



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Nico Korhonen

Kaukojäähdytysjärjestelmän toimintavarmuuden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

1.4.2019

Tekijä Otsikko	Nico Korhonen Kaukojäähdytysjärjestelmän toimintavarmuuden parantaminen
Sivumäärä Aika	26 sivua 1.4.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Timo Kasurinen Huoltopäällikkö Juha Kananen
Tämän työn tarkoituksena oli parantaa asiakasyrityksen kaukojäähdytysjärjestelmän toimintavarmuutta. Työ tilattiin, koska järjestelmässä oli ollut toimintahäiriö, jonka johdosta järjestelmä ei kyennyt normaaliin toimintaan. Työssä käytiin läpi järjestelmän puutteet ja tehtiin suunnitelma vaadittavista toimenpiteistä, jotta järjestelmästä tulisi toimintavarmempi. Järjestelmään tehtiin suunnitellut muutokset, joita olivat mm. tiedonsiirtotavan päivittäminen nykyaikaan, laitteiden päivittäminen uudempiin, sekä ohjelmalliset muutokset järjestelmän toimintoihin. Lisäksi järjestelmän valvontaa parannettiin varmentamalla hälytysten käsittelyä. Tehtyjen muutosten vaikutus testattiin aiheuttamalla tarkoituksella erilaisia vikatilanteita jäähdytysjärjestelmään ja seurattiin, miten järjestelmä toimii vikatilanteissa. Järjestelmä suoriutui kaikista aiheutetuista vikatilanteista, eikä sellaista vikatilannetta aiheutunut, että lähtötilanteen häiriötilanne olisi toistunut. Hälytykset välittyivät huoltohenkilökunnan tietoon kaikissa tilanteissa. Testauksen tulokset osoittivat muutosten parantaneen järjestelmän toimintavarmuutta ja kykyä suoriutua häiriötilanteista ilman huoltohenkilökunnan välitöntä reagointia. Testit osoittivat myös hälytysten käsittelyn luotettavuuden parantuneen.	
Avainsanat	rakennusautomaatio, kaukojäähdytys, Trend

Author Title	Nico Korhonen Improving Operational Reliability of a District Cooling System
Number of Pages Date	26 pages 1 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Technology
Instructors	Juha Kananen, Service Manager Timo Kasurinen, Senior Lecturer
The purpose of this thesis work was to improve operational reliability of the district cooling system of the commissioner. The work was commissioned because the system had a failure and was unable to operate normally. In this work cooling system was checked for faults. All faults were listed and a plan was made for solving these faults. The system was upgraded according to the plan. Hardware was upgraded with modern devices, data communication was changed so that it is more reliable and software was updated. In addition, system monitoring was upgraded with changes for alarm handling. The system was tested with simulated faults in different parts of the system. The system succeeded in all parts of testing. Failure of the initial situation did not recur. In all situations alarms were transmitted to service personnel. Tests proved that upgrades had improved operational reliability of system and it could operate more independently in failure situation. During the tests, alarm handling worked as was planned.	
Keywords	Building Automation, District Cooling System, Trend

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kaukokylmä	2
3	Rakennusautomaatio	4
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmä	4
3.2	Käytettävät väylät	6
4	Asiakasyrityksen kaukokylmäkeskus	10
5	Järjestelmän analysointi ennen muutoksia	15
5.1	Tapahtumat häiriötilanteessa	15
5.2	Järjestelmän puutteiden selvittäminen	15
5.3	Ehdotukset toimintavarmuuden parantamiseksi	16
6	Parannusehdotusten toteutus	18
6.1	Valvomo	18
6.2	Pumppujen tilatietoreleet	18
6.3	Ethernet-väylään liittäminen	19
6.4	Kriittisten hälytysten valvonta	21
6.5	Hätäjäähdytyksen käynnistys toisiopiirin menoveden lämpötilasta	21
6.6	Hätäjäähdytyksen testaustoiminto	22
7	Toimintojen testaus	23
7.1	Pumppujen luvaton pysähtyminen	23
7.2	Sähkökatko valvonta-alakeskukselle	23
7.3	Hätäjäähdytyksen testaus	24
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liite 1. Kaukojäähdytysjärjestelmän testauspöytäkirja	

Lyhenteet

AK	Alakeskus
FV	Flow Valve, venttiili
IO	Input / Output, tulo / lähtö
LAN	Local Areal Network, paikallisverkko
LS	Lämmönsiirrin
PDIE	Pressure Difference Indicating Emitter, paine-ero lähetin näytöllä
PU	Pumppu
RAU	Rakennusautomaatio
TE	Temperature Emitter, lämpötila-lähetin
VAK	Valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Insinööritö toteutetaan osana Assemblin Oy:n asiakastilausta. Asiakkaan tietoja ei mainita tietoturvasyistä.

Assemblin on täyden palvelun talotekniikkayritys. Assemblin tarjoaa putki-, ilmanvaihto-, sähkö-, energia- ja automaatiopalveluita. Palveluihin kuuluu asennus, huolto, projektinhoito, suunnittelu ja käyttöönotto uudisrakentamisessa sekä saneerauksissa.

Työn tavoitteena on parantaa asiakasyrityksen kaukojäähdytysjärjestelmän toimintavarmuutta. Työ tilattiin, koska jäähdytysjärjestelmässä oli tapahtunut häiriö, jonka johdosta tarvittava jäähdytys oli hetkellisesti pois käytöstä. Lisäksi tapahtuneesta häiriöstä ei välittynyt suunnitellun mukaista hälytystä valvontakeskukseen.

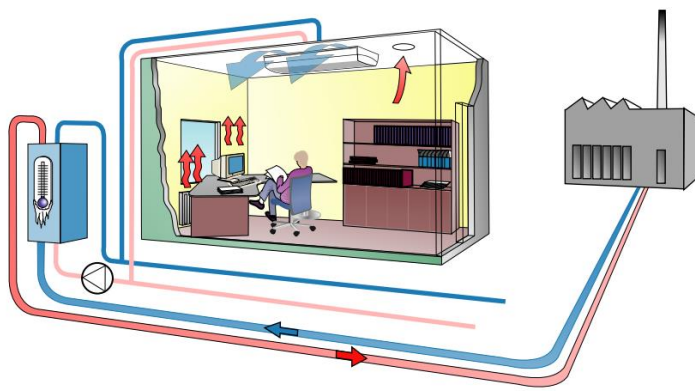
Tapahtuneen häiriön ja hälytysten siirtymättömyyden suurin aiheuttaja oli tiedonsiirron katkeaminen. Tässä työssä on tavoitteena löytää ratkaisu tiedonsiirtohäiriöiden minimoimiseen ja lisätä tarvittavat varotoiminnot, jotta järjestelmä pystyy toimimaan väliaikaisesti ilman toimivaa tiedonsiirtoa. Hälytysten jälleenantoa pyritään varmentamaan ja järjestelmään lisätään hätäjäähdytyksen testaustoiminto.

Jäähdytysjärjestelmän toimivuus on tärkeää, sillä jäähdytettävät tilat ovat konesaleja ja laitetiloja, joiden lämpökuormat ovat suuria ja tiloissa olevien laitteiden toiminnot asiakkaan järjestelmille kriittisiä.

Työssä keskitytään kaukojäähdytysjärjestelmään, siihen liittyviin ohjauskeskuksiin, kenttäväyliin ja valvomoon. Työssä käydään myös läpi kiinteistön koko rakennusautomaatiojärjestelmää yleisellä tasolla sekä kaukokylmäntuotannon perusteita.

2 Kaukokylmä

Kaukokylmän (myös kaukojäähdytys) periaate on samanlainen kuin kaukolämmölläkin. Kaukokylmä tuotetaan keskitetysti energiayhtiöiden tuotantolaitoksissa, joista se siirretään asiakkaiden käyttöön jakeluverkostossa veden avulla. Kylmä vesi siirretään asiakkaan kiinteistöön, jossa kylmäenergia siirtyy lämmönsiirtimen välityksellä kiinteistön omaan jäähdytysverkostoon. Verkostossa olevat jäähdytyslaitteet poistavat lämpöä kiinteistön tiloista kaukokylmäverkkoon. [1.] Kuvassa 1 on havainnollistettu kaukokylmän periaate. Sininen kuvaa kylmän siirtymistä kiinteistöön ja punainen lämmön siirtymistä tuotantolaitokselle.



Kuva 1. Kaukokylmän jakelu. [3, s. 24.]

Kaukokylmän hyötyjä ovat mm. kilpailukykyinen hinta, vähäinen huollon tarve, pienempi tilantarve, ympäristöystävällisyys, eikä ympäristölle aiheudu meluhaittaa toisin kuin kiinteistökohtaisilla jäähdytyslaitteilla. [1.]

Kaukokylmän tuotanto

Kaukokylmää tuotetaan eri menetelmillä riippuen vuodenajasta ja tuotantolaitoksen käytössä olevista järjestelmistä. Talvella kaukokylmä tuotetaan suurimmaksi osaksi käyttäen vapaajäähdytystä, jonka energia otetaan vesistöistä ja kylmästä ulkoilmasta. Kesällä yleisin tapa tuottaa kaukokylmää on lämpöpumput. Muita vähemmän käytettyjä tuotantotapoja ovat kompressorijäähdytys ja absorptiolämpöpumput. [2.]

Kaukokylmän käyttö

Kaukokylmä on vasta 2000-luvulla yleistynyt jäähdytystapa. Kaukokylmää käytetään mm. julkisissa kiinteistöissä, toimistorakennuksissa ja vastaavissa kiinteistöissä, joiden käyttö on usein kaupallista ja sisäilmanlaatu oltava korkeaa. Kaukokylmän käyttö on yleistymässä myös asuinrakennusten jäähdytyksessä. [2.]

Sisäilman laadun eli mm. mukavan ja terveydelle sopivan lämpötilan, ylläpitämisen lisäksi kaukokylmällä jäähdytetään myös laittiloja ja konesaleja, joiden lämpökuormat ovat suuria. Pääsääntöisesti laittilojen laitteiden toiminnot ovat tärkeitä, ja niiden on pystyttävä toimimaan katkoksetta. Laittilojen laitteet ylläpitävät tietoliikenneverkostoja ja palvelimia. Laitteiden toimintalämpötilat on pysyttävä riittävän alhaisina, jotta niiden toiminta ja käyttöikä säilyvät suunnitellun mukaisina.

Häiriöt kaukokylmän jakelussa

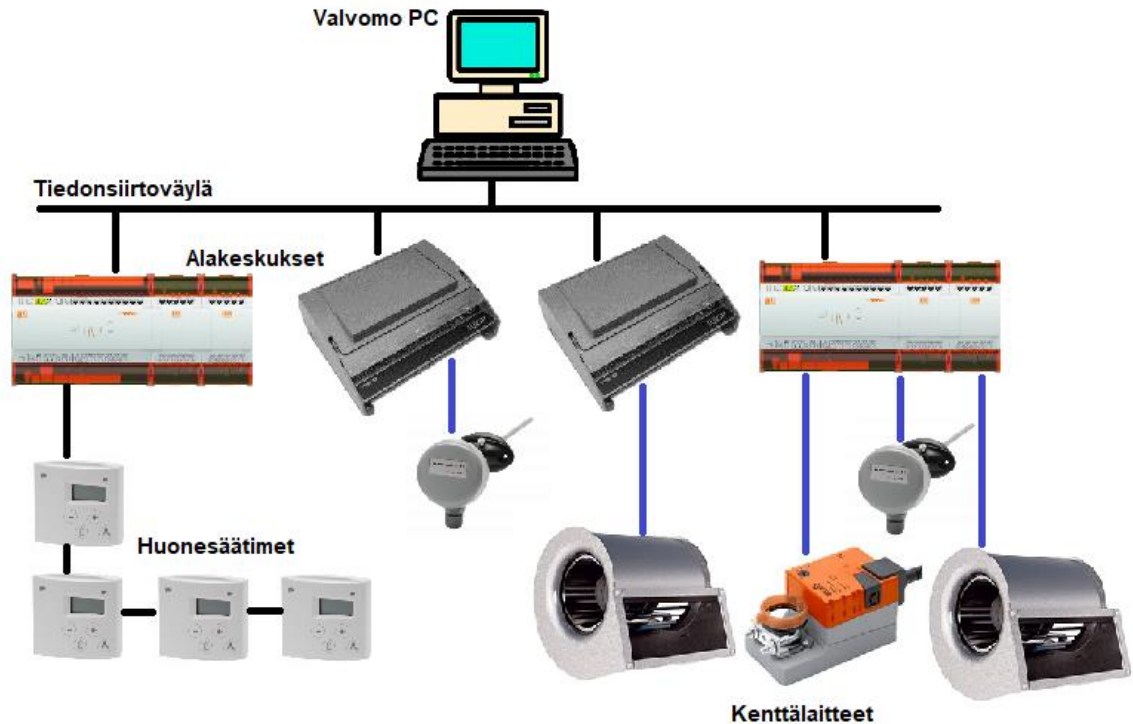
On mahdollista, että kaukokylmän jakeluun tulee häiriöitä, esimerkiksi jos tuotantolaitokseen tulee häiriö eikä kaukokylmän jäähdytysveden lämpötilaa pystytä pitämään tarpeeksi alhaisena tai jäähdytysverkoston paine ja virtaus laskevat. Vika voi myös olla putkistossa tuotantolaitoksen ja jäähdytettävän kiinteistön välillä. Jos kaukokylmän jakelussa ilmenee häiriö, kiinteistön jäähdytysjärjestelmä ei kykene siirtämään jäähdytysenergiaa kiinteistön jäähdytysverkostoon.

Kun jäähdytystä käytetään kriittisten toimintojen jäähdyttämiseen, on häiriöiden varalta oltava vaihtoehtoinen jäähdytystapa. Tähän työhön liittyen käytössä on hätäjäähdytys, joka hyödyntää kylmää vesijohtovettä sekä hätäjäähdytystä varten lisättyä ylimääräistä lämmönsiirintä.

3 Rakennusautomaatio

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu valvomosta, alakeskuksista, huonesäätölaitteista ja kenttälaitteista. Kuvassa 2 on havainnollistettu rakennusautomaatiojärjestelmän tärkeimmät osa-alueet ja hierarkia.



Kuva 2. Rakennusautomaatiojärjestelmä havainnekuva.

Alakeskukset ja VAK

VAK eli valvonta-alakeskus tarkoittaa yleensä kytkentäkaappiin rakennettua yksikköä, jonka sisällä on yksi tai useampi alakeskus. Alakeskuksen toimintaperiaate on samanlainen kuin ohjelmoitavan logiikan. Alakeskus on täysin ohjelmoitavissa ja siihen voidaan kytkeä toimilaitteita, IO-kortteja ja väylälaitteita. VAK sisältää yleensä alakeskuksen lisäksi riviliittimiä, johdonsuojakatkaisijoita, releitä, johtokouruja sekä muuntajan, joka muuntaa 230 V:n jännitteen kenttälaitteille sopivaksi 24 V:n jännitteeksi.

Alakeskukset ovat yleensä rakennusautomaatiojärjestelmän ydin. Ne indikoivat, mittaavat, ohjaavat ja säättävät kenttälaitteiden avulla erilaisia järjestelmiä. Yleisimmät järjestelmät, joita alakeskuksien avulla ohjataan ovat ilmastointikoneet ja lämmönjakojärjestelmä. Näiden lisäksi ohjataan myös mm. valaistusta, jäähdytyskoneita ja huonesäätimien avulla yksittäisten huoneiden olosuhteita.

Yleensä alakeskuksen IO-pisteisiin kytketään suoraan toimilaitteet, kuten venttiilien toimilaitteet, puhaltimien säätölaitteet, mittalaitteet mm. lämpötila- ja painemittaukset, sekä eri laitteiden tilatiedot. Alakeskuksiin suoraan liittämisen lisäksi laitteita voidaan ohjata tiedonsiirtoväylää käyttäen. Yleisimmin väyläohjattuja laitteita ovat taajuusmuuttajat ja huonesäätimet. Yksi huonesäädin ohjaa usein vain yhden huoneen säätöjä, ja tämän huoneen toimilaitteet on kytketty kyseiseen huonesäätimeen. Huonesäädin siirtää tiedot alakeskukselle ja valvomo lukee sekä kirjoittaa tiedot alakeskuksen kautta.

Asiakkaan automaatiojärjestelmä on toteutettu Trend Control Systems -valmistajan (myöhemmin Trend) tuotteilla. Automaatiojärjestelmä koostuu pääosin vanhoista IQ2xx-sarjan alakeskuksista, mutta tämän työn kannalta merkittävät laitteet ovat uudemman sukupolven IQ4xx-sarjan alakeskuksia. Trendin järjestelmässä on mahdollista yhdistää yli 30 vuotta vanhoja ensimmäisen sukupolven laitteita samaan järjestelmään nykyaikaisten laitteiden kanssa.

Valvomo

Valvomo on tärkeä osa rakennusautomaatiojärjestelmää sen käytettävyyden ja huollettavuuden kannalta. Valvomosta tarkkaillaan ja säädetään jokaista järjestelmän osa-aluetta. Valvomo myös välittää jatkohälytykset ja kerää historiatietoja jokaisesta määritelmästä pisteestä.

Valvomosta voidaan tarkastella ja muuttaa säätöjen asetusarvoja, tarkastella säädettäviä suureita ja käsiohjata oleellisia toimintoja, kuten ilmanvaihtokoneen puhaltimia, lämmitysjärjestelmän pumppuja ja venttiileitä. Valvomo helpottaa huomattavasti järjestelmän ylläpitoa, kun voidaan suoraan tarkastella kokonaista järjestelmää yhdellä silmäyksellä.

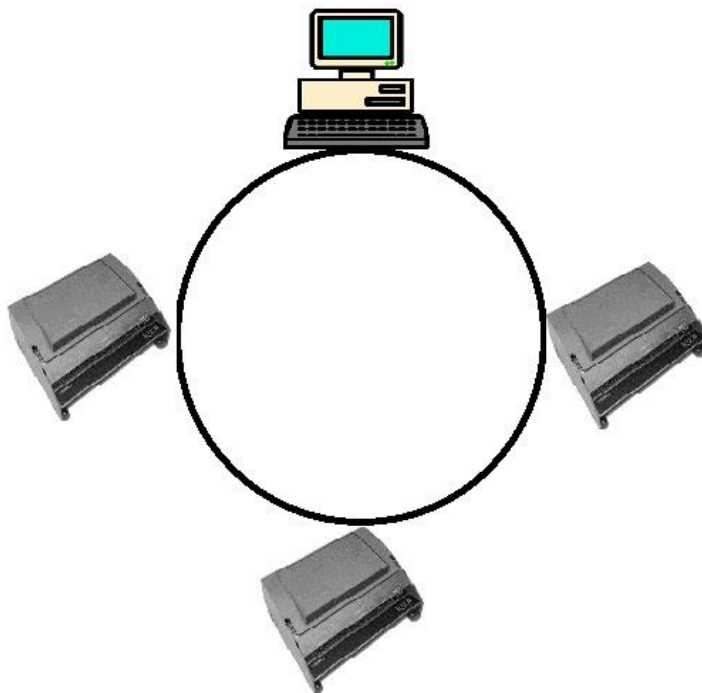
Valvomon ja alakeskusten välinen tiedonsiirto on toteutettu Trendin järjestelmissä siten, että valitaan järjestelmästä yksi alakeskus, jonka kautta järjestelmän tiedonsiirto kulkee valvomoon. Jos tämä alakeskus vioittuu, myöskään valvomon tiedonsiirto ei toimi.

3.2 Käytettävät väylät

Tässä työssä käytettävät väylätyypit ovat Trend LAN -virtasilmukaväylä ja Trend Ethernet.

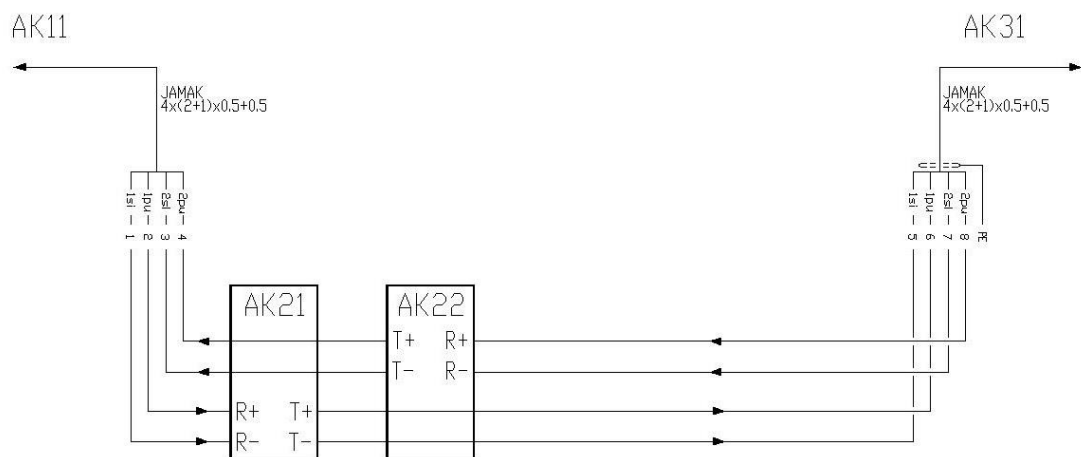
Trend LAN -virtasilmukaväylä

Trend LAN -virtasilmukaväylä on vikaherkkä väylä johtuen siitä, että väyläkaapeloinnin on jatkuttava koko matkaltaan jokaisen laitteen ja liitoksen kohdalta tai yksikään laite ei keskustele keskenään. Kuvassa 3 havainnollistetaan laitteiden sijoittaminen silmukan muotoiseen väylään.



Kuva 3. Valvomo ja alakeskukset virtasilmukaväylässä.

Jokaiselta laitteelta lähtee virtaviesti kahdella johtimella TX+ ja TX- (Transfer). Laite vastaanottaa edelliseltä laitteelta virtaviestiä, joka saapuu myös kahta johdinta pitkin RX+ ja RX- (Receive). Kun virtasilmukaväylä on kiertänyt jokaisen laitteen kautta ilman oksia, se palaa ensimmäisen laitteen RX-liittimiin. Väylän on oltava jokaisen laitteen väliltä yhtenäinen, jotta tiedonsiirto toimii. Jokaisella laitteella on merkkivalot, jotka indikoivat, että dataa on lähetetty tai vastaanotettu. [4, s. 28.] Kuvassa 4 on havainnollistettu virtasilmukaväylän periaate ja laitteiden kytkentä väylään.



Kuva 4. Trend LAN virtasilmukaväyläperiaate.

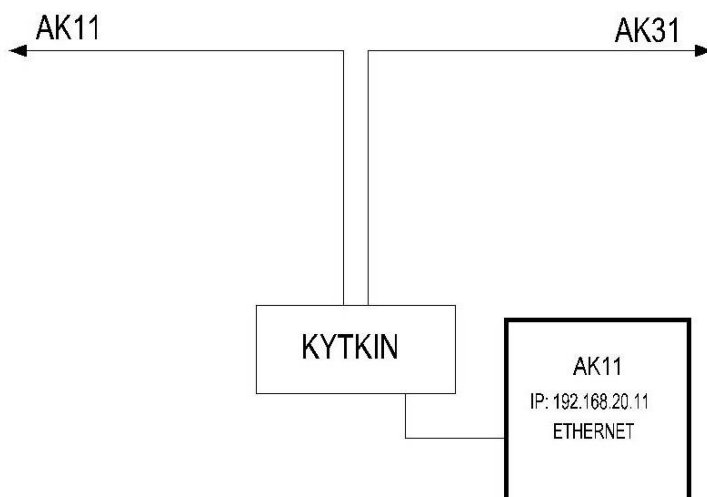
Virtasilmukaväylässä data kulkee jokaisen laitteen läpi, kunnes oikea laite löydetään. Virtasignaali vaihtelee 0–20 mA:n välillä. Jos väylän yhdessäkin kohdassa on katkos, väylään ei voi syntyä virtaa, eikä viesti liiku väylässä. [4, s. 27.]

Jos väylässä oleva laite vioittuu ja menee sähköttömäksi, sen sisäänrakennetut kosketimet sulkeutuvat, mikä mahdollistaa väylän säilymisen ehjänä vioittuneesta laitteesta huolimatta. Jos laite vikaantuu, mutta ei mene täysin sähköttömäksi, saattaa se aiheuttaa virtasilmukaväylään häiriöitä, kuten väylän jatkuvaa katkeilua tai vikaviestejä niin paljon, että muu tietoliikenne tukkeutuu.

Laitteille annetaan yksilölliset osoitteet. Vanhoissa IQ2xx-sarjan laitteissa osoite asetaan laitteessa olevalla DIP-kytkimellä. Uusissa laitteissa osoite annetaan ohjelmallisesti. Sallittuja osoitteita ovat 11 - 119. [5; 6.]

Trend Ethernet

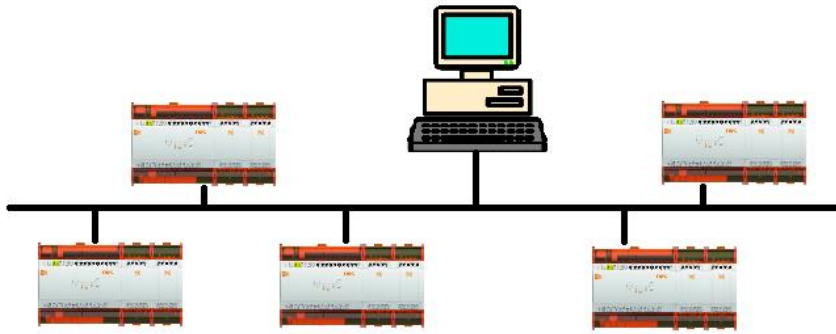
Trend Ethernet väylä toimii lähiverkossa. Tämä väylätyyppi on huomattavasti vikasietoisempi kuin virtasilmukaväylä. Jos Ethernet väylästä irrottaa laitteen, muiden laitteiden kommunikointi ei kaadu siihen, vaan pelkästään irrotettu laite katoaa verkosta. Kuvassa 5 on kytketty kytkimen avulla kolme alakeskusta Ethernet-verkkoon.



Kuva 5. Ethernetin väyläperiaate.

Yleisin kaapelointi, jota käytetään Ethernet-verkoissa, on kierretty parikaapeli (CAT6). Laitteet kytketään CAT6-kaapeleilla yhteiseen sisäverkkoon käyttäen yhtä tai useampaa kytkintä. Jokaisella laitteella on oma IP-osoite, eikä verkossa saa olla päällekkäisiä osoitteita. Laitteille annetaan IP-osoitteen lisäksi myös ohjelmallinen Trend-järjestelmän osoite, joka koostuu verkon osoitteesta ja laitteen osoitteesta.

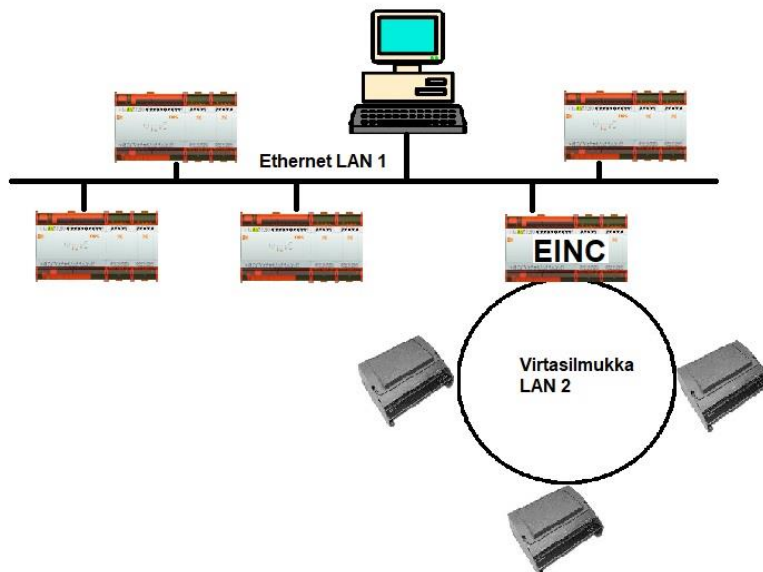
Sallitut osoitteet ovat 11 - 119. Esimerkiksi AK11 osoite voisi olla "L03N11" (L=LAN, eli verkko ja N=Node, eli "solmu"). Tämän osoitteen tarkoituksena on, että kaikilla Trend-järjestelmän laitteilla on yhteinen osoitetyyppi väylätyypistä huolimatta. Kuvassa 6 on liitetty Ethernet-verkkoon neljä alakeskusta ja valvomo PC. Jokaisella laitteella on yksilöllinen osoite.



Kuva 6. Valvomo ja alakeskukset Trend Ethernet -verkossa.

EINC

EINC eli Ethernet Internetwork Node Controller on Trendin tarjoama laite, joka yhdistää Trend LAN -virtasilmukaväylän ja Ethernet-väylän. Kuvassa 7 on havainnollistettu, miten EINC yhdistää Ethernet-väylän ja virtasilmukaväylän yhdeksi kokonaisuudeksi.



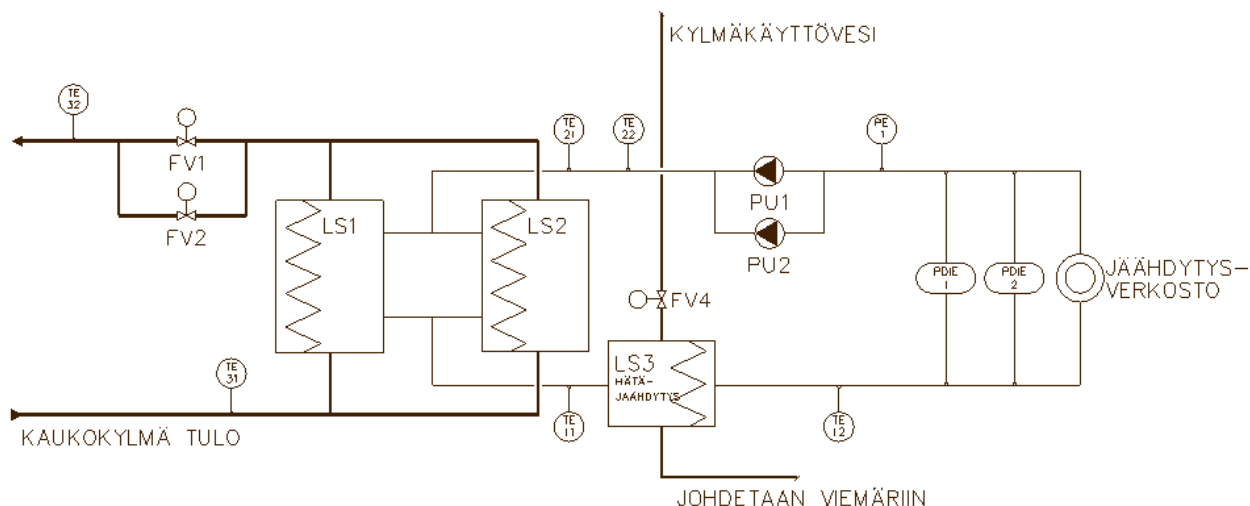
Kuva 7. EINC havainnekuva.

4 Asiakasyrityksen kaukokylmäkeskus

Asiakkaan käytössä oleva kaukojäähdytysjärjestelmä on pääpiirteittäin hyvin tavanomainen. Se sisältää lämmönvaihtimet, säätöventtiilit toimilaitteineen, anturoinnin, pumput ja yhden jäähdytysverkoston. Erikoisuutena tässä järjestelmässä on lisänä hätäjäähdytys. Se koostuu yhdestä ylimääräisestä lämmönsiirtimestä ja säätöventtiilistä. Hätäjäähdytys ei käytä kaukokylmää, vaan jäähdyttämiseen käytetään kylmää käyttövettä.

Jäähdytysjärjestelmää on varmennettu kahdentamalla tärkeimmät toiminnot. Järjestelmää ohjaa kaksi alakeskusta (VAK1 ja VAK2). Järjestelmässä on kahdennetusti pumput (PU1 ja PU2), lämmönsiirtimet (LS1 ja LS2), piirin paine-erolähtetimet (PDIE1 ja PDIE2), sekä lämpötilalähtetimet menovedessä (TE11 ja TE12) ja paluuviedessä (TE21 ja TE22). Venttiileitä on myös kaksi kappaletta (FV1 ja FV2), mutta niitä ohjataan sarjassa, eikä niitä varsinaisesti ole kahdennettu. Kuvassa 8 on havainnollistettu jäähdytysjärjestelmä ja sen sisältämät laitteet.

Toimilaitteet on jaettu puoliksi VAK1:lle ja VAK2:lle. VAK1 ohjaa pumppua PU1 ja venttiiliä FV1. Mittalaitteet TE11, TE21 ja PDIE1 on kytketty VAK1:lle. Vastaavasti PU2, FV2, TE12, TE22 ja PDIE2 on VAK2:een kytketty. Hätäjäähdytykseen liittyviä toimilaitteita on vain yhden, ja ne ovat VAK1:n ohjauksessa.



Kuva 8. Asiakkaan jäähdytysjärjestelmän PI-kaavio.

Seuraavassa selostetaan järjestelmän toiminta ennen tehtyjä muutoksia.

Paineensäätö

Jäähdytysverkoston yli olevaa paine-eroa säädetään taajuusmuuttajaohjatuilla pumppuilla. Pumppuja on tässä järjestelmässä kaksi rinnakkain, ja normaalitilanteessa niistä käy vain toinen. Pumput vuorottelevat käyntivuoroa asetetun ajan välein (1 kk). Vuorottelulla pyritään pidentämään pumppujen käyttöikää ja vähentämään huollon tarvetta. Lisäksi toista pumppua voidaan huoltaa pysäyttämättä prosessia. Jäähdytyspiirin paine-eroa säädetään pitämällä paine-erolähtetimen mittaus asetusarvossa säätämällä pumppun pyörimisnopeutta. Säätimenä toimii PID-säädin. Kun käyntivuoro on pumpulla PU1, käytetään säädössä PDIE1:n mittausta.

Lämpötilansäätö

Lämpötila pidetään asetusarvossaan lämpötilalähtetimien TE11 ja TE12 mittauksien perusteella säätämällä sarjassa venttiileitä FV1 ja FV2 sekä hätätapauksessa hätäjäähdytyksen venttiiliä FV4. Venttiilit FV1 ja FV2 säätelevät kaukojäähdytysveden virtausta lämmönvaihtimissa. FV1 on lämpötilasäädön säätöporras 1 eli tarvittaessa venttiili ajetaan 100 % auki. Mikäli säätöportaalla 1 ei saavuteta asetusarvoa, säätöportaassa 2 säädetään venttiilillä FV2 menoveden lämpötila asetusarvoon. Säätimenä toimii PID-säädin.

Varotoiminnot

Jos toinen pumpuista pysähtyy luvatta, esimerkiksi vikaantumisen johdosta, ohjataan levossa oleva pumppu käyntivuoroon. Kun pysähtynyt pumppu saadaan takaisin käyttöön, palataan takaisin normaaliin vuoroon. Toisen pumpuista on oltava käynnissä aina.

Jos kaukojäähdytyksen tuloveden lämpötila nousee yli asetetun raja-arvon (15 °C), ohjataan hätäjäähdytys käyntiin. Hätäjäähdytystoiminto sulkee venttiilit FV1 ja FV2, jotta liian lämmin tulovesi ei alkaisi lämmittämään piiriä. FV1 pidetään kuitenkin 30 % auki, jotta nähdään, milloin kaukokylmän lämpötila laskee ja voidaan palata normaalitilaan. Hätäjäähdytyksessä säädetään venttiiliä FV4 lämpötila-anturin TE12 mittauksen mukaan. Hätäjäähdytyksen säädölle on ohjelmoitu oma PID-säädin.

Hätäjäähdytystä varten lisätyllä lämmönsiirtimellä LS3 siirretään kylmän käyttöveden jäähdytysenergiaa jäähdytysverkkoon. Lämmönsiirtimeltä kylmä käyttövesi ohjataan viemäriin.

Alakeskuksien sähkönsyötöt tulevat eri sähköpääkeskuksista. Jos toiseen alakeskukseen tulee sähkökatkos, saa toinen alakeskus siitä tiedon ja ottaa säädöt hoitaakseen.

Hälytykset

Jäähdytysjärjestelmästä halutaan hälytystieto valvomoon, jos jokin mittausta tai tilatieto poikkeaa toivotusta. Tärkeimmät hälytykset ovat: toisiopiiriin, eli jäähdytysverkkoon menevän veden lämpötilan yläraja, verkoston yli olevan paine-eron alaraja, verkoston paineen ala- ja yläraja, pumppujen luvaton pysähtyminen ja hätäjäähdytyksen käynnistytminen.

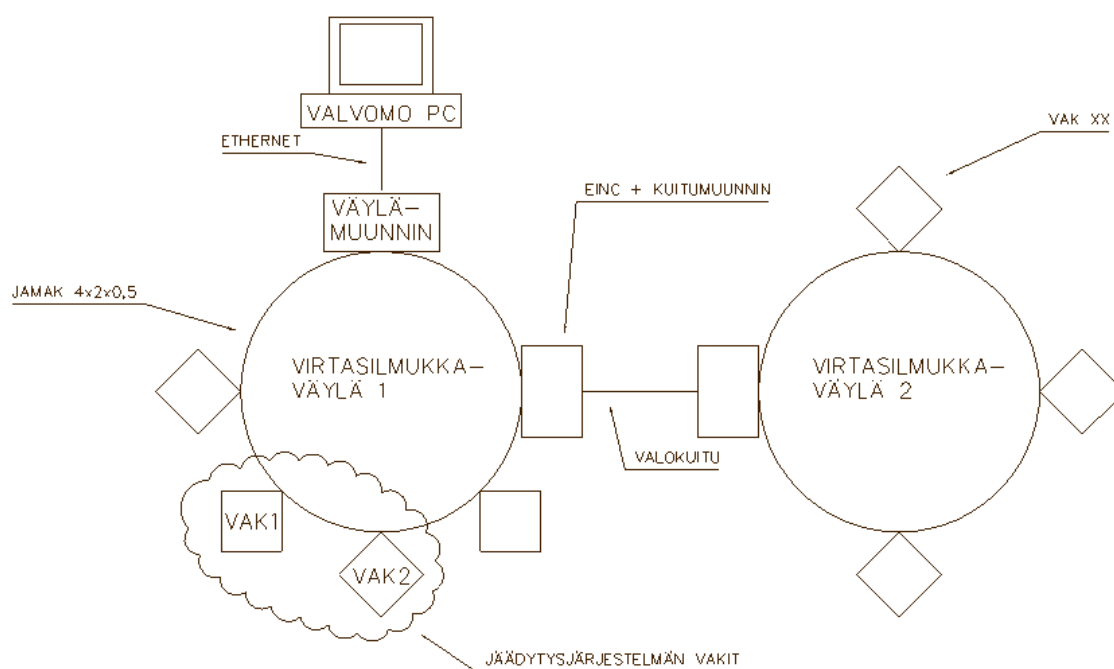
Asiakkaalla on käytössä hälytysten käsittelyjärjestelmä, johon voidaan liittää eri järjestelmistä hälytyksiä monella tavalla. Rakennusautomaatiojärjestelmästä hälytykset ovat liitetty hälytysten käsittelyjärjestelmään karkitietoina eli releiden avulla. Kun automaatiassa on kiireellinen hälytys, ohjataan hälytysrele vetäneeksi, jolloin kärjet sulkeutuvat ja hälytysjärjestelmä saa tiedon hälytyksestä. Hälytysjärjestelmään on ennalta nimetty, että juuri tämä karkitieto tarkoittaa kiireellistä hälytystä RAU-järjestelmässä. Huoltohenkilökunta on ohjeistettu hälytyksen tapahtuessa katsomaan RAU-järjestelmän valvomotietokoneelta hälytyksen tarkemmat tiedot. Hälytysten käsittelyjärjestelmän etuna on se, että huoltohenkilökunta näkee yhdeltä näyttöpäätteeltä kootusti kaikkien kiinteistön järjestelmien hälytykset.

Jokaisen alakeskuksen pisteelle on määritelty hälytysluokat. Kiireelliset hälytykset siirretään hälytysten käsittelyjärjestelmään. Ne siirretään kahdella eri tavalla. Hälytykset siirretään alakeskukselta väylää pitkin valvomoon, jossa kiireellinen hälytys avaa ponnahdusikkunan, jossa lukee hälytyksen tarkemmat tiedot. Valvomoon on ohjelmoitu tapahtuma, joka lähettää tiedon kiireellisestä hälytyksestä alakeskukselle, joka ohjaa hälytysreleen päälle, ja näin hälytysten käsittelyjärjestelmä saa tiedon hälytyksestä ja näyttää sen hälytysnäytöllä. Alakeskuksiin on myös ohjelmoitu samantapainen toiminto, jonka valvomo suorittaa kiireellisen hälytyksen tapahtuessa.

Alakeskukset, joissa hälytys on tapahtunut, lähettävät virtasilmukaväylässä tiedon hälytysrelettä ohjaavalle alakeskukselle kiireellisestä hälytyksestä, jolloin tieto välittyy kahdesta suunnasta hälytysten käsittelyjärjestelmään.

Tiedonsiirtoväylä

Asiakasyrityksen rakennusautomaatiojärjestelmä on suurimmaksi osaksi vanhempaa tekniikkaa. Vanhemmat laitteet käyttävät Trend LAN -virtasilmukaväylää tiedonsiirtoon. Trend tarjoaa uusia laitteita, jotka on mahdollista liittää helposti osaksi virtasilmukaväylää. Jäähdytysjärjestelmää ohjaavat alakeskukset on liitetty vanhaan väylään. nämä kaksi alakeskusta siirtävät väylän kautta tärkeää tietoa keskenään, sekä hälytykset siirretään virtasilmukaväylää pitkin vanhojen laitteiden kautta valvomoon. Kuvassa 9 on havainnollistettu asiakkaan rakennusautomaatioväylän rakenne, ennen muutoksia.



Kuva 9. Alkuperäinen väylärakenne.

Jäähdytysjärjestelmän alakeskukset ovat virtasilmukaväylässä 1. Jos väylä katkeaa yhdestäkin kohtaan, alakeskukset eivät kommunikoi keskenään, eikä tiedot siirry valvomoon. Lisäksi valvomon tiedonsiirto kulkee virtasilmukaväylässä 1 olevan väylämuuntimen kautta, joka vaatii toimiakseen ehjän väylän. Kun virtasilmukka 1 on poikki, virtasilmukka 2 ei pysty lähettämään valvomoon tietoa, vaikka se olisikin ehjä ja sen laitteet keskustelisivat keskenään.

Kahden virtasilmukaväylän välillä on EINC-laitteet, kuitumuuntimet ja valokuitua. Kahden virtasilmukaväylän yhdistämiseen on olemassa muitakin ratkaisuja tai laitteet voisivat olla yhdessä väylässä, kunhan laitteiden sallittu enimmäismäärä ei ylittyisi. Tässä tapauksessa laitteet on jaettu kahteen väylään syystä. Toisen väylän laitteet sijaitsevat häiriösuojatulla alueella, joten tilaan ei voi tuoda perinteisellä tavalla kuparijohtimia. Tiedonsiirtoratkaisuksi on valittu tämän takia valokuitu.

5 Järjestelmän analysointi ennen muutoksia

5.1 Tapahtumat häiriötilanteessa

Järjestelmässä tapahtunut häiriötilanne johtui pääosin Trend LAN -virtasilmukaväylän toimintahäiriöstä. Järjestelmän pysähtyminen sai alkunsa pumppujen ajoitetusta vuoronvaihdosta. Pumppujen vuoronvaihto tapahtui siten, että VAK1 luovutti hallinnoimansa pumpun PU1 käyntivuoron VAK2:lle ja tämän hallinnoimalle pumpulle PU2. Koska tiedonsiirto oli poikki, VAK2 ei saanut tietoa vuoronvaihdosta, eikä VAK1 saanut tietoa siitä, että pumppu PU2 ei käynnistynyt. Tästä johtuen molemmat pumput jäivät pysähtyneiksi, eikä jäähdytysverkossa kiertänyt vesi. Koska virtasilmukaväylä oli poikki, hälytystiedotkaan eivät välittyneet valvomoon.

Jäähdytyspiirin paine-ero putosi käytännössä nolleen, eikä piirissä ollut virtausta, jolloin piirin lämpötila pääsi nousemaan ja laitetilat lämpenemään. Vaikka kaukojäähdytyksen menoveden lämpötila oli riittävän alhainen ja venttiilit olivat 100 % auki, piiriin ei siirtynyt kylmää, koska jäähdytyspiirin vesi ei virrannut piirissä eikä myöskään lämmönsiirtimien lävitse. Hätäjäähdytys ei käynnistynyt, eikä siitä ei olisi ollut mitään hyötyä ilman virtausta toisiopiirissä.

5.2 Järjestelmän puutteiden selvittäminen

Tapahtuneen häiriötilanteen jälkeen jäähdytysjärjestelmään liittyvät toiminnot käytiin huolellisesti läpi.

Valvomotietokone oli jo ikääntynyttä tekniikkaa, eikä pysynyt varmuudella jatkuvasti käynnissä. Valvomon suurin rooli liittyen jäähdytysjärjestelmään on hälytysten välittäminen huoltohenkilökunnalle sekä sen tarjoama mahdollisuus tutkia, mitkä tekijät aiheuttivat hälytyksen ja mihin kellonaikaan.

Valvomon sekä alakeskuksien välinen tiedonsiirto oli toteutettu käyttäen Trend LAN -virtasilmukaväylää. Jos yksikin virtasilmukaväylän johdin irtoaa liittimestä tai katkeaa mistä tahansa kohdasta järjestelmää, tiedonsiirto katkeaa koko väylästä.

Jäähdytysjärjestelmän alakeskukset siirsivät myös pumppujen vuorotteluohjauksen ja käyntitiedon vain väylän kautta. Kun väylä oli vikatilassa, alakeskukset eivät kommunikoineet keskenään. Kun tiedonsiirto ei toiminut ja toinen pumpuista meni vikatilaan, toimivaa pumppua ohjaava alakeskus ei saanut tietoa viasta, eikä voinut ohjata toimivaa pumppua käyntiin.

Virtasilmukkaväylän toimintakatkokset voivat johtua monestakin tekijästä. Väylässä voi olla yksi tai useampi vioittunut laite, joka aiheuttaa häiriöitä väylään ja lopulta koko väylän tiedonsiirto katkeaa, kunnes tehdään toimenpiteitä sen korjaamiseksi. Vika voi aiheutua myös inhimillisestä vahingosta, jolloin esimerkiksi huoltoa suorittava henkilö osuu huomaamattaan virtasilmukkaväylään liitetyn laitteen liittimeen ja liitos pettää, mikä aiheuttaa koko virtasilmukkaväylän katkeamisen. Tällaisissa tapauksissa vianhaku on haastavaa ja aikaa vievää, kun jokainen laite ja liitos joudutaan tutkimaan. Tähän työhön liittyneen tiedonsiirtöhäiriön aiheutti luultavasti vanha väylämuunnin.

Väylän vikaantumisesta johtuen järjestelmän hälytyksetkään eivät siirtyneet valvomoon ja huoltohenkilökunnan tietoon. Hälytykset siirretään virtasilmukkaväylän kautta alakeskukselle, joka ohjaa hälytysreleen päälle.

Järjestelmää läpikäydessä huomattiin, että hätäjäähdytyksen ominaisuudet ovat puutteelliset. Hätäjäähdytys käynnistyi vain kaukojäähdytyksen menoveden lämpötilan nousemisesta. Hätäjäähdytys ei siis käynnistyisi, jos jäähdytyspiirin venttiilitoimilaitteet tai venttiilit vikaantuisivat ja kaukojäähdytysveden virtaus minimoituisi eikä jäähdytysenergiaa siirtyisi toisiopiiriin. Hätäjäähdytykselle haluttiin lisätä myös testaustoiminto, jolla huoltohenkilökunta voisi testata hätäjäähdytyksen toiminnan osana muita huoltorutiinejaan.

5.3 Ehdotukset toimintavarmuuden parantamiseksi

Toimintavarmuuden parantamiseksi valvomotietokone on vaihdettava täysin uuteen. Vaihtoehtoina on perinteinen pöytätietokone tai palvelin pohjainen tietokone. Tärkeimmät tekijät valvomotietokoneessa on riittävä suorituskyky ja varmuus käynnissä pysymisestä.

Tiedonsiirto tulee päivittää nykyaikaiseen tekniikkaan vähintään jäähdytysjärjestelmään vaikuttavien laitteiden osalta. Tiedonsiirrolta vaaditaan toimintavarmuutta, eikä tiedonsiirtoon saa tulla katkoksia, jos automaatiojärjestelmän muissa alueissa on häiriöitä. Trendillä alakeskusten väliseen tiedonsiirtoon on tarjolla vain kaksi väyläratkaisua, Trend LAN -virtasilmukaväylä ja Trend Ethernet.

Jäähdytysjärjestelmän tulee toimia väliaikaisesti ilman tiedonsiirtoa. Pumppujen tilatiedot siirtyvät alakeskukselta toiselle vain tiedonsiirtoväylän kautta, joten järjestelmään tulee tehdä lisäys, jonka johdosta molemmat alakeskukset tietävät molempien pumppujen tilatiedot, vaikka väylä olisi poikki.

Hälytysten jälleenanto toimii vain tiedonsiirtoväylän ollessa ehjä. Vähintään kriittisimmät hälytykset tulee saada varmennetusti hälytyshenkilökunnan tietoon, vaikka tiedonsiirto ei toimisi. Jäähdytysjärjestelmään on lisättävä itsenäinen kriittisiä hälytyksiä käsittelevä toiminto, joka ei vaadi tiedonsiirtoväylää toimiakseen.

Hätäjäähdytyksen ohjelmointia on muutettava siten, että se käynnistyy myös toisiopiirin lämpötilasta. Lisäksi ohjelmoidaan hätäjäähdytykselle testaustoiminto, jonka käyttö on mahdollisimman yksinkertaista.

6 Parannusehdotusten toteutus

Toimintavarmuutta parantavat ehdotukset käytiin asiakkaan edustajien kanssa läpi ja valittiin tarpeita vastaavat muutokset toteutettavaksi.

6.1 Valvomo

Vanha valvomotietokone vaihdettiin uuteen palvelinasemaan. Uuteen valvomoon päivitettiin valvomo-ohjelmiston lisenssi ja siirrettiin vanhasta tietokoneesta kaikki oleellinen mm. tietokannat ja valvomografiikka. Uuden valvomon käyttö on huoltohenkilökunnan kannalta samanlaista kuin ennenkin, mutta laitteisto on toimintavarmempi ja suorituskyvyltään parempi.

6.2 Pumppujen tilatietoreleet

Ennen muutoksia pumppujen käyntitiedot siirtyivät ainoastaan väylän kautta ohjelmallisina siirtopisteinä alakeskukselta toiselle. Toimintaa varmentavaksi tekijäksi lisättiin käyntitietoreleet molempiin alakeskuksiin. VAK1 ja VAK2 välille lisättiin kaapeli, jolla releiden kärkitiedot saatiin kytkettyä ristiin alakeskuksien kesken.

Tilatietoreleiden toiminta ohjelmoitiin niin, että pumpun 2 käydessä ohjataan käyntitietoreleen 2 kärjet yhteen ja VAK1 indikoi releen tilaa, jolloin ohjelmassa tiedetään pumpun 2 käyvän. Jos pumpulla 2 on käyntivuoro, mutta rele 2 ei ole vetäneenä, ohjaa VAK1 pumpun 1 käyntiin niin pitkäksi aikaa, kunnes pumpulta 2 saadaan käyntitieto.

Pumpun 1 tilatietoreleen ohjaus ohjelmoitiin eri tavalla kuin pumpun 2 johtuen siitä, että VAK1 on ensisijainen alakeskus, johon vuorotteluohjelma on ohjelmoitu. VAK1 ohjaa pumpun 1 käyntiin aina, kun käyntivuoroa ei ohjata pumpulle 2. Jos pumppujen vuorotteluohjelmaan tulisi häiriö, eikä vuorottelu toimisi, ohjattaisiin pumppu 1 käyntiin. Pumpun 1 tilatietorele ohjataan päälle, vain jos pumppu 1 on luvatta pysähtyneenä. VAK2 saa tiedon, jos pumppu 1 on pysähtynyt luvattomasti ja ohjaa pumpun 2 käyntiin siksi ajaksi, kun pumppu 1 on luvatta pysähtyneenä.

6.3 Ethernet-väylään liittäminen

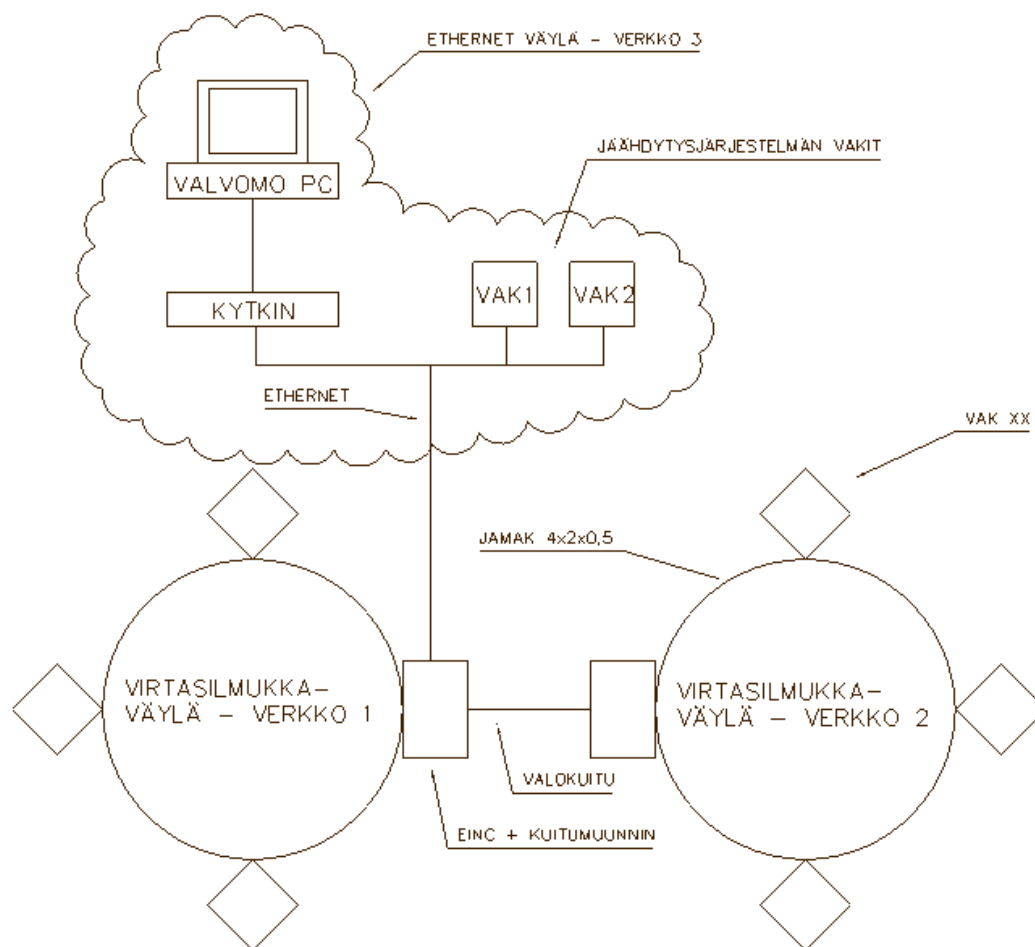
Trend tarjoaa mahdollisuuden yhdistää eri väylätyypin laitteita samaan järjestelmään. Tämä mahdollistaa myös sen, että samaan järjestelmään voidaan virtasilmukkaväylien lisäksi perustaa Ethernet-verkko.

Koska virtasilmukkaväylä on vikaherkkä ja aiheuttaa helposti tiedonsiirtohäiriöitä, perustettiin toimintavarmempi Ethernet-verkko. Jäähdytysjärjestelmän alakeskukset ja valvomotietokone liitettiin Ethernet-verkkoon.

Tähän työhön liittyen Ethernet-verkon vahvuutena on sen vikasietoisuus, tiedonsiirtonopeus ja laajennettavuus. Ethernet-verkkoon voidaan lisätä laitteita liittämällä ne kytkimellä verkkoon. Verkosta voidaan myös irrottaa laite aiheuttamatta häiriöitä muille verkon alueille.

Aiemmin kaukojäähdytystä ohjaavat alakeskukset olivat virtasilmukkaväylän laitteita, joten ne vaihdettiin Ethernet-yhteensopiviksi. Koska jäähdytysjärjestelmä oli jo käytössä, oli alakeskukset vaihdettava pysäyttämättä jäähdytystä. Jäähdytyksen toimilaitteet pakko-ohjattiin sopiviin arvoihin vaihdon ajaksi.

Ethernet-verkkoon liitettiin kaukojäähdytystä ohjaavat alakeskukset ja valvomotietokone. Laitteet yhdistettiin samaan kytkimeen ja laitteille annettiin saman verkon IP-osoitteet. Järjestelmään jouduttiin luomaan uusi alaverkko, koska virtasilmukkaväylän ja Ethernet-väylän laitteet eivät voi olla samassa alaverkossa. Nyt järjestelmässä on yhteensä kolme alaverkkoa. Virtasilmukkaväylä 1 on verkko 1, virtasilmukkaväylä 2 (häiriösuojattu alue) on verkko 2 ja uusi Ethernet-verkko, jossa on tällä hetkellä vain jäähdytysjärjestelmän laitteet, on verkko 3. Kuvassa 10 havainnollistetaan järjestelmän väylärakenne Ethernet-verkon lisäämisen jälkeen.



Kuva 10. Uusi väylärakenne.

Koska valvomon tiedonsiirto oli aikaisemmin kulkenut virtasilmukaväylän laitteen kautta, päätettiin tiedonsiirto siirtää kulkemaan toisen uuden alakeskuksen kautta. Kun valvomon tiedonsiirto käännettiin uuteen Ethernet-verkossa olevaan alakeskukseen, virtasilmukaväylän katkeaminen ei vaikuta valvomon tiedonsiirtoon, vaan katkaisee vain oman verkkonsa liikennöinnin.

Valvomon siirtyminen verkosta toiseen aiheutti myös sen, että hälytykset olivat reititetty virtasilmukaväylän 1 osoitteeseen 1, joka oli ollut valvomotietokone. Jokaisen alakeskuksen hälytykset jouduttiin reitittämään uudelleen Ethernet-verkon osoitteeseen 1. Tähän reititykseen käytettiin massaeditointityökalua, jolloin kaikki hälytysreitit kirjoitettiin yhdellä komennolla uusiksi.

Kun osalle järjestelmän laitteista on perustettu Ethernet-verkko, voidaan vanhoja laitteita saneerata uusilla ja liittää kytkimen avulla olemassa olevaan Ethernet-verkkoon helposti. Vanha järjestelmä pystytään saneeraamaan osissa, vaikka alakeskus kerrallaan.

Virtasilmukkaväylä saadaan yhdistettyä osaksi Ethernet-verkkoa käyttämällä kytkintä ja Trendin EINC-laitetta, joita järjestelmästä löytyi jo valmiiksi kaksi kappaletta.

6.4 Kriittisten hälytysten valvonta

Asiakkaan toiveesta lisättiin kriittisiä pisteitä valvova alakeskus. Se on erotettu muusta rakennusautomaatiojärjestelmästä. Alakeskus mittaa verkoston painetta, jäähdytysveden meno- ja paluulämpötiloja, sekä hätäjäähdytysventtiilin asentoa. Jos hätäjäähdytysventtiili aukeaa, saadaan siitä hälytys. Edellä mainituille mittauksille asennettiin uudet erilliset anturit, jotka ovat myös erotettu muusta järjestelmästä.

Jos jokin mitattu arvo poikkeaa sallituista rajoista, ohjataan hälytysrele päälle. Näistä jokaisella hälytyksellä on oma releensä. Hälytysreleet välittävät kärke tiedon asiakkaan omaan hälytysten käsittelyjärjestelmään. Kärkitieto on ennalta nimetty jokaista hälytystä kohden yksilöllisesti.

Kiireellisten hälytysten yhteishälytysrele on virtasilmukkaväylässä olevan laitteen ohjaama, eli jos virtasilmukkaväylässä on tiedonsiirtohäiriö ja uudessa Ethernet-verkossa on hälytys, hälytys ei välity hälytysten käsittelyjärjestelmään, vaan jää vain valvomon näytölle. Tämän takia lisättiin täysin samaa toimintoa vastaava rele Ethernet-verkossa olevan alakeskuksen ohjattavaksi. Uudet alakeskukset ovat Ethernet-verkossa, eikä virtasilmukkaväylän katkeaminen estä tämän uuden yhteishälytysreleen toimimista.

6.5 Hätjäjäähdytyksen käynnistys toisiopiirin menoveden lämpötilasta

Ennen muutoksia hätäjäähdytys käynnistyi vain, jos kaukojäähdytyksen tuloveden lämpötila nousi yli raja-arvon. Hätjäjäähdytys ei siis käynnistynyt, jos toisiopiirin lämpötila nousi muista syistä kuten vioittuneiden venttiilien tai pienentyneen virtauksen johdosta.

Tämä puute korjattiin lisäämällä ohjelmaan toiminto, joka käynnistää hätäjäähdetyksen, mikäli toisiopiirin menoveden lämpötila nousee yli raja-arvon. Lämpötilamittauksena käytettiin anturia, joka sijaitsee lämmönsiirtimien jälkeen, mutta ennen hätäjäähdetyksen lämmönsiirrintä. Tämä tehtiin siksi, että nähdään, milloin voidaan palata normaalitilanteeseen. Venttiilit FV1 ja FV2 pidetään auki myös hätäjäähdetyksen toimiessa niin kauan, kuin kaukojäähdetyksen tuloveden lämpötila pysyy riittävän alhaisena.

Hätäjäähdetyksen käynnistymisestä tapahtuu kiireellinen hälytys, sillä hätäjäähdytys on varotoiminto, jonka on tarkoitus toimia vain hätätilanteessa silloin, kun järjestelmä ei kykene normaaliin toimintaan. Hätäjäähdetyksessä käytetään kylmää käyttövetä, joka ohjataan lämmönsiirtimeltä viemäriin.

6.6 Hätäjäähdetyksen testaustoiminto

Asiakkaan toiveesta lisättiin järjestelmään hätäjäähdetyksen testaustoiminto. Testauksen tarkoituksena on todeta, että hätäjäähdytys toimii hätätilanteessa, sekä kykenee säättämään toisiopiirin lämpötilaa vähintään riittävän alhaiseksi. Hätäjäähdytys ei välttämättä jähdytä toisiopiiriä yhtä tehokkaasti kuin kaukokylmä, sillä normaalitilanteessa piiriä jähdyttää kaksi 500 MW:n lämmönsiirrintä ja hätäjäähdytys käyttää vain yhtä 500 MW:n siirrintä. Nykyisellä kuormalla piirin jähdytystarve on kuitenkin alle 500 MW, joten hätäjäähdetyksen tuottama jähdytysteho on tarpeeksi suuri. Testaustoiminnon käyttö oli tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi.

Testaustoiminto toimii siten, että valvomografiikalle lisättiin testauspainike molemmille hätäjäähdetyksen käynnistäville ehdoille (ensiö- ja toisiopiirin lämpötilan mukaan). Kun painiketta painetaan, ohjelma simuloi tilanteen, jossa lämpötilamittaus nousee todellista lämpötilaa lämpimämmäksi, jolloin hätäjäähdytys tulee säätöön mukaan. Simuloitu lämpötilan nousu voidaan itse määritellä halutun suuruiseksi.

Suosittu tapa käyttää testaustoimintoa on avata valvomonäkymä tietokoneelta, käynnistää testaustoiminto ja seurata jähdytysjärjestelmän läheisyydessä, että kaikki toiminnot toimivat halutulla tavalla, sekä seurata samalla valvomonäkymästä lämpötiloja ja venttiileiden asentoja.

7 Toimintojen testaus

Järjestelmä testattiin simuloimalla erilaisia vikatilanteita ja tarkkailtiin, että varotoiminnot toimivat.

7.1 Pumppujen luvaton pysähtyminen

Vuorossa oleva pumppu pysäytettiin taajuusmuuttajasta ja seurattiin, että levossa oleva pumppu ottaa vuoron. Pumppujen pysäytys testattiin sekä toimivan väylän kanssa että väylän katkoksen aikana. Molemmilla tavoilla varotoiminnot toimivat. Luvatta pysähtyneestä pumpusta välitettiin hälytys, ja toimiva pumppu käynnistyi. Kun luvattomasti pysähtynyt pumppu käynnistettiin uudelleen, toinen pumppu pysähtyi ja palattiin normaaleihin käyntivuorohin. Valvomoon välittyi tieto vikatilanteen poistumisesta.

7.2 Sähkökatko valvonta-alakeskukselle

VAK1:lle aiheutettiin sähkökatko ja seurattiin, että VAK2 otti säädöt ja pumppuohjauksen hoitaakseen. VAK:t valvovat toistensa sähkönsyöttöjä releiden avulla. Kun VAK:n sähkönsyöttö on toiminnassa, rele on vetäneenä. Kun sähköt katkeavat, rele päästää. Toisen VAK seuraa releen tilaa.

Sähkökatko on kriittinen vika, sillä molemmat VAK:t ohjaavat yhtä venttiiliä. Kun sähkö katkeaa toiselta VAK:lta, sen ohjaama venttiili jää siihen asentoon, jossa se on sähkökatkon alkaessa ollut. Testauksen tuloksena sähkönsyötön katkaisu pysäytti pumpun ja lopetti venttiilin säädön. Toiminnassa oleva VAK käynnisti ohjaamansa pumpun, välitti sähkökatkosta hälytyksen valvomoon ja pyrki säätämään lämpötilaa yhdellä toimivalla venttiilillä. Testattaessa tarvittava lämpötilansäätö onnistui. Jos lämpötilaa ei olisi onnistuttu pitämään tarpeeksi alhaisena yhdellä venttiilillä, olisi hätäjäähdytys käynnistynyt.

7.3 Häätäjäähdytyksen testaus

Kaukokylmän tuloveden lämpötilan nousu

Hätäjäähdytyksen toiminta kaukokylmän lämpötilan noustessa testattiin simuloimalla kaukojäähdytyksen tuloveden lämpötilan nousu 7 °C:sta 13 °C:een. Säästöventtiili FV1 sulkeutui ja venttiili FV2 jäi suunnitellusti 30 % auki. Häätäjäähdytysventtiili avautui säätöön mukaan säätäen toisiopiirin menoveden lämpötilaa. Tapahtuneesta välittyi kiireellinen hälytys. Kaukojäähdytyksen tuloveden lämpötilan laskiessa takaisin normaaliin hätäjäähdytysventtiili sulkeutui, valvomoon välittyi tieto vikatilanteen poistumisesta ja järjestelmä palautui normaaliin säätöön.

Toisiopiirin menoveden lämpötilan nousu

Hätäjäähdytyksen toiminta toisiopiirin lämpötilan noustessa testattiin simuloimalla toisiopiirin menoveden lämpötilan nousu noin 10 °C:sta 25 °C:een. Säästöventtiilit avautuivat täysin auki pyrkien jäähdyttämään suurimmalla mahdollisella teholla. Häätäjäähdytysventtiili ei meinannut aluksi avautua johtuen siitä, että säästöventtiilit aukesivat täysin jäähdyttäen suurimalla mahdollisella teholla. Koska järjestelmässä ei ollut todellista vikaa, jäähdytystehoa oli enemmän kuin riittävästi. Jotta hätäjäähdytysventtiili saatiin aukeamaan, oli säästöventtiileitä suljettava käsin pienemmälle. Tämän jälkeen hätäjäähdytysventtiili alkoi säättämään. Tapahtuneesta välittyi hälytys ensin hätäjäähdytyksen käynnistymisestä (hätäjäähdytyksen käynnistyminen tarkoittaa, että säätolupa annetaan hätäjäähdytyksen PID-säätimelle, vaikka säätö olisikin nolla) ja toinen hälytys venttiilin avautumisesta. Kun testaus lopetettiin, hätäjäähdytysventtiili sulkeutui, valvomoon välittyi tieto vian poistumisesta ja järjestelmä palautui normaaliin säätöön.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli parantaa jäähdytysjärjestelmän toimintavarmuutta. Testaukset osoittivat tehtyjen muutosten onnistumista. Testauksessa ei aiheutunut sellaista vikatilaa, joka oli ennen muutoksia tapahtunut ja pysäyttänyt jäähdytyksen. Molempien alakeskusten sähkökatkos tai molempien pumppujen hajoaminen olisi äärimmäinen vika, jota ei pystytä automaatiolla pelastamaan. Alakeskusten sähkönsyötöt ovat varmennettu varavoimalaitteistolla ja pumpput sekä taajuusmuuttajat ovat uudet ja hyväkuntoiset, joten tilanne on epätodennäköinen.

Tehtyjen muutosten jälkeen huoltohenkilökunta seurasi järjestelmän toimivuutta ja keräsivät huomioita. Sovittiin tapaaminen noin kuukauden päähän töiden valmistumisesta, jossa käytäisiin huomiot ja ideat läpi. Tapaamisessa huoltohenkilökunta halusi muuttaa verkoston paineen hälytysrajoja tiukemmiksi. Myös pumppujen vuorottelun ajankohdaksi haluttiin arkipäivä klo 9, kun se oli aikaisemmin kuun vaihteessa keskiyöllä. Nämä muutokset toteutettiin saman käynnin yhteydessä. Samalla tehtiin valvomoon ja järjestelmän muihin alueisiin ylläpidollisia toimintoja.

Järjestelmälle tehdyt muutokset saivat aikaan odotetun lopputuloksen. Jäähdytysjärjestelmän toimintavarmuus parani ja siihen liittyvät laitteet sekä valvomo saatiin päivitettyä toimimaan nykyaikaisella tekniikalla. Järjestelmän parantunut kyky suoriutua vikatilanteissa antaa huoltohenkilökunnalle mahdollisuuden pidempään vasteaikaan. Järjestelmä kykenee vikatilanteessa toimimaan tilapäisesti itsenäisesti, eikä vaadi välitöntä reagointia huoltohenkilökunnalta vian sattuessa. Päivityksen myötä myös vikatilanteista saadaan varmemmin tieto henkilökunnalle, ja käytönopastuksen myötä henkilökunta osaa tutkia järjestelmän historiatietoja pidemmältä ajalta ja paremmalla tarkkuudella.

Lähteet

- 1 Tolonen, Rauno. 2004. Helsingin kaupungin ympäristöraportti - Kaupungin ympäristötoimet. Verkkoaineisto. Helsingin Energia. <https://web.archive.org/web/20050731085708/http://www.hel2.fi/ymk/raportti04/tarinat/tarina_kaukojaahdytys.html>. Luettu 10.2.2019.
- 2 Relander, Jukka. 2017. Energia uutiset – Jäätävää kasvua. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <<https://www.energiauutiset.fi/etusivu/jaatavaa-kasvua.html>>. Luettu 10.2.2019.
- 3 Vesikiertoiset ilmastointijärjestelmät. Verkkoaineisto. Swegon Oy. <http://www.swegon.com/Global/PDFs/Waterborne%20climate%20systems/General/_fi/SYSTEM-tech.pdf> Luettu 10.2.2019.
- 4 IQ Systems Ethernet Products Engineering Guide – Trend Controls. Yrityksen jakama opas kumppaneille.
- 5 IQ21x Series Controllers Data Sheet – Trend Controls 2006. Laitteen ohjekirja.
- 6 IQ422/.. Controllers Data Sheet – Trend Controls 2018. Laitteen ohjekirja.

Kaukojäähdytysjärjestelmän testauspöytäkirja		
Testi:	Testin tulos:	Huom:
Pumpun luvaton pysähtyminen		
Toimivalla tiedonsiirrolla		
PU1	OK	PU2 käynnistyi, kun PU1 sammui
PU2	OK	PU1 käynnistyi, kun PU2 sammui
Tiedonsiirto häiriössä		
PU1	OK	PU2 käynnistyi, kun PU1 sammui
PU2	OK	PU1 käynnistyi, kun PU2 sammui
Sähkökatko valvonta-alakeskukselle		
VAK1	OK	PU1 pysähtyi, PU2 käynnistyi, FV1 jäi auki, FV2 jatkoi säätöä normaalisti
VAK2	OK	PU2 pysähtyi, PU1 käynnistyi, FV2 jäi paikoilleen, FV1 pysyi auki
Hätäjäähdytys		
Kaukokylmän tuloveden lämpötilasta		OK
Toisiopiirin menoveden lämpötilasta		OK
FV1 ja FV2 sulkeutuivat (FV2 30%), FV4 alkoi säätämään		OK
FV1, FV2 100% auki, FV4 alkoi säätämään, kun FV1 ja FV2 suljettiin käsin		OK