
**PIIRILEVYTEKNIIKAN SOVELTAMINEN
KALLIONPORAUSLAITTEEN
SÄHKÖJÄRJESTELMÄSSÄ**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski, 16.4.2010

Hanna Kontiainen



Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Valkeakoski

Työn nimi Piirilevytekniikan soveltaminen
 kallonporauslaitteen sähköjärjestelmässä

Tekijä Hanna Kontiainen

Ohjaava opettaja Kalevi Sundqvist

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

VALKEAKOSKI
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Automaatiosuunnittelu

Tekijä Hanna Kontiainen **Vuosi** 2010

Työn nimi Piirilevytekniikan soveltaminen
kallionporauslaitteen sähköjärjestelmässä

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää tilaajayritykselle mahdollisuutta, miten piirilevytekniikkaa voidaan soveltaa kallionporauslaitteen sähköjärjestelmässä. Työssä tutkittiin erityisesti piirilevytekniikan luotettavuutta, kustannustehokkuutta ja soveltuvuutta erilaisten varianttien valmistamiseen. Erityisen tärkeäksi koettiin myös piirilevytekniikan käytön soveltuvuus kaivosolosuhteissa ja liikkuvassa työkoneessa

Lähteinä työssä käytettiin kaivoslaitteen sähköjärjestelmän dokumentaatioita. Lisäksi haastateltiin piirilevyjen valmistajia ja tilaajayrityksen tuotekehityksen asiantuntijoita.

Lopputuloksena saatiin sähkösuunnittelijoille raportti, jossa vertaillaan erilaisia piirilevytekniikoita edellä mainituin tavoin. Työn tuloksia voidaan käyttää päätöksenteon tukena arvioitaessa piirilevytekniikan soveltamista kallionporauslaitteissa

Avainsanat Piirilevyt, Sähkösuunnittelu, kaivosteollisuus

Sivut 18 s.

Valkeakoski
Automation Technology
Automation designing

Author

Hanna Kontiainen

Year 2010

Subject of Bachelor's thesis

Solving printed circuit board technique in electricity system of rock drilling machine

ABSTRACT

A purpose of this thesis was to make a research document for Sandvik's electricity designers. A target for the thesis was to compare two different printed circuit board (PCB) technologies, and to find out whether it is possible to use PCBs in some part of the electrical system of rock-drilling machine. The main things that were considered were quality, budgets, spare-parts, reliability and options. Also, conditions in mine are quite difficult to handle for electronic systems.

The material used in this thesis was electricity circuit diagrams, photos, and interviews from Sandvik's electrical designers. Also, there has been lots of different kind of technical documents from the Internet.

After all the researching, the result for this thesis is that it is possible to use PCBs in electrical system of a rock-drilling machine. A PCB is more reliable than using the present connection system and it is also cheaper when initial costs are not recognized.

Keywords Printed circuit boards, Electricity design, Mining industry

Pages 18 p.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
1.1. Tavoitteet ja rajaukset	1
1.2. Työn tilaaja	2
2 PIIRILEVYTEKNIIKAT JA OMINAISUUDET	2
2.1. Piirilevyjen suunnittelussa huomioitavia asioita	3
2.1.1. Sähkömagneettinen yhteensopivuus	3
2.1.2. Staattinen sähköpurkaus	3
2.2. Piirilevyjen sähköiset ominaisuudet.....	3
2.3. Liitostekniikat.....	3
2.3.1. Juotostekniikka.....	4
2.3.2. Pintaliitostekniikka.....	4
2.3.3. Kiertoliitostekniikka, räppäys.....	4
2.3.4. Puristusliitos, PressFit, PressIn	5
2.4. Komponentit	6
2.4.1. Integroitu komponentti.....	6
2.4.2. Pintaliitoskomponentti	6
2.4.3. Komponenttien kytkentäkanta.....	6
3 KAKSIPUOMINEN KAIVOSJUMBO	7
4 KOHTEEKSI VALITTU SOVELLUS	8
4.1. Kriteereitä valittavalle sovelluskohteelle.....	8
4.2. Valittu sovelluskohde: CJB-kaappi.....	8
5 TULOSTEN VERTAILU	9
5.1. Luotettavuus	9
5.1.1. Nykyinen kytkentätapa	10
5.1.2. Piirilevyt.....	10
5.2. Optioiden hallinta	11
5.2.1. Nykyinen kytkentätapa	11
5.2.2. Piirilevyt.....	11
5.2.3. Piirilevyistä vaihtoehto 1, Double-PCB.....	11
5.2.4. Piirilevyistä vaihtoehto 2, PCB-DIN	12
5.2.5. Piirilevyistä vaihtoehto 3, Special PCB	12
5.2.6. Piirilevyistä vaihtoehto, Reproduce PCB	12
5.3. Tilan käyttö.....	13
5.4. Vian hallinta.....	13
5.4.1. Nykyinen kytkentätapa	14
5.4.2. Piirilevytekniikka	14
5.5. Soveltuvuus kaivosolosuhteisiin	14
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET	15
6.1. Johtopäätökset nykyisen kytkentätavan ja piirilevyn vertailussa	15

6.1.1. Tilan käytön vertailu	15
6.1.2. Optioiden vertailu.....	15
6.2. Piirilevytekniikan käyttäminen tulevaisuudessa sovelluskohteessa.....	16
6.2.1. Dokumentointi piirikaavioihin	16
7 YHTEENVETO	17
LÄHTEET	18

Opinnäytetyö sisältää luottamuksellista aineistoa, joita ei julkaista julkisessa versiossa. Julkisesta versiosta puuttuu täten osia tekstistä ja kaikki liitteet.

1. JOHDANTO

Työn aiheena on tarkastella erilaisia piirilevytekniikoita ja etsiä sopiva tekniikka, jota voitaisiin soveltaa kokonaan tai joiltakin osin kallionporauslaitteen sähköjärjestelmässä. Tekstissä mainitaan usein sana optio, se tulee englanninkielisestä sanasta option ja tarkoittaa vaihtoehtoa tai lisävarustetta. Koska tämä raportti on tarkoitettu käytettäväksi Sandvikin suunnittelijoille, niin työssä käytetään optio-sanaa lisävaruste-sanan sijasta.

Työn teettäjän, Sandvikin kaivoslaitteissa on piirilevysovelluksia käytössä sulautetuissa ohjauselektronikassa ja käyttöliittymäpaneelissa mutta tämän työn kohteena on joku suurehko relelogiikkaa sisältävä kytkentäkaappi. Työn tarkoitus on löytää soveltuva tekniikka, kuinka muuten on mahdollista toteuttaa kyseinen sovelluskohde paremmin kuin yksittäisjohdinkaapelointuna. Soveltuvuutta arvioidaan ja vertaillaan eri kriteerien kautta. Nämä kohdat on mainittu seuraavassa luvussa 1.1 tavoitteet ja rajaukset.

Perinteisessä sähkökeskustaapissa irralliset komponentit asennetaan yleensä suoraan asennuslevylle tai DIN- kiskolle. Asentaja tekee johdotuksen komponenttien välille piirikaavion ja johdotuslistan mukaisesti. Tällöin erilaisten optioiden hallinta on helppoa ja johdotusta voidaan muuttaa tarpeiden mukaan.

Piirilevytekniikassa muutosten tekeminen on vaikeampaa kuin nykyisellä kytkentäteknikalla. Kohteeksi valitaan sähkö- tai kytkentäkaappi sen mukaisesti, jossa on mahdollisimman vähän erilaisia optioita. Tällöin peruspiirilevyn suunnitteleminen on mahdollisimman yksinkertaista. Optioiden hallinta täytyy myös ottaa huomioon. Erilaiset optiot määräytyvät asiakkaan tilauksen ja maakohtaisten standardien mukaisesti.

1.1. Tavoitteet ja rajaukset

Tavoitteena on tutkia, voidaanko jokin kaksipuomisen kallionporauslaitteen sähköjärjestelmän osa valmistaa jollakin muulla tekniikalla kuin nykyisellä kytkentätavalla. Tutkimukseen kuuluu selvittää myös kyseisen kokoonpanon optiot ja muunneltavuus tulevaisuudessa. Soveltuvuudessa arvioidaan eri tekniikoiden

- optioiden hallintaa
- kustannustarkastelua
- laatutarkastelua
- varaosahallintaa
- luotettavuutta
- soveltuvuutta kaivosteollisuuden vaatimuksiin.

Rajaus työlle asetetaan sopivan kohteen löydyttyä alkuselvitysten jälkeen. Perusteina rajaukselle ovat aikaraja ja mikä tuntuisi järkevältä rajaukselta kyseisessä kohteessa.

Kohteeksi valitaan alkuselvitysten jälkeen Carrier Junction Box (CJB) kytkentäkaappi. Rajaukseksi asetetaan CJB-kaapin sisältö, eli ulkoisiin kytkentöihin tai johdinsarjoihin ei suunnitella muutoksia tai oteta muuten kantaa.

1.2. Työn tilaaja

Sandvik on ruotsalainen yritys, jolla on maailmanlaajuisesti 44 000 työntekijää 130 maassa. Liikevaihto on noin 72 biljoonaa SEK. Sandvikin tytäryhtiöt suunnittelevat ja valmistavat esimerkiksi erikoismetallituotteita, työkaluja, työkoneita ja kaivosteollisuuteen laitteita ja koneita.

Sandvik Mining and Construction Oy (SMC) suunnittelee ja valmistaa kaivoslaitteita. Kaivoslaitteita ovat esimerkiksi murskaimet, porauslaitteet, tuotantolaitteet ja lastauskoneet.

Suomessa Sandvikilla on tehtaat Lahdessa, Turussa, Vantaalla ja Tampereella. Tampereen tehtaalla suunnitellaan ja valmistetaan kaivoslaitteita maan päälle (Surface, SF) ja maan alle (Underground, UG). Tehtaalla on noin 800 työntekijää. (Sandvik.com. 2010).

2 PIIRILEVYTEKNIIKAT JA OMINAISUUDET

Piirilevy on rakennusalaista elektroniikan ja sähkötekniikan komponenteille. Tekniikkaa on kehitetty ja käytetty 1940-luvun loppupuolelta asti. Piirilevy on yleisesti 1,6 mm:n paksuinen lasikuituvahvisteista epoksimuovilevyä, jonka pinnalla on kuparifolionauhat virran kulkua varten. Kuparifolio on yleisesti 35 µm:n paksuinen, mutta isommille virtamäärille kuparifolio on leveyttä ja paksuutta suurennetaan. (Volotinen 1997, 91)

Piirilevyn suunnittelu on haasteellista komponenttien sijoittelun ja virtamäärien takia. Kun piirilevy on huolellisesti suunniteltu, on se luotettava ja samaa suunnitelmaa voi käyttää loputtomiin kyseisessä laitemallissa. Kun laitteeseen halutaan tehdä muutoksia tai lisäyksiä, täytyy piirilevykin suunnitella uudestaan. Vaikka kyseessä olisi vain yhden komponentin lisäys, voi se vaatia koko piirilevyn uudelleensuunnittelun.

Yksinkertaisimmillaan piirilevy on yksipuolinen, jolloin siinä kuparifolio kulkee vain toisella puolella levyä. Kytkentöjen määrän kasvaessa voidaan suunnitella monikerrospiirilevyjä, jossa on fyysisesti nimen mukaisesti useampi piirilevykerros, ja kerroksien välissä kulkee kuparifoliot kytkentäsuunnittelun mukaisesti.

2.1. Piirilevyjen suunnittelussa huomioitavia asioita

Piirilevyn jännitteen- ja virrankesto-ominaisuudet riippuvat sen rakenteesta ja liitostekniikasta. Samoin kuin perinteisessä kaapeloinnissa johtimien poikkipinta-alaa suurennetaan virran ja jännitteen kasvaessa, on mahdollista kasvattaa piirilevyn kuparifolion paksuutta ja leveyttä.

2.1.1. Sähkömagneettinen yhteensopivuus

Sähköisiltä laitteilta edellytetään moitteetonta ja luotettavaa toimintaa laitteen luonnollisessa toimintaympäristössä. Se ei myöskään saa aiheuttaa sähkömagneettisia häiriötä lähellä toimiville elektronisille laitteille. Tämän takaa samaan käyttöympäristöön tarkoitettujen laitteiden yhteensopivuus EMC (Electromagnetic compatibility) . (TUKES EMC, 2009)

Euroopan Unionin asettama uusi direktiivi 2004/108/EY sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle on annettu 15.12.2004.

Suomen eduskunta on antanut lain sähköturvallisuuslain muuttamisesta 21.12.2007. Luvusta 5a 24f § eteenpäin on asiaa sähkölaitteiden ja – laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. (Finlex.fi.2010)

2.1.2. Staattinen sähköpurkaus

Elektroniikkalaitteille vakavin vaaratekijä niiden valmistuksessa ja käsittelyssä on staattinen sähköpurkaus (ESD, Electrostatic Discharge). Staattinen sähköpurkaus voi rikkoa välittömästi komponentin suurella jännitepiikillä, tai seurauksena voi olla piilevä vika, joka ilmenee myöhemmin. Varotoimenpiteinä ESD-purkausten torjumiseksi on laitteiston huolellinen suunnittelu, henkilöstön koulutus, ja asennustehtävissä käytettävä maadoitusranneke. (Alajoki & Smolander, 2001)

2.2. Piirilevyjen sähköiset ominaisuudet

Piirilevyn jännitteen- ja virrankesto-ominaisuudet riippuvat sen rakenteesta ja liitostekniikasta. Samoin kuin perinteisessä kaapeloinnissa johtimien poikkipinta-alaa suurennetaan virran ja jännitteen kasvaessa, on mahdollista kasvattaa piirilevyn kuparifolion paksuutta ja leveyttä.

2.3. Liitostekniikat

Komponentit voidaan liittää piirilevyille eri tavoilla: liitinliitoksella, juotamalla, puristusliitoksella ja kiertoliitoksella. (Volotinen 1997, 47)

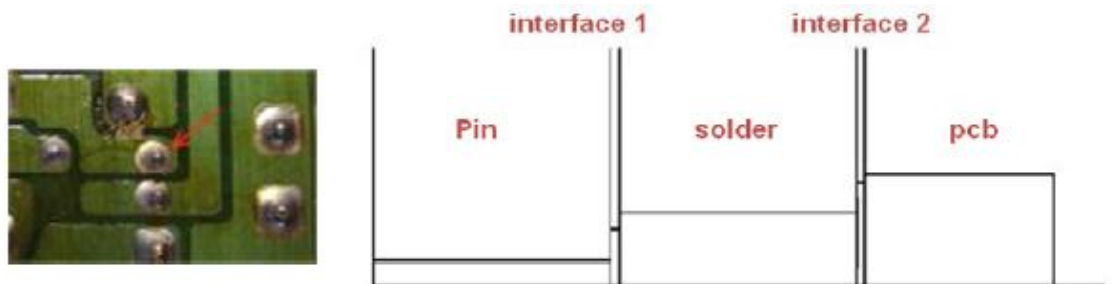
Liitostekniikka valitaan aina käyttökohteen mukaisesti. Eri liitostekniikoilla on omat hyvät ja huonot ominaisuudet.

2.3.1. Juotostekniikka

Juotosliitos on yleisin elektroniikkateollisuudessa käytetty liitostekniikka. Juottamisessa eli ”tinaamisessa” liitokseen sulatetaan juotostinaa. Nykyaikana suuret sarjat tehdään tinausroboteilla, mutta käsin tehdyssä juotoksessa käytetään juotinta. (Volotinen 1997, 48)

Tinan sulamiseen liitoksessa tarvitaan riittävän suuri lämpötila. Juottaessa tinalangan pää sekä juottimen kärki tuodaan lähelle liitosta, mutta komponentin kanta, tinalanka tai juottimen kärki eivät saa koskettaa toisiaan. Tinalanka sulaa kun kohde on saavuttanut riittävän lämpötilan. Juottimen kärkeä ei saa heti ottaa pois liitoskohdasta, ettei synny kylmäliitosta. Tinan jäähtymistä ei saa nopeuttaa esimerkiksi puhaltamalla siihen. (Volotinen 1997, 50)

Rajapintoja juotostekniikassa tulee kaksi kuvan 1 mukaisesti. Komponentin nasta on kiinni juotostinassa, juotostina on kiinni nastassa ja juotostina on kiinni piirilevyn kuparifoliossa. Yleisesti kytkentöjen tai liitosten rajapinnoissa tapahtuu aina pieni jännitelasku. Rajapinta vaikuttaa myös kytkennän luotettavuuteen virhemahdollisuuden vuoksi.



KUVA 1 *Rajapinnat komponentin nastan ja piirilevyn välillä juotostekniikassa. (Wittig, K. 2008)*

2.3.2. Pintaliitostekniikka

Tässä tekniikassa piirilevyllä olevat komponentit ja kuparifolionauhat ovat samalla puolella levyä. Komponentit liitetään kuparifolioon kiinni myös juottamalla. Komponentin nastoille ei ole erillisiä reikiä. Koneladonnassa komponentit kiinnitetään levyllä liimatipoilla ennen koneellista juottamista.

2.3.3. Kiertoliitostekniikka, räppäys

Kiertoliitostekniikka on joskus nopeampi ja luotettavampi liitostekniikka kuin esimerkiksi juotostekniikka. Se on helppo ja nopea tehdä ja se on luotettava. Sen luotettavuus perustuu tietyn metallin muodonmuutoksen py-

syvyyteen. Liitoksessa liitostapin kulmat ja lanka yhdessä muovautuvat yhtenäiseksi massaksi, joka estää liitospintojen korroosion ja oksidoitumisen.

Tätä tekniikkaa ei sellaisenaan käytetä piirilevyllä, vaan lähinnä sillä yhdistetään kehikkoon asennettuja pistoyksiköitä toisiinsa. (Volotinen 1997, 52)

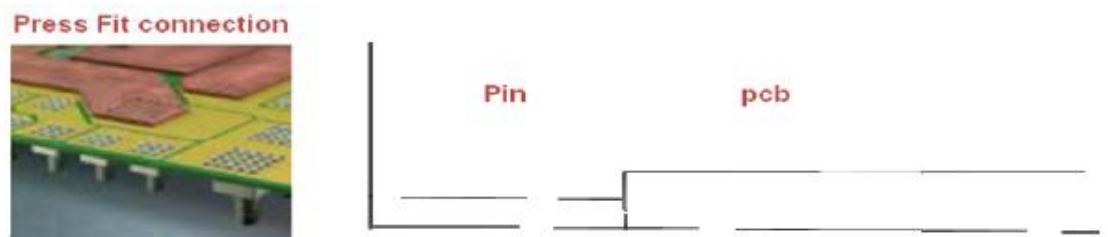
2.3.4. Puristusliitos, PressFit, PressIn

Juottamattomat liitokset ovat standardoitu IEC-standardissa 60352-5. Puristusliitostekniikka tunnetaan paremmin nimellä press-fit tai press-in. Tässä komponenttien nastat ovat muodoltaan joko vinoneliöitä (salmiakki) tai neulan silmän (ontto sisältä) muotoisia. Piirilevyssä reiän kohdalla kuparifolio jatkuu reiän sisäpinnalle kuvan 2 mukaisesti. Kun komponentti painetaan paikoilleen koneellisesti, pureutuu komponentin pinnien kulmat tiiviisti kuparifoliota vasten. Komponenttia ei pysty käsivoimin painamaan paikoilleen, vaan se vaatii lähes sadan Newtonin puristusvoiman.



KUVA 2 Vasemmalla neulansilmän muotoinen pinni ja keskellä on kuvattu vinoneliön muotoisen PressFit-pinnin kontaktipinta kupariin piirilevyn reiässä. Oikealla on mikroskooppinen kuva pinnin kontaktista reiässä. (www.JimTrade.com. 2010; www.we-online.com.2010; Wittig, K. 2008.)

Puristusliitoksessa jää yksi rajapinta liitoksesta pois verrattuna juotostekniikkaan. Kuvassa 3 on eritelty rajapinnat. Tässä tekniikassa komponentin nasta on suoraan kiinni piirilevyn kuparifoliossa. Tämä parantaa liitoksen luotettavuutta, vähentää jännitehäviötä ja sillä on parempi värinänkesto. Liitos on kaasutiivis, eli kuvassa 2 oikeanpuoleisesta mallista näkee, kuinka pinnin kulmat ovat tiukasti pureutuneet kiinni kupariin piirilevyn reiässä.



KUVA 3 Rajapinta komponentin ja piirilevyn kuparin välillä. (Wittig, K. 2008)

Suomalaisilla valmistajilla on jonkin verran puristusliitostekniikkaa käytössä, mutta lähinnä vain D-liittimien valmistuksessa. Näissäkin virrankesko on yhden ampeerin luokkaa.

2.4. Komponentit

Seuraavissa luvuissa esitellään yleisimpiä piirilevytekniikassa käytettäviä komponenttityyppejä ja liittimiä.

2.4.1. Integroitu komponentti

Integroitu komponentti on toiselta nimeltä puolijohdesiru. Tähän komponenttiin on integroitu yleensä erilaisia aktiivisia ja passiivisia komponentteja. Näitä ovat esimerkiksi transistori ja vastus. Komponentissa on liitännät syöttöjännitteelle sekä tulo- ja lähtösignaalille. Se on koteloitu eristävään suojakoteloon. (www.tekniikka.info. 2010)

2.4.2. Pintaliitoskomponentti

Pintaliitoskomponentit juotetaan piirilevyille, jossa ei ole komponentin nastoille reikiä, vaan komponentin nastat juotetaan pinnassa olevaan kuparifolioon kiinni. Tämän komponentin nastat ovat erimalliset kuin perinteisen elektroniikkakomponentin nastat. Kuvassa 4 on pintaliitoskomponentti. Sen jalat ovat vaakatasossa komponentin kanssa, jotta se soveltuu juotettavaksi levyille.



KUVA 4 *Philips NE5532D pintaliitoskomponentti (digkey.com. 2010)*

2.4.3. Komponenttien kytkentäkanta

Riippuen piirilevytyypistä ja käytettävistä komponenteista, voidaan komponentit asentaa erilliseen kantaan piirilevyille. Komponentin kanta on eräänlainen liitin, joka juotetaan tai painetaan piirilevyyn kiinni. Tällöin itse komponenttia ei juoteta piirilevyyn kiinni. Näin komponentin vioituessa se on helposti vaihdettavissa uuteen.

Toisaalta esimerkiksi relekanta antaa hieman joustavuutta piirilevyn toimintaan. Samaan kantaan voidaan asentaa eri toiminnoilla varustettuja re-

leitä. Relelyyppistä riippuen, releen pysyvyys kannassa voidaan varmistaa metallipannalla.



KUVA 5 *JW1-PS reletankka (digkey.com)*

3 KAKSIUOMINEN KAIVOSJUMBO

Tässä luvussa esitellään työn teettäjän valitsema kohde selvitystyölle. Työn tarkoitus on kaksipuomisen kaivosjumbon sähköjärjestelmän tutkiminen. Laitteen malli on DD420-60C. Saman kokoluokan laite on mahdollista saada myös yksi- tai kolmipuomisena. Kuvassa 6 on kaksipuominen kaivosjumbo.

Laitteen dieselmoottorin malli on MB OM904LA, tehoja on 110kW. Laite painaa 23 t. Tunnelin seinämän peittoalue, joka voidaan yhdellä kertaa porata, on jopa 60 m². Yhden porattavan reiän paksuus on 43-64 mm. Poranterä ylittää yhdellä porauksella noin viiden metrin syvyyteen.

Hytin ergonomiaan on kiinnitetty suurta huomiota, jotta poraajalla on hyvät työskentelyolosuhteet. (miningandconstruction.com. 2010)



KUVA 6 *Kaksipuominen kaivosjumbo (www.sandvik.com.2010)*

4 KOHTEEKSI VALITTU SOVELLUS

Työn tavoitteissa määriteltiin kohdelaitteeksi hydrauliohjattu kaksipuominen tunnelinporauslaite. Tästä laitteesta on juuri valmistunut vuonna 2009 ns. upgrade-malli. Tämän laitteen sähköjärjestelmistä tutkittiin ajosähköjärjestelmää. Ajosähköjärjestelmään kuuluu ohjauspaneeli, akkusähköpiiri ja CJB (Carrier Junction Box).

4.1. Kriteereitä valittavalle sovelluskohteelle

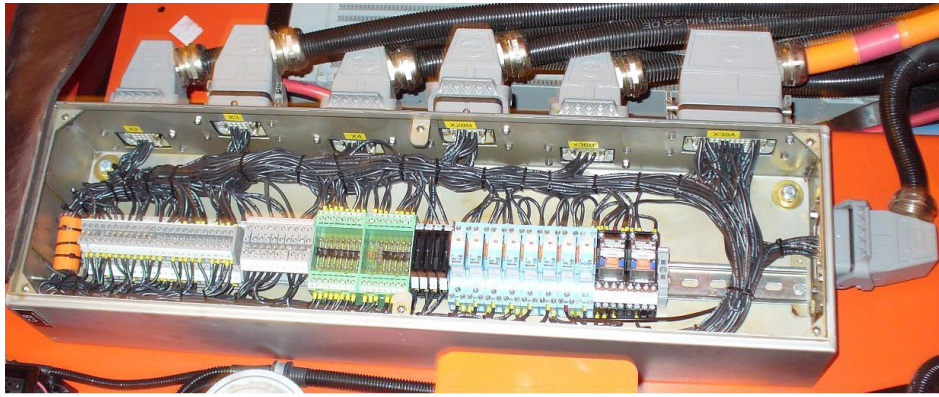
Aloituspalaverissa oli ajatuksena, että sovellettavaksi valitussa kohteessa on suhteellisen hyvä määrä komponentteja ja johdotusta. Virta- ja jännitearvot olisivat ihanteellisia piirilevyratkaisua ajatellen, niin ettei suunnittelussa tarvitse huomioida esimerkiksi niin erikoista ratkaisua, että se tarvitsisi lisäselvityksiä. Myös kohteen käyttö muissa laitteissa helpottaisi sen soveltamista useammassa laitteissa.

Työn tilaajan kriteerit ja tavoitteet työlle on, että ratkaisua valitusta kohteesta voitaisiin soveltaa laajemmin Sandvikin tunnelilaitteiden eri sähköjärjestelmissä ja niiden osissa.

4.2. Valittu sovelluskohde: CJB-kaappi

Perusteina CJB-kaapin (Carrier Junction Box) valintaan on sen koko, komponenttien määrä ja sopivat virta- ja jännitearvot. Kaapin koko on 700x200x120mm. Komponentit, eli riviliittimet, releet, diodit, vastukset ja sulakkeet on kiinnitettynä DIN-kiskoon kaapin pohjalle. Ne on yksittäisjohdin kaapeloitu piirikaavion mukaisesti. Johdotuksia tulee kaapin kyljestä moninapaliittimiltä komponenteille, komponenteilta toiselle komponentille tai kaapin kyljestä liittimeltä toiselle liittimelle. Moninapaliittiminä tässä on käytetty Harting DD 24 tai 72-napaisia liittimiä. Käytetty johdin on AWG16-tyyppinen, monisäikeinen johdin. Liitoskohdissa johtimen kuorittuun päähän täytyy puristaa sopivan kokoinen johdinholkki luotettavan liitoksen aikaansaamiseksi. Ilman johdinholkkia ruuviliitoksen alla olevat säikeet voivat hajota, eikä liitoksesta tule luotettava.

CJB-kaapissa on dieselmoottorin ohjaukseen ja pora-alustan liikuttamiseen liittyviä kytkentöjä. Kuvassa 7 on CJB-kaappi kalustettuna, johdotettuna ja kiinnitettynä kallionporauslaitteeseen.



KUVA 7 CJB kytkentäkaappi nykyisellä kytkentätavalla

Komponentit vievät tilaa kiskolta riippuen optiopaketeista 50- 65cm. Riviliittimet vievät ison tilavarauksen kiskolta. Tällöin oletetusti piirilevytekniikalla toteutettu CJB-kaapin sisältö mahtuisi pienempään tilaan, koska riviliittimet poistuvat kokoonpanosta. Myös elektroniikan käyttämät niin kutsutut autoreleet ovat pienempiä kuin nykyisin käytössä olevat releet. CJB-kaapin kytkentöjen käyttämä jännite on 24VDC ja pääsulake kytkentöille on 10A.

CJB-kaappi on käytössä kaikissa maanalaisten kaivoslaitteiden ajosähköjärjestelmissä.

Rajaukseksi asetetaan CJB- kaapin sisältö, eli kytkennät ja käytetyt komponentit. Ulkoisiin kytkentöihin tai johdinsarjoihin ei suunnitella muutoksia. Jos työn aikana tulee ilmi sellaisia muutosehdotuksia että niitä voisi hyödyntää tulevaisuuden projekteissa, ne kirjoitetaan kehitysehdotuksiin.

5 TULOSTEN VERTAILU

Kappaleessa vertaillaan nykyistä asennustekniikkaa ja piirilevytekniikoista juotostekniikkaa sekä puristusliitostekniikkaa keskenään. Arviointikriteereinä työn tavoitteiden mukaisesti on luotettavuus, suunnittelu, tilan tarve, optioiden hallinta, asennusviat ja vianhallinta sekä tekniikoiden testaustavat.

Näillä vertauksilla saadaan selville, onko jompikumpi piirilevyliitostekniikoista parempi käytössä kuin nykyisin käytössä oleva yksittäisjohdottaminen komponenttien välillä edellä mainittujen kriteereiden mukaisesti.

5.1. Luotettavuus

Koneiden ja laitteiden sähköturvallisuus on tärkeä asia. Koneet ja laitteet täytyy olla turvallisia. Tällöin on tärkeää että kaikki sähköiset toiminnot on turvallisia ja ne toimivat luotettavasti. Luotettavuuteen kaikissa tekniikoissa vaikuttaa esimerkiksi laitteiston huolellinen suunnittelu, oikein mitoitettut komponentit, asennustyön huolellisuus ja lopputestaus. Laitteisto

pitää olla helposti asennettavissa, ettei asennustyössä pääse tapahtumaan virheitä. Suunnittelussa täytyy huomioida myös laitteiston huollettavuus. Laitteistoon on siis helppo päästä tekemään esimerkiksi tarkistusmittauksia tai tekemään muutoksia.

5.1.1. Nykyinen kytkentätapa

Suunnittelun ja oikeiden komponenttien valinnan lisäksi tämän tekniikan kytkentöjen luotettavuuteen vaikuttavat huolellisesti tehdyt johdinliitokset. Sandvik käyttää monisäikeistä AWG 16 kytkentäjohdintyyppiä laitekaappien sisäisissä kytkennöissä. Johdinten päihin puristetaan johdinholkit. Mahdollisesti luotettavuutta heikentävä asia on kytkentätapa. Kytkennät tekee asentaja ja jokainen liitospaikka on mahdollinen vikakohta. Tällainen voi olla mahdollisesti:

- Löysä liitoskohta, ruuvi on löysällä. Koneen tärinän johdosta voi ruuviliitos löystyä niin paljon, että johdin irtoaa.
- Johtimen säikeet eivät ole riittävän pitkällä johdinholkissa, myöhemmin tärinän aiheuttamana säikeet irtoavat holkista.

Nämä virhekohdat eivät välttämättä vielä näy loppu testausilanteessa.

Lopputestaus tehdään alihankkijalla laitteistolle kehitetyllä testauslaitteistolla. Nykyinen kytkentätapa on osa laitteen ajosähköjärjestelmää, jolloin kytkennät testataan koko järjestelmän osalta yhdellä kertaa. CJB-kaappiin kytketään kiinni testausilanteessa ohjauspaneeli sekä johdinsarjojen päihin tietyt anturit tai vastukset.

Lopputestauksessa ilmenevät viat voivat olla esimerkiksi mittauksissa ilmenevät väärin tehdyt kytkennät, sekä silmämääräisesti havaitut vialliset tai väärät komponentit.

5.1.2. Piirilevyt

Piirilevy on luotettava silloin kun se on oikein suunniteltu, valmistus on ollut ammattitaitoista ja se on testattu määräysten mukaisesti. Suunnittelu- vaiheessa täytyy ottaa huomioon asennuspaikan olosuhteet, asettaako ne piirilevylle erityisiä vaatimuksia ominaisuuksiin.

Piirilevyn toiminta on mahdollista testata jo suunnitteluohjelmalla, ovatko kaikki kytkennät oikein ja toimiiko erilaiset toiminnot oikein.

Piirilevyt valmistetaan nykyisin koneellisesti. Kone asettelee komponentit levyille ja tekee liitokset. Lopuksi testausrobotti tarkistaa eri kytkentäpisteet virheiden varalta. Käsini juottaessa vaarana ovat aina kylmäjuotokset tai tinasillat eri virtapiirien välillä. Näitä ei aina paljain silmin huomaa, vaan juotoksia pitää tutkia suurennuslasin avulla hyvässä valaistuksessa.

Silmämääräisesti ilman mittauksia piirilevyn toimintaa voidaan havainnollistaa erilaisilla indikaattoreilla. Suunnitteluvaiheessa esimerkiksi piirilevyn kriittisimpiin kohtiin suunnitellaan kytkettäväksi merkkivalot (esimerkiksi LED-valo), jolloin laitteen käyttäjä voi todeta piirilevyn olevan kunnossa.

5.2. Optioiden hallinta

Erilaiset standardit, maakohtaiset vaatimukset tai asiakkaan toiveet koneen toiminnoista määräävät laitteen tietyn kohteen osakokoonpanon. Tällöin täytyy miettiä vaihtoehtoja suunnittelun aikana erilaisten komponenttien tai kytkentäpisteiden lisäämiseen suunnittelun aikana tai varata kytkentöille paikat myöhempää lisäystä varten.

5.2.1. Nykyinen kytkentätapa

Nykyisin komponentit ovat kytkentäkaapin pohjaan kiinnitetyssä DIN-kiskossa kiinni. Komponentit on johdotettu yksittäisjohtimilla piirikaavion mukaisesti. Lisäysten tekeminen suunnitelmien mukaisesti laitteistoon on yksinkertaista: komponentti kiinnitetään kiskoon ja lisätään tarvittavat kytkennät. Samoin komponentin poistaminen kytkentöineen onnistuu helposti. Jo suunnitteluvaiheessa voidaan lisätä piirikaavioon mahdolliset ns. optiopaketit. Asentaja näkee asennusvaiheessa rakennekuvista, millainen laitteiston loppukokoonpano on.

Myöhemmin tehtävät komponenttien lisäykset ja poistamiset ovat yksinkertaisia toteuttaa. Muutoksien jälkeen on suoritettava tarvittavat mittaukset kytkennälle, että se on turvallinen käyttää.

5.2.2. Piirilevyt

Piirilevyillä optioiden hallinta on haastavampaa verrattuna nykyiseen asennustapaan. Suunnitteluvaiheessa täytyy ottaa huomioon valitun vaihtoehdon asettamat edut ja haasteet optioiden hallinnassa. Seuraavassa on esitelty neljä vaihtoehtoa, kuinka optioiden hallinta voidaan ratkaista. Myös mahdolliset myöhemmin tehtävät lisäykset täytyy ottaa huomioon. Seuraavissa kappaleissa on myös arvioitu kyseisen vaihtoehdon hyvät ja huonot puolet.

5.2.3. Piirilevyistä vaihtoehto 1, Double-PCB

Suunnitellaan mahdollisimman yksinkertainen piirilevymalli, joka sopii ihanteellisimmassa tilanteessa jokaiseen maanalaisen kaivoslaitteen alustasähköjärjestelmään. Tähän piirilevyyn suunnitellaan kytkentäpisteitä piirikaavion mukaisesti, mihin kohtaan tulisi mahdollisesti ladontavaiheessa

tai tulevaisuudessa optiokomponentti. Kahden kytkentäpisteen väliin kytketään kytkentälanka, ns. hyppylanka optiokomponentin tilalle, jos kyseistä komponenttia ei oteta käyttöön.

Vastaavanlainen vaihtoehto on suunnitella kytkentäpisteisiin suoraan kokonainen uusi piirilevy. Tässä piirilevyssä on esimerkiksi kaikki maakohdattaiset optiot.

5.2.4. Piirilevyistä vaihtoehto 2, PCB-DIN

Tämä on samankaltainen vaihtoehto kuin vaihtoehto yksi, mutta optioiden lisäksi toteutetaan asentamalla eri optiokomponentit DIN- kiskolle. Piirilevyyn suunnitellaan liitinpaikat kytkettäville optiokomponenteille. Kun tilan CJB-kaapissa oletetaan lisääntyvän piirilevysovelluksen myötä, jää kaappiin ylimääräistä tilaa lisäyksille. Tällöin piirilevyn viereen asennetaan varauksille DIN-kisko. Tässä ratkaisussa on myös mahdollista tehdä lisäyksiä myöhemmin, ilman että niitä olisi suunniteltu alkuperäiseenkin piirikaavioon.

5.2.5. Piirilevyistä vaihtoehto 3, Special PCB

Suunnitellaan jokaiselle kaivoslaitemallille oma piirilevy maakohtaisten vaatimusten mukaisesti. Tällöin erilaisia piirilevymalleja tulee useita, noin 12- 16 kappaletta. Piirilevyt täytyy kuitenkin suunnitella aina uudestaan, jos laitteeseen tulee esimerkiksi vuosipäivityksen jälkeen uusia ominaisuuksia. Tämä vaihtoehto on näistä kolmesta kallein toteuttaa ja vaikein hallita päivitysten osalta. Myöhemmin esitelty tarjouspyyntö on tehty tämänkaltaisen ratkaisun pohjalta.

5.2.6. Piirilevyistä vaihtoehto, Reproduce PCB

Suunnitellaan yksi piirilevy, joka on rajattu eri osiin. Tässä samassa levyssä on kaikki sellaiset peruskomponentit, jotka on suunniteltu kaikkiin alustamalleihin. Lisäksi piirilevyllä on suunniteltu eri kohtiin erilaisia optiopaketteja. Nämä kohdat piirilevyllä tulevat käyttöön laitetyypin mukaisesti, mitä optioita on vaadittu ja asiakas on tilannut. Kytkentävaiheessa ladotaan piirilevyllä tarvittavat peruskomponentit ja kyseisen optiopaketin vaatimat komponentit. Käyttämättömät optiopakettikohdat piirilevyllä jäävät tyhjäksi ja kytkemättä. Mahdollisia myöhemmin tehtäviä lisäyksiä varten levyllä suunnitellaan erityyppisiä kytkentäpaikkoja relekannoille.

Relepohjiin voidaan tehdä itse kytkemällä erilaisia kytkentöjä, lisätä kantaa esimerkiksi vastuksia, diodeja tai kytkentälankoja, ns. hyppylankoja.

5.3. Tilan käyttö

Nykyisin CJB-kaapin koko on 700x 200x 120mm. Kaikki komponentit ovat kiinnitettynä DIN-kiskoon. Jos kyseessä on kolmipuominen kaivosjumbo, sen peruskomponentit ja optiopaketit vievät kokonaisuudessaan kaiken tilan DIN-kiskolta.

Kaapin kokoon vaikuttaa tällä hetkellä myös sen sijoittelu laitteen rungossa; se on ahtaaseen väliin asennettuna ja moninapaiset Harting DD- liittimet vie ison osan tilasta kaapin toisessa kyljessä .

Piirilevyllä ei ole sisäistä johdotusta eikä riviliittimiä. Tällöin piirilevy-suunnittelun jälkeen oletetusti tilan tarve kaapin sisällä puolittuisi.

Tässä tapauksessa olisi mahdollista pienentää huomattavasti kaapin ulkomittoja, tai sen sisälle voidaan asentaa joku toinen kytkentäsovellus.

5.4. Vian hallinta

Laitteen vikaantuminen voi aiheutua monesta syystä. Vika voi aiheutua esimerkiksi laitteen väärästä käyttötavasta tai että laitetta käytetään väärissä olosuhteissa. Laitteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon ne olosuhteet, jossa laitetta käytetään. Kaikkien osien, komponenttien ja kaapeleiden täytyy olla hyväksytyjä käytettäväksi tietyissä olosuhteissa.

Vian aiheuttajia laitteistolle voi olla:

- väärä lämpötila
- tärinä
- korroosio
- kosteus
- vesi
- väärät komponentit
- ulkopuoliset viat
- inhimilliset virheet.

Vian hallinnan suunnittelussa otetaan huomioon edelliset kokemukset laitteistossa ilmenneistä vioista. Tuotekehittelyssä ja sähkösuunnittelussa selvitetään, miten mahdolliset virheet ja vikatapaukset voidaan estää seuraavissa laitemalleissa.

Yleensä laitteen vikaantuminen havaitaan, kun joku laitteen osa tai joku toiminto ei toimi kunnolla tai ei toimi ollenkaan. Tällöin vian etsiminen ja paikantaminen pitää olla helppoa laitteen käyttäjälle tai mahdollisesti muulle henkilölle. Laitteen koulutuksen ohessa on hyvä käydä läpi, missä esimerkiksi ajovalojen toimintaa ohjaavat releet sijaitsevat. Laitteiden manuaaleissa on vianhakuohjeet eri toiminnoille, miten toimia jos vika ilmenee.

Kun vika tai häiriö ilmenee, täytyy vikakohta paikantaa mahdollisimman pian ja tarkasti. Varaosien puuttuessa täytyy laite saada kuitenkin toimintaan mahdollisimman pian, ettei tuotannossa tapahdu pitkää katkosta.

Mahdollista varaosaa voi etsiä käyttöön tilapäisesti toisesta laitemallista tai toiminnasta riippuen voiko kytkennän ohittaa kytkentälangalla hetkellisesti, ennen kuin saadaan oikea varaosa laitteeseen.

5.4.1. Nykyinen kytkentätapa

Nykyisin käytössä olevasta kytkentäteknikasta on kohtuullisen helppoa etsiä vikoja. Silmämääräisesti voidaan katsoa kytkentäkaapista, onko kaikki johtimet kiinni, näyttääkö joku komponentti mustuneen, eli se olisi vioittunut tai onko sulake lauennut liian suuren virtapiikin seurauksena.

Myös mittausten suorittaminen on helppoa; mittarin mittapäillä voidaan mitata kytkentäpisteistä jännitearvoja. Virta-arvojen mittausta varten virtamittari täytyy kytkeä osaksi virtapiiriä tai vaihtoehtoisesti kytkennästä voidaan mitata virta-arvo pihtimittarilla. Johtimia on myös helppo irrottaa mittausten ajaksi. Jos johdin on vaurioitunut tai komponentti on vioittunut, on ne helposti vaihdettavissa uusiin.

5.4.2. Piirilevytekniikka

Vian etsiminen piirilevyltä voi olla hankalaa. Syy voi olla esimerkiksi vikaantunut komponentti, kuparifolio on vaurioitunut yliuuren virran takia tai piirilevy on vaurioitunut mekaanisen rasituksen takia. Näitä vikoja voi etsiä silmämääräisesti tai tehdä mittauksia piirilevyllä. Mittauksia varten piirilevyllä on hyvä olla merkittävät mittapisteitä, joihin mittarin mittauspäällä pääsee kiinni. Yleensä piirilevy on hyvin suojattu lakkaamalla, jolloin paljaita virran kulkupisteitä ei ole. Tekstillä piirilevyn pinnassa voidaan myös ilmaista mittapistekohtaisesti, millainen virta- tai jännitearvo pisteessä pitää olla. Jos tulos on poikkeava, voidaan havaita vika paremmin.

Jos epäillään releen vioittuneen, voidaan yksinkertaisesti sen toiminta tarkistaa vaihtamalla kantaan uusi rele. Koko piirilevyn vioituessa se täytyy vaihtaa uuteen.

Piirilevyn suunnittelussa levyn pintaan kirjoitetaan kyseisen komponentin kohdalle sen yksinkertainen tyyppimerkintä. Tämä helpottaa vian hallinnassa oikean varaosa komponentin löytämistä.

5.5. Soveltuvuus kaivosolosuhteisiin

Sandvikilla on vaatimusdokumentti kaikille komponenteille ja muille asennustarvikkeille niiden soveltuvuudesta kaivosolosuhteisiin. Komponenttisuunnittelijat täyttävät dokumentin varmistaakseen komponentin soveltuvuuden kaivoslaitteisiin Sandvikin vaatimien määräysten ja standardien mukaisesti.

Kaivoksissa on monia tekniikalle haitallisia tekijöitä. Näitä ovat mm. kosteus, suolat, happamat ja emäksiset aineet. Nämä aiheuttavat korroosiota suojaamattomille komponenteille ja liitospinnoille. Myös paloturvallisuuden kiinnitetään suurta huomiota.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET

Tämän selvitystyön jälkeen on todettavissa, että piirilevytekniikka soveltuu käytettäväksi ainakin CJB-kaapin toteutukseen kallionporauslaitteen ajosähköjärjestelmässä. Piirilevyvalmistajat vakuuttavat puheillaan ja materiaalin avulla tekniikan soveltuvan kyseiseen käyttökohteeseen.

6.1. Johtopäätökset nykyisen kytkentätavan ja piirilevyn vertailussa

Kuitenkin pääosin sekä piirilevytekniikka ja nykyinen kytkentätapa soveltuvat yhtä hyvin kyseiseen kohteeseen. Selvin ero näillä kahdella tekniikalla on tilan käyttö/ tarve, optioiden hallinta ja valmistustapa. Seuraavissa kappaleissa on eritelty näiden ominaisuuksien eroja.

6.1.1. Tilan käytön vertailu

Tilan käytössä piirilevytekniikka on parempi valinta. Sovellettavasta kohteesta riippuen tilan tarve voi pienentyä huomattavasti yksittäisjohdotukseen verrattuna. Tässä sovelluskohteessa CJB-kaapissa tilan tarve on noin puolet pienempi nykyiseen kytkentätapaan verrattuna. Tämä selvisi annettujen tarjousten alustavista piirilevysuunnitelmista. Tilan käytön suhteen tulee uusia mahdollisuuksia tilan käytölle. Jäljelle jäävään tilaan voidaan asentaa jokin toinen sovellus, tai kytkentäkaapin kokoa voidaan pienentää.

6.1.2. Optioiden vertailu

Optioiden hallinta on helpompaa nykyisellä kytkentätavalla. Asentaja tekee mahdolliset muutokset ja lisäykset helposti vaihtamalla tai lisäämällä tarvittavat komponentit asennukseen piirikaavion mukaisesti. Muutoksia voi tehdä vielä myöhemmin, vaikka kokoonpanotyö olisi jo alkanut.

Piirilevytekniikassa optioiden hallinta täytyy ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Jos muutoksia tulee vielä myöhemmin, kun piirilevyn valmistus kyseiseen koneeseen on jo aloitettu, voi pahimmassa tapauksessa piirilevy mennä hukkaan ja se täytyy suunnitella uudestaan muutoksien mukaisesti.

Oikein suunniteltu piirikaavio ja huolellisesti tehdyt kytkennät ovat pääasia luotettavuuden kannalta. Piirilevyn suojaus lakkauksella tekee siitä kestävänsä esimerkiksi korroosiota vastaan. Lopullisen testauksen jälkeen kumpikin tekniikka on turvallinen ja luotettava käyttöä.

Piirilevytekniikoista sekä juotosliitos ja puristusliitos sopivat kallionporauslaitteeseen käytettäväksi. Kummassakin on ominaisuuksia, jotka täytyvät Sandvikin vaatimusten mukaisesti. Kuitenkin puristusliitos on luotettavampi värinänkesto-ominaisuuksiltaan. Perusteina on rajapinta liitoksessa verrattuna juotostekniikkaan ja liitoksen tyyppi. Würth on tehnyt testejä liitokohtaan liiallisen voiman käytöstä liitoksen tekemisessä. Tässä testissä ei todettu voiman vaikuttaneen heikentävästi liitokseen. Liitos kestää tällöin paremmin myös värinää.

6.2. Piirilevytekniikan käyttäminen tulevaisuudessa sovelluskohteessa

Tulevaisuudessa kannattaa kiinnittää huomiota piirilevytekniikan etuihin verrattuna nykyiseen kytkentäteknikkaan. Kuitenkin piirilevytekniikkaan siirryttäessä tulee vastaan vielä monta ongelmakohtaa, joihin pitää löytää vastaukset ja tehdä päätökset. Tämän työn pohjalta selvitettäviä asioita on vielä valita mm. käytettävä piirilevytekniikka. Optioiden hallinta on kaikkein haastavinta piirilevytekniikassa, jolloin siihen täytyy löytää hyvä peruste, kuinka optioiden hallinta tehdään tulevaisuudessa. Optioiden hallintaa on esitelty kappaleessa 6.2. Myös luotettavan ja hyvän alihankkijan löytäminen on tärkeää. Tässä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi nykyisiä ja vanhoja alihankkijoita ja kokemuksia heidän toiminnasta ja luotettavuudesta.

Tarkemman suunnittelun jälkeen on parempi mahdollisuus pyytää tarkemmat hintatiedot tarjouksiin valmistajilta. Hinnat ovat tällä hetkellä arvioita, koska tarkempaa suunnittelua tai optioerottelua ei ole tehty.

6.2.1. Dokumentointi piirikaavioihin

Uuteen tekniikkaan siirtymisen aikana täytyy päättää yhteinen tapa dokumentoida piirilevy laitteen piirikaavioon. Jos piirilevy on hyvin yksityiskohtaisesti piirretty ajosähköjärjestelmien piirikaavioihin ja siihen tulee joku muutos, täytyy muutos tehdä jokaiseen piirikaavioon, mikä käyttää kyseistä piirilevysovellusta.

Helpompi tapa toteuttaa piirikaavion dokumentointi, on tehdä siitä oma dokumentti. Ajosähköjärjestelmän piirikaaviossa piirilevy on kuvattu yksinkertaisena objektina. Siinä on ehkä periaatekuvaus piirilevyn toiminnasta. Objektin on piirretty kaikki johdotukset ja liittimet. Objektista olisi taas linkki tai muu viittaus, mistä löytyisi oikea kuva piirilevystä. Tällöin on vain yksi dokumentti, minne tehdä piirilevyä koskevat muutokset.

7 YHTEENVETO

Tässä työssä selvitettiin isomman sovelluksen toteuttamista piirilevytekniikalla kaivosteollisuuden laitteessa. Yleiset ennakkoluulot ja tietämättömyys uusista tekniikoista hidastaa uusien sovelluksien käyttöönottoa yrityksissä. Siksi tämä selvitys oli tarpeellinen asiakasyrityksen suunnittelijoille. Kaikki selvitykset tehtiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti ja työ pystyttiin toteuttamaan alkuperäisen aikataulun mukaisesti.

Työn tuloksia voidaan käyttää yleisesti, jos tarvitaan tietoa työssä mainituista asennus- ja kytkentätavoista. Lähteiden avulla on helppo löytää lisätietoa kyseisestä aiheesta.

Selvitystyötä voisi jatkaa vielä syvällisemmin, mutta tämän työn laajuudessa se ei ollut mahdollista. Tämä työ vaatii vielä lisäselvityksiä, jos piirilevytekniikkaan siirrytään yleisemmin yrityksessä. Tarkoittaa esimerkiksi lähinnä sovelluskohteeseen tarkemmin perehtymistä, erilaisten optiopakettien erittelyä ja virta-arvojen tarkempaa selvitystä suunnittelua varten.

LÄHTEET

Volotinen, V. 1997. Analoginen elektroniikka. Porvoo, WSOY

EMC- sähkömagneettinen yhteensopivuus. 2009. Turvatekniikan keskus. Viitattu 8.3.2010. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/EMC/>

Alajoki, M & Smolander, S. 2001. S66.171 Elektroniikkalaitteiden suunnittelu, opintomoniste.

Kuva PressFit- pinnistä. 2010. Würth Elektronik. http://www.we-online.com/web/en/ics/produkte_5/inhouse_technologien/einpresstechnologie/Einpresstechnologie_1.php

Kuva PressFit- pinnistä. 2010. JimTrade.com. http://products.jimtrade.com/product_details.asp?ProductId=143130&SupplierId=107392

Integroitu komponentti.2010.Tekniikka.info, sanakirja. Viitattu 16.3.2010. <http://www.tekniikka.info/?page=selite&word=20341&criteria=1&ID=pkcwaalks>

Relekanta. 2010. Panasonicin malliluettelo. Viitattu 16.3.2010. <http://media.digikey.com/photos/Panasonic%20Elect%20Works%20Photos/PANASONIC%20ELECTRIC%20WORKS-JW1-PS.jpg>

Laitekuvaus ja kuva. 2010. Sandvikin kotisivut. Viitattu 16.3.2010 <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/>

Wittig, K. 2008. Experience with Press-fit technology for electronic assemblies in automotive applications.

