mittaamalla hammastangon liikettä omalla anturilla (kuva 13). Jälkimmäinen toteutustapa on huomattavasti haasteellisempi johtuen hammastangon suljetusta rakenteesta sekä moottoritilan olosuhteista.



Kuva 13. Toimilaitteen ja asentoanturin sijoitus rattiakselille

Toinen vaihtoehto on sijoittaa ratin yhteyteen venymäliuskat, jotka mittaavat ratin aiheuttamaa vääntömomenttia rattiakseliin nähden. Jos koneellisen ohjauksen aikana venymäliuskoilta saadaan tietoa ratin kautta aiheutuvasta vääntömomentista, tulkitaan se kuljettajan ohjausyrityksenä, jolloin ohjauksen toimilaite antaa periksi ja mahdollistaa kuljettajan ohjausliikkeitä. Samalla autonomisen järjestelmän koneellinen ohjaus määrittämättömästi katkeaa. Tilanteessa tapahtuneet toimet tallentuvat järjestelmään.

Ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi Sevconin ohjaukseen tarkoitetulla harjattomalla moottorilla (kuva 14). Moottori voidaan sijoittaa rattiakseliin ylä- tai alapuolelle. Välittämällä moottorin vääntömomentti hammasrattaiden avulla voidaan luottaa moottorista saatavan takaisinkytkentä tiedon paikkansapitävyyteen.

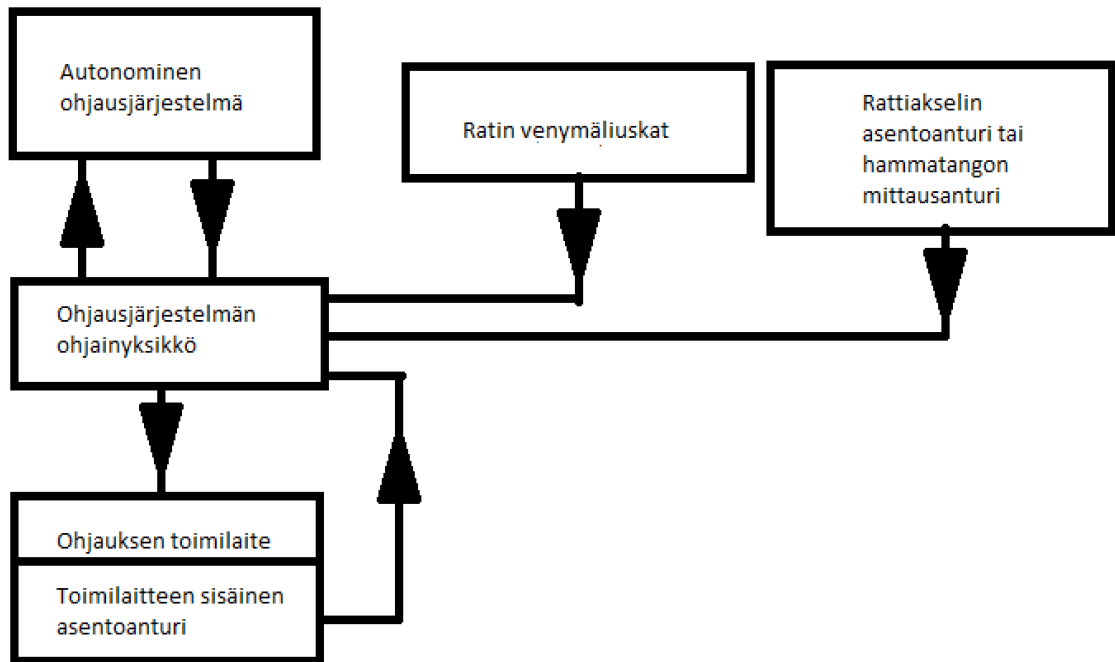


Kuva 14. Sevconin ohjaukseen tarkoitettu harjaton moottori (Integrated Power Steering System)

Ohjaus voidaan toteuttaa käytettävän ohjauksen toimilaitteen joko esimerkiksi analogisen jännitesignaalin tai CAN-väylän avulla. Koska järjestelmä tulee varustaa erillisillä kuljettajan ohjausyritystä mittaavilla venymäliuskoilla sekä rattiakselin asentoanturilla tai hammastangon mittausanturilla, tulee harkita ohjausjärjestelmälle omaa ohjainyksikköä. Ohjainyksikkö valvoisi edellä mainittujen antureiden arvoja sekä vastaanottaisi autonomisen järjestelmän ohjauksikäskyjä, joiden perusteella se ohjaisi ohjauksen toimilaitetta. Näin tavalla saataisiin vähennettyä ohjauksen toimilaitteen sekä ohjausjärjestelmän antureiden ja autonomisen järjestelmän välistä johdotusta. Tässä välissä voitaisiin käyttää esimerkiksi CAN-väylää riippuen ohjainlaitteiden ominaisuuksista.

Vertailemalla ohjauksen toimilaitteen sisäisen asentoanturin sekä rattiakselin asentoanturin tai hammastangon mittausanturin arvoja keskenään, minkä avulla mahdollistetaan ohjaimentoimilaitteen vikatilat.

Edellä esitellystä ohjausjärjestelmät on laadittu toimintaperiaatekuva (kuva 15). Toimintaperiaatekaaviossa nuolet kuvaavat, mihin suuntaa tietoa missäkin kohdassa siirretään. Toimintaperiaatekaaviossa ei ole kuvattu ohjausjärjestelmän ohjainyksikössä tapahtuvaa tilojen vertailua, jota suoritetaan takaisinkytkentätietojen ja ohjauksen toimilaitteelle annetun ohjauksen tilan välillä.



Kuva 15. Ohjausjärjestelmän toimintaperiaatekaavio

3.4 Logiikka

Logiikan valinnassa tulee ottaa huomioon asennusolosuhteet, esimerkiksi pöly ja kosteus. Myös logiikkaan vaikuttavat kiihtyvyydet ja värinät tulee huomioida laitteistovalinnassa ja asennuksessa. Nämä huomioiden markkinoilta löytyy jo valmiita logiikoita ajoneuvokäyttöön.

Ajoneuvon muuttamisessa autonomiseksi tarvitaan edellä mainittuja ohjausjärjestelmiä varten 3 kappaletta logiikoita, jokaiselle ohjauslaitteelle omansa. Ohjausjärjestelmien ohjainlaitteena päätettiin käyttää IFM valmistamaa CR0401-ohjauslogiikkaa (kuva 16). Kyseisessä logiikassa on CANOPEN-valmius, jonka avulla ohjainlaitteet saadaan yhdistettyä toisiinsa ja autonomiseen ohjausjärjestelmään.

IFM valmistaa kontrollereiden lisäksi ajoneuvotekniikassa käytettäviä antureita, kytkimiä, ohjauslaitteita sekä muita automaatio liittyviä laitteita. (Ecomati100)



Kuva 16. CR0401 ohjauslogiikka (CR0401).

3.5 Valaisin ja merkinantolaitteet ajoneuvossa

3.5.1 Yleistä

Auton valot ja vilkut ovat tärkeä osa auton turvallisuutta sekä niillä on myös auton energiansäästön kannalta suuri merkitys akunkestoon.

Ajovaloista on säädetty laissa seuraavasti:

Moottorikäyttöisessä ajoneuvossa on aina ajon aikana käytettävä ajovaloja tai huomiovaloja. (414/7.5.1997)

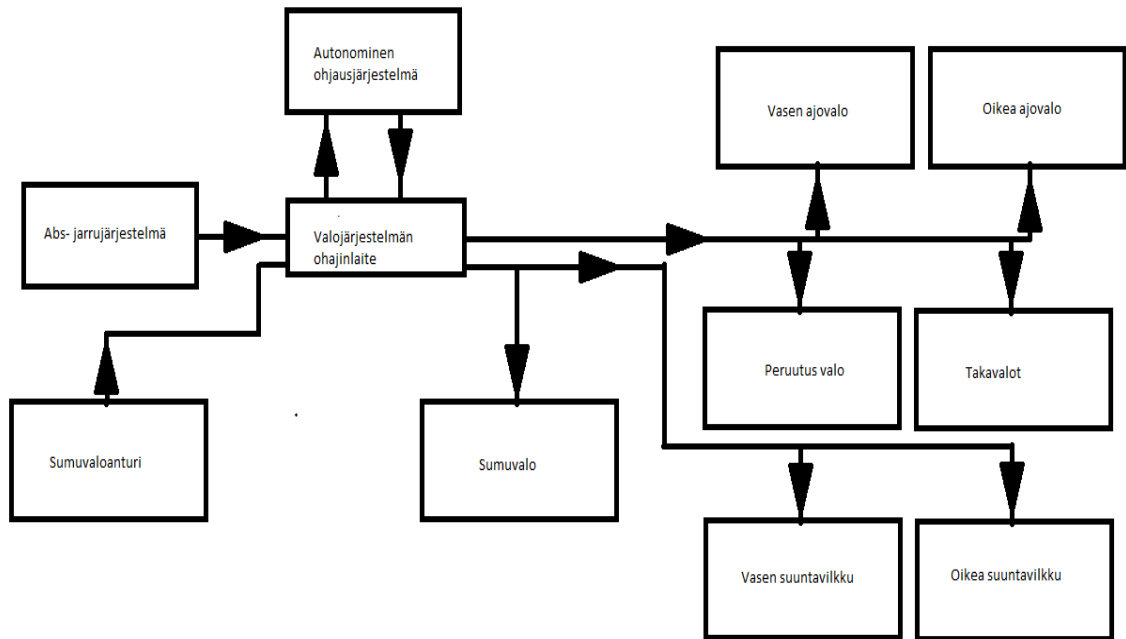
Ajovaloja on käytettävä jokaisessa ajoneuvossa, kun sitä kuljetetaan tiellä pimeään tai hämärän aikana taikka näkyvyyden ollessa sään vuoksi tai muusta syystä huonontunut. Jollei ajoneuvon varusteeksi ole määrätty ajovaloja, ajoneuvossa on käytettävä sellaisia heijastimia kuin asetuksella säädetään. (117/14.2.1992)

Ajoneuvon valomääräykset ovat täysin lain määrittelemiä. Ajoneuvossa vaaditaan olevan seuraavan listan mukaiset valaisimet:

- kauko- ja lähivalaisimet
- suuntavalaisimet ja hätävilkkukytkentä
- jarruvalaisimet ja 1.10.2000 jälkeen käyttöönotetussa tai 1.10.1998 jälkeen EU-tyyppihyväksytyssä henkilöautossa myös keskijarruvalaisin
- takarekisterikilven valaisin
- etu- ja takavalaisimet
- punaiset heijastimet takana
- sivuheijastimet ja sivuvalaisimet, jos auton pituus on yli 6 m. Puoliperävaunun vetoautossa ei kuitenkaan vaadita sivuvalaisimia
- takasumervalaisin tai -valaisimet
- peruutusvalaisin tai -valaisimet
- äärivalaisimet, jos auton leveys on yli 2,1 m. Puoliperävaunun vetoautossa ei kuitenkaan vaadita taakse näkyviä äärivalaisimia.
- auton käytöstä johtuvat erityisvalaisimet (Valomääräyksiä).

Kun Renault Twizy muutetaan autonomiseksi, tulee ajoneuvon valaisin- ja merkinantolaitteiden toimia silti saman lailla kuin normaalissa ajoneuvossa. Yllä olevasta listasta seuraavat valaisimet tulee ottaa huomioon: kauko- ja lähivalaisimet, jarruvalaisimet, peruutusvalaisin tai -valaisimet sekä suuntavalaisimet ja hätävilkkukytkentä automaattisessa valojenohjausjärjestelmän ohjauksessa.

Suunnitelman perusteella laadittiin valojen toimintaperiaatekaavio (kuva 17)



Kuva 17. Valojen toimintaperiaatekaavio

3.5.2 Jarruvalot

Koska autonomisen ohjausjärjestelmän jarruttaessa jarrupoljin ei liiku, kun järjestelmä perustuu sähköiseen pääsylinteriin, jarruvalolle tarvitaan jarrutustieto autonomisen ohjausjärjestelmän jarrutustoiveesta. Normaalitilanteessa jarruvaloja ohjataan jarrupolkiin asennetulta jarruvalokytkimeltä. Aikaisemmin luvussa 3.2 Jarrut mainittu jarruvalojenkirkkauden säätymisjärjestelmä jarrutusvoiman mukaan voidaan toteuttaa esimerkiksi n-kanava-avaus-MOSFET-transistorin avulla. Kytkenässä käytetään jarrupolkiin asentoanturilta tai autonomiselta ohjausjärjestelmältä saatavaa jarrutustietoa transistorin ohjaukseen. Tätä varten logiikalta vaaditaan analoginen jännite, joka säätyy

edellä mainitun mukaan. Jotta jarruvalo reagoisi todelliseen jarrutukseen, tulisi jarrupainetta mitata suoraan jarrujärjestelmästä. Tämä onnistuisi lisäämällä jarrupaineanturin ajoneuvon jarrujärjestelmään.

3.5.3 Peruutusvalaisin tai -valaisimet

Autonomisen ohjausjärjestelmän tulee saada tieto, kun auto peruuttaa. Normaalisti Renault Twizyssa peruutusvalo syttyy, kun peruutusvaihte kytetään päälle. Autonomisen ohjausjärjestelmän peruuttaessa automaattisesti ohjausjärjestelmältä vaaditaan perustieto ennen peruutustapahtumaa. Koska peruutusvalo toimii ainoastaan huomiovana muille tiekäyttäjille, tulee peruutusvalon syttyä riittävän paljon aikaisemmin ennen peruutuksen tapahtumista

3.5.4 Suuntavilkut ja hätävilkkukytkentä

Suuntavilkkujen ohjaamiseen tarvitaan logiikasta molemmille puolille omat lähdöt. Mahdollisesti järjestelmää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon alkuperäisen järjestelmän hätävalokytkentä, jotta kuljettajalla säilyy mahdollisuus hätävilkkujen käyttöön tarvittaessa. Autonomisen järjestelmän hätävilkkujen käyttö suoritetaan logiikanohjelman avulla.

3.5.5 Ajovalot

Nykyaikaisissa busseissa vilkun oltaessa päällä saman puolen ajovalo himmenee tai sammuu. Tällä järjestelmällä voidaan lisätä akkujen kestävyyttä, kun huomioidaan kaupunkiliikenteen lähes jatkuva vilkkujen käyttö. Tämä onnistuu esimerkiksi ohjelmoimalla ajovalojen toimintaan ehto, joka estää käytettävän vilkun puoleisen ajovalon toiminnan vilkun ollessa päällä. Jos ajovaloa halutaan sammuttamisen sijaan vain himmentää, voidaan se tehdä n-kanava-avaus-MOSFETin transistorin avulla.

Nykyaikaisen ajoneuvon tavoin valojen ohjauksesta vastaavaan logiikkaan ja valojärjestelmään voidaan rakentaa ajovalojen tarkistusjärjestelmä, joka ilmoittaa epäkunnossa olevista valoista. Toisaalta jos kyseinen järjestelmä löytyy ajoneuvosta, ei sitä tarvitse huomioida. Hämärätunnistinanturin avulla voidaan valojenohjaukseen lisätä päiväajovalojen tunnistus sekä automaattinen vastaantulijoiden valojen tunnistin.

3.5.6 Takasumuväläis

Takasumuvälön toiminta autonomisen järjestelmän avulla saadaan toimimaan siten, että käytetään erillistä sumuanturia, joka mittaa näkyvyyttä anturin avulla. Sumuvälön käyttäminen ei ole tieliikenteessä pakollista, mutta se parantaa omaa sekä muiden turvallisuutta. Sen takia tuleekin harkita sumuvälön autonomista käyttämistä.

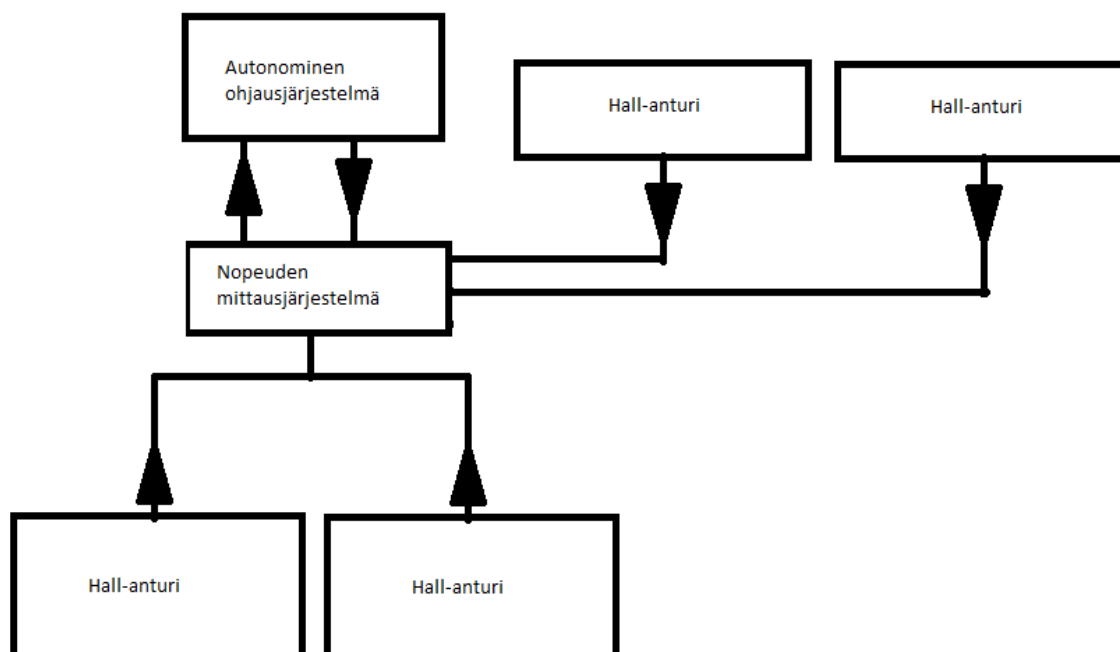
3.6 Kuljettajan valvonta

Koska autonomisessa ajoneuvossa pitää nykypäiväisen lain mukaan olla kuljettaja, kuten on mainittu jo aikaisemmin luvussa 2.1, tulee sitä valvoa. Valvonta voidaan suorittaa asettamalla autonomisen järjestelmän toiminnan ehdoksi oven kiinni oleminen. Tällöin siis oven avautuessa autonominen järjestelmä pysäyttää ajoneuvon ja sen käynnissä olevan ajotehtävän. Oven sulkeuduttua tulee kuljettajan jatkaa keskeytynyttä ajotehtävää, tavalla joka vaatii kuljettajan olemisen ajoneuvon sisällä. Tämän jälkeen autonominen järjestelmä jatkaa ajotehtävää. Edellä mainitulla tavalla voidaan ehkäistä ajoneuvon tahattomat karkaamiset ja itsenäinen täysin autonominen liikkuminen ilman kuljettajaa.

Kuljettajan paikallaoloa voidaan valvoa myös kuljettajan penkkiin asennettavien painoantureiden avulla. Turvallisuuden kannalta turvavyön käyttö voidaan sisällyttää järjestelmään.

3.7 Pyörintänopeus

Ajoneuvoon tullaan rakentamaan ajoneuvon nopeuden mittausjärjestelmä (kuva 18). Järjestelmä toteutetaan asentamalla pyörän napoihin Hall-anturit, jotka mittaavat pyörien pyörintänopeutta. Asentamalla jokaiseen pyörään anturi, saadaan poistettua sutimisesta tai renkaan liukumisesta johtuva virheellinen pyörimistieto.



Kuva 18. Nopeuden mittausjärjestelmä

Logiikalta vaaditaan 4 kappaletta pulssitietoa lukevia input-kanavia. Kanavien taajuus riippuu Hall-antureiden ja kehän nastojen rakenteesta. Toinen vaihtoehto on käyttää pulssisuhteen mukaan analogista signaalia antavaa anturia.

4 Sähkökomponentit

Tässä luvussa käydään läpi järjestelmiin vaadittavat komponentit ja niiden ominaisuudet

4.1 Asentoanturi

Asentoantureita tarvitaan ajoneuvotekniikassa, kun mitataan erilaisten komponenttien kääntymistä ja kiertymistä (Juhala ym. 2001: 140).

Ajoneuvosovelluksissa käytetään potentiometriä kulma-anturina. Potentiometri perustuu vastusmittaukseen, jossa metallijohtimen pituuden vaikutusta verrataan sen vastukseen. Jännitettä johdetaan vastuksen päihin, missä pinnalla olevalla koskettimella vaikuttava jännite riippuu koskettimen paikasta. Täten potentiometri toimii siis muuttuvana jännitteenjakokytkentänä (Juhala ym. 2001: 140).

Lineaariliikkeen tunnistamiseen voidaan myös käyttää potentiometriä, esimerkiksi kiertämällä akselin ympärille langan muotoisen rengasmaisen vastuksen yhteydessä (Juhala ym. 2001: 140).

4.2 CAN-väylä

CAN-väylä (controller area network) eli suomeksi usean isännän verkko on automaatioväylä, jota käytetään ajoneuvoissa, koneissa ja teollisuuslaitteissa. Verkon maksimitiedonsiirtonopeus on 1 Mbit/s ja sen maksimipituus on 1 Mbit/s tiedonsiirtonopeudella 40 m ja 50 kbit/s tiedonsiirtonopeudella jopa 1000 m. CAN-väylässä solmujen lukumäärä on IC-piireillä 0–100 ja erilliskomponenteilla 0–200. Jokainen solmuista voi lähettää sanomia, milloin tahansa ja kaikilla solmuilla on yhtä suuret oikeudet lähettää sanomaa väylälle. Viesteissä olevan tunnisteiden avulla jokainen väylän solmu päättää itse, mitä tietoa solmu tarvitsee. Tämän ansiosta solmuissa ei ole ennalta määrättyjä osoitteita, minkä ansiosta väylään voidaan helposti lisätä uusia solmuja tai poistaa vanhoja solmuja. Solmujen kuitenkin pitää kommunikoida samalla kielellä, jotta lähettäjä ja vastaanottaja ymmärtävät viestin sisällön. Autosovellutuksissa toteutus tapahtuu käyttämällä sovellustason standardeja, jotka määrittelevät muotoseikat viestien sisällössä tarkasti (Juhala ym. 2001: 122).

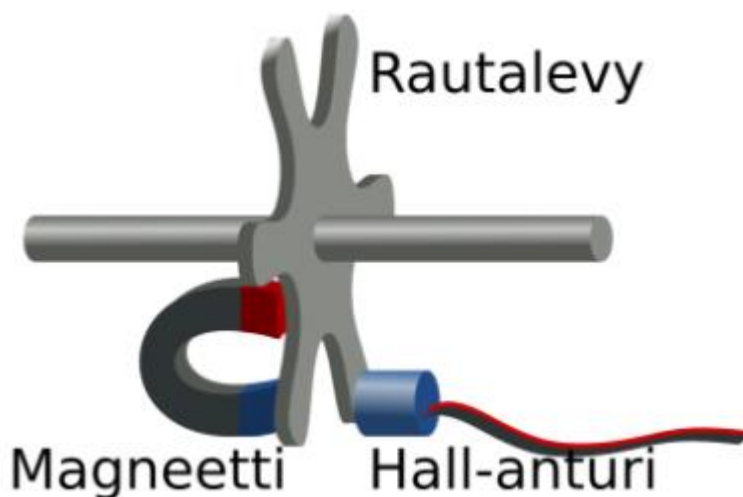
Solmut, jotka ovat liitettyinä CAN-väylään eivät, sisällä osoitteita. Solmuilla on mahdollisuus lähettää halutessaan viesti väylään, ja muut solmut voivat tarvittaessa käyttää hyväksi väylään lähetettyä tietoa. Tämän takia jokaiseen viestiin on koodattu viestin tunniste. Useiden solmujen lähettäessä viestejä yhtä aikaa ratkaistaan viestien väyläänpääsyjärjestys viestin prioriteetin perusteella. Jos jokin tieto puuttuu, on solmuilla mahdollista lähettää pyyntö väylään, jossa kyseisen tiedon omaava solmu havaitsee tämän ja lähettää tarvittavan viestin väylään (Juhala ym. 2001: 140).

4.3 Hall-anturi

Hall-anturi on pieni puolijohde, joka mittaa magneettikentän suuruutta. Hall-anturin toiminta perustuu magneettiseen voimaan, missä elektronit aiheuttavat jännite-ero johtimen reunojen välille (Juhala ym. 2001: 156).

Kun magneettikenttä vaikuttaa johtimessa kulkeviin elektroneihin siirtäen ne toiseen reunaan johdinta, syntyy Hall-ilmiö. Tarkoituksena on luoda maksimijännite-ero, jotta sen mittaaminen olisi helpompaa. Näin mitattavat jännitteen suuruudet ovatkin mikrovoltteista millivolteihin.

Ajoneuvossa tullaan käyttämään kytkintyyppistä Hall-anturia, joka kytkeytyy päälle magneettikentän tullessa lähelle. Kytkintyyppisellä anturilla voidaan mitata ajoneuvon renkaan pyörintänopeutta optisen anturin tapaan. Pyörivässä rautalevyssä olevien rakojen avulla rautalevy niin sanotusti oikosulkee magneettikentät, jolloin se pääsee antureille vain aukkojen kohdalla (kuva 19). Kiinnittämällä rautalevy ja anturit ajoneuvon pyörän napoihin toimii kyseinen mittaus ajoneuvossakin. Kyseisessä anturityypissä on analogisen anturin lisäksi Schmitt-trigger-kytkentä, jolla signaali voidaan muuttaa digitaaliseksi. (Hall-anturi.)



Kuva 19. Hall-anturin toiminta mitattaessa pyörintänopeutta (Hall-anturi).

4.4 Induktiivinen anturi

Anturin toiminta perustuu induktanssiin, jolloin sähkönjohtavuus sekä magneettisuus vaikuttavat anturin toimintaan.

Koska anturin tunnistaa materiaaleja, joilla on hyvä sähkönjohtavuus, on anturin asentamisessa huomioitava, ettei sen läheisyydessä ole metalleja tai muita sähköä johtavia materiaaleja. Tämä tulee ottaa huomioon ainakin silloin, jos anturi on suojaamaton. Suojaamaton anturi on herkempi häiriöille kuin suojattu, mutta vaikka anturi olisi suojattu, kannattaa anturin asennuksessa välttää sen asettamista muiden metallien viereen. Anturin indikoidessa hyvin lähietäisyydeltä, tulisi sen kiinnityksen olla hyvä, jotta vältetään turhat mittaushäiriöt. (Induktiivinen rajakytkin.)

Induktiivisen anturin toiminta on lähes samanlaista kuin aiemmin luvussa 4.3 mainittu Hall-anturin. Niiden ero on kuitenkin se, että Hall-anturille joudutaan syöttämään virtaa ja induktiivinen anturi on jo itsessään magneetti, joka pyöriessään tuottaa oman tarvittavan virtansa. (Anturisignaalien mittaus.)

4.5 Transistori

Yleisnimitys transistorista tarkoittaa kolminapaista komponenttia, jonka yhdellä liittimellä voidaan ohjata toisissa näkyvää virtaa tai jännitettä. Sen tärkeimmät käyttökohteet ovatkin kytkimenä ja vahvistimena toimiminen. (Transistorit)

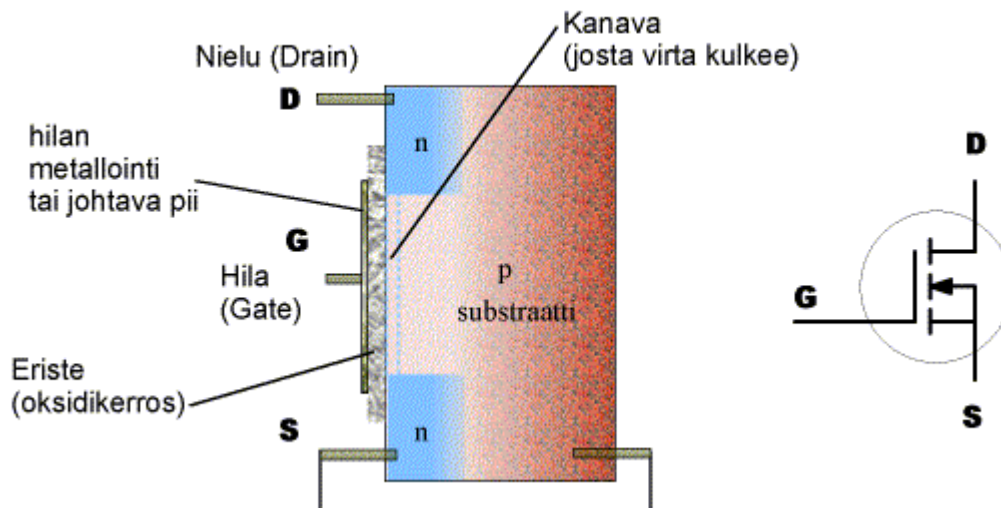
Sen pienen koon sekä halvan hinnan vuoksi sitä käytettiin alkuun radioissa vahvistimena. Tämän lisäksi transistori toimii hyvin kytkimenä. Joita käytetään tietokoneen prosessorissa sekä muistissa. Ominaisuuksista tärkein on kuitenkin transistorin sähköinen ohjattavuus, missä ulkopuolisella virralla tai jännitteellä voidaan ohjata toisessa piirissä olevaa virtaa tai jännitettä. (Transistorit)

Puolijohdekomponenteista tämän hetken tärkein on avaus-MOSFET. Tehoelektronikassa voidaan korvata transistoreita ja tyristoreita avaus-MOSFETin avulla (Helenius ym. 2003: 120).

Yhtenä avaus-MOSFETIN etuna on se, että niitä pystytään valmistamaan pieneen kokoon mikropiireissä. Tämä mahdollistaa sen, että mikropiiriin saadaan paljon lisää komponentteja. Huonona puolena tässä on se, että suurella komponentti määrällä piirin tehonkulutus nousee, jolloin piirin lämpötilat nousevat liian suuriksi. Lämpötilojen hallitsemiseksi on ratkaisuna piirinkäyttöjännitteen alentaminen (Helenius ym. 2003: 120).

Kanavatransistorin nimi kertoo jo sen toiminnasta, jossa virta kulkee kanavassa, jota ohjataan ulkopuolisella jännitteellä. Kanavatransistorit voidaan jakaa kahteen ryhmään JFET-liitoshilaantureihin ja MOSFET-eristehilatransistoreihin. Nämä ryhmät eroavat fyysikaaliselta rakenteeltaan toisistaan siten, että JFETissä on hilan ja kanavan välillä sähköinen eristekerros. Toimintaperiaatteiltaan nämä molemmat FETit toimivat samalla tavalla. (Transistorit) Suunnitelmassa on käytetty MOSFET-tyyppisiä kanavatransistoreita, joten en kerro JFETeistä tämän enempää.

MOSFETin eristeenä toimii ohut oksidikerros. Alla on esitelty n-kanava avaus-MOSFET (kuva 20).



Kuva 20. Avaus-MOSFETin rakenne sekä piirrossymboli (Transistorit).

MOSFETin tyypistä riippuen sen kanava voi olla joko auki tai kiinni, silloin kun ulkopuolista ohjausjännitettä ei ole kytkettynä. Kanavan leveyttä eli täten virran suuruutta pystytään muuttamaan ohjausjännitteen avulla. Jos hilalle ei tuoda positiivista jännitettä, niin

tiedetään, että n-kanava-avaustyyppin MOSFET-kanava on sulkeutunut. Tällöin suuri resistanssi muodostuu kanavan pn-liitoksesta, joka on estosuunnassa. N-kanava syntyy, kun hilalle tuotava jännite, nielu ja lähde maadoitetaan. Tällöin hilan alapuolelta positiiviset aukot siirtyvät jättäen jäljelle tyhjennysalueen, missä elektronit liikkuvat nielulta ja lähteeltä. Hilajännitteen UGS ylittäessä transistorin omaisjännitteen muodostuu kyseinen kanava.

Kanavan leveyttä eli FETin virtaa ohjataan sähkökentällä, joka muodostetaan hilajännitteellä. Kun muistetaan, että samanmerkkiset varaukset hylkivät toisiaan ja erimerkkiset vetävät toisiaan puoleensa, voidaan jännitteen avulla liikutella varauksia ja täten säädellä kanavan leveyttä.

Kytkimenä FETtejä käytetään kanavan ollessa täysin johtava tai johtamaton. Tähän päästään, kun vaihdellaan transistorista riippuvaa jännitettä transistorin hilalla. Linearisella alueella FET toimii vahvistimen, jolloin kanavan resistanssia ja virtaa pystytään säätämään ohjausjännitteellä. Tämän ansiosta FETtiä voidaan pitää toimivana jänniteohjattuna virtalähteenä. Jos transistorin ajaa täysin johtavaksi, voi transistorin vahvistettava signaali säröytyä. Myös tehohäviöitä syntyy helposti, jos kytkin transistori joutuu pitkäksi ajanjaksoksi lineaariselle alueelle. (Transistorit.)

5 Yhteenveto ja päätelmät

Opinnäytetyössä tehtiin sähköinen sekä mekaaninen suunnitelma Renault Twizy 80 -ajoneuvon muuttamiseksi autonomiseksi ajoneuvoksi. Opinnäytetyössä tavoitteena oli kehittää suunnitelma erilaisia ratkaisumalleja, joilla ratkaistaisiin ajoneuvon ohjauksen, jarrujen, valojen, vilkkujen ja äänimerkin toiminta autonomisessa järjestelmässä. Ratkaisumallit toteutettiin tutkimalla jo valmiiksi käytössä olevia ratkaisuja nykyaikaisista ajoneuvoista sekä teollisuudesta. Koska kyseessä oli uuden teknologian kehittäminen, niin valmiiden ratkaisuiden lisäksi piti myös miettiä ihan uudenlaisia ideoita. Opinnäytetyössä saatiin aikaan suunnitelma, jota voidaan hyödyntää ajoneuvon muuttamisvaiheessa.

Koska suunnitelma on osa suurempaa projektia, niin yhteydenpito muun ryhmän sisällä on tärkeää projektin onnistumiseksi. Opinnäytetyön kannalta olisi pitänyt olla useammin yhteydessä valvojaan ja sopia selkeät rajat suunnitelmaa varten. Samalla olisin itse kaivannut enemmän ohjausta opinnäytetyölle, koska se osoittautuikin yllättävän haasteelliseksi ja siinä lähes kaikki oli minulle aivan uutta asiaa. Kuitenkin loppujen lopuksi uskon työn haasteellisuuden olevan minulle vain hyödyllinen asia ajatellen tulevaisuuden opintoja sekä töitä.

Lähteet

Arffman, Ville, Hakala, Pekko, Ismailogullari, Azat & Nousiainen, Ville 2015 Innovaatio-
projekti. Citymobile 2 Vantaa Kivistö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Ajoneuvoluokat. Verkkodokumentti. Trafi. <<https://www.trafi.fi/tieliikenne/ajoneuvoluokat>>. Luettu 3.5.2017.

Anturisignaalien mittaus. Verkkodokumentti. Puuhailua. <<http://panupuuhailee.blogspot.fi/2016/04/anturisignaalien-mittaus.html>>. Luettu 22.5.2017

Automaation edistäminen tieliikenteessä. Verkkodokumentti. Trafi.
<https://www.trafi.fi/file-bank/a/1424379177/a8d819248b49d8ebbbfb7ef7cd6966d/16901-Trafi-_Tietokortti_Automaatio_tieliikenteessa.pdf>. Luettu 2.5.2017.

Autonomous Driving. Verkkodokumentti. Volvo. <<http://www.volvocars.com/intl/about/our-innovation-brands/intellisafe/autonomous-driving/drive-me>>. Luettu 2.5.2017.

Autonomiset autot kahden vuoden sisällä. Verkkodokumentti. Autot.fi <<http://autot.fi/2017/05/04/elon-musk-taysin-autonomiset-autot-taalla-kahden-vuoden-sisalla/>>. Luettu 2.5.2017.

Asetus tieliikennettä koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta 30/1986

CR0401. Verkkodokumentti. Ifm. <<https://www.ifm.com/de/en/product/CR0401>>. Luettu 20.5.2017

Ecomati100. Verkkodokumentti. Ifm. <<https://www.ifm.com/products/file/CR0401/CR0401.pdf>>. Luettu 15.5.2017.

Hall-anturi. Verkkodokumentti. Kompo2010. <<https://kompo2010.wikispaces.com/Hall-anturi>>. Luettu 5/2017.

Helenius, Kari, Silvonen, Kimmo & Tiilikainen, Matti 2002 Analogiaelektroniikka. Helsinki Edita Publishing Oy

IG6084. Verkkodokumentti. Ifm. <<https://www.ifm.com/de/en/product/IG6084>>. Luettu 6.5.2017.

Induktiivinen rajakytkin. Verkkodokumentti. Koneautomaatio. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Induktiivinen+rajakytkin>>. Luettu 20.5.2017.

Integrated Power Steering System. Verkkodokumentti. Hello Trade. <<http://www.hellotrade.com/sevcon/integrated-power-steering-system.html>>. Luettu 10.4.2017.

IntelliSafe. Verkkodokumentti. Volvo. <<http://ipaper.ipapercms.dk/Volvo-cars/FI/V60Fifi/>>. Luettu 2.5.2017.

Juhala, Matti, Suominen, Matti & Tammi, Kari. 2011 Moottorialan sähköoppi. Helsinki. Autoalan Koulutuskeskus Oy

Lineaarinen karamoottori LA30. Verkkodokumentti. Linak. <<http://www.linak.fi/yleista/?id3=4923>>. Luettu 2.5.2017.

Renault suomi. Verkkodokumentti. Renault. <https://www.renault.fi/henkilou-tot/twizy/?gclid=CjwKEAjw9MrIBRCr2LPek5-h8U0SJAD3jfhtno6RF_OBYLaOfowh5q7AQCYFz_FfRckJ51SP9SQFghoC9vHw_wcB>. Luettu 1.4.2017.

Repair Guide Verkkodokumentti. AutoZone. <http://www.autozone.com/re-pairguides/Nissan-Pick-ups-and-Pathfinder-1970-1988/BRAKE-SYSTEM/Ad-justments/_/P-0900c1528004f93f>. Luettu 5.5.2017.

Tieliikennelaki 117/14.2.1992.

Tieliikennelaki 414/7.5.1997.

Transistori. Verkkodokumentit. Elektroniikan perusteet <<http://www.kuisma.eu/elper/el-perpohja.html>>. Luettu 4.5.2017.

Valomääräyksiä. Verkkodokumentti. Ake <<https://www.trafi.fi/file-bank/a/1325147177/579fb3aa935279358c96ed7a1a975d15/4771-Valomaarayk-sia.pdf>>. Luettu 3.5.2017.