



Timo Lehto

PUMPPUKÄYTÖN SUUNNITTELU KATUJAKOKAAPPIIN

PUMPPUKÄYTÖN SUUNNITTELU KATUJAKOKAAPPIIN

Timo Lehto
Opinnäytetyö
2.4.2012
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka

Tekijä: Timo Lehto
Opinnäytetyön nimi: Pumppukäytön suunnittelu katujakokaappiin
Työn ohjaaja: Timo Heikkinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012
Sivumäärä: 30

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella pumppukäyttö katujakokaappiin. Tavoitteena oli suunnitella ja kehittää toimiva tarvittavalla ohjausautomaatiolla varustettu katujakokaappi, josta voidaan jatkokehittää tuote esimerkiksi raaka- ja jätevesikaivoihin sekä sadevesipumppaamoihin. Suunnittelussa hyödynnettiin kentällä hyväksi havaittuja ratkaisuja sekä asiakkailta saatuja kehitystarpeita. Ouman AQUA -tuotteista pyritään kehittämään toimintavarmoja, helppokäyttöisiä ja asentajaystävällisiä.

Ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin määräysten ja ympäristön olosuhteiden huomiointiin katujakokaapin suunnittelussa. Toisessa vaiheessa piirrettiin katujakokaapin pääkaavio. Pääkaavion perusteella valittiin pumppukeskukseen tulevien komponenttien tyypit. Kolmannessa vaiheessa piirrettiin edellisten tietojen pohjalta piirikaaviot. Neljännessä vaiheessa piirrettiin layout-kuvat, kun kaikkien komponenttien ulkomitat olivat tiedossa.

Lopputuloksena syntyivät suunnitelmat prototyypistä, jonka Ouman Oy asentaa kentälle käyttötettiin todelliseen ympäristöön.

Asiasanat:
Pumppukeskus, katujakokaappi, taajuusmuuttaja, Ouman

ALKULAUSE

Tämän insinööriyön tilaaja on Ouman Oy Infra-teknologiat. Työn valvojana on toiminut järjestelmäasiantuntija Johannes Nikula ja työn ohjaajana lehtori Timo Heikkinen Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä.

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat olleet mukana opinnäytetyön toteutuksessa, erityisesti työn valvojaa Johannes Nikulaa ja työn ohjaajaa Timo Heikkistä.

Oulussa 8.4.2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Timo Lehto', with a stylized, cursive script.

Timo Lehto

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
TERMIT JA LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 PUMPPAUSAUTOMAATIO	9
2.1 Raakavesikaivot	9
2.2 Jätevesikaivot	9
2.3 Sadevesikaivot	9
3 LAITTEET	10
3.1 Määräykset	10
3.1.1 Katujakokaappi	10
3.1.2 EMC-suojaus	10
3.2 Laitevalinnat	11
3.3 Taajuusmuuttaja	12
3.4 Ulkoiset laitteet	14
4 SUUNNITTELU	15
4.1 Katujakokaapin käyttöikä	15
4.2 Katujakokaapin säänkesto	16
4.3 Mitoitus	16
4.3.1 Kotelon lämmityksen mitoitus	16
4.3.2 Akun mitoitus	17
4.4 Pääkaavion suunnittelu	18
4.5 Piirikaavion suunnittelu	20
4.5.1 Jännitteenjakelukaavio	20
4.5.2 Raakavesipumpun piirikaavio	21
4.5.3 Keskuksen sisäisten laitteiden kaavio	22
4.5.4 Väylä ja etäyhteyslaitteet -kaavio	22
4.5.5 Laiteluettelo	23

4.6 Layuot-kuvan suunnittelu	23
5 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28

TERMIT JA LYHENTEET

TCP/IP	Ethernet-verkon protokollakokonaisuus
TCP	kuljetuskerroksen tiedonsiirtoprotokolla
3G	Kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia
GSM	Global System for Mobile communications
Modbus	Avoin sovelluspohjainen viestiprotokolla
RTU	Remote Terminal Unit; Modbus binääriprotokolla
IP-Luokka	Sähkölaitteiden tiiveysluokka
I/O	Tulo/lähtö
SCADA	Valvomo-ohjelmisto
UPS	Varavoimalähde

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi Ouman Oy Infra -teknologiat. Ouman Oy perustettiin vuonna 1988. Yritys valmistaa kiinteistöautomaatiolaitteita. Ouman Oy tunnetaan laajemmin nimenomaan kiinteistöautomaatiotuotteistaan. Vahvuutena on helppokäyttöiset lämmön- ja ilmanvaihdonsäätimet. Ouman Oy on saavuttanut lämmönsäädön markkinajohtajuuden Suomessa. (1.)

Infra-teknologiaosasto perustettiin 2008. Ouman infra tarjoaa automaatio- ja etäkäyttöjärjestelmiä kunnille, kaupungeille, vesilaitoksille, vesiosuuskunnille ja energialaitoksille. Sovelluksia toteutetaan vesilaitoksille ja vesiosuuskunnille, sekä katuvalaistuksen ohjauksia kunnille ja kaupungeille. (2.) Infra-teknologiaosaston alle kuuluu AQUA-tuoteperhe, johon tämä työ liitetään yhdeksi tuotteeksi.

Opinnäytetyössä perehdytään ulos asennettaviin katujakokaappeihin liittyviin määräyksiin ja ympäristön olosuhteiden asettamiin vaatimuksiin. Työssä suunnitellaan ja kehitetään ohjausautomaatiolla varustettu katujakokaappi, jota käytetään esimerkiksi raaka- ja jätevesikaivojen pumppauksessa tai sadevesipumppaamoiden ohjauksessa. Suunnittelussa hyödynnetään hyväksi havaittuja ratkaisuja sekä asiakkailta saatuja kehitystarpeita.

Pumppauskeskus toimii itsenäisesti omalla automatiikalla, ja lisäksi se voidaan liittää SCADA-järjestelmiin 3G-yhteyden avulla. Hälytykset saadaan siirtymään tekstiviestinä gsm-modeemin avulla.

Tärkeimpiä ominaisuuksia ja vaatimuksia pumppauskeskukselle ovat helppo asennettavuus, helppo käyttöönotto ja hyvä toimintavarmuus. Ouman AQUA -pumppaussovellus on taajuusmuuttajan sisälle toteutettu ohjausjärjestelmä, jonka ansiosta erillistä ohjauslogiikkaa ei tarvita.

2 PUMPPAUSAUTOMAATIO

Pumppausautomaation sovelluksia ja käyttökohteita on lukuisia. Tässä esitellään opinnäytetyöhön ja Oumaniin liittyen tärkeimmät sovellukset ja käyttökohteet.

Ouman AQUA-pumppaamosovellus soveltuu useaan käyttötarkoitukseen, kuten raakavesipumppaukseen, jätevesipumppaukseen ja sadevesipumppaukseen. Yleisimpiä käyttökohteita ovat vesilaitosten ja vesiosuuskuntien erilaiset käyttökohteet, kuten vedenottamot, pumppaamot ja paineenkorotusasemat. (3.)

2.1 Raakavesikaivot

Raakavesikaivossa on yleensä yhdestä kahteen raakavesipumppua. Pumpuilla nostetaan raakavesi kaivosta jatkokäyttöön. Raakavettä pumpataan yleensä erilliseen säiliöön, josta se pumpataan verkostoon verkostopumpuilla.

2.2 Jätevesikaivot

Jätevesikaivoon tulee jätevettä joko toisesta pumpulla varustetusta jätevesikaivosta tai valumalla viemäreitä pitkin. Jätevesi pumpataan kaivosta pinnan korkeuden perusteella.

2.3 Sadevesikaivot

Sadevesikaivoon kerätään jonkin alueen sadevedet ja pumpataan eteenpäin. Sadevesikaivoissa on pinnankorkeusmittaus, jonka perusteella pumppuja käytetään.

3 LAITTEET

Työssä piti selvittää, mitä määräyksiä ja suosituksia laitteille on asetettu eri standardeissa ja ohjeissa sähköturvallisuuden, ilkvallan, ympäristön olosuhteiden, asennusystävällisyyden ja hygienian osalta. Tässä luvussa käydään läpi myös laitevalintoja ja laitteiden tärkeimpiä ominaisuuksia.

3.1 Määräykset

Katujakokaapin laitteiston suunnittelussa otettiin huomioon jakokeskuksia ja EMC-suojaukseen koskevat standardit.

3.1.1 Katujakokaappi

Standardissa SFS-EN 60439-5 (Jakokeskukset. Osa 5: Erityisvaatimukset sähkönjakeluun jakeluverkossa käytettäville keskuksille) määritellään mekaanisia vaatimuksia kaapille (4). Standardi ei ole suoraan katujakokaapeille tarkoitettu, mutta sitä voidaan soveltaa niihin.

Katujakokaappi asennetaan yleensä kaivon kannen päälle tai erillisellä upotettavalla maajalalla maahan. Kaappi tulee aina ulkotilaan, joten on huomioitava ulkoiset rasitteet, joita katujakokaappiin voi kohdistua. Näitä ovat ilkvallalta, ympäristön lämpötila sekä altistuminen voimakkaalle lumisateelle ja kinoksille.

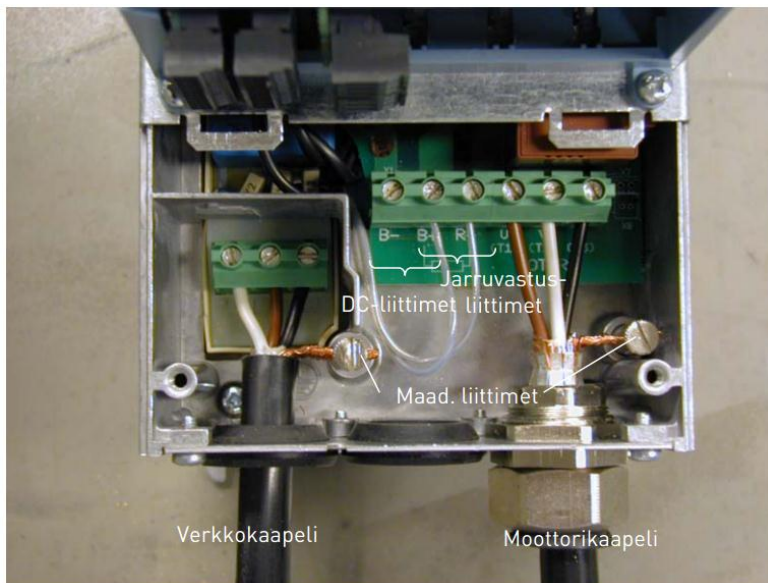
Standardissa SFS-EN 60439-5 kotelointiluokaksi määrätään IP34D (4). Ensimmäinen numero kertoo, että jännitteisiin osiin on estettävä pääsy vähintään 2,5 mm työkalulta. Toinen numero kertoo, että kotelon sisällä olevat osat on suojattava roiskivalta vedeltä joka suunnasta. (5.)

3.1.2 EMC-suojaus

Standardi SFS-EN 60439-1 koskee jakokeskuksia, jotka on tarkoitettu muun muassa sähköenergiaa kuluttavien laitteiden ohjaukseen ja säätöön. (6, s. 8) Keskukseen tulevien laitteiden ja komponenttien tulee täyttää EMC-vaatimukset. Lisäksi sisäinen johdotus ja laitteiden asentaminen tulee tehdä laitevalmistajien ohjeiden mukaan. Komponenttien sijoittelussa otetaan huomi-

oon häiriöiden vaikutukset. Kaapeleiden tulee olla asianmukaiset ja häiriösuojatut. Muussa tapauksessa EMC-vaatimusten mukaisuus pitää testata erikseen. (6, s. 96.)

Tässä tapauksessa EMC-häiriötä aiheuttava laite on taajuusmuuttaja, joten siitä lähtevä moottorikaapeli ja sen kytkeminen tehdään laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Moottorikaapelia varten hankitaan EMC-holkkitiiviste, jotta häiriönsuojausvaatimukset täyttyvät. Kaapelin erillinen suojavaippa kytketään maadoitusliittimiin. (Kuva 1.) Moottorikaapelin sijoittamisessa tulee välttää muiden kaapeleiden kulkemista pitkiä matkoja samansuuntaisesti. Kaapeleiden risteämät tehdään 90 asteen kulmassa.



KUVA 1. Taajuusmuuttajan kaapelien kytkennät (8)

3.2 Laitevalinnat

Valittu katujakokaappi täyttää ilkvallan ja ympäristön olosuhteiden asettamat vaatimukset. Kaapin sisälle laitettiin erillinen kotelo suojaamaan laitteita ilman- kosteudelta ja ylläpitämään riittävä lämpötila talvella. Sekä katujakokaappi että sen sisälle tuleva kotelo täyttävät kotelointiluokan IP34.

Katujakokaappiin sijoitetaan muun muassa pääsulakkeet, pääkytkin, energiamittari, ylijännitesuoja, taajuusmuuttajat, UPS, akku, etäyhteyksilaitteet, lämmitin,

jäähdytyspuhallin ja valaisin. Tässä luvussa kerrotaan tärkeimpien laitteiden ja komponenttien valinnoista.

UPS-laitteessa on tasajännitelähde, joka syöttää keskukseen taajuusmuuttajien ja toimilaitteiden tarvitseman 24 voltin tasajännitteen. UPS-laitteeseen liitettiin akku, joka turvaa tietojen säilymisen ja tekstiviestihälytysten lähtemisen lyhyen sähkökatkon aikana.

Keskukseen suunniteltiin ylijännitesuoja herkkien elektroniikkalaitteiden suojaamista varten. Se suojaa esimerkiksi sähköverkosta tulevilta ylijännitepiikeiltä. Suojaksi valittiin Phoenix Contacts –ylijännitesuoja, ja siitä saadaan potentiaalivapaa kosketintieto ylijännitesuojan lauettua. Ylijännitesuojassa on karkea- ja hienosuojaus erikseen. (8.)

Keskukseen lisättiin varaus sähköenergiamittaria varten. Mittarin toimittaa yleensä sähkölaitos. Jos keskus tulee jonkin kiinteistön energiamittauksen alle, mittariliittimet täytyy ohittaa erillisillä liitosjohdoilla.

Pääsulakkeiksi valittiin kahvasulakkeet, jotta päästään tarpeeksi suureen liityntätehoon. Sulakkeen maksimikoko rajoitetaan 125 ampeeriin, jolloin keskukseen voidaan laittaa kaksi 18,5 kW:n taajuusmuuttajaa tai kolme 11 kW:n taajuusmuuttajaa. Mikäli näin suureen virta-arvoon ei tarvitse päästä, samaan kahvasulakepohjaan voidaan laittaa pienemmät sulakkeet. Myös pääkytkin mitoiteetaan 125 ampeerille.

3.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajina käytetään Vaconin NXS -sarjan taajuusmuuttajia, kuten muissakin Ouman AQUA -tuotteissa (kuva 2). Taajuusmuuttaja on valittu sen hyvien ohjelmointiominaisuuksien ja hyvän teknisen tuen takia. Näihin taajuusmuuttajiin voidaan laajennuskorttien avulla lisätä tuloja ja lähtöjä sekä väyläsovite-korteilla erilaisia väylävaihtoehtoja. Ouman AQUA -pumppaamotuotteet käyttävät taajuusmuuttajan omaa ohjauslogiikkaa.

Laajennuskorttien määrän ja tyyppin määrittää tarvittava tulojen ja lähtöjen lukumäärä sekä mahdollisten väyläsovitekorttien tarve. Vacon NXS -

taajuusmuuttajassa on viisi laajennuskorttipaikkaa. Korttipaikat eivät ole samantaisia, vaan laajennuskortin tyypistä riippuu, mihin korttipaikkaan se voidaan liittää. Tässä pumppukeskuksessa tarvittiin neljä analogia tuloa, viisi digitaalituloa ja kolme digitaalilähtöä. Nämä saatiin kolmella laajennuskortilla, ja lisäksi tarvittiin yksi laajennuskortti, jotta saatiin vara tuloja ja -lähtöjä. Viimeiseen korttipaikkaan laitettiin väyläsovitekortti. (9.)

Taajuusmuuttaja toimii itsenäisesti sisäisen logiikan avulla. Se voi kommunikoida myös kenttäväylän välityksellä muiden laitteiden kanssa. Väyläratkaisuna Ouman-laitteissa käytetään Modbus-väylää. Modbus-protokollaa käytetään myös taajuusmuuttajan sekä muiden kenttälaitteiden ja valvomon välisessä yhteydessä. (10.)

Vacon NXS -taajuusmuuttajaan saa monenlaisia väylälaajennuskortteja. Ouman on käyttänyt Modbus-RTU- ja Modbus-TCP-kenttäväyliä. Tässä opinnäytetyössä valittiin Modbus-TCP-kenttäväylä, koska sen häiriönsietokyky on hyvä ja väylän kytkennät on helppo tehdä tavallisella Ethernet-kaapelilla.



KUVA 2 Vacon NXS taajuusmuuttaja (11)

Taajuusmuuttajan I/O-laajennuskorteille kytketyt laitteet voidaan kahdentaa kytkemällä molemmille taajuusmuuttajille omat mittalaitteet. Tieto siirretään taajuusmuuttajien välillä Modbus-väylän avulla. Vaikka mittalaite vioittuisi, pystytään normaalia toimintaa jatkamaan niin pitkään kun toinen mittalaite on vielä kunnossa.

3.4 Ulkoiset laitteet

Katujakokaappiin liitetään ulkoisina laitteina muun muassa pumput ja mittalaitteet. Asiakas hankkii pumput aina itse. Mittalaitteita voidaan tilata myös Oumanin kautta. Yhteen taajuusmuuttajaan voidaan liittää neljä analogiaviestillä ja kuusi digitaaliviestillä kytkettävää mittalaitetta.

Mittalaitteista keskukseen tuli virtauslähetin, kaksi pinnankorkeuslähetintä ja kaksi painelähetintä. Kaikki lähettimet toimivat standardiviestillä 4–20 mA. Yksi pinnankorkeuslähetin oli paineeseen ja toinen laseretäisyysmittaukseen perustuva lähetin. Paineanturi upotettiin kaivon pohjalle. Se mittaa hydrostaattista painetta, josta pinnankorkeus lasketaan. Laseretäisyyslähettimen toiminta perustuu PMD-tekniikkaan (Photonic Mixer Device) eli valon kulkuajan mittaukseen. Lähetin lähettää laserpulssin, joka heijastuu kohteesta takaisin. Valonnopeus tunnetaan tarkkaan, joten tällä menetelmällä päästään nopeaan ja tarkkaan etäisyysmittaukseen. (12.)

4 SUUNNITTELU

Kun laitteet olivat selvillä, voitiin aloittaa sähkösuunnittelu. Suunnittelussa käytettiin Cads-suunnitteluohjelmaa. Suunnittelu toteutettiin yhteistyössä Oumanin työntekijöiden kanssa. Ensin suunniteltiin keskuksen pääkaavio ja tämän jälkeen alettiin suunnitella piirikaaviota. Kun kaikki keskuksen tulevat laitteet ja niiden tyypit olivat selvillä, suunniteltiin keskuksen layout.

Katujakokaappia on tarkoitus käyttää samalla komponenttikokoonpanolla ja samalla AQUA_{PU}-sovelluksella useassa eri pumppauskohteessa. Vain taajuusmuuttajien ja syöttösulakkeiden koko muuttuu, automaatiolaitteet ja sovellus pysyvät samana. Tavoitteena oli saada mahdollisimman valmis paketti, jonka voi laittaa pumppauskaivon päälle tai maajalalla suoraan maahan. Keskuksen suunnittelussa piti ottaa myös huomioon helppo ja nopea asennettavuus.

Layout-suunnitteluvaiheessa käytiin kahdessa paikallisessa keskusvalmistamossa, joista saatiin käytännön vinkkejä laitteiden oikeaan sijoitteluun. Keskusvalmistajilla oli myös ehdottaa vastaavia, mutta halvempia komponentteja.

Suunnitelmat tehtiin yhden taajuusmuuttajan pumppukeskukselle. Tämän jälkeen pyydettiin asiantuntevan konsultin kommentteja tuotteesta. Keskustelun lopputuloksena oli, ettei yhden taajuusmuuttajan keskukselle ole käyttöä, vaan taajuusmuuttajia pitää olla kaksi tai mahdollisesti jopa kolme. Lisäksi suunnittelun taajuusmuuttajan teho ei riitä, vaan sitä pitää kasvattaa. (13.)

4.1 Katujakokaapin käyttöikä

Suorakäyttöisen pumppukeskuksen oletettu käyttöikä on 20–25 vuotta. Taajuusmuuttajakäytöllä ikä lyhenee noin 15 vuoteen heikkojen elektroniikkalaitteiden vuoksi. Taajuusmuuttajalla varustettu keskus on muilta osin parempi verrattuna suorakäyttöön. Esimerkiksi energiankulutus laskee ja pumppujen käyttöikä pidentyy, koska pumppua voidaan ajaa portaattomasti juuri oikealla kierrosnopeudella. Suurin osa pumppukäyttöjen elinkaarikustannuksista koostuu sähköenergian hinnasta, jonka osuus on noin 85 %. Alkuinvestoinnin ja huollon osuus on loput 15 %. (14, s. 4.)

4.2 Katujakokaapin säänkesto

Suomen oloissa lämpimän- ja kylmän kesto on tärkeässä roolissa keskusta ja sen komponentteja valittaessa, koska lämpötilan vaihtelu on laaja. Kylmänkesto ratkaistiin erillisellä lisälämmittimellä. Ainoa lisälämmitystä ja jäähdytystä tarvitseva laite on taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan alapuolelle lisättiin lämmitin, jolloin lämpö nousee ylöspäin ja pitää taajuusmuuttajan lämpimänä. Taajuusmuuttajan valmistaja ei lupaa, että taajuusmuuttaja toimii alle -10 °C:n lämpötilassa (15, s. 11). Jos taajuusmuuttajalla on kuormaa, se lämmittää itseänsä ja toimii tällöin myös alhaisemmissa lämpötiloissa. Taajuusmuuttaja ei käynnisty lämpötilan laskiessa alle -10 °C.

Suurin lämpötila jolla taajuusmuuttajan luvataan vielä toimivan normaalisti on 50 °C. Taajuusmuuttaja varustetaan omalla jäähdytyspuhaltimella, joka käynnistyy lämpötilan ylittyä asetusarvon. Lisäksi sisemmässä kotelossa on tulo- ja poistoilmasäleiköt, joiden avulla pyritään pitämään kotelon sisälämpötila sopivana. (15.)

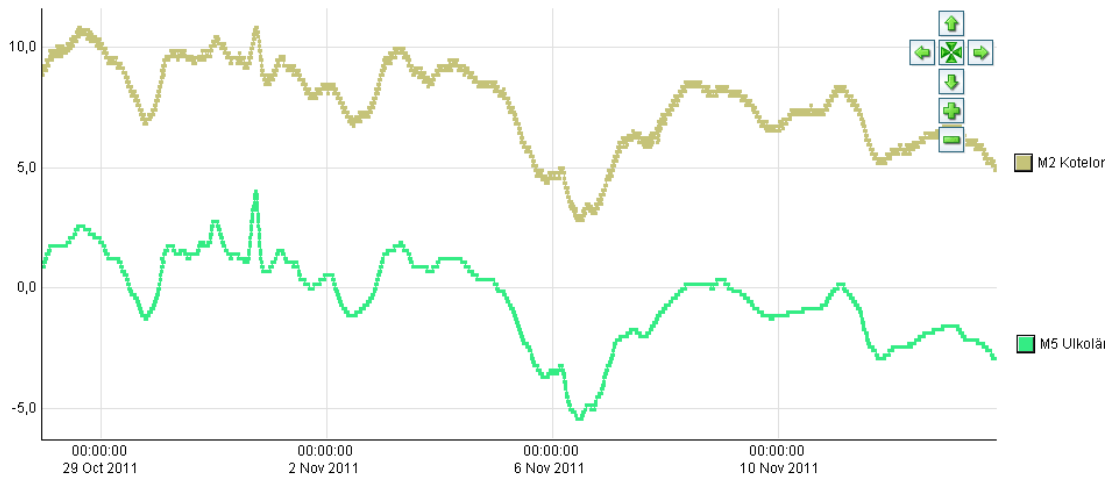
4.3 Mitoitus

Katujakokaapin mitoituksessa otetaan huomioon ympäristön vaikutukset ja muut poikkeavat tilanteet, esimerkiksi sähkökatkot.

4.3.1 Kotelon lämmityksen mitoitus

Lisälämmittintä kotelossa tarvitsee vain taajuusmuuttaja, kuten luvussa 4.2 todettiin. Lämmityksen tarpeesta tehtiin käytännön koe, jossa peltikoteloon asennettiin taajuusmuuttaja ja etäyhteyslaitteet. Taajuusmuuttajan etupuolelle liitettiin energiamittari mittaamaan taajuusmuuttajan energian kulutus lepotilassa. Lepotilassa tehon kulutus oli noin 200 wattia. Käytännössä kaikki taajuusmuuttajan ottama teho lepotilassa menee lämmöksi. Kuvasta 3 nähdään, että kotelon sisällä lämpötila pelkän taajuusmuuttajan lämmittämänä on noin kahdeksan astetta korkeampi kuin ulkona. Lisälämmittintä tarvitaan kuitenkin kovien pakasten ja pitkien sähkökatkojen varalle.

Lisälämmitin sijoitetaan taajuusmuuttajan alapuolelle. Lämpö nousee ylöspäin ja pitää näin taajuusmuuttajan toimintakykyisenä myös kovilla pakkasilla. Jos sähkökatko sattuu kovalla pakkasella olemaan pitkä, ehtii kotelon sisälämpötila laskea liian matalaksi eikä taajuusmuuttaja enää käynnisty. Lisälämmitin on tärkeä, sillä sen avulla taajuusmuuttaja saadaan taas toimintakuntoon.



KUVA 3. Testikaapin lämpötilan mittaukset

4.3.2 Akun mitoitus

Akun mitoituksessa pitää ottaa huomioon kaikkien pienjännitelaitteiden virrankulutus. Akkuvarmennuksella varmistetaan, että hälytykset lähtevät käyttäjälle. Taajuusmuuttaja tarvitsee ulkoista jännitelähdettä vain silloin, kun siinä ei ole verkkojännite käytettävissä. Sähkökatkon sattuessa se tarvitsee ulkoisen jännitelähteen, jotta ohjausautomaatio säilyttää toimintakykynsä.

Taulukossa 1 näkyy kaikkien jännitelähteeseen kytkettyjen laitteiden virrankulutus. 3g-modeemilla näkyy kaksi virta-arvoa: 140 mA modeemin ollessa lepotilassa ja 300 mA, kun modeemi lähettää tai vastaanottaa tietoa. Akku mitoitetaan suurimman hetkellisen virrankulutuksen mukaan. 3g-modeemin tapauksessa mitoitusvirta on siis 300 mA. (15.)

TAULUKKO 1. Laitteiden virrankulutus ja akunkesto

Kenttälaite	Virrankulutus / mA
EH-686	150
EH-net	71
Modbus600	20
Sierra 3G	140/300
GSM-modeemi	135,5
MBS 3000	28
Vacon NXS	1000
Vacon NXS	1000
(Hyxo ATM-N)	22,5
Yhteensä:	2727

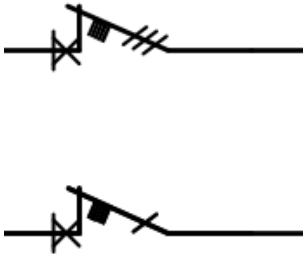
	Akun kesto / h
0,8 Ah akulla	0,29
1,3 Ah akulla	0,48

Maksimi virrankulutus keskukseen tulevilla laitteilla on 2,73 A (taulukko1). Akun kesto saadaan laskettua jakamalla akun ampeeritunnit laitteiden virrankulutuksella. 0,8 Ah:n akku olisi riittänyt hyvin hälytysten edelleen siirtoon. Ouman infran akkuvalikoimasta valittiin lähin tarvittavalla kapasiteetilla varustettu akku.

4.4 Pääkaavion suunnittelu

Pääkaavion suunnittelu aloitetaan selvittämällä tarvittavien lähtöjen määrä, maadoitusten vahvuudet, pääkytkimen koko ja pääsulakkeiden koot. Pääkaavio jaetaan kahdeksaan pystysuoraan sarakkeeseen.

Ensimmäisessä sarakkeessa ilmaistaan standardin mukaisilla piirrosmerkeillä keskukseen tulevat komponentit. Kuvassa 4 on sulakkeiden piirrosmerkit. Merkit kertovat kyseessä olevan johdonsuoja-automaatin tyyppin. Ylemmässä on kolme johdonsuoja-automaattia samassa.



KUVA 4. Sulakkeiden merkit pääkaaviossa

Toinen sarake kertoo lähtöjen ryhmänumeron esim. 1F ja 3F1. Ensin mainittu on kolmivaihelähtö, jossa on kolme sulaketta. Jälkimmäinen on yksivaihelähtö, jossa erotellaan sulakkeet 3F1, 3F2 ja 3F3.

Kolmas sarake eli osoitesarake kertoo, mitä laitetta kyseinen keskuskomponentti palvelee. Seuraava sarake, jota käytetään, on johdotussarake, ja siinä kerrotaan johdon tyyppi ja poikkipinta. Suurimmassa osassa on merkintä ”keskuksen sisäinen”. Osoitekentässä kerrotaan myös muut huomiot mitä tulee kyseiseen kojeeseen kuten ”hälytys automaatioon”.

Seuraavat kaksi saraketta kertovat lähtöön kytkettävän laitteen tehon ja sulakkeen koon. Kahvasulakkeen tapauksessa kerrotaan ensin koko ja sen jälkeen sulakepohjan maksimisulakekoko, esimerkiksi pääsulakkeella 25/125. Johdon suoja-automaateilla sulakekoon edessä on kirjain, joka kertoo sulakkeen laukeamisnopeudesta. Esimerkiksi C10 on 10 A:n sulake C-käyrällä. C-käyrä sallii korkeamman käynnistysvirran, ja se on tarkoitettu käytettäväksi valaistus- ja lämmitysryhmien sekä moottoreiden suojaukseen. (16.)

Potentiaalintasauksella yhdistetään kaikki metalliset osat samaan potentiaaliin tasoon. Se on tärkeä sähköturvallisuuden ja häiriönsuojauksen kannalta. (17.) Potentiaalintasaukiskoon liitetään antennimasto, liitäntäkaapeli, putkistot, taajuusmuuttajien rungot, virtausmittari, keskuksen maadoitus ja maahan työnnettävä maadoitussauva. (20, s. 1.)

Seuraavaksi pääkaaviossa on keskuksen syötön kytkentä ja siihen liittyvät laitteet. Pääkytkimen tilalle katujakokaappiin laitetaan verkko-nolla-varavoima-kytkin, jonka avulla keskus saadaan sähkökatkon sattuessa liitettyä varavoimälähteeseen.


Keskuksen syötön kasvaessa yli 63 A:n tarvitaan energiamittarille erilliset virtamuuntajat jokaiselle vaiheelle ja pääsulakkeiksi pitää valita kahvasulakkeet. Virtamuuntajat laitetaan jo keskusvalmistuksessa paikoilleen, vaikka sähkölaitoksen toimitukseen kuuluukin energiamittarin toimitus.

Pääkaavion viimeisellä sivulla on luettelo, jossa kerrotaan keskuksen sähkötekniset tiedot, rakennetiedot, tunnusmerkinnät, kalustetiedot ja kaapelointitiedot. Luettelo täytetään ”rasti ruutuun”-tyylisesti. Valmis luettelopohja saadaan CADs-ohjelmasta.

4.5 Piirikaavion suunnittelu

Piirikaavio jakaantuu neljään lehteen: jännitteenjakelukaavio, raakavesipumpun piirikaavio, keskusten sisäisten laitteiden kaavio sekä väylä- ja etäyhteyslaitteiden kaavio. Lisäksi viimeisellä lehdellä on laiteluettelo, jossa eritellään kaikki laitteet ja tyypitetään ne.

Piirikaaviossa käytetään koordinaatioviittauksia, jotta usean lehden kaavio pysyy selkeämpänä. Kuvassa 5 on esimerkki viittauksesta. Siinä ensimmäinen merkkisarja kertoo, mihin laitteeseen tai komponenttiin viitataan. Ensimmäinen yksittäinen numero ilmaisee sivun mihin viitataan. Kenoviivan jälkeen on koordinaatit, jotka löytyvät piirikaavion jokaisen lehden ylä- ja vasemmasta reunasta.

F2 1/13:0 

KUVA 5. Piirikaavion viittaukset

4.5.1 Jännitteenjakelukaavio

Piirikaavion suunnittelu aloitetaan jännitteenjakelukaavion piirtämisellä. Siitä käy ilmi UPS:n ja akun kytkentä sekä kenttälaitteille menevien sähkönsyöttöjen sulakenumerot ja nollaliittimien numerot. Sulakkeet on merkitty F1–F15 ja sulak-

keeksi määrittäyty 1 A:n lasiputkisulakkeet. Jokaiselle kenttälaitteelle on oma sulakkeensa, jotta mahdollisen vian etsiminen helpottuu. Lisäksi jokaisen sulakkeen eteen tulee diodi suojaamaan, ettei taajuusmuuttajan oma jännitelähde syötä jännitettä väärään suuntaan. Jos akku tai UPS-laite vioittuu, diodit estävät maatasojen ”heilumisen” laitteiden välillä. (21, s. 1.)

Jokaiselle jännitelähdölle on oma nollaliitin, joka on merkattu GND1–GND15. Kenttälaitteille menevällä jännitesyöttö- ja nollaliittimellä on sama numero, jotta keskus pysyy mahdollisimman selkeänä ja huoltotöitä on helpompi tehdä. (21, s. 1.) Katujakokaapin sisällä olevat laitteet merkitään omalla tunnuksella, jonka perusteella ne löytyvät muista kaavioista ja laiteluetteloista.

4.5.2 Raakavesipumpun piirikaavio

Seuraavaksi piirretään piirikaaviota raakavesipumpun ja taajuusmuuttajan kytkennöistä. Tämä sivu on koko piirikaavion informatiivisin. Siitä näkyy taajuusmuuttajan sähkö- ja moottorisytön kytkennät, taajuusmuuttajan heikkovirtakytkennät ja kenttälaitteiden kytkennät. (21, s. 2)

Vasemmassa reunassa on taajuusmuuttajan vahvavirtakytkennät ja siihen liittyvät komponentit ja niiden kytkentä. Jokaisen laitteen riviliittimet numeroidaan piirikaaviossa.

Kaaviossa katkoviivalla erotellaan laitteiden sijainti, kuten katujakokaappi, U1 ja kenttä. Katkoviivalla merkatussa laatikossa +UX viitataan taajuusmuuttajan sisäisiin kytkentöihin. Tämän sisällä eritellään vielä jokaisen laajennuskortin kytkentä ja niiden järjestys taajuusmuuttajan laajennuskorttipaikoissa. Taajuusmuuttajan laajennuskorttien liittimiltä johdotetaan NOMAK-instrumentointikaapelilla ristikytkennän riviliittimille X10-U1 ja X11-U2. Laajennuskortin jokaisesta liittimestä tuodaan ristikytkentään johtimet. Ristikytkennän riviliittimiltä johtimet johdotetaan kenttälaitteiden riviliittimille. Lisäksi keskuksen kannessa olevat painonapit ja merkkivalot johdotetaan suoraan riviliittimille X10-U1 ja X11-U2. Kun taajuusmuuttajan laajennuskortilta on tuotu kaikki kytkentäpisteet riviliittimille, on jälkeinpäin helppo lisätä uusi mittalaite kytkemällä se suoraan merkatuille riviliittimille. (21, s. 2.) Toiselle raakavesipumpulle on sa-

manlainen piirikaavio, jossa näkyy toiseen taajuusmuuttajaan liitettävät kenttä-laitteet.

4.5.3 Keskuksen sisäisten laitteiden kaavio

Erillisiä sähköohjauksia varten keskukseseen laitetaan Oumanin EH-686 -ohjaus- ja säätöyksikkö, jolla ohjataan lisälämmitintä, tuuletinta ja työvalaisinta. Lisäksi ohjausyksikköön liitetään keskuksen lämpötilanmittaus ja ovikytkin. Lämpötilanmittaus ohjaa jäähdytyspuhallinta ja lisälämmitintä, silloin kun niitä tarvitaan. Ovikytkin sytyttää työvalon sekä aktivoi tarvittaessa murtohälytyksen.

Kaaviossa näkyvät Oumanin EH-686 -ohjausyksikköön kytketyt mittaukset ja ohjaukset. Lisäksi on kerrottu, miten väyläsovitin Modbus600 kytketään. Kaaviosta ilmenee mittausten ja ohjausten kytkentäpisteet ohjausyksikössä. (21, s. 4.)

4.5.4 Väylä ja etäyhteyslaitteet -kaavio

Pumppukeskukseen tulee kaksi etäyhteyttä. GSM-yhteys on tekstiviestihälytysten edelleen siirtoon ja 3G-modeemi etävalvontaa varten. GSM-modeemina käytetään Oumanin omaa modeemia GSMMOD4. Käyttöohjeessa luvataan -15 – 50 °C lämpötilankesto. Taajuusmuuttajaa varten joudutaan pitämään -10 °C korkeampaa lämpötilaa, joten modeemikin toimii kotelossa hyvin. (18.)

EH-net -palvelin mahdollistaa säätölaitteiden etäkäytön Web-selaimella. Laitteet kytketään EH-net palvelimeen kolmella eri väylä ratkaisulla: GSM-modeemi RS-232 väylällä, Ouman laitteet Modbus RTU RS-485 väylällä ja taajuusmuuttajat Modbus TCP-väylällä.

3G-reititin kytketään Ethernet-kaapelilla Ethernet-kytkimeen, johon liitetään myös EH-net -palvelin ja taajuusmuuttajat. 3G-reitittimenä käytetään teollisuuskäyttöön tarkoitettua Sierra Raven XE -reititintä. (19.) Kaikki Ethernet-kaapelit ovat suojattuja ja foliokuorella varustettuja kaapeleita häiriöiden minimoimisen takia.

Tietoliikenneyhteyksiä varten katujakokaappiin tarvitaan kaksi antennia, toinen 3G-reitittimelle ja toinen GSM-modeemille. 3G-reitittimen yhteyden varmistamiseksi keskus varustetaan suunta-antennilla.

4.5.5 Laiteluettelo

Laiteluettelossa eritellään kaikki keskukseen tulevat laitteet. Laiteluettelo on tärkeä varaosia hankittaessa. Ouman Oy pitää varastossaan näitä laitteita, jolloin niitä saa nopeasti suoraan hyllystä.

Laiteluettelosta löytyy jokaiselle laitteelle oma yksilöivä positiotunnus, laitteen valmistaja, laitteen tyyppi ja muuta huomioitavaa. Valmistajan ja tyyppitiedon perusteella varaosat löytyvät helposti. Taajuusmuuttajan tyyppikoodissa näkyy lisäksi laajennuskorttien koodit. (21, s. 6) Tyyppikoodissa käytettiin valmistajan käytäntöä.

Taajuusmuuttajan tyyppikoodi NXS00095A2H1A8B4B4B1CI kertoo tuotesarjan, nimellisvirran, nimellisjännitteen, ohjauspaneelin tyypin, suojausluokan, häiriöpäästötason, jarrukatkojaoptiot ja laajennuskortit. Laajennuskorttien osuudessa A8B4B4B1CI näkyy myös niiden järjestys korttipaikoissa. Mikäli välissä on numerosarja 00, kyseisessä korttipaikassa ei ole laajennuskorttia. (15.)

4.6 Layuot-kuvan suunnittelu

Layout- suunnittelun aluksi piirrettiin useita luonnoksia ruutupaperille. Niissä mietittiin komponenttien järkevä sijoittelu sähköteknisesti, lämpötilan ja häiriösuojauksen kannalta.

Katujakokaapin sisälle tuleva keskus tehtiin kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa on syöttöliittimet, pääkytkin, energiamittari, johdonsuoja-automaatit, UPS ja akku. Eli kaikki laitteet, jotka eivät ole tarkkoja lämpötilan suhteen. Toiseen osaan suunniteltiin herkemmat laitteet. Tämä osa on erillinen keskus omalla tiiviillä ovella, jolloin lämpö pysyy paremmin kaapin sisällä. Toisaalta joudutaan kesänvaralle järjestämään erillinen jäähdytys.

Taajuusmuuttajilla on suurin tilantarve, ja lisäksi ne tarvitsevat riittävän jäähdytystilan ympärilleen. Valmistajan antamien ohjeiden mukaan mitoitettiin taa-

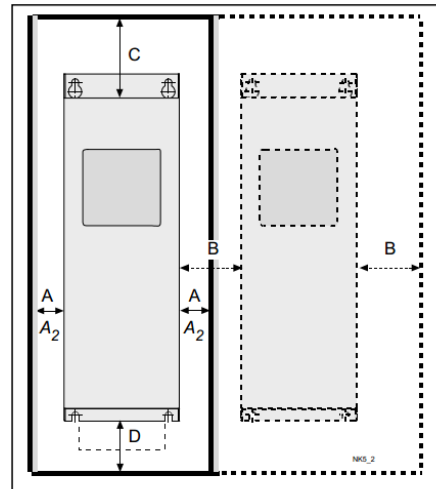
juusmuuttajille riittävä jäähdytystila. Ensin piti kuitenkin tarkistaa taajuusmuuttajan koko. Katujakokaappi mitoitettiin siten, että siihen mahtuu kaksi 18,5 kW:n taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttajan runkokooksi saatiin FR6 (taulukko 2).

TAULUKKO 2 Vacon taajuusmuuttajien valintataulukko (15, s. 3)

Vacon NXS	Kuormitettavuus					Moottorin akseliteho		Runko- koko	Mitat L*K*S (mm)	
	Normaali käyttö (+40 °C)		Raskas käyttö (+50 °C)		Maksimi- virta I _S	Syöttöjännite 400 V				
	Jatkuva virta I _L (A)	10%:n ylikuormitus- virta (A)	Jatkuva nimellisvirta I _N (A)	50%:n ylikuormitus- virta (A)		10%:n ylik. P (kW)	50%:n ylik. P (kW)			
NXS 0003	5 A 2 H 1 SSS	3,3	3,6	2,2	3,3	4,4	1,1	0,75	FR4	128*292*190
NXS 0004	5 A 2 H 1 SSS	4,3	4,7	3,3	5	6,2	1,5	1,1	FR4	128*292*190
NXS 0005	5 A 2 H 1 SSS	5,6	6,2	4,3	6,5	8,6	2,2	1,5	FR4	128*292*190
NXS 0007	5 A 2 H 1 SSS	7,6	8,4	5,6	8,4	10,8	3	2,2	FR4	128*292*190
NXS 0009	5 A 2 H 1 SSS	9	9,9	7,6	11,4	14	4	3	FR4	128*292*190
NXS 0012	5 A 2 H 1 SSS	12	13,2	9	13,5	18	5,5	4	FR4	128*292*190
NXS 0016	5 A 2 H 1 SSS	16	17,6	12	18	24	7,5	5,5	FR5	144*391*214
NXS 0022	5 A 2 H 1 SSS	23	25,3	16	24	32	11	7,5	FR5	144*391*214
NXS 0031	5 A 2 H 1 SSS	31	34	23	35	46	15	11	FR5	144*391*214
NXS 0038	5 A 2 H 1 SSS	38	42	31	47	62	18,5	15	FR6	195*519*237
NXS 0045	5 A 2 H 1 SSS	46	51	38	57	76	22	18,5	FR6	195*519*237
NXS 0061	5 A 2 H 1 SSS	61	67	46	69	92	30	22	FR6	195*519*237
NXS 0072	5 A 2 H 0 SSS	72	79	61	92	122	37	30	FR7	237*591*257
NXS 0087	5 A 2 H 0 SSS	87	96	72	108	144	45	37	FR7	237*591*257
NXS 0105	5 A 2 H 0 SSS	105	116	87	131	174	55	45	FR7	237*591*257
NXS 0140	5 A 2 H 0 SSS	140	154	105	158	210	75	55	FR8	291*758*344
NXS 0168	5 A 2 H 0 SSS	170	187	140	210	280	90	75	FR8	291*758*344
NXS 0205	5 A 2 H 0 SSS	205	226	170	255	336	110	90	FR8	291*758*344
NXS 0261	5 A 2 H 0 SSS	261	287	205	308	349	132	110	FR9	480*1150*362
NXS 0300	5 A 2 H 0 SSS	300	330	245	368	444	160	132	FR9	480*1150*362

Tämän jälkeen katsottiin FR6 runkoon ja moottorin akselitehon perusteella Vacon NXS koodi. Koodin avulla saatiin taajuusmuuttajan tilantarve. (Kuva 6.) Ensin selvitettiin laitteiden tyypit, jonka jälkeen saatiin selville laitteiden mitat.

Tyyppi	Mitat [mm]				
	A	A ₂	B	C	D
0004–0012 NXS2 0003–0012 NX_5	20		20	100	50
0017–0031 NXS2 0016–0031 NX_5	20		20	120	60
0048–0061 NXS2 0038–0061 NX_5 0004–0034 NX_6	30		20	160	80
0075–0114 NXS2 0072–0105 NX_5 0041–0052 NX_6	80		80	300	100
0140–0205 NXS2 0140–0205 NX_5 0062–0100 NX_6	80	150	80	300	200
0261–0300 NXS2 0261–0300 NX_5 0125–0208 NX_6	50		80	400	250 (350**)



- A** = vapaa tila taajuusmuuttajan ympärillä (kts. myös **A₂** ja **B**)
A₂ = puhaltimen vaihdon vaatima vapaa tila (moottorikaapeleita irrottamatta) jommalla kummalla puolella taajuusmuuttajaa
****** = puhaltimen vaihdon vaatima vapaa tila
B = kahden taajuusmuuttajan tai taajuusmuuttajan ja esim. kojeistokaapin välinen etäisyys
C = vapaa tila taajuusmuuttajan yläpuolella
D = vapaa tila taajuusmuuttajan alapuolella

KUVA 6. Taajuusmuuttajien tilantarve (7, s. 36)

Katujakokaappiin tulevista johdoista piti vahva- ja heikkovirtakaapelit erottaa mahdollisimman kauaksi toisiaan. Katujakokaapin syöttö tuodaan vasemmasta alareunasta. Keskellä on varavoimasyötön kojevastake ja sen oikealla puolella moottorikaapelit. Kaikki heikkovirtakaapelit tuodaan katujakokaappiin aivan sen oikeasta alalaidasta. (22.) Näin päästään mahdollisimman vähillä vahva- ja heikkovirtakaapeleiden risteämällä myös keskuksen sisällä.

Kaikille kaapeleille suunniteltiin vedonpoistoholkit. Mikäli katujakokaappi asennetaan suoraan pumppukaivon päälle pitää keskuksen olla mahdollisimman tiivis ja täyttää tiiveysluokka IP34.

Heikkovirtakaapelit tuodaan oikeasta reunasta ja viedään keskuksen yläosaan riviliittimille, jossa ne kytketään niille merkattuihin riviliittimiin. Kenttäriviliittimien vasemmalla puolella on molemmille taajuusmuuttajille omat riviliittimet. Kenttäriviliittimien ja taajuusmuuttajien riviliittimien väliin tulee ristiinkytkentäjohtimet. Kaikkia taajuusmuuttajien riviliittimiä ei johdoteta kenttäriviliittimille. Mikäli pistei-

tä lisätään, on ne helppo kytkeä ylhäällä oleviin taajuusmuuttajien riviliittimiin suoraan.

Laitteet pyrittiin sijoittamaan johdotuksen kannalta loogisesti. Keskuksen syöttö tulee vasemmasta ala-laidasta ja menee suoraan syöttöliittimille. Näiden yläpuolella ovat pääsulakkeet ja energiamittari. Energiamittarin tilantarpeen määrittää sähkölaitos. Energiamittarilta syöttö jatkaa sulakkeille ja tästä sähkönsyöttö haarautuu moneen paikkaan: UPS-laitteelle, taajuusmuuttajille, valaisimelle, jäähdytyspuhaltimelle, lämmittimelle ja kannessa olevalle pistorasialle. Ylimpään kennoon, jossa akku ja UPS-laite sijaitsevat, jätettiin tyhjää tilaa mahdollisesti tarvittavaa isompaa akkua varten. Heikkovirtalaitteet pyrittiin myös sijoittamaan viisaasti johdotusten kannalta, jotta keskus saadaan pysymään mahdollisimman selkeänä. (22.)

Sisempään kotelonkanteen suunniteltiin molemmille taajuusmuuttajille näytöt ja automaatti-, nolla- ja käsikäyttökytkimet merkkivalolla varustettuna. Lisäksi oveen tulee ilmasäleiköt, joiden avulla taajuusmuuttajan lämpötila pyritään kessällä pitämään normaalina. Ylempään säleikköön tulee keskuksen sisäpuolelle poistopuhallin. Keskuksen kanteen lisätään huoltopistorasia.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella automatiikalla varustettu pumppukeskus. Työhön kuului selvittää keskuksiin ja komponentteihin liittyviä määräyksiä ja vaatimuksia sekä suunnitella pumppukeskuksen pääkaavio, piirikaavio ja layout-kuva. Opinnäytetyö tehtiin Ouman Oy infrateknologia -osastolle. Ennen opinnäytetyön tekemistä olin syyslukukauden ajan tuotantopainotteisessa harjoittelussa Oumanilla.

Lähtötiedot opinnäytetyön toteutukselle olivat hyvät. Sain selkeän kuvauksen, siitä, millaisen pumppukeskuksen Ouman tarvitsee. Työn edetessä kuitenkin jotkin määrittelyt muuttuivat. Esimerkiksi taajuusmuuttajia piti saada mahtumaan kaappiin yhden sijasta ainakin kaksi. Tämä huomio tuli konsultilta, jota käytettiin apuna, jotta kysyntä ja tarjonta kohtaisivat.

Lopulta suunnitelmien pohjalta toteutettiin pumppukeskus. Pumppukeskuksen kasauksesta kysyttiin tarjousta kahdelta eri keskusvalmistajalta. Pumppukeskus ei ehtinyt valmistua ennen opinnäytetyön päättymistä, mutta Ouman Oy jatkaa sen testausta ja jatkokehitystä.

Opinnäytetyötä tehdessä opin käyttämään paremmin Cads suunnitteluohjelmistoa ja etsimään paremmin tietoja muun muassa standardeista. Koulussa oli käytetty Cads-suunnitteluohjelmaa, josta oli apua opinnäytetyötä tehdessä. Suunnittelussa apuna oli myös Oumanin työntekijöitä, joilta sain hyviä neuvoja. Lisäksi konsultilta saatiin kommentteja tehdyistä suunnitelmista. Palaute oli rakentavaa.

Työni liittyy kiinteistöautomaation toteuttamiseen, joten halusin tutkia automaatiota eri näkökulmasta. Työ oli mielenkiintoinen ja haastava. Sain tästä paljon eväitä työuralleni.

LÄHTEET

1. Ouman Oy. Saatavissa: <http://www.ouman.fi/fi/yhtio/>. Hakupäivä 20.12.2011.
2. Infra-teknologiat. Saatavissa: <http://www.ouman.fi/fi/infra/>. Hakupäivä 20.12.2011
3. Vesihuollon ohjaus ja etävalvonta. 2010. Saatavissa: http://www.ouman.fi/files/tuote-esitteet/ouman_aqua_esite_print.pdf. Hakupäivä 15.1.2012.
4. SFS-EN 60439-5. 2007. Jakokeskukset. Osa 5: Erityisvaatimukset sähkönjakeluun julkisissa jakeluverkoissa käytettäville keskuksille. Suomen Standardisoimisliitto.
5. SFS-EN 60529 + A1. 2000. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). Suomen Standardisoimisliitto.
6. SFS-EN 60439-1. 2005. Jakokeskukset. Osa 1: Tyypitettattujen ja osittain tyypitettattujen keskusten vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto.
7. Vacon NX käyttöohje. 2007. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463421&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=UD00712S>. Hakupäivä 21.2.2012.
8. Vältä ylijännitteiden aiheuttamilta korjaus- ja uusimiskustannuksilta. 2006. Saatavissa: http://www.phoenixcontact.fi/local_content_pdf/pdf_fin/Update4_2_2006_fin_al_version.pdf. Hakupäivä 9.2.2012.
9. Käyttöohje NX taajuusmuuttajat. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463570&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=UD00708H>. Hakupäivä 22.1.2012.
10. Modbus Organization Joins the Wireless Cooperation Team. 2012. Saatavissa: <http://www.modbus.org>. Hakupäivä 23.1.2012.

11. Vacon NXS IP54 - 2.2kW 400V - AC Inverter Drive Speed Controller. Saatavissa: <http://www.inverterdrive.com/group/AC-Inverter-Drives-400V/Vacon-NXS-0007-5A5H1-SSSA1A3-2200W-400V-IP54/default.aspx>. Hakupäivä 23.1.2012.
12. Kompakti laseranturi etäisyydenmittaukseen. Saatavissa: http://www.auser.fi/?mag_nr=3&group=00000356. Hakupäivä 24.2.2012.
13. Perkiö, Ate 2012. Konsultti, Rooper Ky. Suunnittelupalaveri 12.1.2012.
14. Toivanen, Jukka 2010. Taajuusmuuttajan pumppausominaisuudet käyttökustannusten minimointi. Saatavissa: http://www.lut.fi/fi/energiatehokkuuspaivat/program/Documents/06_Tolvanen_Jukka.pdf. Hakupäivä 9.2.2012.
15. Vacon NXS monipuolinen ratkaisu luotettavaan prosessin säätöön. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/File.aspx?id=463297&ext=pdf&routing=396771&webid=396774&name=BC00161D>. Hakupäivä 22.1.2012.
16. C-käyrä, Schneider electric. Saatavissa: <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductGroup.aspx?groupid=33039&navid=24962&navoption=1>. Hakupäivä 20.2.2012.
17. Pihlavirta, Sakari 2009. Pienjänniteasennusten maadoitukset. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9770/Pihlavirta.Sakari.pdf?sequence=2>. Hakupäivä 16.2.2012.
18. GSM-modeemi ilman GSM-liittymää. Saatavissa: http://www.ouman.fi/files/datasheetit/gsmmod4_kykenta_ja_kayttoohje.pdf. Hakupäivä 23.1.2012.
19. Sierra Wireless AirLink™ Raven XE. 2012. Saatavissa: http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirLink/Configurable_Intelligent_Gateways/AirLink_Raven_XE.aspx. Hakupäivä 9.2.2012.

20. Katujakokaapin pääkaavio. 2012. Sisäinen dokumentti. Ouman Oy.

21. Katujakokaapin piirikaavio. 2012. Sisäinen dokumentti. Ouman Oy.

22. Katujakokaapin layout. 2012. Sisäinen dokumentti. Ouman Oy.