

**TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA**

**Auto- ja kuljetustekniikka**

**Autosähkötekniikka**

**INSINÖÖRITYÖ**

**42 V:n järjestelmät raskaassa kalustossa**

**Työn tekijä: Jan Cornelius  
Työn valvoja: Kari Tammi  
Työn ohjaaja: Jari Huhtala**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2007**

**Kari Tammi  
lehtori**

## **ALKULAUSE**

Tämä insinöörityö on tehty suomalaisen firman nimeltä PKC-Group Oy:n toivomuksesta. PKC-Groupin tuotevalikoimaan kuuluu johdinsarjojen, kaapelitojen ja elektroniikan suunnittelu ja sopimusvalmistus. Konsernilla on tuotantoa useassa maassa ja se työllistää n. 4800 henkeä.

Kiitokset avusta ja tuesta työn tekemisessä Jari Huhtalalle, PKC-Group sekä Kari Tammelle, Stadia. Kiitokset myös perheenjäsenille ja ystäville jotka ovat jaksaneet kannustaa eteenpäin.

Espoossa 28.3.2007

Jan Cornelius

## INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Jan Cornelius	
Työn nimi: 42 V:n järjestelmät raskaassa kalustossa	
Päivämäärä: 28.3.2007	Sivumäärä: 28 s.
Koulutusohjelma: Auto ja kuljetustekniikka Autosähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto:
Työn valvoja: Kari Tammi	
Työn ohjaaja: Jari Huhtala	
<p>Tämä insinööri työ tehtiin PKC Group Oy:lle. Työssä selvitettiin alan tutkimusten ja kirjallisuuden avulla 42 voltin käyttöjännitteen käyttöä raskaassa kalustossa. Korotettuun käyttöjännitteeseen siirtymistä on kaavailtu jo pitkään, ja yksi työn tarkoituksista onkin selvittää, mikä on järjestelmien nykytilanne.</p> <p>Insinööri työssä tarkastellaan 42 voltin käyttöjännitteen eri osa-alueita. Työssä tutkitaan uuden käyttöjännitetaso tuomia uusia ongelmia. Työssä selvitetään komponenttien ero nykyisiin käyttöjännitetasojen komponentteihin ja samalla komponenttien saatavuutta, komponenttien kestävyyttä ja kustannuksia.</p> <p>Aihealueeseen liittyy myös uuden käyttöjännitetaso mahdollistamat uudet sovellukset ajoneuvoissa, kuten yhdistetty käynnistin-laturi, täysin sähköiset ohjaus, ja jarrutusjärjestelmät ja täysin sähköinen ilmastointi. Työssä tarkastellaan uusien sovellusten tuomia etuja ja haittoja nykyisiin järjestelmiin verrattuna.</p> <p>42 voltin järjestelmä vaatii yleistyäkseen standardin, jonka puitteissa ajoneuvoteollisuus voi toimia ja kehittää tuotteitaan.</p> <p>Työn lopputuloksena lukija saa käsityksen, missä tällä hetkellä ajoneuvoteollisuuden ja nimenomaan raskaan kaluston tutkimus korotetun käyttöjännitteen osalta etenee.</p>	
Avainsanat:	
42 voltin järjestelmä, 42 V, korotettu käyttöjännite, ISG, autosähkötekniikka	

**ABSTRACT**

Name: Jan Cornelius	
Title: 42 V systems in trucks	
Date: 28.3.2007	Number of pages: 28
Department: Automotive Engineering Electronics Engineering	Study Programme: Automotive
Instructor: Kari Tammi	
Supervisor: Jari Huhtala	
<p>This graduate study was made for PKC Group Oy. The focus on this study is the use of 42 volt electrical system in trucks. The study was made by using the latest literature and research information.</p> <p>This study deals with the different aspects of 42V electrical system. The new problems that come with the new voltage level are dealt with. The differences between the components of the lower voltage levels and the 42V components are in focus. Also the availability, durability and costs of these components are examined.</p> <p>Advantages or disadvantages of some of the new applications like integrated starter alternator, drive-by-wire, brake-by-wire or fully electronic air conditioning system are analysed also.</p> <p>The 42 volt electrical system needs a standard that specifies the rules within the manufacturers can work and develop their products.</p> <p>As a result the reader gets an insight what is happening right now with the implementation of the higher 42 volt electrical system in trucks.</p>	
Keywords:	
42 volt electrical system, 42 V, ISG, higher voltage level, automotive electronics	

## **ALKULAUSE**

## **INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ**

## **ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KOMPONENTIT 42 V:N JÄRJESTELMÄSSÄ</b>	<b>2</b>
2.1	Johtimet	2
2.2	Liittimet	3
2.3	Sulakkeet	6
2.4	Releet ja kytkimet	8
2.5	Jännitelähteet	10
2.6	Komponenttien korroosiokestävyys 42 V:n järjestelmässä	13
<b>3</b>	<b>UUDET SOVELLUKSET</b>	<b>16</b>
3.1	ISG	16
3.2	Drive by wire	20
3.3	Brake by wire	20
3.4	Sähköinen ilmastointijärjestelmä	21
<b>4</b>	<b>HÄIRIÖT JA NIIDEN EHKÄISEMINEN 42 V:N JÄRJESTELMÄSSÄ</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>STANDARDIT</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>TULEVAISUUS</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>27</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>28</b>

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on ollut luoda PKC-Group Oy:lle ajankohtainen selvitys 42 voltin järjestelmien tämänhetkisestä tilanteesta raskaassa kalustossa. Tavoitteena on ollut selvittää komponenttien ominaisuuksia, eroja, sekä uusien sovelluksien tuomia mahdollisuuksia ja haasteita. Lisäksi on tarkasteltu kustannuksia ja testausmenetelmiä.

Raskaan kaluston ajoneuvoissa on jo pitkään ollut käytössä 24 voltin käyttöjännite. Sähköisten järjestelmien yhä kehittyessä ja niiden määrän radikaali kasvu ovat luoneet tarpeen nostaa käyttöjännitettä ajoneuvoissa, niin raskaassa kalustossa kuin myös henkilöautoissa. Korotettu jännitetaso tulisi olemaan 42 volttia. Se takaa riittävän toimintajännitteen tehokkaammalla latausjännitteellä, joka kykenee ruokkimaan kaikkia ajoneuvon sähköjärjestelmiä. Käyttöjännitteen nousulla olisi monia hyviä puolia, kuten polttoaineen kulutuksen pieneneminen, päästöjen väheneminen, johtimissa kulkevien virtojen aleneminen, tarvittavien johtimien keveneminen ja tätä kautta osien halpeneminen.

Uudella käyttöjännitteellä voitaisiin ajoneuvoon tuoda aivan uusia teknisiä ratkaisuja, kuten esim. täysin sähköinen drive-by-wire-järjestelmä sekä käynnistin-laturi yhdistelmä. Tavoitteena olisi täysin ”hihnaton” moottori, jossa nykyisin moottorin yhteydessä olevat apulaitteet, kuten ilmastoinnin kompressori tai ohjaustehostimen pumppu, voitaisiin korvata sähkökäyttöisillä laitteilla, joiden sijoittelulle on paljon vapaammat kädet kuin nykyään.

Siirtyminen korotettuun käyttöjännitteeseen vaikuttaa useimpien komponenttien suunnitteluun, valmistukseen, kokoamiseen ja testaukseen. On otettava huomioon esimerkiksi aivan uusia turvallisuusnäkökohtia.

Työ on tehty pääasiassa erillaisia kirjallisia lähteitä apunakäyttäen tutustumalla alan teknisiin julkaisuihin ja tutkimuksiin.

## 2 KOMPONENTIT 42 V:N JÄRJESTELMÄSSÄ

### 2.1 Johtimet

Perinteisen kuparijohtimen paksuus määräytyy siinä kulkevan virran ja käyttöajan mukaan. Haitallisen lämpenemisen ja pahimmillaan johtimen sulamisen ehkäisemiseksi tulee johtimen olla riittävän paksu. Poikkipinta-ala on siis suoraan verrannollinen johtimessa kulkevan virran määrään. Johtimien määrä nykyaikaisten ajoneuvojen johdinsarjoissa on kasvanut merkittävästi uusien sähkölaitteiden ja järjestelmien käyttöönoton myötä. Vaikkakin nykyään johtimien määrää voidaan vähentää elektroniikan avulla ja käyttämällä erilaisia väyläratkaisuja, esim. CAN-väylää. Tästä huolimatta johtimien tuoma lisäpaino ja kustannus ajoneuvoon on merkittävä.

Sähkötekniikan perusteiden mukaan jännitteen kasvu pienentää johtimissa kulkevan virran määrää ja näin ollen voidaan käyttää ohuempia kuparijohtimia, mikä tuo kustannussäästöjä valmistajalle ja loppukäyttäjällekin ajoneuvon mahdollisen keventymisen myötä. Virtojen pieneneminen auttaa myös pitämään johtimissa syntyvät häviöt paremmin kurissa. /1, s. 238 – 239./

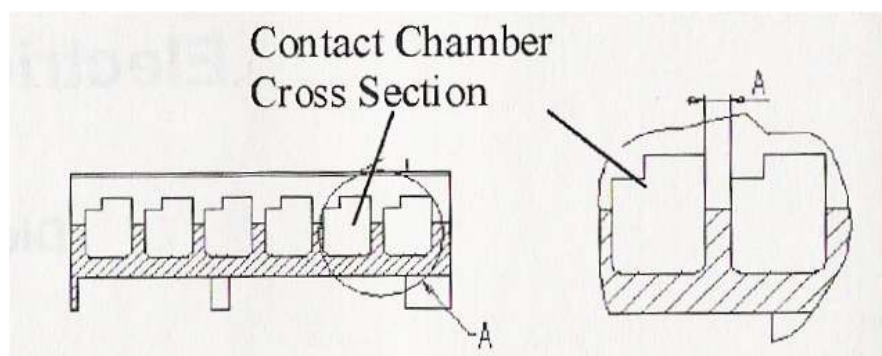
Perinteisesti johtimet ovat valmistettu kuparista, mutta on tehty tutkimuksia myös alumiinin käytöstä johtimien materiaalina. Etuja kupariin olisi keveys, koska alumiinin tiheys on harvempi ja materiaalina alumiini olisi edullisempaa. Haittapuolena on tosin korkeammat kustannukset jalostuspuolella ja alumiinin heikohko mekaaninen kestävyys. Yksi ongelma on myös liitosparien muodostuminen alumiinijohtimien ja kuparijohtimien välille, jonka seurauksena on herkästi korroosiota. Sähkönjohtavuus ei myöskään ole ihan kuparin luokkaa, mikä johtaisi johtimien poikkipinta-alan kasvuun. Suuremmasta poikkipinta-alasta huolimatta alumiinin käyttö keventäisi johtosarjoja, koska alumiinin ominaispaino on huomattavasti kuparia kevyempi. 42 V:n järjestelmässä tämä painonsäästö vielä korostuisi, johtuen pienemmistä virroista. Raskaassa kalustossa johtimien massa ei tosin ole niin kriittinen aspekti kuin henkilöautopuolella, mutta periaattessa kaikki ylimääräinen massa on pois hyötykuormasta. /2, s. 289./

## 2.2 Liittimet

Periaatteessa liittimien perusrakenne pysyisi hyvin samankaltaisena kuin nykyisin käytössä olevien liittimien, mikäli liittinten kytkentä ja irrotus tapahtuu virrattomassa piirissä. Joidenkin liittimien kohdalla tulee ottaa huomioon jännitetason aiheuttama taipumus kipinöintiin kontaktihetkellä, mikäli piiri on virrallinen. Kytkennän tapahtuessa virrallisessa piirissä liitospinnat kärsivät hyvin herkästi kipinöiden aiheuttamia vaurioita. Tyco Electronicsin tekemien testien perusteella jo kymmenen kytkennän jälkeen liitospinnat ovat vioittuneet. Ilmiö ei ole vahvasti riippuvainen kontaktipintojen materiaalivalinnasta tai viimeistelystä. Tämän vuoksi korotetun käyttöjännitteen järjestelmässä tulisi täysin välttää liitosten kytkentää tai irrotusta, jos piirissä on virtaa. Eräs keino, jolla vain tietty piiri saadaan varmasti virrattomaksi kytkentöjen ajaksi, voisi olla kytkin, jolla voitaisiin katkaista piiri. Liittimien kulumista saattaa esiintyä myös jos liitos on vajaassa kosketuksessa johtuen ajoneuvon ajonaikaisesta tärinästä. Tilanne saattaa aiheuttaa valokaaria kontaktipintojen välille ja muuttua vaaralliseksi.

Moninapaisten liittimien suunnittelussa tulee ottaa huomioon tavallista paksummat seinämät eri kontaktipintojen välille.

Kuvassa 1 on esiteltyä seinämärakenne.



Kuva 1. Liittimen kontaktipintojen seinämäpaksuudet /2, s. 288/.



Liittimiä suunniteltaessa 42 voltin järjestelmään tulisi ottaa huomioon seuraavia seikkoja:

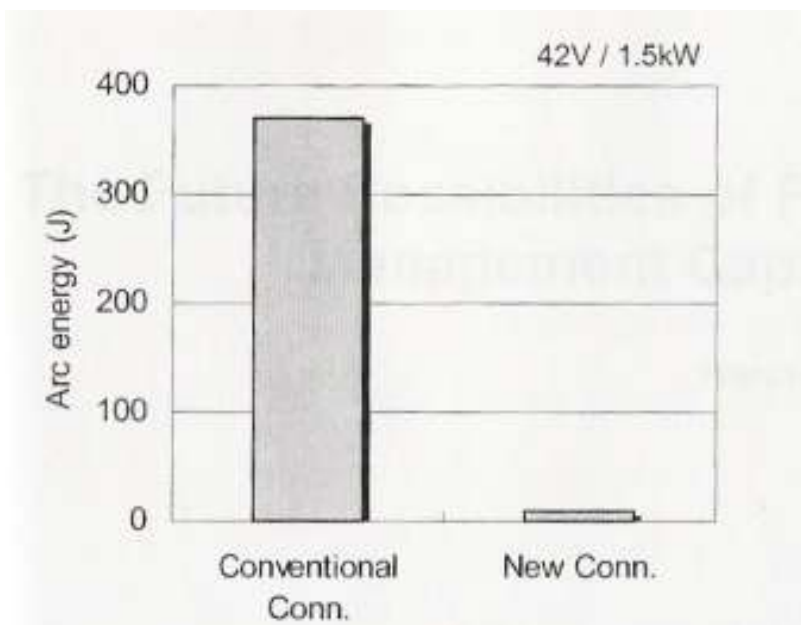
- mahdollisimman pienet vauriot kipinöintitilanteessa
- kipinän kestoajan minimoiminen
- yksinkertaisuus
- mahdollisimman pieni koko
- alhaiset kustannukset
- helppo käsiteltävyys.

Joitakin ratkaisuja ylläoleviin ongelmiin on jo löydetty.

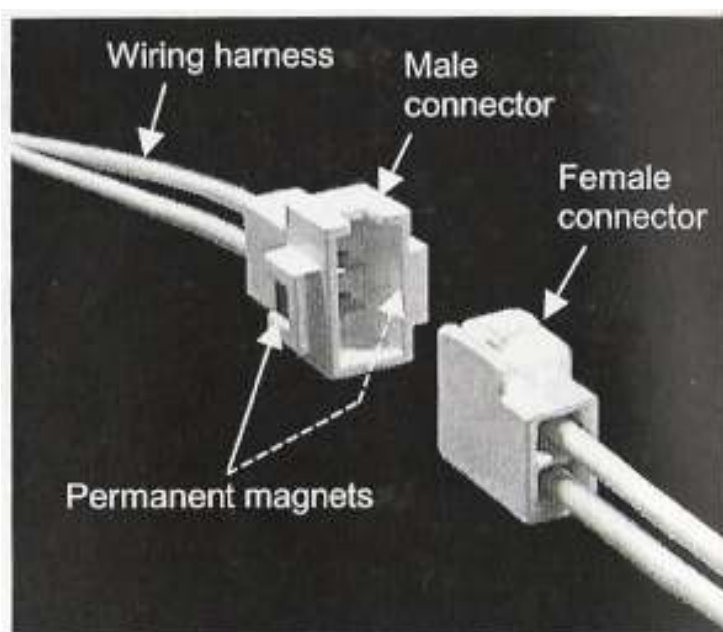
Magneettikentän ominaisuuksia voidaan käyttää hyväksi, jotta liittimien välille mahdollisesti syntyvän kipinän ajallista kestoa ja sitä kautta energiaa saadaan vähennettyä, kuten kuvassa nro. 2 olevassa taulukossa on esitelty.

Liittimen urospuoleen olisi mahdollista kiinnittää kestopagneetit, jotka loisivat liittimeen magneettikentän. Magneetit asetettaisiin liittimen vastakkaisille puolille, jotta ne loisivat liitosnastojen kohdalle mahdollisimman voimakkaan magneettikentän. Tämä magneettikenttä aiheuttaisi kipinän kaareutumisen, jonka suuruus olisi riippuvainen magneettivuon voimakkuudesta. Kaareutuminen aiheuttaa kipinän kulkeman matkan pitenemisen ja sitä myötä energian vähenemisen. Myös aika lyhenee. Liittimen rakenne ei muuten muutu merkittävästi nykyisin käytössä olevista liittimistä, ja käytettävyys olisi myös samalla tasolla. /2, s. 265 – 269./

Magneetilla varustetun liittimen rakenne on esitetty kuvassa 3.



Kuva 2. Magneeteilla varustetun liittimen vaikutus kipinäenergiaan /2, s. 269/.



Kuva 3. Uudentyyppisen magneetilla varustetun liittimen rakenne /2, s. 268/.

## 2.3 Sulakkeet

Jos virtapiiriin syntyy oikosulku, saattaa piirin virta kasvaa moninkertaiseksi normaaliin verrattuna. Kun virtapiiriä ei ole suojattu tällaisia virtoja varten, saattaa seurauksena olla vakaviakin vaurioita. Virtapiirin suojana on yleensä suojalaite, yleisimmin sulake. Sulake mitoitetaan virtapiirin heikoimmaksi osaksi, jolloin se on ensimmäinen osa, joka peittää vahingon sattuessa estäen näin suurempien vahinkojen syntymisen. Sulakkeessa on lämmönkestävästä eristeestä valmistettu runko, jonka päällä tai sisällä kulkee johdin, joka sulaa helposti virran kasvaessa liian suureksi. Suojaava sulake kytketään sarjaan muiden virtapiirin osien kanssa. Sulakelangat mitoitetaan siten että virran noustessa tiettyyn haluttuun arvoon sulakkeen lanka katkeaa. Tällä tavoin voidaan jokaiselle virtapiirille valita sellainen sulake, joka sulaa vasta, kun virta ylittää virtapiirille normaalin virran. /1, s. 241 – 246./

Korkeampi käyttöjännite vähentää virtapiirissä kulkevia virtoja ja pienentää näin lämpötilan nousun aiheuttamaa vastusta johtimissa. Korotetun käyttöjännitteen järjestelmässä virtapiirin katkaisu vauriotilanteessa on ensiarvoisen tärkeätä, sillä jännite saattaa aiheuttaa ihmiselle vaarallisen jännitetason esim. äärimmäisen kylmissä olosuhteissa, joissa akun latausjännite saattaa saavuttaa niinkin korkean arvon kuin 60 V.

42 voltin järjestelmässä virtapiiriä ja sen komponentteja suojaavat sulakkeet tulee valita huolella, jotta järjestelmä toimisi moitteetta, pitkäikäisesti ja luotettavasti. Kysymys ei ole siitä, tarvitaanko sulakkeita vaan pikemminkin siitä, kuinka monta, minkälaisia ja minne ne on sijoitettuna. Tällä hetkellä on loppujen lopuksi hyvin vähän tutkimuksia vikavirtasuojien toiminnasta korotetussa jännitetasossa. Valittaessa sulakkeita 42 voltin järjestelmään tulisi ottaa huomioon,

- sulakkeen ulkokuoren rakenne ja materiaalit
- sulakkeen katkeavan johtimen (melting wire) rakenne ja materiaali
- sulakkeen liittinjohtimien rakenne ja materiaali
- erotettavuus 12 tai 24 voltin järjestelmän sulakkeista.

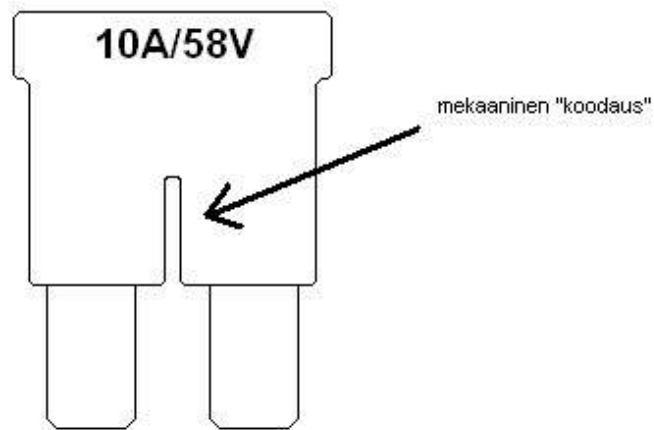
Nykyään käytössä olevien sulakkeiden katkeavaksi tarkoitetut johtimet on perinteisesti valmistettu sinkkiseoksesta. Tämän matala sulamispiste ja sulamiseen tarvittava alhainen energiantarve tekevät siitä oivan materiaalin perinteisiin muovisista suojakuorista valmistettuihin sulakkeisiin. 42 voltin järjestelmässä nämä ominaisuudet saattavat koitua ongelmallisiksi, jos sulakkeen liitosnastat on valmistettu sinkistä. Riskinä on, että vikatapauksessa saattaa syntyä valokaari sulakkeen ja sulakerasian välille. Pahimmassa tapauksessa sulake voi hitsautua kiinni kantaan ja energianpurkaus vaurioittaa sulakerasiaa. Toisekseen jos käyttäjä asettaa uuden sulakkeen virralliseen oikosulussa olevaan piiriin, vauriot ovat samankaltaisia. Ratkaisu tämänkaltaisten ongelmien välttämiseen olisi valmistaa 42 voltin järjestelmän sulakkeisiin liitosnastat ja katkeava johdinlanka eri materiaaleista. Johdinlanka olisi edelleenkin valmistettu sinkkiseoksesta, mutta liitosnastat olisi tehty kuparista ja päällystetty korroosion estävällä pinnoitteella. Tämä siksi että kuparilla on korkeampi sulamispiste kuin sinkillä ja se vaatii tuplasti niin paljon energiaa sulamiseen kuin sinkki. Lisäksi kuparin lämmönjohtavuus on parempi kuin sinkillä. Lopputulos on että vahingollinen energianpurkaus saadaan hyvin minimoitua ja johtimien käyttölämpötila on n. 15 % alempi kuin perinteisellä yhdestä kappaleesta valmistetussa sinkkiseossulakkeessa. Jännitte ja tehohäviöt ovat myös pienempiä.

Sulakkeiden ulkokuoren materiaali tulisi myös vahvistaa siirryttäessä 42 voltin käyttöjännitteeseen. Vikatapauksissa sulakkeen johdinlangan katkeaminen on on väkivaltaisempi tapahtuma kuin 24 voltin käyttöjännitteessä. Tämän vuoksi sulakkeen eristemateriaalina ei toimi perinteinen muovi, vaan on käytettävä esim. lasikuidulla vahvistettua muoviseosta, joka kestää paremmin muodonmuutoksia. Lisäksi liitosnastojen välillä oleva eriste samasta materiaalista vahvistaa entisestään rakennetta. Tämänkaltaisen sulakkeen kesto on testattu niinkin hurjalla energialla kuin 1000 ampeeria käyttöjännitteen ollessa 58 voltia.

Koska uudentyyppiset sulakkeet, joita käytettäisiin 42 voltin järjestelmässä, muistuttavat ulkomuodoltaan hyvinkin paljon nykyisiä jo olemassa olevia kampasulakkeita, tulee uusien sulakkeiden olla ns. mekaanisesti koodattuja. Tämä tarkoittaa sitä että 42 voltin järjestelmän sulakerasiaan ei ole

käytännössä mahdollista saada sopimaan alempaan käyttöjännitteeseen tarkoitettua sulaketta. Yksi tapa on tehdä sulakkeen muotoon lovi tai viiste, jonka vuoksi se sopii vain ja ainoastaan sille tarkoitettuun järjestelmään. Tämä siis ainakin sulakkeisiin, joihin käyttäjällä on pääsy; korjaamalla vaihdettaviin tämä ei ole niin oleellista. /2, s. 307 – 311./

Kuvassa 4 on esimerkkikuva uudentyypisen sulakkeen rakenteesta.



*Kuva 4. 42 V:n järjestelmän sulakkeiden mekaaninen erotettavuus muiden jännitetasojen sulakkeista.*

## 2.4 Releet ja kytkimet

Yleisin tapa kytkeä virtoja on releiden avulla. Rele on toiminnaltaan sähkömagneettinen kytkin. Releitä on avautuvia, sulkeutuvia tai vaihtuvia. Releessä on rautasydän ja sen päällä napojen välillä käämi. Sydän ja käämi muodostavat sähkömagneetin. Kytettäessä käämiin jännite alkaa sen läpi kulkea virtaa ja rautasydän magnetoituu joka puolestaan vetää liikkuvan ankkurin puoleensa. Ankkurin kosketin koskettaa kiinteää kosketinta, ja kytkentä on syntynyt. Jännitteen katketessa käämistä, palauttaa palautusjousi tai joustosarana releen lepotilaan. Tällaisia releitä käytetään yleensä alle 50 A:n virtojen kytkennässä.

Releen mekaaniset mitat määräytyvät käytettävien virtojen mukaan. Koskettimet valmistetaan hyvästä ja kestäväksi havaitusta johteesta, jotta niiden jännitehäviö olisi mahdollisimman pieni. Pienempiä, alle 10 A, virtoja voidaan kytkeä käyttämällä pienenisrelettä, jotka on liitettyä suoraan elektronisen laitteen piirilevyille. /1, s. 250 – 252./

Releitä ja kytkimiä suunniteltaessa 42 V:n järjestelmään on otettava huomioon korotetun jännitetason mukanaan tuoma taipumus aiheuttaa kontaktipintojen välisiä kipinöitä. Vaikkakin korkeamman jännitetason järjestelmissä kulkevan virran suuruus on n. 1/3 siitä mitä se on 14 V:n järjestelmässä, jännitteen nousu on päätekijä haitallisten valokaarien synnyssä. Pahimmillaan valokaaria syntyy sovelluksissa, joissa releitä tai kytkimiä käytetään kaksisuuntaisten moottorien tai solenoidien ohjauksessa. Näissä sovelluksissa kytkennän toinen puoli on jännitelähteessä (B+) ja toinen on kytkettynä maihin (GND). Koska 42 V:n jännite aiheuttaa pidemmän valokaaren, seurauksena on että valokaari saattaa ehtiä kytkennän jännitelähteen puolelta maihin, ennen kuin rele kytkeytyy maihin ja aiheuttaa näin ollen systeemiin oikosulun ja vikavirtasuojan laukeamisen tai pahimmillaan tuhoaa releen.

Valokaaren energia on paljon suurempi kytkennän avaus- tai irrotushetkellä kuin tavallisissa 24 V:n järjestelmässä. Tämä ilmiö on selitettävissä silloin, kun kuorma on puhtaasti resistiivinen. Valokaaren häviäminen vaatii myös pidemmän ajan 42 V:n järjestelmässä. Toisaalta taas kytkennän avaushetkellä valokaaren energia on suurempi pienemmän jännitteen järjestelmässä.

Releiden suunnittelua varten muodostettiin työryhmä, jossa oli jäseniä kolmesta eri komponenttien valmistusta harjoittavasta yrityksestä (Bosch, Hella ja Tyco). Työryhmän pohdintaan jäi releiden ja kytkentärasioiden fyysisten mittojen määrittely silmällä pitäen tulevaa komponenttien valmistusta koskevaa yhtenäistä standardia 42 voltin järjestelmään. Mittoja lähdettiin määrittelemään mahdollisten eri jännitetasojen tarpeisiin.

Työryhmä päätyi seuraavanlaisiin johtopäätöksiin:

- Uuden suunnitelman täytyy täyttäänormit koskien ilmarakoja ja seinämien paksuuksia.
- Uudet komponentit eivät saa mennä sekaisin jo olemassa olevien 12 V:n tai 24 V:n järjestelmien kanssa.
- 42 V:n ja 42 V / 28 V:n releiden tulee olla erotettavissa toisistaan.
- Releen liitosnastat tulee järjestää samoin kuin ne ovat releen sisällä, eli releen sisäisten liitosten tulee olla mahdollisimman lyhyitä.

*/2, s. 277 – 298./*

## **2.5 Jännitelähteet**

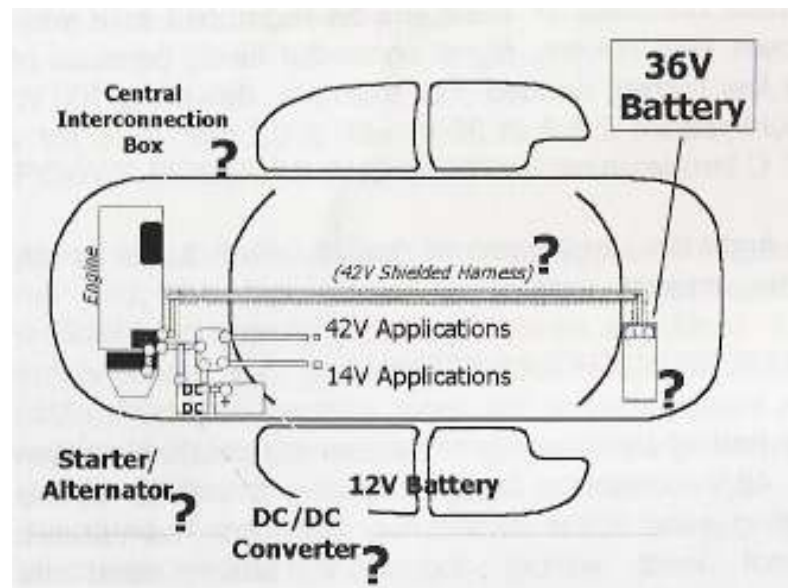
Tarvittava energia ajoneuvojen käyttämiseen saadaan generaattorin kautta, mutta energiaa tarvitaan myös silloin, kun moottori ei käy ja generaattori ei tällöin tuota energiaa. Tarvitaan tapa säilöä generaattorin tuottama energia eli tarvitaan akku.

Jännitelähteiden perusvaatimukset ovat loppujen lopuksi varsin yksinkertaiset. Akun on tuotettava tietty määrä virtaa tietyn ajanjakson verran, otettava varausta vastaan ja pidettävä se tietyn ajan. Sen on myös täytettävä tietyt käyttölämpötiloja, kestävyyttä ja turvallisuutta koskevat vaatimukset. Lisäksi sen on vielä mahdollista ajoneuvoissa usein varsin rajalliseen tilaan. */1, s. 261./*

Ajoneuvoissa käytettävän sähköjärjestelmän nimellisjännite on akun tai akkujen kokonaisjännite. Tämä on nykyään raskaassa kalustossa 24 V. Käyttöjännitteen ollessa 42 voltia tulee nimellinen akkujännite olemaan 36 voltia. Aivan kuten nykyään henkilöautoissa käyttöjännite on 14 V ja akkujännite 12 V, raskaassa kalustossa 28 V ja 24 V.

Ajoneuvon virranjakeluun on esitetty myös käytettäväksi ns. kahden jännitteen järjestelmää, jossa osa systeemistä toimisi vanhalla tutulla 24 V. Tällaisella kaksoisjännitteellisellä systeemillä olisi kaksi vaihtoehtoa energian säilytykseen. Siinä voisi olla kaksi akkua, kumpikin omalle jännitteelle, tai sitten kyseeseen voi tulla yhden akun systeemi, jossa korkeammasta 42 voltin jännitteestä muutetaan tasajännitemuuntimella (DC/DC) pienempitehoisten kuluttajien käyttämä 24 voltin jännite. Systeemiin kuuluisi ohjainyksikkö, joka valvoisi molempien akkujen latausta ja ohjaisi varajärjestelmää, jos toinen akuista olisi purkautunut. Tällä järjestelmällä saavutettaisiin ainakin siirtymävaiheessa kustannussäästöjä, koska osa komponenteista olisi samoja kuin nykyään käytettävät. Pidemmällä aikavälillä on todennäköistä, että kaksoisjännitteelliset järjestelmät eivät tule säilymään.

Kuvassa 4 on esiteltynä kaksoisjännitteellinen järjestelmä.



Kuva 4. Kahden jännitteen (42V ja 14V) systeemi /2, s. 293/.

Akkujen kestoikä tulee aluksi olemaan todennäköisesti hieman heikompi kuin nykyisten. Johtuen kennostojen suuremmasta määrästä ja epätasaisemmasta latauksesta.



Yksi 42 voltin käyttöjännitteen mahdollistama ominaisuus aiheuttaa akuille paljon suuremman rasituksen kuin tämän hetken akuilta vaaditaan. Tämä ominaisuus on mahdollisuus sammuttaa moottori tilanteessa, jossa ajoneuvo käy pidemmän ajan tyhjäkäynnillä, esim. ruuhkassa tai liikennevaloissa, ja käynnistää uudelleen nopeasti, kun ajoneuvolla halutaan jälleen liikkua. Tällä haetaan säätöjä polttoainekustannuksissa ja se on samalla ympäristöystävällistä. On selvää, että kyseinen ominaisuus lisää dramaattisesti käynnistysten määrää, joka on akuille yksi vaativimmista tapahtumista. Käynnistyksen on tapahduttava varmasti kovillakin pakkasilla ja vaikka ajoneuvossa olisi käytössä muitakin akkua kuormittavia sovelluksia samanaikaisesti. Tällaisessa ns. start-stop-järjestelmässä on toki ohjain, joka määrittää akun varaustilanteen ja sen perusteella päättää onko moottorin sammuttaminen mahdollista, jotta liikkellelhtö onnistuu.

Akkuihin tulee suunnitella myös uudenlaiset liitännät, mikä estäisi mahdollisimman hyvin väärät kytkennät ts. napaisuuden vaihdon. Liitännät ovat todennäköisesti sentyyppisiä, että niiden avaamiseen ei tarvita työkaluja toisin kuin nykyään, eli samantapaisia kuin nykyään on käytössä johdinsarjoissa ja ohjainmoduleissa.

Yksi ongelma tulee olemaan myös ajoneuvojen käynnistäminen apuvirralla, koska väistämättä eteen tulee siirtymävaiheessa tilanteita, joissa liikenteessä on ajoneuvoja, joiden käyttöjänniteissä on eroja. Harkinnassa on erityisen apuvirtakäynnistysterminaalien lisääminen, jota käyttämällä ajoneuvo voitaisiin hätätapauksessa käynnistää toisen ajoneuvon virtalähdettä käyttäen. Terminaalissa olisi elektroniikkaa, joka tunnistaisi jännitetasot ja polaarisuuden, ja vasta jos molemmat olisivat normeissa, antaisi elektroniikka mahdollisuuden suorittaa kytkentä. Jos apukäynnistys olisi mahdollista tehdä niin että, napojen polaarisuus vaihtuu, saattaisi seurauksena olla hetkellisenä jännitteenä yli 60 V, joka on jo haitallinen ihmiselle. Kahden jännitetason järjestelmässä apukäynnistys on vielä kohtalaisen helposti toteutettavissa, kun uusi 36 voltin akku on piilossa huoltotoimenpiteiltä mutta vanha 24 voltin akku on esillä. /2, s. 301 – 306./

## 2.6 Komponenttien korroosiokestävyys 42 V:n järjestelmässä

Huolenaiheena siirryttäessä korotettuun 42 V:n jännitteeseen on myös uusien komponenttien korroosiokestävyys, erityisesti konetilan olosuhteissa toimivien. Korroosio on elektrokemiallinen reaktio, ja täten siihen vaikuttaa ulkoisesti tuotu lisääntynyt tai vähentynyt jännitetaso. 42 V:n jännitetaso on siis alttiimpi korroosion vaikutuksille kuin nykyinen 28 voltin käyttöjännitetaso.

Liittimet ja komponentit sijaitsevat ajoneuvoissa useasti karuissa olosuhteissa, jotka aiheuttavat korroosiota. Korotettu jännitetaso vielä korostaa tätä ilmiötä, vaikkakin jännitteen kasvu ei ole suoraan verrannollinen korroosion lisääntymiseen. Mm. Corpro Companies Incorporated on tehnyt tutkimuksia, joissa käsitellään komponenttien altistumista korroosiolle. Testissä verrattiin 42 V:n jännitetasoa henkilöautojen 14 V:n tasoon. Tuloksia tarkasteltiin niin visuaalisesti kuin elektronisilla mittauksillakin. Testikappaleina käytettiin siis komponentteja, kuten liittimiä, kytkimiä ja piirilevyjä.

Testin suoritustapana oli konetilaa simuloivat olosuhteet sekä sisätiloja jäljittelevät olosuhteet. Konetilan testausmenetelmässä koekappaleet altistettiin sumutetulle suolaliuokselle yhdistettynä korkeaan ilmankosteuteen ja korkeaan lämpötilaan. Tämä nopeuttaa radikaalisti luonnollista ruostumisnopeutta tuloksien nopeampaa saavuttamista varten. Yksi testisykli kesti 24 tuntia, johon kuului määräajoin suolaliuoksen sumuttamista, kosteutta ja korkeaa lämpötilaa. Tutkimuksessa käytiin läpi 80 testisykliä eli 80 päivää. Koekappaleita tarkkailtiin koko tämän ajan.

Sisätilan koejärjestelyssä suoritustapa oli muuten hyvin samankaltainen kuin konetilan puolella, mutta koekappaleet altistettiin suolaliuokselle vai joka neljännen syklin alussa, korkea ilmankosteus ja lämpötila olivat samoja kuin konetilan testissä. Tämä testi kesti 12 päivää.

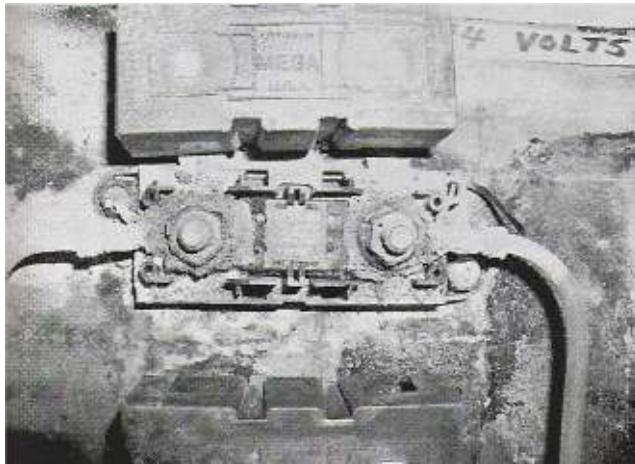
Tuloksien tarkastelu sisälsi siis visuaalisia ja sähköisiä tarkistuksia. Näin arvioitiin koekappaleiden yleistä kuntoa ja toimivuutta. Sähköisiin tarkastuksiin kuului jännitteen tarkkailua kunkin koekappaleen positiivisen navan ja maapisteen välillä, virran kulkua ja kontaktipisteiden välistä resistiivisyyttä. Virta ja jännitemittauksilla varmistuttiin, että komponentit ovat vielä toimintakykyisiä. Vastusmittausta tarvittiin todentamaan johtimien kunto ja liitospisteiden toimivuus. Vastuksen väheneminen olisi oire maakontaktista ja mahdollisesta oikosulusta.

Testin lopputulokset osoittivat että sekä 14 voltin kuin myös 42 voltin järjestelmät ovat alttiita korroosion aiheuttamille vahingoille. 42 voltin järjestelmä todettiin herkemmäksi korroosiolle kuin alemman käyttöjännitteen systeemi. Tosin 14 voltin järjestelmä saattaa myös vaurioitua niin pahoin korroosiosta, että toiminta ei ole enää mahdollista.

Konetilan testien lopputulokset kertoivat että 42 voltin järjestelmässä korrosio alkaa näkyä selkeästi aikaisemmin kuin 14 voltin järjestelmässä. Molemmissa oli testin loppuvaiheissa hyvin selkeitä korroosion aiheuttamia vahinkoja. Sähköisissä tarkistuksissa 42 voltin järjestelmä menestyi huomattavasti heikommin kuin alemman jännitteen järjestelmä. Komponenttien eristeet vaurioituivat pahoin ja järjestelmässä ilmeni oikosulkuja.

Kuvissa 5 ja 6 on esitelty konetilan korroosiovauriot eri jännitetasoilla.

Sisätilan puolella visuaaliset vauriot olivat vaikeita havaita, koska näkyvää korroosiota ei juurikaan esiintynyt. Pääasiallinen testaus oli siis sähköistä eivätkä siinäkään tulokset juurikaan eronneet ennen testin alkua tehdyille vertailumittauksille. Korroosiolle ei siis ollut sisätilan testissä suurtakaan merkitystä järjestelmän toimintaan.



*Kuva 5. 14 V järjestelmän vauriot /2, s. 253/.*



*Kuva 6. 42 V järjestelmän vauriot /2, s. 253/.*

Testit osoittivat, että kovissa olosuhteissa kuten ajoneuvon moottoritilassa on kiinnitettävä erityistä huomiota komponenttien, liitosten ja toimilaitteiden korroosiosuojaukseen, eritoten korkeammassa 42 voltin järjestelmässä. /2, s. 251 – 255./

### 3 UUDET SOVELLUKSET

Uusi käyttöjännite mahdollistaa joitakin täysin uusia sovelluksia ajoneuvokäyttöön. Näitä sovelluksia ovat mm. käynnistin-laturiyhdistelmä, täysin sähköinen ohjaus ja täysin sähköinen jarrujärjestelmä.

#### 3.1 ISG

ISG (Integrated Starter Generator) tai ISA (Integrated Starter Alternator) on täysin uusi ominaisuus, joka on mahdollinen 42 voltin järjestelmässä. Käynnistin-laturin tuomat edut ovat polttoaineenkulutuksen ja näin ollen päästöjen kannalta merkittävät. ISG mahdollistaa moottorin nopean käynnistämisen, eli käytännössä moottori sammutetaan esim. liikennevaloissa seistessä, jos olosuhteet sallivat. ISG tuottaa myös tehokkaammin sähköjärjestelmässä olevien kuluttajien tarvitsemaa tehoa.

*ISG:n komponentit ovat*

- 3-vaiheinen AC-moottori yhdistettynä polttomoottoriin
- AC/DC-muunnin joka korjaa vaihtovirtamoottorin 3-vaiheisen vaihtovirran tasajännitteeksi
- DC/DC-muunnin, joka tuottaa oikean jännitetason
- elektroniikka joka ohjaa koko järjestelmää
- ISG-järjestelmää hallitseva virranhallitajajärjestelmä.

### *AC/DC-muunnin*

AC/DC-muuntimen on tuotettava, riippuen sovelluksesta ja asiakkaan tarpeista, 4 - 15 kW tehoa huippujen käydessä jopa 70 kW:ssa. Ulostulevaa jännitettä ohjallaan ns. PWM:lla (Pulse Width Method). Latausjännite on riippuvainen ISG:n eri toimintatilasta. Lataustilassa n. 125 - 175 Arms, joitakin sekunin kymmenyksiä voi olla 200 - 250 Arms, kylmäkäynnistystilanteessa jopa 400 Arms.

Muuntimen suorituskyky on vahvasti riippuvainen virranhallinnasta. Virranhallinnan avainetekijöitä ovat mm.

- kaistanleveys ja reagointiaika, jotka mahdollistavat tarkan säädön ja suojaavat komponentteja
- koko verrattuna mitattuun huippuvirtaan. Tämä tekijä on kriittinen ajoneuvoissa joissa toimilaitteille varattu tila saattaa olla hyvin rajallinen. ISG:n tapauksessa rms-virran ollessa 400 A saattaa huippuvirta olla 1250 - 1350A.
- galvaaninen eristys, mutta erityisesti pieni varaus ensiöpuolen ja toisiopuolen välillä
- hyvä tarkkuus laajalla lämpötila-alueella
- sopiva hinta ja tuotantovaiheen helppous.

### *DC/DC-muunnin*

Useissa tapauksissa primäärin 42 voltin järjestelmän rinnalla toimii järjestelmiä alemmalla käyttöjännitteellä, oli se sitten 24, 12 tai 5 voltia, sen muodostamiseksi tarvitaan tasajännitemuunnin.

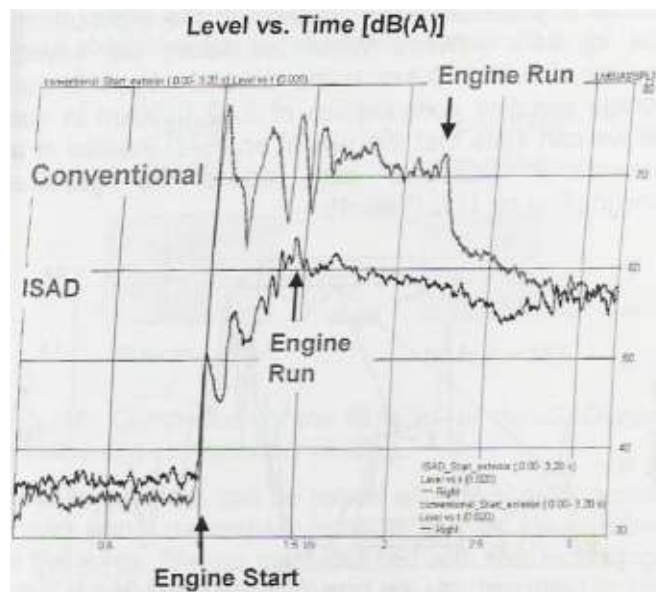
### *Akkujännitteen hallinta.*

Tarkka akkujännitteen hallinta on edellytys optimaaliseen latauksen säätelyyn. Ainoa keino tähän on tarkkailla lataus ja purku virtoja sekä määritellä jatkuvasti akun varaustilaa. Joitakin huomionarvoisia seikkoja varauksen hallintaan ovat seuraavat:

- matala kaistanleveys koska käytössä tasavirta
- kommunikointiprotokolla sensorin ja akunhallintamoduulin välillä. Etäisyyttä voi olla joitakin metrejä.
- kotelointi jos sensori on suoraan asennettuna kaapeliin.
- jos käynnistysvirtaa ei tarvitse mitata, tyyppillinen mittausalue virralle 50 - 100A.

### *Äänetön käynnistys.*

ISG:llä varustetun polttomoottorin käynnistys on varsin vakuuttava ja ensi kertaa kuultuna yllättävä tapahtuma. Käynnistys on täysin hiljainen verrattuna perinteiseen käynnistystapahtumaan, jossa käynnistimen solenoidi ja käynnistysmoottori pitävät ääntä. Kuvassa 7 on vertailtu käynnistystapahtumien äänentasoja. Kuljettajan ei tarvitse odottaa joitakin sekunteja, ennen kuin moottori käynnistyy, aluksi oikeita kierroksia hakien ja mahdollisesti epämiellyttävien tärinöiden saattamana. Mittauksien perusteella perinteinen käynnistysmoottorilla suoritettu käynnistystapahtuma pitää n. kaksi kertaa kovempaa meteliä kuin ISG:llä.



*kuva 7. ISG:n käynnistysääni verrattuna tavalliseen käynnistimeen /2, s. 69/.*

Perinteinen käynnistysmoottori pystyy pyörittämään moottoria vain n. 200 rpm, joten käynnistystilanteessa seosta tulee rikastaa, jotta käynnitys tapahtuisi. Tämä puolestaan lisää päästöjä käynnistysvaiheessa. ISG-järjestelmällä on mahdollista saavuttaa tyhjäkäynnin kierrosalue ja vasta tässä vaiheessa aloittaa polttoaineen syöttö ja käynnistää moottori. Tämä pienentää merkittävästi päästöjä. Ajoneuvon kuljettaja ei havaitse käynnistyksestä mitään ylimääräisiä tärinöitä, vaan moottori käynnistyy nopeasti ja eleettömästi.

#### *Start–stop-ominaisuus.*

ISG mahdollistaa siis moottorin nopean ja pehmeän käynnistyksen. Tätä ominaisuutta hyödynnyttään sammuttamalla moottori, kun sitä ei tarvita, esim. liikennevaloissa seistessä, ja käynnistetään taas saman tien kun, kuljettaja haluaa edetä ajoneuvolla. Kuljettaja ei huomaa ajoneuvon käytöksessä mitään verrattuna siihen, jos moottori olisi käynyt jatkuvasti, niin nopeaa moottorin uudelleen käynnistyminen on. Raskaan kaluston puolella tämä ominaisuus olisi omiaan lähinnä paljon kaupunkiliikenteessä liikkuville jakeluautoille tai kaupunkiliikenteen linja-autoille. /2, s. 67 – 72./



### 3.2 Drive by wire

Korotettu käyttöjännite mahdollistaisi teknisesti myös niin kutsutun drive-by-wire-sovelluksen, eli perinteinen ajoneuvon ohjausjärjestelmä ohjainakseleineen, hydraulisine ohjaustehostimineen korvattaisiin täysin sähköisellä järjestelmällä.

Drive-by-wire-järjestelmässä kuljettajan käyttämältä ohjauspyörältä, periaatteessa kyseessä voisi olla myös ohjainsauva, ei ole enää mekaanista yhteyttä ohjauspylvääseen, ohjausvaihteeseen ja lopulta ajoneuvoa ohjaaviin eturenkaisiin. Ohjauspyörän asentotunnistin määrittelee kuljettajan haluaman suunnan, ja tieto tästä kulkee digitaalisesti sähkömoottorille, joka hoitaa ajoneuvon suunnan muutoksen.

Raskaan kaluston puolelta ei vielä löydy drive-by-wire sovellusta koskevaa tutkimusta, mutta henkilöautopuolella täysin toimivia ratkaisuja on jo.

Suurin este drive-by-wire-sovelluksen läpimurtoon on tällä hetkellä säädösten tiukkuus. Nykyään vaaditaan ajoneuvon ohjauksen olevan mekaanisesti hoidettu, mihin on kuitenkin kaavailtu muutosta. Onhan esimerkiksi ilmailuteollisuuden puolella käytetty täysin sähköistä fly-by-wire-tekniikkaa jo vuosia hyvällä menestyksellä.

### 3.3 Brake by wire

Korotettu käyttöjännite voisi tuoda tullessaan myös täysin sähköisen jarrujärjestelmän. Siinä korvattaisiin perinteiset hydrauliset, tai raskaan kaluston puolella paineilmalla, toimivat jarrujärjestelmät täysin sähköisesti ohjattuihin. Tähän muutokseen ei välttämättä raskaan kaluston puolella olla siirtymässä vielä pitkään aikaan tai välttämättä ollenkaan, sillä paineilmajarrut ovat varsin toimiva ja luotettavaksi havaittu järjestelmä.

### 3.4 Sähköinen ilmastointijärjestelmä

Täysin sähköinen ilmastointilaitte olisi askel ”hinnattomaan” moottoriin. Tavallinen ilmastoinnin kompressori korvattaisiin sähkötoimisella kompressorilla. Tämä vähentäisi moottorin tehon tarvetta ilmastoinnin käyttöön, mikä taasen vähentäisi kulutusta ja päästöjä. Ilmastointia olisi täten myös mahdollista käyttää jonkin aikaa, vaikka ajoneuvon moottori ei olisi käynnissä. Olisi mahdollista esimerkiksi viilentää ohjaamo ennen ajoon lähtöä.

Ajoneuvoissa, joissa on yhdistetty käynnistin-laturi, olisi sähköinen ilmastointijärjestelmä todella tarpeellinen johtuen moottorin mahdollisesta start-stop-ominaisuudesta. Moottorin ollessa sammuksissa esim. liikennevaloissa jatkuisi ilmastoinnin toiminta kuitenkin normaalisti.

Kompressorin toiminta ei olisi myöskään riippuvainen moottorin käyntinopeudesta, joten ilmastoinnin heikko toiminta tyhjäkäyntikierroksilla ei olisi enää ongelma.

Myös kylmäaineen vuodot vähenisivät johtuen kompressorin tiiviimmästä rakenteesta. /2, s. 315 – 319./

#### 4 HÄIRIÖT JA NIIDEN EHKÄISEMINEN 42 V:N JÄRJESTELMÄSSÄ

Siirtyminen ajoneuvokäytössä korkeampaan käyttöjännitteeseen tuo mukanaan uusia häiriötekijöitä ja mahdollisia vaaratilanteita, joilta on tarpeellista niin käyttäjän turvallisuuden kuin järjestelmän ehjänä säilymisen vuoksi suojautua. Jotta systeemi olisi turvallinen niin käyttäjälle kuin itselleenkin on komponenttien ja johtimien suunnittelussa otettava huomioon useita asioita, kun käyttöjännite ylittää 24 V.

Yksi vakavimmista häiriötekijöistä ja riskeistä 42 V:n järjestelmässä on mahdolliset valokaaret tai "kipinät", joita voi syntyä esim. johtimien katketessa, liittimiä avatessa/suljettaessa tai johtimen ollessa liian lähellä maapotentiaalia. Korkeassa käyttöjännitteessä nämä pienetkin valokaaret voivat saada aikaiseksi suurta tuhoa nopeammin kuin virtapiirin suojana olevat sulakkeet tai vikavirtakatkaisijat ehtivät katkaista virran vioittuneesta virtapiiristä. Tällaisten tuhoisien valokaarien havaitsemiseen on kehitetty muutamia menetelmiä. Valokaaria on kahta erilaista tyyppiä, on sarjatyypisiä ja on rinnakkaistyyppisiä.

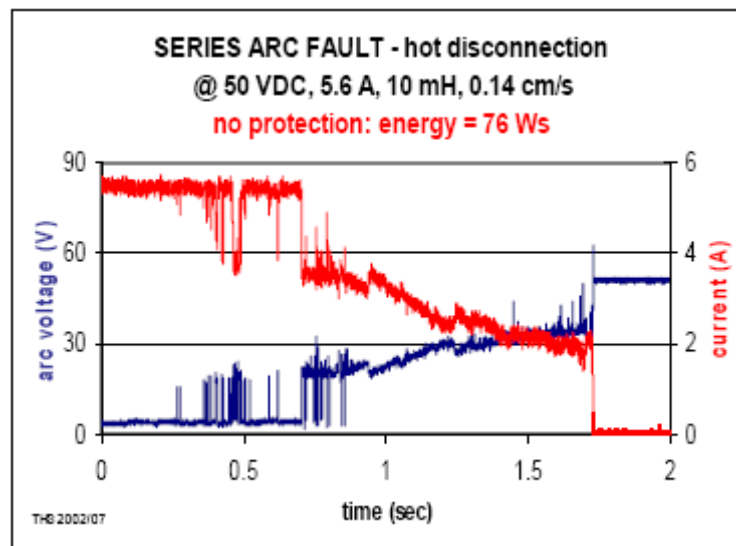
Sarjatyypisessä häiriö, tässä tapauksessa valokaari, etenee johtimesta toiseen esim. liittintä avatessa. Tämäntyyppisessä viassa häiriövirta on pienempi kuin virtapiirin normaalivirta, koska virta kulkee saman kuorman kautta kuin normaalistinkin. Virtapiirin suojana olevat sulakkeet ja vikavirtakatkaisijat eivät havaitse tällaista häiriötä, koska virta on pienempi kuin normaalivirta.

Rinnakkaistyyppisessä valokaari hyppää johtimesta suoraan maihin. Vikavirta on tässä tapauksessa huomattavan suuri, koska virta purkautuu virtapiirin kuorman ohi.

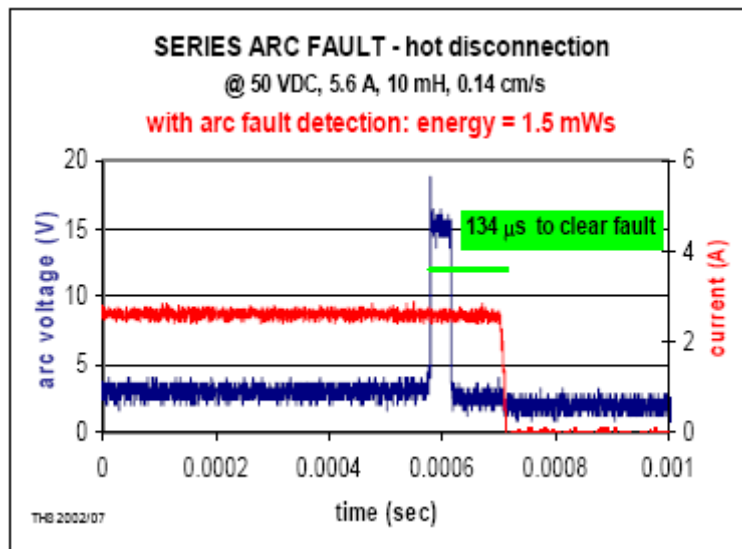
Molempiin tapauksiin on kehitetty suojaavia menetelmiä. Erityinen virtapiiri tarkkailee, mitä suojattavassa piirissä tapahtuu ja katkaisee virran ennen kuin vaurioita pääsee syntymään.

Yksi tällaisen suojavirtapiirin kehittäjästä on Delphi. Heidän kehittämässä suojajärjestelmässä tarkkaillaan sekä sisääntuloa että kuorman puolta. He ovat testanneet järjestelmää useissa mahdollisissa vikatilanteissa. Testeinä olivat liittimen avaaminen, ns. giljotiinitesti ja irrallaan oleva johdin testi.

Liittimen avaaminen jännitteellisessä virtapiirissä jossa kulkee suuri virta, esim. jäähdytysflektin kytkentä pois käytöstä. Testissä liitin avattiin kolmella eri nopeudella ja tarkkailtiin syntyvän häiriön energiaa. Pahimmillaan irtikytkennässä vapautuva energia oli noin 76 Ws, joka saattaa jo aiheuttaa palovaaran tai vaurioittaa liitintä pahasti. Suojaavaa virtapiiriä käytettäessä irtikytkennässä purkautuva energia oli vain 1,5 mWs, joka on huomattavan paljon vähemmän kuin ilman suojausta. 1,5 mWs:n energia ei aiheuta minkäänlaista vaaraa virtapiirille. Kuvissa 8 ja 9 on kuvattu virtaa ja jännitettä suojatussa ja suojaamattomassa virtapiirissä.



Kuva 8. Kipinän virta ja jännite sarjamuotoisessa häiriössä ilman suojaavaa virtapiiriä /3/.



Kuva 9. Kipinän virta ja jännite sarjamuotoisessa häiriössä suojaavalla virtapiirillä /3/.

Ns. giljotiinitesti, johtimen katkaisu terällä, joka maadoittaa virtapiirin, vauriomallinnus simuloi esimerkiksi onnettomuustilanteen tapahtumia. Ilman suojavirtapiiriä häiriössä purkautuva energia voi olla joitakin satoja Ws, joka ilmenee selkeinä kipinäinä ja katkaisuun käytettävään terään saattaa sulaa selkeitä vaurion jälkiä. Ennenkuin edes sulake tai johtimen vaurioituminen katkaisee virran. Kipinät aiheuttavat selkeän vaaratilanteen, jos ne pääsevät sytyttämään helposti syttyviä kaasuja, joita ajoneuvon moottoritilassa saattaa olla onnettomuustilanteessa. Suojattuna energia oli vain 0,53 Ws, eikä kipinoita päässyt syntymään. Myöskään katkaisuun käytetyssä terässä ei näy vaurioita.

Irrallaan oleva johdin-testillä, simuloidaan esim. moottoritilassa katkenneena olevan jännitteellisen johdon kosketusta maapotentiaaliin eli ajoneuvon runkoon. Testissä kuorittiin 3 cm eristettä pois johtimen kärjestä ja johtimella hipaistiin maadoitettua levyä. Myös tässä testissä häiriöenergia oli suojaamattomana 75 Ws, josta se väheni suojatun 6 Ws:iin.

Delphin kehittämä suojausjärjestelmä koostuu yksinkertaisista osista, eikä tuotantokustannuksiltaan muodostu suureksi rasitteeksi. /3/

## 5 STANDARDIT

Jotta ajoneuvovalmistajilla ja komponenttivalmistajilla olisi yhtenäiset pelisäännöt ja varmuus tuotteiden yhteensopivuudesta, tarvitaan standardeja, jotka asettavat tuotteelle tietyt vaatimukset.

42 voltin käyttöjännitteen käyttöön ajoneuvokäytössä on valmistunut vuonna 2005 standardi ISO 21848 /4/, joka kuvailee 42 voltin käyttöjännitteen aiheuttamia vaikutuksia elektronisiin järjestelmiin ja komponentteihin.

Lisäksi se määrittelee testausmenetelmät, testausten tulosvaatimukset ja testilaitteiston tarkkuuden. Nämä asiat on määritelty ja sovittu yhteistyössä ajoneuvovalmistajien ja komponenttivalmistajien kanssa.

Tämä kansainvälinen standardi ohjaa myös 42 voltin käyttöjännitteen käyttöä muiden käyttöjännitteiden kanssa, kuten 12 V ja 24 V.

Standardi on tilattavissa mm. ISO:n Internet-palvelun kautta.

## 6 TULEVAISUUS

Vaikka korotetun käyttöjännitteen tuomat edut ovat kiistattomia niin taloudellisesti, teknisesti kuin ympäristönkin kannalta ajateltuna, tuntuu aivan viime aikoina aihe olleen hieman "horroksessa". Vuosituhannen vaihteen tienoilla 42 voltin käyttöjännitettä testattiin ja tutkittiin näkyvämmiin ja suuri osa alan tutkimuksista onkin tuolta ajalta.

Ajoneuvovalmistajat ja komponenttivalmistajat tuntuisivat olevan teknisesti valmiita siirtymään käyttämään korkeampaa käyttöjännitettä mutta päänavausta tuskin nähdään ennen kuin erilaiset x-by-wire-sovellukset tulevat ajoneuvoihin. Siihen saakka tullaan vielä kohtalaisen hyvin toimeen nykyisillä jännitetasoilla.

Raskaan kaluston puolella tilanne on vielä astetta mutkikkaampi johtuen rakenteiden suuremmasta koosta, tehontarpeesta ja käytön kovuudesta. Myös alan tutkimus raskaan kaluston osalta on hyvin vähäistä henkilöautopuoleen verrattuna; toki osittain samat ongelmat koskevat molempia.

Ajoneuvoteollisuudella ei vielä tänä päivänäkään ole yhtenäistä näkemystä siitä, millä aikataululla korotettu käyttöjännite saadaan tuotua laajamittaisesti käyttöön ajoneuvoihin.

## 7 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä on tutkittu 42 V:n käyttöjännitettä raskaan kaluston käytössä. Tavoitteena oli luoda PKC-Group Oy:lle selvitys aiheen tämänhetkisestä tilanteesta, komponenteista, sovelluksista, kustannuksista ja standardeista.

Työn tekotapana oli kirjallisuusselvitys, joka osoittautui kohtuullisen haastavaksi, koska aiheesta ei ole juurikaan julkaistuja tutkimuksia. Suurin osa korotettua käyttöjännitettä koskevat julkaisut olivat henkilöauto puolen tutkimuksia, jotka osittain oli sovellettavissa myös raskaan kaluston puolelle.

Työhön olen saanut kootuksi laajahkon tietopaketin 42 voltin komponenteista sekä niiden suunnittelusta ja testauksesta. Suunnittelussa ja testauksessa tulee ottaa joitakin aivan uusia menetelmiä käyttöön esimerkiksi häiriösuojauksessa. Uusista sovelluksista löytyy myös informaatiota sekä pohdintaa tulevaisuuden mahdollisuuksista ja tarpeista. Työstä selviää, että ajoneuvoteollisuudelta menee todennäköisesti vielä vuosia ennen kuin korotettu käyttöjännite saadaan laajamittaisesti käyttöön vaikkakin teknisesti siirtyminen olisi mahdollista jo nyt.

Insinööriyö luo lukijalle ajankohtaisen käsityksen, mitä muutoksia siirtyminen korotettuun 42 V:n käyttöjännitteeseen tuo tullessaan niin komponenttien, kuin uusien sovellustenkin osalta.



**VIITELUETTELO**

- [1] Juhala, Matti – Suominen, Matti – Tammi, Kari, *Moottorialan Sähköoppi* Helsinki: Suomen Autoteknillinen Liitto. 2001.
  
- [2] Holt, Daniel J, *The 42 Volt Electrical System*. USA: SAE International PT-99. 2003
  
- [3] Naidu, Malankondiah – Schoepf, Thomas J. – Gopalakrishnan, Suresh, *Arc Fault Detection Schemes for an Automotive 42 V Wire Harness*. USA: SAE International. 2005
  
- [4] ISO nro 21848. Electrical and electronic equipment for a supply voltage of 42 V. International Organization for Standardization. 2005

