



**TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA**

**Sähkötekniikka**

**Sähkövoimatekniikka**

**INSINÖÖRITYÖ**

**ILMANVAIHTOKONEEN OHJAUKSEN TALOUDELLISUUSVAIKUTUKSET**

**Työn tekijä: Tomi Piirainen  
Työn valvoja: Jari Ijäs  
Työn ohjaaja: Sami Hämäläinen**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2007**

**Jari Ijäs  
lehtori**



## ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Olof Granlund Oy:n Helsingin yksikölle. Haluan kiittää insinööri-toimisto Olof Granlund Oy:tä haastavasta ja mielenkiintoisesta insinööri-aiheesta, taloudellisesta tuesta ja materiaalista, joka on ollut käytettävissäni, sekä hyvästä työskentely-ympäristöstä, joka on ollut käytössäni opinnäytetyötä tehdessäni.

Haluan kiittää valvojaa ja ohjaajaa Helsingin ammattikorkeakoulusta diplomi-insinööri Jari Ijästä ja Olof Granlund Oy:stä diplomi-insinööri Sami Hämäläistä hyvin sujuneesta opinnäytetyön ohjauksesta ja opastuksesta, sekä kaikkia projektissa apuna olleita työkavereita ja esimiehiä kaikesta avusta, kannustuksesta ja hyvästä tuesta, jonka olen heiltä saanut.

Haluan myös kiittää puolisoani hänen antamastaan tuesta ja ymmärryksestä läpi pitkäkestoisen opiskeluprojektini.

Helsingissä 21.3.2007

Tomi Piirainen

## TIIVISTELMÄ

Tekijä: Tomi Piirainen	
Työn nimi: Ilmanvaihtokoneen ohjauksen taloudellisuus vaikutukset	
Päivämäärä: 21.3.2007	Sivumäärä: 44 s. + 7 liitettä
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Työn valvoja: Diplomi-insinööri Jari Ijäs	
Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Sami Hämäläinen	
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli luoda Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:lle malliprojekti ilmanvaihtokoneen ohjauksen mahdollisesta sähköenergian säästöpotentiaalista. Insinööriyötä voidaan myöhemmin käyttää referenssinä tarjottaessa yrityksen palvelua asiakkaille energiakatselmointityössä kiinteistöihin, joissa on suuria ilmanvaihtokoneyksiköitä.</p> <p>Ensin työssä esitellään käytössä olevat, tutkittavat ilmanvaihtokoneet ja niiden toiminta. Sitten selvitetään ilmanvaihtolaitteiden ja niiden ohjauksen eri osien toiminta, sekä ohjausinformaatio, joka välittyy eri laitteiden välillä. Seuraavaksi työssä tutkitaan rakennusautomaation osuutta, sen hyötyä ja rakennetta kiinteistöissä. Tämän jälkeen selvitetään hankkeen viranomaismääräykset. Sitten selvitetään, mistä koostuvat kustannukset ilmanvaihtokoneen ohjauksen uusimisessa. Lopuksi vielä tutkitaan, kuinka pitkä on tehtävän investoinnin takaisinmaksuaika, sekä mitkä ovat saneerauksen hiilidioksidipäästövaikutukset.</p> <p>insinööriyön Lopputuloksena syntyi yrityksen sisäinen kansio. Kansion esimerkkilaskelmia ja laskentemenetelmiä on tarkoitus käyttää jatkossa referenssinä kiinteistönpito-osastolla sähkö- ja lvi-ryhmissä, niiden henkilöiden käytössä, jotka ovat tekemisissä energiakatselmointien kanssa.</p>	
Avainsanat: taajuusmuuttaja, ilmanvaihtokone, taloudellisuus	



## ABSTRACT

Name: Tomi Piirainen	
Title: The Economic Impact of the Control of an Air Handling Unit	
Date: 21 March 2007	Number of pages: 44 + 7
Department: Electrical Engineering	Study Programme: Power Systems
Instructor: Jari Ijäs, M.Sc.	
Supervisor: Sami Hämäläinen, M.Sc.	
<p>The purpose of this study was to create for Insinööritoimisto Olof Granlund Oy a consistent model project regarding energy saving possibilities in the control of an air handling unit. One aim of this study was that it could be used to complete an energy audit in similar facilities by anyone who has expertise in electricity. Another objective was to create a practical reference when offering the company's energy auditing services to facility owners with a building stock containing a large number of air handling units.</p> <p>This study starts with an introduction to the air handling units currently in use and their operation. After that the function of the air handling units and their control is described. Also the control information that is relayed between the different devices is explained. Next the building automation, its role in air handling, its benefits and structure in the building is introduced. Also, the regulations of the authorities are introduced. In addition, the renovation costs for improving the control of an air handling unit are examined. Finally, the pay-back time of the investment and the reductions in carbon dioxide emissions as the energy efficiency improves are discussed.</p> <p>This study resulted in the creation of an internal folder for Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. The example calculations and the measurement methods in this folder will be of considerable help when working with a comparable renovation project as it makes the whole process easier to estimate in economical terms. In the future this thesis will serve as an example in electricity, heating and air conditioning groups in the building maintenance department, available for those employees who are involved in performing energy auditing.</p>	
Keywords: variable speed drive, air handling units, energy efficiency	

## SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## SISÄLLYS

## LYHENNELUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Sähkönkulutus</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ILMANVAIHTOKONEIDEN ESITTELY</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Tutkittava ilmanvaihtokone</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Vertailtava ilmanvaihtokone</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>Sähkömoottori</b>	<b>6</b>
3.3.1	<i>Oikosulkumoottori</i>	8
3.3.2	<i>Moottorin soveltuminen taajuusmuuttajakäyttöön</i>	10
<b>3.4</b>	<b>Taajuusmuuttaja</b>	<b>11</b>
<b>3.5</b>	<b>Yliaallot</b>	<b>12</b>
3.5.1	<i>Yliaaltojen aiheuttajia</i>	13
3.5.2	<i>Yliaaltojen haittoja</i>	13
<b>3.6</b>	<b>Yliaaltojen torjumiskeinoja</b>	<b>15</b>
3.6.1	<i>Induktanssin lisääminen</i>	15
3.6.2	<i>Mahdollisimman suuren pulssiluvun käyttäminen</i>	15
3.6.3	<i>Standardien vaikutukset laitehankinnoissa</i>	16
3.6.4	<i>Äänivaikutuksia taajuusmuuttajakäytöstä</i>	17
<b>3.7</b>	<b>Erilaisia taajuusmuuttajatyyppejä</b>	<b>18</b>
3.7.1	<i>Pulssinleveys säätö</i>	19
3.7.2	<i>Ilmanvaihtokoneissa käytetty taajuusmuuttaja</i>	20
3.7.3	<i>Tasavirtamoottorit</i>	20
3.7.4	<i>Suora momentinsäätö</i>	21
3.7.5	<i>Skalaari- ja vektorisäätö</i>	21
<b>3.8</b>	<b>Taajuusmuuttajan esittely</b>	<b>22</b>
<b>3.9</b>	<b>Ohjaustavat</b>	<b>23</b>

<b>3.10</b>	<b>Rakennusautomaatiojärjestelmä</b>	<b>24</b>
3.10.1	<i>Yleiset tapahtumaohjelmat</i>	25
3.10.2	<i>Raportointiohjelmat</i>	29
3.10.3	<i>Säätöohjelma</i>	30
3.10.4	<i>Kenttäväyläjärjestelmä</i>	32
3.10.5	<i>Väylärakenne</i>	32
3.10.6	<i>Kenttäväylästandardi</i>	34
<b>3.11</b>	<b>Tutkittavan ilmanvaihtokoneen säätökaavio</b>	<b>38</b>
<b>3.12</b>	<b>Mittaukset</b>	<b>38</b>
3.12.1	<i>Dataloggerimittaus</i>	38
3.12.2	<i>Analysaattorimittaukset</i>	39
<b>3.13</b>	<b>Loisteho</b>	<b>39</b>
<b>3.14</b>	<b>Pienjännitemoottorin liittäminen verkkoon</b>	<b>40</b>
<b>3.15</b>	<b>Asennus</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>LASKUTOIMITUKSET</b>	<b>43</b>
4.1	<b>Kerätyn datan muokkaus</b>	43
4.2	<b>Virherajat ja tarkkuus</b>	44
<b>5</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>45</b>
5.1	<b>Kustannukset ja takaisinmaksuaika</b>	45
5.2	<b>Hiilidioksidipäästöjen vaikutus</b>	45
5.3	<b>Ehdotettavat toimenpiteet</b>	45
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>46</b>

## **LIITTEET**

**LIITE 1. Ilmanvaihtokoneen E303, säätökaavio**

**LIITE 2. Ilmanvaihtokoneen E309, säätökaavio**

## LYHENNELUETTELO

LCI	LOAD COMMUTATED INVERTER
PVC	POLYVINYL CHLORIDE
EMC	ELECTRO MAGNETIC COMPATIBILITY
IGBT	INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR
UPS	UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY
IEC	INTERNATIONAL ELECTRO TECHNICAL COMMISSION
EN	EUROPEAN NATIONS
EEC	EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY
PELV	PROTECTIVE EXTRA - LOW VOLTAGE
GTO	GATE TURN OFF
PAM	PULSE - AMPLITUDE MODULATION
PWM	PULSE WIDTH MODULATION
DTC	DIRECT TORQUE CONTROL
PC	PERSONAL COMPUTER
LTO	LÄMMÖN TALTEENOTTO
PPM	PARTS PER MILLION
DDC	DIRECT DIGITAL CONTROL
IEC	INTERNATIONAL ELECTRO TECHNICAL COMMISSION
ISA	INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICAN
ISO	INTERNATIONAL STANDARDS ORGANISATION
OSI	OPEN SYSTEM INTERCONNECTION
CAN	CONTROLLER AREA NETWORK
DLL	DYNAMIC LINK LIBRARY
LON	LOCAL OPERATING NETWORK
VSD	VARIABLE SPEED DRIVE

## 1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä luodaan Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:lle malli-raportti ilmanvaihtokoneen ohjauksen talousvaikutuksista. Syntynyttä insinööriötä voidaan myöhemmin käyttää referenssinä, kun tarjotaan yrityksen energiakatselmointipalvelua asiakkaalle, jolla on vastaavanlaisia suuria halleja, rakennuksia tai kiinteistöjä, jotka on varustettu suurilla ilmanvaihtokoneyksiköillä.

Energiakatselmustoiminnan tavoitteena on analysoida katselmuskohteiden kokonaisenergian käyttö, selvittää energiansäästöpotentiaali ja esittää ehdotettavat säästötoimenpiteet kannattavuuslaskelmineen. Energiakatselmuksissa selvitetään myös mahdollisuudet uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ja energiansäästöpotentiaaliksi katselmuksissa raportoidaan ehdotettavien toimenpiteiden vaikutus CO<sub>2</sub>-päästöihin. [ 1 ]

Työssä selvitetään, mistä ilmanvaihdon käyttökustannukset koostuvat ja miten yhden ilmanvaihtokoneen ohjauksen uusimisessa voidaan saada aikaan taloudellisia säästöjä, sekä kuinka pitkä on tehtävän investoinnin takaisinmaksuaika. Energiansäästöstä voidaan Motiva Oy:n kehittämän tavan mukaisesti määritellä hiilidioksidipäästövaikutukset.

Insinööriyössä tutkitaan hollantilaisen kiinteistösijoitusyhtiö Wereldhave N.V:n omistaman ja hallinnoiman kauppakeskus Itäkeskuksen kahta ilmanvaihtokoneyksikköä.

Ensimmäinen E303 toimii osana parkkihallin E-osan kellarin ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtokone palvelee sektoria, joka sijaitsee vanhan osan ja uuden laajennusosan välissä. Suurin osa kauppakeskuksen ilmanvaihtokoneista on taajuusmuuttajaohjattuja, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta, esim. E303-ilmanvaihtokone.

Aluksi esitellään käytössä oleva tavanomaisesti aikaohjattu yksinopeuksinen ilmanvaihtokone E303, siihen kuuluvat laitteet ja niiden käyttökustannukset. Selvitetään ilmanvaihtolaitteen ja sen ohjauksen eri osien toiminta, sekä informaatio, joka välittyy eri laitteiden välillä.



Seuraavaksi esitellään toinen taajuusmuuttajaohjauksessa oleva ilmanvaihtokone E309, joka palvelee liikekiinteistön asiakastiloja kolmessa kerroksessa. Esitellään ilmanvaihtokone, sen taajuusmuuttaja ja siihen kuuluvat laitteet. Tutustutaan erilaisiin säätötapoihin, joilla ilmanvaihtokonetta säädetään.

Tämän jälkeen selvitetään hankkeen viranomaismääräykset ja työssä mahdollisesti vastaan tulevat ongelmat ja niiden aiheuttamat kustannukset, sekä käsitellään uusimistarpeen taloudellisesti järkevää laajuutta.

Työssä suoritettujen mittausten, niiden tulosten vertailujen ja yhdenmukaisen käsittelymallien ansiosta vastaavanlaisen saneeraushankkeen kokonaistaloudellisuuden hahmottaminen helpottuu merkittävästi.

## 2 KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS

Kauppakeskus Itäkeskus on valmistunut kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäinen osa valmistui vuonna 1984, toinen osa vuonna 1992 ja viimeinen osa vuonna 2001.

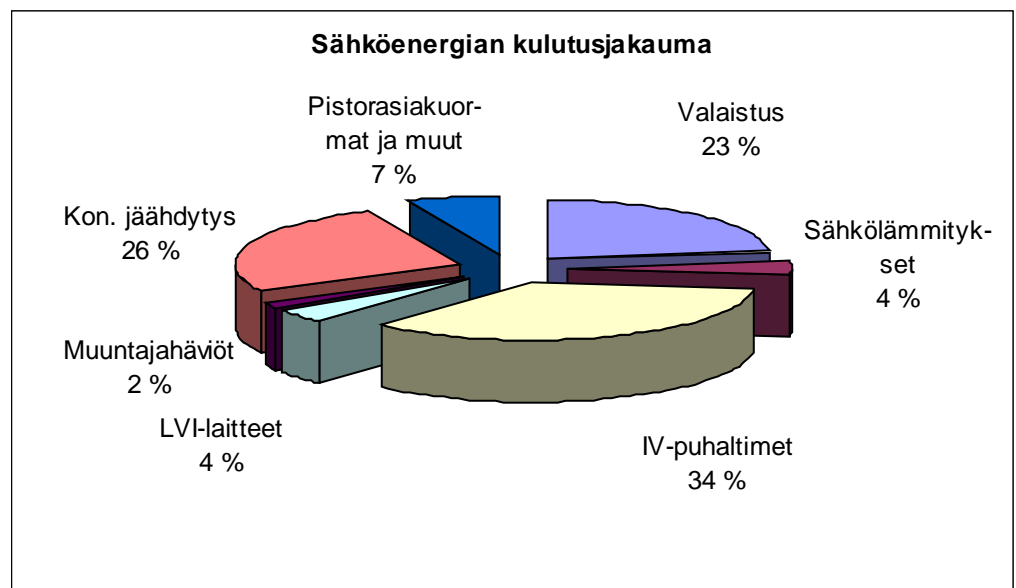
Itäkeskuksen vuokrattava pinta-ala on noin 115 000 m<sup>2</sup>. Tämän lisäksi jalankulkukäytäviä on 23 000 m<sup>2</sup> ja katettua pysäköintihallia 38 000 m<sup>2</sup>, eli yhteensä 176 000 m<sup>2</sup>. Kun näihin vielä lisätään tekniset tilat ja kantavat rakenteet, on bruttoala noin 200 000 m<sup>2</sup>. Saman katon alla on yli 300 kaupan- ja palvelualan liikettä, joissa työskentelee yli 2000 henkilöä. [ 5 ]

### 2.1 Sähkönkulutus

Kauppakeskus Itäkeskus liittyy Helsingin Energia Oy:n hallinnoimaan verkkoon yhdellä keskijänniteliittymällä. Kauppakeskuksessa on omat muuntajayksiköt. Kauppakeskuksen sähkölaitteiden kunnossapitoa hallinnoi ISS Oy.

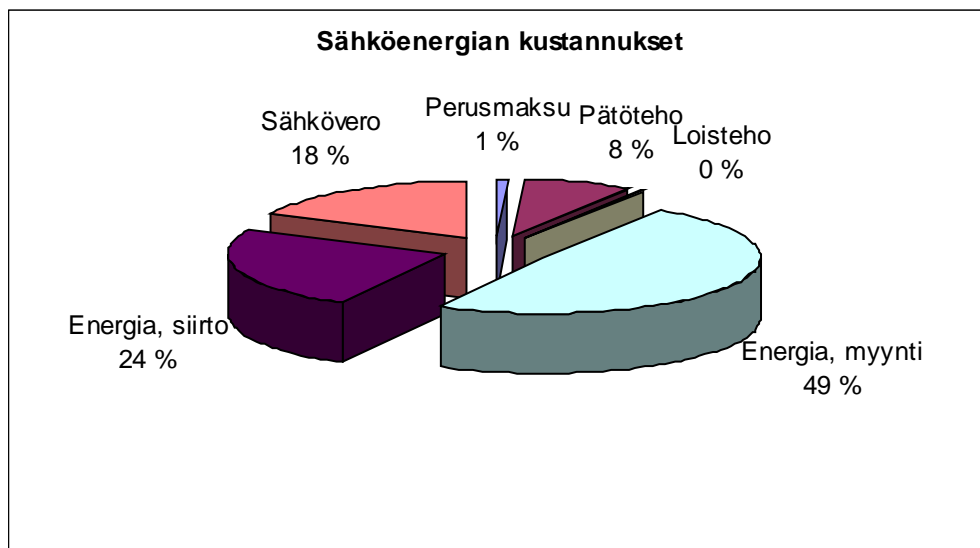
*Iv-koneiden osuus sähkönkulutuksesta*

Piirakkakaaviosta (kuva 1) on nähtävissä kauppakeskuksen vuoden 2003 sähköenergian kulutuksen jakautuminen eri toiminta-osakuormiin:



Kuva 1. Sähköenergian kulutuksen jakautuminen

Energiankulutus kauppakeskuksessa on vuonna 2003 on ollut 22 660 MWh, josta ilmanvaihdon osuudeksi on muodostunut 7 940 MWh. Sähköenergian kokonaiskustannusten jakautuminen vuonna 2003 havainnollistaa mm. loistehon kompensointilaitteiston toiminnan (kuva 2).



Kuva 2. Sähköenergian kustannusten jakautuminen

### 3 ILMANVAIHTOKONEIDEN ESITTELY

Kauppakeskuksessa on yhteensä 39 ilmanvaihtokonetta, joissa yksittäiset puhallinmoottorit vaihtelevat kolmesta kilowatista 37:ään kilowattiin. Insinööriyössä tutkitun iv-koneen moottorit ovat koko kiinteistön ilmanvaihtokonelaitteiston keskikokoa ja sen moottoritulo puhaltimessa on 11 kW ja poistopuhaltimessa on 10 kW.

#### 3.1 Tutkittava ilmanvaihtokone

Autohallin ilmanvaihtokone E303 tulokoneiston (TK) ja poistokoneiston (PK) moottorit on sijoitettu rakennuksessa eri paikkoihin. Poistokoneen puhallinmoottori on poistoilmakanavaan asennettu aksiaalipuhallin Itäkeskuksen Piazza-osan katolla ja tulokoneen puhallinmoottori on myös tuloilmakanavaan sijoitettu aksiaalipuhallin. Moottori on sijoitettu rakennuksen kolmannen kerroksen parkkipaikkatasanteella olevaan varastotilaan.

### *Saneeraustarve*

Ilmanvaihtokoneen ohjauksen muutos vaatii nykyisten ohjausjärjestelmien, valvonta-alakeskusten ja moottorikaapelointien uusimisen.

Moottorikaapelina on asennuksessa käytetty PVC-päällysteistä MCMK-voimakaapelia, joka on standardien mukaan riittämätön suojaamaan verkkoa ja laitteistoa yliaalloilta. Standardien mukaisen asennuskaapelin taajuusmuuttajan ja moottorin välillä on oltava MCCMK-kaapelia, joka on EMC (Electro Magnetic Compatibility) -luokiteltu ja täyttää vaaditut normit.

## **3.2 Vertailtava ilmanvaihtokone**

Vertailukohde, ilmanvaihtokone B309 sijaitsee Itäkeskuksen 2-osan katolla parkkitasanteen yllä olevassa ilmanvaihtolaittekontissa. Kontissa on sijoitettuna molemmat, sekä poistoilmakoneisto, että tuloilmakoneisto. Samanlaisia konttikoneita on sijoitettuna useita vieritysten. Konttikoneet on rakennettu siten, että puhallinmoottorit ja ilmansuodatinlaitteistot ovat täysin koteloituna lämpö- ja äänieristetyillä uretaanipellillä.

Ilmanvaihtokone B309 palvelee liiketiloja 24 - 29 kolmessa kerroksessa: pohjakerroksesta ensimmäiseen ja toiseen kerrokseen.

Ilmanvaihtokoneen B309 moottorit ovat taajuusmuuttajaohjattuja. Iv-konetta ohjataan aikaohjelmalla ja tapahtumaohjelmilla, sen toiminnasta on saatavilla myös useita raportointiohjelmia.

### *Vertailutapa*

Vertailtavan iv-koneen puhallinmoottoreiden energiankulutusta ei voi suoraan verrata saneerattavan iv-koneen puhallinmoottoreiden kulutukseen, vaan vertailu on tehtävä suhteellisena.

Vertailu suoritetaan ottamalla selvää, paljonko iv-koneen B309 taajuusmuuttajakäytöllä säästetään siihen verrattuna, että kone kävisi pelkästään aikaohjelmoituna, täydellä teholla. Syntynyt sähköenergian säästöprosentti suhteutetaan pienemmän E303 iv-koneen energiankulutukseen.

### 3.3 Sähkömoottori

Suomessa kulutetaan vuosittain noin 87 TWh sähköenergiaa. Teollisuuden käyttämä osuus tästä on yli puolet, n. 46,9 TWh, josta noin 65 % muunnetaan erilaisilla sähkömoottorikäyttöillä edelleen mekaaniseksi energiaksi.

Energiaa siirretään prosessiin moottorin akselin kautta. Akselin tilaa kuvaavat kaksi suuretta, momentti ja pyörimisnopeus. Energian siirtoa säädetään siis säätämällä jompaa kumpaa näistä suureista, jolloin puhutaan momentin säädöstä tai pyörimisnopeuden säädöstä. Kun nopeussäädetty käyttö toimii momentinsäätötilassa, pyörimisnopeus säätyy kuorman mukaan. Vastavasti taas nopeudensäätötilassa momentti säätyy kuorman mukaan. [ 12 ]

Oikosulkumoottori toimii vaihtovirralla. Sen staattorissa ja roottorissa on käämitys mutta energia syötetään vain staattoriin. Roottorikäämi on oikosuljettu häkkikäämi, johon staattorin pyörivä magneettikenttä indusoi roottorivirran. [ 13 ]

Oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta säädetään pitämällä syöttöjännitteen taajuuden ja jännitteen suhdetta vakiona.

$$n = \frac{U}{f}$$

$n$  = pyörimisnopeus

$U$  = jännite

$f$  = taajuus

( 1 )

Taajuusmuuttajakäyttöjen hyviä ominaisuuksia:

- pienet häviöt, jopa 50 % säästö pumppukäytöissä
- ylikuormitusvaraa, pehmeä kiihdytys, pienempi ylimitoitustarve
- vähän mekaniikkaa, pienet hitausmassat
- rampit, rajoitukset, resonanssipisteiden ohitus
- tuotteen ja tuotannon laatu
- suojaus, diagnostiikka
- automaation hajautus, valvonta, mittaukset
- väyläliitynnät, minimikaapelointi
- syöttöverkon häviöt pienemmät

Taajuusmuuttajakäyttöjen huonoja ominaisuuksia

- puhtaus, lämpö, kosteus
- paljon komponentteja
- ohjelmistojen ja parametrien hallinta
- diagnostiikka vaatii osaamista
- yliaallot, kompensointi
- vanha moottori ei välttämättä kestä
- laakerivirrat [11]

### 3.3.1 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on yleisin teollisuudessa käytetty sähkömoottori. Valta-  
aseman saavuttamiseen ovat vaikuttaneet moottorityypin erinomaiset omi-  
naisuudet, joista tärkeimmät ovat seuraavat :

- yksinkertainen ja vankka rakenne. Käyttäjän kannalta tämä merkitsee  
halpaa hankintahintaa ja korkeaa luotettavuutta
- hyvä hyötysuhde ja pienet huoltokustannukset. Käyttökustannukset  
muodostuvat alhaisiksi
- soveltuvuus vaativiin olosuhteisiin

Oikosulkumoottorit ovat epätahtikoneita, joiden pyörimisnopeus riippuu  
kuormittavasta vääntömomentista. Pyörimisnopeudelle  $n$  voidaan kirjoittaa  
yhtälö.

$$n = \frac{f_1}{p} - \Delta n = n_s - \Delta n$$

$$f_1 = \text{syöttötaajuus}$$

$$p = \text{moottorin napapariluku} \quad (2)$$

$$\Delta n = \text{absoluuttinen jättämä}$$

$$n_s = \frac{f_1}{p} = \text{tahtinopeus}$$

#### *Tulokoneen puhallinmoottori*

Ilmanvaihtokoneen tuloilman puhallinmoottorina on 11 kW:n oikosulkumoot-  
tori. Tulopuhallin on aksiaalipuhallin sijoitettuna pystyasentoon ilmanvaihto-  
kanavan sisään. Itse moottoria ei näe ollenkaan sen normaalissa käyttötilas-  
sa. Puhaltimen tuotto on 12 m<sup>3</sup>/s.

Tekniset tiedot :

Tulopuhaltimen moottorin valmistaja on ABB Fläkt AB ja valmistusmaa on Ruotsi.

Tulopuhaltimen moottorin kilpiarvot :

Moottorin nimellisvirta on 23 A, nimellisjännite on 380 - 420 V ja nimellisyörimisnopeus on 1450 rpm.

*Poistokoneen puhallinmoottori*

Ilmanvaihtokoneen poistoilman puhallinmoottorina on 10 kW:n oikosulkumoottori. Tulopuhallin on aksiaalipuhallin sijoitettuna myös pystyasentoon ilmanvaihtokanavan sisään. Itse moottoria ei näe ollenkaan sen normaalissa käyttötilassa. Puhaltimen tuotto on 10 m<sup>3</sup>/s.

Puhaltimessa on aseteltavat siipikulmat. Siipikulman asettelulla saadaan haluttu ilmavirta ja paine pienimmällä moottorin tehontarpeella.

Tekniset tiedot:

Poistopuhaltimen moottorin valmistaja on WOODS Ltd ja valmistusmaa on Englanti. Moottorin eristeinä on käytetty F -luokan eristeitä ja puhallin soveltuu 40 - 50 °C lämpötiloihin.

Poistopuhaltimen moottorin kilpiarvot:

Moottorin nimellisvirta on 20 A, nimellisjännite on 400 V ja nimellisyörimisnopeus on 1440 rpm.

Kilpiarvoista saadaan myös selville moottorin muita teknisiä ominaisuuksia:



FAN 90JM/25/4/6/24 HT 3L DF132/M -koodi kertoo seuraavaa:

- 90 → Potkurin halkaisija 900 mm.
- JM → Potkurityyppi JM.
- 25 → Potkurin navan halkaisija 25 mm.
- 4 → Moottorin napaluku 4.
- 9 → Siipien lukumäärä 9.
- 24 → Siipikulma asteina 24 °.

### 3.3.2 Moottorin soveltuminen taajuusmuuttajakäyttöön

Käytettäessä taajuusmuuttajalla ohjattua moottoria, täytyy valinnassa ottaa huomioon seuraavat seikat yleisten valintaperusteiden lisäksi:

#### 1) Tarkista aina :

- moottorin ja taajuusmuuttajan kuormitettavuus käytettävässä sovelluksessa
- moottorin eristystaso
- moottorin, käytettävän laitteen, sekä mahdollisen takometrin maadoitus

#### 2) Suurilla nopeuksilla huomioi aina :

- laakerien rakenne ja voitelu
- voitelu
- tuulettimen ääni
- tasapainotus
- kriittiset pyörimisnopeudet
- akselin tiivisteet
- moottorin maksimimomentti

3) Pienillä nopeuksilla ota huomioon seuraavat seikat :

- Laakerien rakenne.
- Moottorin jäähdytys.
- Sähkömagneettinen ääni.

Taajuusmuuttajan syöttämä taajuus ja jännite ei ole sinimuotoista, jolloin moottorin häviöt, värinä ja ääni saattavat lisääntyä.

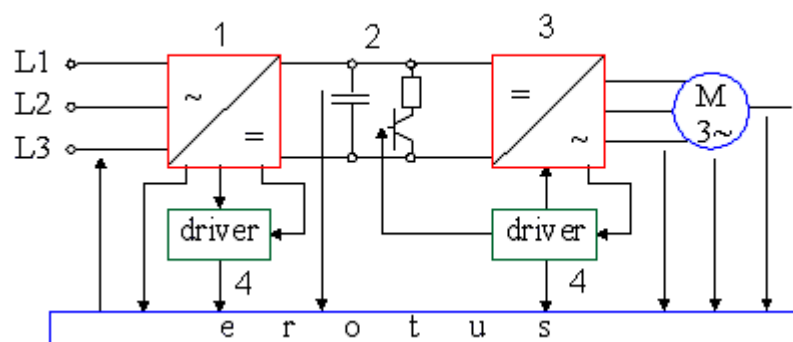
Saman moottorin kuormitettavuus voi olla eri taajuusmuuttajilla erilainen, sillä muuttajien modulointitapa ja kytkentätaajuus voivat poiketa toisistaan.

Jos nimellisjännite on 500 V tai vähemmän ja käytössä on taajuusmuuttaja, jossa on IGBT –teho­komponentit (Insulated Gate Bipolar Transistor), moottorin eristystasoa ei tarvitse välttämättä tarkistaa.

### 3.4 Taajuusmuuttaja

Ensimmäiset taajuusmuuttajat tulivat markkinoille 60-luvun lopussa. Ensimmäisistä tämän päivän taajuusmuuttajiin verraten suurin erityinen kehitys on tapahtunut mikroprosessori- ja puolijohdetekniikan osalla, joiden tuotekehitys on vaikuttanut eniten nykypäivän taajuusmuuttajatekniikkaan. Perusperiaatteet ovat edelleen samoja.

Taajuusmuuttajassa on neljä pääosaa (kuva 3):



Kuva 3. Taajuusmuuttajan rakenne [ 7 ]

1. Tasasuuntaaja muuttaa syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi.

Tasasuuntaaja on kahta päätyyppiä: ohjattu ja ohjaamaton. Ohjatun tasasuuntaajan etuna on, että välipiiriin syötetty jarrutusenergia voidaan siirtää takaisin verkkoon.

2. Välipiiri: kaksi päätyyppiä. Yhdessä muunnetaan tasasuuntaajan jännite tasavirraksi. PWM - tyyppissä stabiloidaan sykkivä tasajännite, ja se lähetetään vaihtosuuntaajaan.

Välipiirin rakenteen perusteella taajuusmuuttajat voidaan jakaa kahteen perustyyppiin:

Välivirtapiirin muodostuessa pelkästä tasoituskuristimesta taajuusmuuttaja on tasavirtavälipiirillä varustettu.

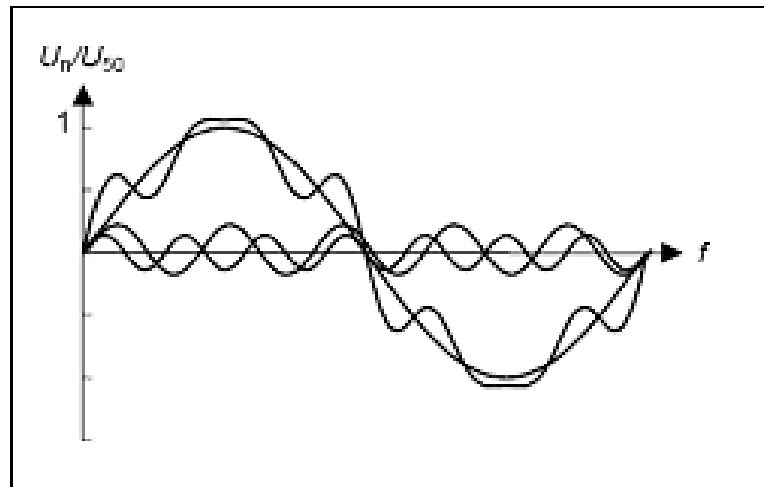
LC -alipäästösuodattimella varustettu välipiiri on jännitevälipiiri

3. Vaihtosuuntaaja ohjaa aina moottorijännitteen taajuutta. PWM - vaihtosuuntaajatyypissä muunnetaan vakiotasajännite jännitekatkojan avulla muuttuvaksi vaihtojännitteeksi. Nykyisin transistorit ovat syrjäyttäneet vaihtosuuntaajissa tyristorit. Transistorien etuna on, että ne voidaan ohjata johtavasta tilasta estotilaan milloin tahansa, kun taas tyristorit eivät vaihda tilaa ennen kuin jännite seuraavan kerran käy nollan kautta.
4. Ohjauspiirien elektroniikka voi lähettää viestejä tasasuuntaajaan, välipiiriin ja vaihtosuuntaajaan. Säädettävät osat riippuvat taajuusmuuttajan rakenneperiaatteesta.

### 3.5 Yliaallot

Sähkölaitteet toimivat sinimuotoisella jännitteellä, jonka on joillekin käyttölaitteille oltava erittäin tasalaatuista eikä sähkövirta saa sisältää transienteja tai katkoksia. Sähkölaitteiden lisääntyneen käytön takia myös sähköverkkoon häiriöitä tuottavien laitteiden määrä on lisääntynyt. Sähkön laatua

heikentävä tekijä on yliaallot (kuva 4). Yliaalloiksi määritellään sellaiset virrat ja jännitteet, joiden taajuus on suurempi kuin verkkotaajuuden.



Kuva 4. Perusaalto ja yliaalto [ 4, s. 283. ]

### 3.5.1 Yliaaltojen aiheuttajia

Yliaaltoja verkkoon tuottavia laitteita ovat mm. tietokoneet, tasasuuntaajat, valokaariuunit, taajuusmuuttajat, UPS, purkauslamput, hitsauslaitteet, TV, radio ja mikroaaltouuni. Taajuusmuuttajakäytöt ovat suurimpia yksittäisiä yliaaltojen aiheuttajia moottorihjauksien käyttämien suurien virtojen takia.

Virran tai jännitteen suhteen epälineaariset osat tuottavat yliaaltoja, niiden verkosta ottama virta on epäsinimuotoista. Epälineaariset kuormat synnyttävät yliharmonisia virtakomponentteja, jotka äärellisen verkon impedanssin yli aiheuttavat jännitehäviöitä, jonka seurauksena jännitteen käyrämuoto vääristyy. Puhutaan harmonisesta säröstä. Epälineaarisen kuorman synnyttämät yliaallot leviävät verkkoa pitkin ja aiheuttavat ongelmia, joihin ei ole varauduttu.

### 3.5.2 Yliaaltojen haittoja

Yliaallot voivat ilmetä näyttöjen vilkkumisena, muuntajien ylikuumentumisena ja virran tuoton laskemisena. Moottorit voivat kuumentua ja aiheuttaa melua. Voi tapahtua suojakatkaisijoiden laukeamisia, sulakkeiden aiheuttomia palamisia, tietokoneiden vikaantumisia ja virheellisiä mittarilukemia.

Yliaallot haittaavat verkon komponentteja aiheuttaen häviöitä ja lämpenemisiä voimansiirrossa, sekä nopeuttavat eristeiden vanhenemista, myös kondensaattorit voivat ylikuumentua ja muodostaa induktanssien kanssa resonanssiviritettyjä piirejä.

Tyristorisuuntaajan verkosta ottama virta ei ole sinimuotoista. Tämän epäsinimuotoisuuden vuoksi ne ovat verkon kannalta virtayliaaltojen lähteitä ja niiden verkkoon syöttämien yliaaltojen järjestysluvut ovat riippuvaisia tassauntaajan rakenteesta. Eräänä suuntaajien tunnusomaisena piirteenä on niiden pulssiluku  $p$ . Tunnettaessa suuntaajan pulssiluku saadaan sen aiheuttamien yliaaltovirtojen järjestysluvut yhtälöstä:

$$n = k * p \pm 1$$

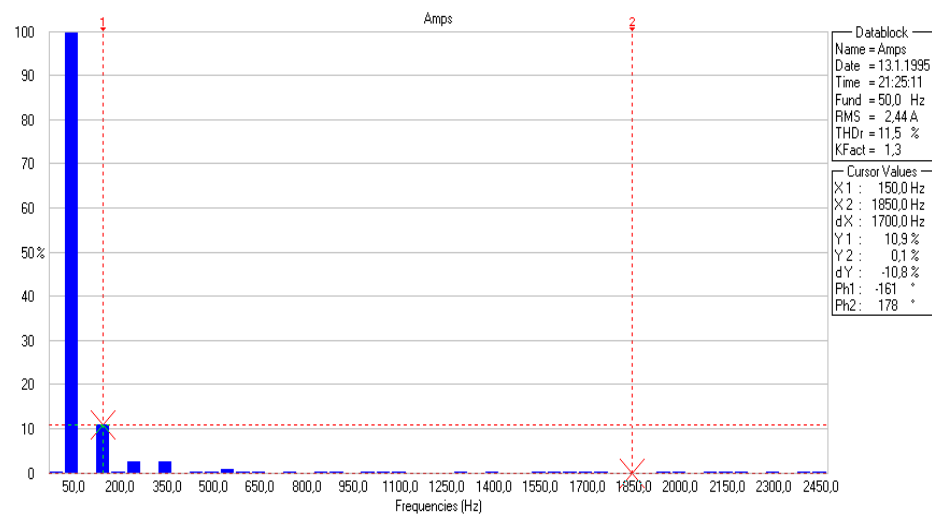
jossa  $n$  = yliaallon järjestysluku

$p$  = pulssiluku

$k = 1,2,3...$

(3)

Yleisimmin käytössä olevat 6-pulssisuuntaajat syöttävät verkkoon yliaaltoja (kuva 5), joiden järjestysluvut ovat e.o. yhtälön mukaan 5.,7.,11.,13., jne. Jos suuntaaja rakennetaan 12-pulssiseksi ei 5:t ja 7:t yliaaltoja synny. 12-pulssinen suuntaaja tulee yleensä kysymykseen vain suurilla tehoilla korkeamman hintansa vuoksi. Yleisemmin voidaan sanoa, että mitä suurempi suuntaajan pulssiluku, sitä vähemmän on verkkovirrassa yliaaltoja. [ 6, s.80. ]



Kuva 5. Yliaaltospektri. 11,5 % THD

Kytkeäntapahtumat siis synnyttävät moottorikaapelista maahan ja muihin lähellä oleviin kaapeleihin virtoja, jotka sulkeutuvat taajuusmuuttajan syöttöpuolelle monia reittejä pitkin.

Virtapulssit ovat lyhyitä (alle mikrosekunnin), mutta ne muodostavat merkittävän suuritaajuisen virran, joka leviää taajuusmuuttajan ympäristöön mahdollisesti häiriten muiden laitteiden toimintaa. Myös diodisillan kommutoinnista aiheutuu sähkömagneettisia häiriöitä, jotka pääsevät galvaanista tietä verkkoon, jos taajuusmuuttajan tulopuolella ei ole suodatinta. On myös havaittu, että taajuusmuuttajan ohjauspiireistä voi säteillä suuritaajuisia häiriöitä, ellei niitä ole taajuusmuuttajan suunnittelussa otettu huomioon.

### **3.6 Yliaaltojen torjumiskeinoja**

#### *3.6.1 Induktanssin lisääminen*

Taajuusmuuttajan tuloon kytketään sarjainduktanssi (esimerkiksi kuristin tai muuntaja), joka vaimentaa harmonisia yliaaltoja merkittävästi. Sarjainduktanssi on vakiovarusteena joidenkin valmistajien käytössä. Jos piiriä ei ole, se voidaan hankkia erikseen, jolloin se pitää mitoittaa ja asentaa oikein. [ 13. ]

#### *3.6.2 Mahdollisimman suuren pulssiluvun käyttäminen*

Taajuusmuuttajan pulssilukua suurentamalla voidaan pienentää häiriöitä. Normaalin kuusipulssisen tilalle asennetaan 12- tai 24-pulssinen tasasuuntaaja syöttämään yhteistä tasajännitevälipiiriä. Laitteisto tarvitsee silloin kolmikäämisen muuntajan tai kaksi tavallista muuntajaa. Laitteisto on kalliimpi toteuttaa, mutta häiriöt suodattuvat silloin luonnollisesti. Kun muuntajan toiossa vaiheet ovat 30° vaihesiirrossa, niin osa häiriöpulsseista on toisiinsa nähden vastakkaismerkkisiä ja siten ne eliminoiduvat. [ 14, s. 19. ]

### 3.6.3 Standardien vaikutukset laitehankinnoissa

Moottori- ja laitevalmistajille on tullut vuonna 2004 uusi standardi, jollaista ei ole aikaisemmin ollut olemassa.

Standardi EN 61300-3-12 määrittelee harmonisten komponenttien suurimmat yliaaltopitoisuudet suhteessa nimelliskuormaan, mutta ei sisällä raja-arvoja osakuormituksessa syntyville yliaalloille. Osakuormasta on kyse esimerkiksi silloin, kun taajuusmuuttajakäyttö ohjaa moottoria käymään alle sen nimellisnopeuden, kuten tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa. Kaikki sähköverkon laitteet eivät aina toimi nimelliskuormalla, eivät etenkin taajuusmuuttajakäytöt. Tavallisilla tasasuuntaajilla harmonisten yliaaltojen määrä kasvaa nopeasti kuorman pienentyessä. [ 2. ]

IEC/EN 61000-3-12-standardi kattaa kaikki laitteet 75 ampeeriin saakka ja kaikkien kiinteistöalalla käytettävien uusien laitteiden pitää olla sen mukaisia helmikuuhun 2008 mennessä.

Laitteistojen käyttöön valinnassa on hyvä tietää niitä koskevista säännöistä ja määräyksistä. Taajuusmuuttajiin tällä hetkellä vaikuttavia pakollisia määräyksiä sisältäviä standardeja seuraavassa:

- o pienjännitedirektiivi 73/23/EEC lisäyksiin

Tämä direktiivi koskee kaikkia sähkölaitteita, joiden nimellisjännite on välillä 50 V - 1 kV (vaihtovirta) ja 75 V - 1,5 kV (tasavirta).

Direktiivin on tarkoitus suojata käyttäjää sähkö-, palo- ja säteilyvaaroilta. Direktiivin avulla pyritään varmistamaan, että markkinoille saatetaan vain turvallisia tuotteita.

- o konedirektiivi 98/37/EC

Tämä direktiivi koskee kaikkia mekaanisesti liitettyjen komponenttien yhdistelmiä, joissa vähintään yksi osa liikkuu ja joissa on tarvittavat ohjauksilaitteet, sekä ohjaus- ja syöttöpiirit.

- o EMC-direktiivi 89/336/EEC lisäyksiin

Nimensä mukaisesti EMC-direktiivin tarkoitus on saavuttaa EMC-yhteensopivuus muiden tuotteiden ja järjestelmien kanssa. Direktiivin tarkoituksena on varmistaa, että tuotteen aiheuttamat häiriöpäästöt ovat niin pieniä, etteivät ne ylitä toisen tuotteen sietotasoa.

- o laatuja järjestelmä ISO 9001 ja ympäristöjärjestelmä 14001

Laadunhallintajärjestelmä ISO 9001 ja ISO 14001-ympäristöjärjestelmämalli.

- o EMC (standardin SFS-EN 61800-3 mukaan) 1. käyttöympäristö, rajoitettu jakelu, vakiona

Standardi määrittelee käyttöympäristöt häiriöitä tuottaville sähkölaitteille. Käyttöympäristöt:

1. Käyttöympäristöön kuuluvat kotitaloudet, sekä laitokset, jotka on liitetty suoraan ilman välimuuntajaa kotitalouksien pienjänniteverkkoon.

2. käyttöympäristöön kuuluvat kaikki muut laitokset paitsi ne, jotka on liitetty suoraan kotitalouksien pienjänniteverkkoon. [ 14, s. 54. ]

#### 3.6.4 Äänivaikutuksia taajuusmuuttajakäytöstä

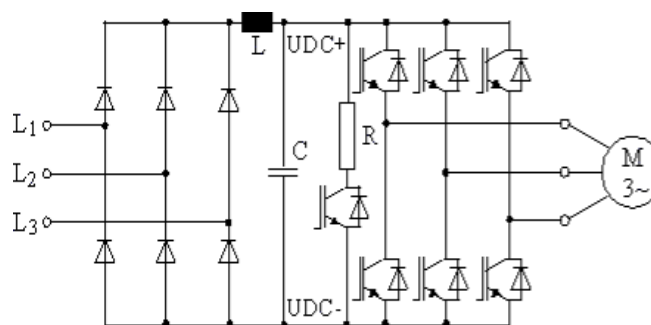
Taajuusmuuttaja ohjaa puhallinmoottoreiden pyörimisnopeutta nimellisenopeutta pienemmäksi. Pienemmällä nopeudella pyörivä sähkömoottori pitää magnetointinsa takia kovempaa käyntiääntä kuin nimellisenopeudella pyörivä sähkömoottori. Itäkeskuksen kaikki ilmanvaihtokoneet ovat sijoitettuna siten, että niistä ei aiheudu mitään meluhaittoja. Iv-koneet ovat joko erittäin hyvin äänieristettyjä konttikoneita tai koneille on varattuna rakennuksissa omat tekniset tilansa, joissa koneiden käyntiääni ei aiheuta häiriötä.



### 3.7 Erilaisia taajuusmuuttajatyyppejä

Taajuuden säätöön perustuva taajuusmuuttajakäyttö on kaikkein yleisin. Se perustuu siihen, että kiinteä verkko korvataan muuttuvataajuisella kolmivaihejärjestelmällä ja samalla sopeutetaan jännite koneen magnetointiin sopivaksi. Kone toimii sitten tämän verkon perässä samaan tapaan kuin kiinteätaajuisessa verkossa. Tyhjäkäynnissä kone pyörii taajuusmuuttajan lähtötaajuuden määräämällä synkroninopeudella. Kuormitettaessa nopeus putoaa. Pudotus on nimellistaajuudella nimellisjättämän suuruusluokkaa vaihdellen koneen lämpötilan mukaan.

Taajuusmuuttajat luokitellaan välipiirien perusteella virtaohjattuihin ja jänniteohjattuihin. Välipiiri virtaohjatussa taajuusmuuttajassa muodostuu tasoituskuristimesta. Virtaohjattu taajuusmuuttaja toimii virtalähteenä syöttäen moottoriin sellaisen virran, jolla moottorin napoihin saadaan haluttu jännite. Yleisempi taajuusmuuttajatyyppe on jänniteohjattu (kuva 6) , ja sen välipiirissä on kondensaattoreita sisältävä suodin. Välipiirin tehtävänä on erottaa siljat toisistaan ja toimia energiavarastona. Lisäksi välipiirin tasajännitteestä voidaan muuntaa käyttöjännite taajuusmuuttajan ohjauselektronikalle. Välipiirissä tasasuuntaajalta tuleva sykkivä jännite tasoitetaan. Lähtöjännitettä säädetään muuttamalla välipiirin jännitettä tai muuttamalla lähtöjännitteen pulssikuviota pulssinleveys- ja amplitudimoduloinnilla. [ 2, s. 21. ]



Kuva 6. Jännitevälipiirillä varustettu sähkömoottorikäyttö

Kaikille taajuusmuuttajien ohjauspiireille on yhteistä se, että ne lähettävät vaihtosuuntaajan puolijohteille viestin, joka ohjaa ne johtamis- tai katkaisutilaan. Tämä kytkemistapahtuma voidaan toteuttaa eri periaatteilla.

### 3.7.1 Pulssinleveys säätö

Työssä on syvennytty tutkimaan enemmän PWM ( Pulse Width Modulation) -taajuusmuuttajaa, joka on eniten käytetty taajuusmuuttaja puhallin- ja pumpukäytöissä.

Pulssinleveys säädössä säädetään oikosulkumoottorin ulkoisia suureita seuraavalla tavalla :

- säätösuureet: jännite ja taajuus
- vaihtovirran siniaallon simulointi modulaattorin avulla
- vuo tuotetaan V/f-vakiosuhteen avulla
- kuorma määrää momentin

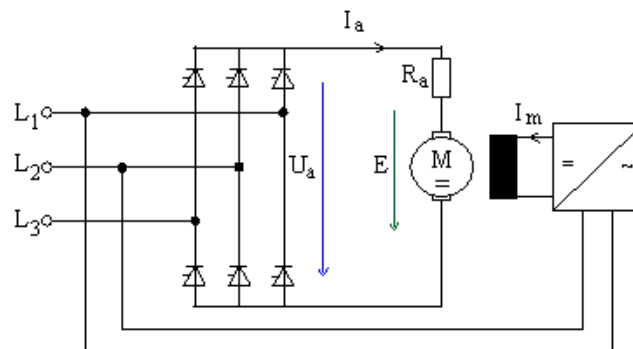
Vaihtovirtakäytön taajuussäädössä säädetään moottorin ulkopuolisia säätösuureita, jännitettä ja taajuutta. Taajuus- ja jänniteohje syötetään modulaattoriin, joka simuloi vaihtovirran siniaaltoa ja syöttää sen moottorin staattorin käämille. Tätä tekniikkaa kutsutaan pulssileveysmodulaatioksi (PWM - Pulse Width Modulation), ja siinä käytetään verkon ja vaihtosuuntaajan välissä olevaa dioditasasuuntaajaa. Välipiirin tasajännite pysyy vakiona. Vaihtosuuntaaja säättää PWM-pulssijonon avulla moottorin jännitettä ja taajuutta. Menetelmässä ei käytetä takaisinkytkentää, jonka avulla moottorin akselilta mitatut nopeus- ja asentotiedot syötettäisiin takaisin säätöpiiriin.[ 2. ]

PWM-taajuusmuuttajan moottorille syöttämä kolmivaihejännite muodostuu siten, että tasavirtapiiriin jännite kytketään nopeasti vuorotellen aina kahden moottorivaiheen välille. Kytkiminä toimivat tyristorit, transistorit, hilalta sammutettavat tyristorit (GTO - Gate Turn Off) tai nykyisin jännitteellä ohjattavat bi-polaari-transistorit (IGBT - Insulated Gate Bi-polar Transistor).

### 3.7.2 Ilmanvaihtokoneissa käytetty taajuusmuuttaja

Ilmanvaihtokoneessa käytetään pulssinleveysmoduloinnilla säädettävää PWM-taajuusmuuttajaa. PWM-taajuusmuuttajassa ei ole takaisinkytkentää. Pulssinleveysmodulaatioissa ei päästä samaan tarkkuuteen kuin esim. suorassa momentinsäädössä. Pumppu- ja puhallinkäytöissä ei tarvita kovin suurta pyörimisnopeuden tarkkuutta ja hallintaa, esim. pyörimisnopeustietoa.

### 3.7.3 Tasavirtamoottorit



Kuva 7. Tasavirtamoottorikäyttö. [ 7 ]

Kun suuria tasavirtamoottoreita käytetään teollisuuden moottorikäytöissä, niitä syötetään tavallisesti kolmivaiheverkkoon kytketyllä tyristoritasasuuntaussillalla (kuva 7). Sillasta saadaan suurin tasajännitteen keskiarvo silloin, kun sillan ylemmän puolet tyristorit kytkevät vuorotellen aina suurimman vaihejännitteistä sillan positiiviseen kiskoon ja sillan alimmat tyristorit aina pienimmän vaihejännitteistä sillan negatiiviseen kiskoon. Tällöin moottoria syötetään aina siitä positiivisesta pääjännitteestä, jonka itseisarvo on suurin. [ 7 ]

### 3.7.4 Suora momenttisäätö

Suora momenttisäätö (DTC - Direct Torque Control) on ABB:n soveltama avaruusvektorteoriaan perustuva anturiton säätö. DTC:ssä säädetään erikseen vuota ja momenttia hystereesissäätönä. Niin kauan kuin oloarvot pysyvät annetuissa rajoissa, ei tehdä mitään. Kun jompikumpi tai molemmat säädettävistä suureista ajautuvat ulos rajoista, suoritetaan se kytkintoimenpide, joka toteuttaa kaikkein tehokkaimmin tarvittavan palautuksen. DTC vaatii hyvin tarkan matemaattisen mallin ja suuritehoisen prosessorin. DTC:n prosessori suorittaa 40000 ohjelmakierrosta sekunnissa. 1500 r/min pyörivän koneen roottori ehtii kääntyä vain noin 0.2 astetta yhden ohjelmakierron aikana. [ 2. ]

### 3.7.5 Skalaari- ja vektorisäätö

Vektorisäädössä koneen virroista analysoidaan koneen matemaattiseen malliin perustuen erikseen momenttia ja vuota tuottavat komponentit ja säädetään niitä digitaalisilla säätöalgoritmeilla erikseen. Perinteinen vektorisäätö tarvitsee pulssitakon, jotta roottorin nopeudesta ja asennosta on säädöllä tarkka tieto.

Vektorisäädön vaikeutena on koneen parametrien muutokset. Resistanssien arvot muuttuvat suuresti lämpötilan mukana ja induktanssien arvot hyvinkin nopeasti kyllästystilanteissa.

Vektorisäädöllä saavutetaan hyvät dynaamiset ominaisuudet ja myös hyvänollanopeuden hallinta. [ 2. ]

### 3.8 Taajuusmuuttajan esittely

#### *Ilmanvaihtokoneen B308 taajuusmuuttaja*

Puhallinmoottoreita ohjataan ABB Oy:n valmistamalla taajuusmuuttajalla, joka on mallia ACS 550 (kuva 8). Taajuusmuuttaja edustaa viimeisintä tekniikkaa ja ABB luotettavimpia laitetoimittajia markkinoilla tällä hetkellä.



#### TEKNISET TIEDOT:

**Verkkoliitäntä.**

**Jännite:**

400/415/440/460/480 VAC+10% -15%

**Oikosulkuvirta:**

100kA/s

**Taajuus:**

48 Hz - 63 Hz

**Epäsymmetria:**

Enintään 3 % nimellisjännitteestä

**Perusaallon tehokerroin:**

0,98 nimelliskuormalla

**Kaapelin lämmönkesto:**

90 °C minimiarvo

*Kuva 8. Taajuusmuuttaja ACS 550*

Taajuusmuuttaja ACS 550 on PWM –taajuusmuuttaja, joka säätää moottorin pyörimisnopeutta taajuuden ja jännitteen suhteella. ACS 550 on aseteltavissa ohjaamaan 0,75 – 110 kW:n moottorikäyttöjä.

ACS 550 sisältää tehdasasennettuna valmiiksi ohjelmoituja makroja, ohjelmia, sekä käynnistys- ja sammutusramppeja. Laitteessa on valmiudet yleisiin väyläliitäntöihin jo tahdasasennuksena.

Moottori asetellaan taajuusmuuttajan ohjaukseen siten, että moottorin nimellisjännite U/f -suhde on ohjauksen maksimi pyörimisnopeus.

### 3.9 Ohjaustavat

#### Aikaohjaus

Ilmanvaihtokonetta E303 ohjataan tällä hetkellä ainoastaan normaalilla aikaohjelmalla.

Aikaohjelman pituus on yksi viikko, jokaisena päivänä on mahdollisuus valita vähintään kolme käynnistys- ja pysäytysajankohtaa yhden minuutin tarkkuudella kutakin aikaohjelmaa kohden.

Ilmanvaihtokoneen puhallinmoottoreita ohjataan ajallisesti siten, että puhallinmoottorit ovat kokonaan pois päältä niinä vuorokaudenaikoina, kun kiinteistön tilat ovat tyhjillään. Ilmanvaihto on päällä parkkihallissa aamu yhdeksästä iltayhdeksään.

#### CO<sub>2</sub>-ohjaus

Hiilimonoksidia syntyy polttoaineen epätäydellisen palamisen tuloksena. Hiilimonoksidin määrä pakokaasussa riippuu ajotilanteesta, esim. hiilimonoksidia syntyy erityisen paljon ajettaessa hiljaa tai hyvin kovaa. Hiilimonoksidi muuttuu muutaman tunnin kuluessa hiilidioksidiksi CO<sub>2</sub>.

Asiakastiloissa, autohalleissa ja paikoitustiloissa tarkkaillaan hengitysilman hiilidioksidipitoisuutta erityisten elektronisten tunnistimien avulla, joiden ohjauksarvoilla säädetään ilmaston tehokkuutta.

### 3.10 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Kauppakeskusta ohjaa oma automaatiojärjestelmä, joka on rakennettu PC-pohjaisella valvomojärjestelmällä (kuvat 9 ja 10).

COMSYSTEM 2000 - [C:\VALCOM\PICT\MPUHD08]

Kaavio Hälytykset Kohdeet Ohjaus Alkiasetelmät Raportit Työkäluet Käyttäjät Huolto Ohjelmat Ilkuna Ohje

ITÄMARKET

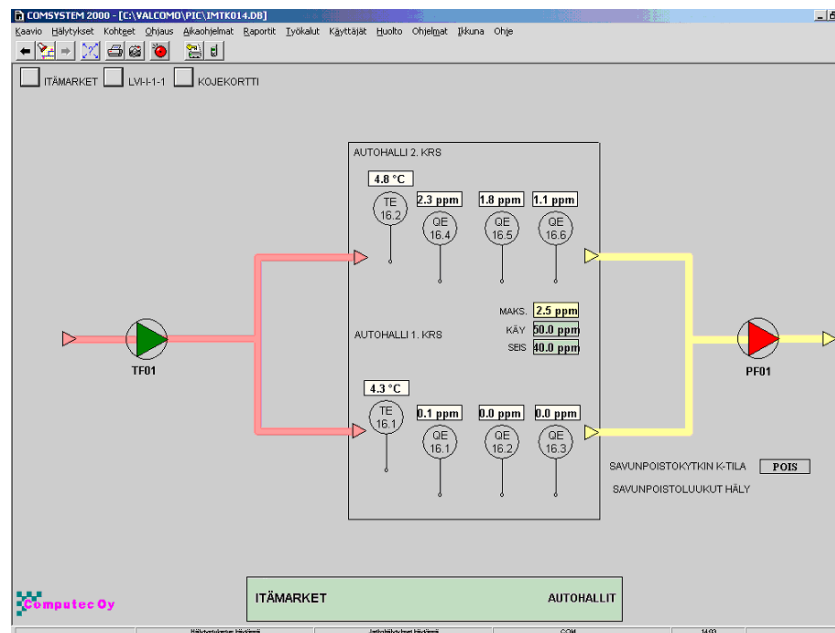
VAIKUTUSALUE	PUHALLIN	AIKA-OHJAUS	TILATIETO	RISTRIRITA
AUTOPIAKOTUS KELLARI JA P. KRS OSA 1	I17TF01	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS KELLARI JA P. KRS OSA 1	I17PF01	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS KELLARI JA P. KRS OSA 1	I17TF02	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS KELLARI JA P. KRS OSA 1	I17PF02	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS KELLARI OSA 1	I17TF03	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS P. KRS OSA 1	I17TF04	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS P. KRS OSA 1	I17PF05	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS KELLARI OSA 2	I18TF01	🟢	▶	OK
AUTOPIAKOTUS P. KRS OSA 2	I18TF02	🟢	▶	OK
LASTAUSTILA OSA 1	I19PF01	🟢	▶	OK
LASTAUSTILA OSA 2	I20PF01	🟢	▶	OK
SOS.TILAT JA KÄYTÄVÄT	I56PF01	🟢	▶	OK
W.C.T	1PF06	🟢	▶	OK
104 C	1PF07	🟢	▶	OK
HSSKULLU	1PF08	🟢	▶	OK
PULLOVARASTO	1PF09	🟢	▶	OK
HSSKONEHUONE	13PF79	🟢	▶	OK

VAIKUTUSALUE	PUHALLIN	AIKA-OHJAUS	TILATIETO	RISTRIRITA
VARASTO JA KÄYTÄVÄ OSA 1	I59PF01	🟢	▶	OK
W.C.T JA KÄYTÄVÄ OSA 1	I63PF01	🟢	▶	OK
TULENARKOJEN NESTEDEN VARASTO	I64PF01	🟢	▶	OK
TULENARKOJEN NESTEDEN VARASTO	I65PF01	🟢	▶	OK
SPRINKLERHUONE OSA 2	I66PF01	🟢	▶	OK
W.C.T KELLARI, 1.KRS OSA 1	I67PF01	🟢	▶	OK
W.C.T OSA 2	I69PF01	🟢	▶	OK
HUOLTOTILA VARASTO OSA 1	I70PF01	🟢	▶	OK
TULENARKOJEN NESTEDEN 1.KRS	I80PF01	🟢	▶	OK
SAHKÖTILAT 1.KRS	I81PF01	🟢	▶	OK

ITÄMARKET PUAHTIMET

Hälytyksen häydytys Jatkohälytyksen häydytys COM 1622

Kuva 9. Puhallinlaitteistoa rakennusautomaatiossa



Kuva 10. Rakennusautomaatio CO<sub>2</sub> -säätö

Keskitettyssä rakennusautomaatio-ohjauksessa saavutetaan monia etuja, esim. seuraavia:

- Raportointiominaisuudet ja kumuloituvaa tietokanta helpottavat elinkaariseuranta - säästää huoltomiesten työtä ja aikaa. Etuja ovat myös modulaarisuus, laajennettavuus ja anturoinnin lisäämismahdollisuus.
- Kun käytetään avointa LON-pohjaista järjestelmää, voidaan kytkeä samaan järjestelmään muiden toimittajien ratkaisut esimerkiksi kulunvalvontaan, murto- ja palohälytyksiin sekä lukituksiin.
- Automaatiojärjestelmiä on helppo muunnella ilman johdotus- ja asennustöitä. Myös kiinteistön automaatiojärjestelmän on oltava helppo muunneltavissa esim. muutettaessa huoneita avokonttoreiksi, tai päinvastoin, automaatio seuraa muutoksia ilman kaapelointi- tai muita muutostöitä.
- Järjestelmän dokumentaatio syntyy automaattisesti ja pysyy ajan tasalla. Saadaan lukuisia laitteiston toimintaa kuvaavia raportointeja.
- Kiinteistön energiataloutta on helpompi seurata ja ohjata. Järjestelmästä saadaan tunnuslukutietoa ohjauksen pohjaksi.
- Käyttöhenkilökunta saa yhteyden ja voi käyttää järjestelmää etäältä. Näkymä kaikkiin kiinteistön hallintajärjestelmiin yhdestä käyttöliittymästä. Saadaan laitteisto käyttäjäystävällisemmäksi.
- Etäkäyttöisyys antaa mahdollisuudet puuttua poikkeamiin jo ennen kuin mitään haittoja on päässyt syntymään. Laitteiston tilatieto on selkeästi esitettyä.
- Rakennusautomaatiojärjestelmä siirtää mitatut energiankulutustiedot (sähkömäärä, vesimäärä, lämpömäärä) huoltokirjaohjelmistoon ja hälytykset esim. vartiointiliikkeen hälytysvalvomoon.

### 3.10.1 Yleiset tapahtumaohjelmat

#### *Porrastetun käynnistyksen ohjelma*

Porrastetun käynnistyksen ohjelma käynnistää ilmanvaihtokoneet ja muut ohjattavat sähkölaitteet portaittain normaaliin käyttötilaan jännitekatkon, häätäpysäytyksen tai normaalin aikaohjelmatapahtuman yhteydessä. Saman käynnistymisajan omaavat koneet käynnistyvät portaittain. Käynnistysten välinen aika on vapaasti määriteltävissä. 2-nopeuksiset koneet käynnistyvät aina osatehon kautta.



### *Iv-koneen hätäpysäytys*

Painettaessa iv-hätäpysäytyspainiketta (lukittuva) tai suoritettaessa toiminta-käskey käyttöpäätteeltä pysähtyvät ko. painikkeelle määritellyt tuloilmakoneet ja saadaan hälytys. Siirtyminen normaaliin käyttötilaan tapahtuu, kun painike on palautettu normaaliin paikan päällä. Tämän jälkeen koneet käynnistyvät porrastetun käynnistyksen ohjelman mukaisesti.

### *Lämminverkoston häiriö*

Lämminverkoston häiriötilanteessa kaikki verkostoon liittyvät koneet pysähtyvät ja seuraa hälytys, jos verkoston paineen tai menoveden lämpötilan häiriöhälytyksen alaraja hälyttää yhtäjaksoisesti vähintään 5 minuuttia tai verkoston pääpumppu pysähtyy, kun ulkolämpötila on alle +2 °C. Häiriöhälytyksen alarajat ovat muista raja-arvoista riippumattomasti aseteltavissa. Paluu normaaliin käyttötilaan tapahtuu kuitaamalla hälytys valvontajärjestelmästä tai kun hälytyksen aiheuttajat ovat palanneet normaalitilaan tai kun hälytyksen poistumisesta on kulunut ½ tuntia.

### *Yötuuletus*

Yötuuleuksessa on kaksi vaihtoehtoa, joko huonelämpötilan tai poistolämpötilan mukaan tapahtuva tuuletus. Ohjelmissa on lukuisia toimintoja, joiden on oltava voimassa.

### *Yötuuletus Huonelämpötilan mukaan*

Tuuletus lähtee käyntiin ainoastaan, jos kaikki seuraavat tarkastukset ovat tosia:

- kello on välillä 00:00 – 07:00
- ulkolämpötila on yli yötuuletusrajan (+12 °C, jos kojeessa ei ole LTO:a +8 °C, jos on)
- huoneenlämpötila on yli mukavuusylärajan +23 °C
- huonelämpötila on vähintään 3 °C korkeampi kuin ulkolämpötila
- kojeet eivät käy normaalia aikaohjelman mukaista käyttöä

*Yötuuletuksen* aikana, kaikkien oltava tosia:

- tulo- ja poistopuhaltimet käyvät täydellä teholla
- ulkoilma- ja poistopellit ovat auki
- lämmitys- ja jäähdytysventtiilit ovat kiinni
- LTO:n jälkeisen lämpötilan asetusarvo on +12 °C
- kostutus ei ole toiminnassa
- raja-arvohälytykset on estetty

Yötuuletus pysähtyy, jos jokin seuraavista ehdoista tulee todeksi:

- huonelämpötila on alle mukavuusalarajan +20 °C
- ulko- ja huonelämpötilan välinen lämpötilaero on pienentynyt 2 °C:een
- ulkolämpötila on alle minimi yötuuletusrajan (+10 °C, jos kojeessa ei ole LTO:a, +5 °C, jos on)
- kone käynnistyy aikaohjelman mukaiselle normaalikäytölle

*Yötuuletus poistoilman lämpötilan mukaan*

Tuuletus lähtee käyntiin ainoastaan, jos kaikki seuraavat tarkastukset ovat tosia:

- kello on välillä 00:00 – 07:00
- normaali aikaohjelma ei ole voimassa
- ulkolämpötila on yli minimi yötuuletusrajan (+12 °C, jos koneessa ei ole LTO:a, +5 °C, jos kojeessa on LTO)

Koneisto käynnistyy klo 00:00 15 minuutiksi. Mikäli käyntiajan loputtua seuraavat ehdot ovat tosia jatkuu yötuuletus:

- poistoilman lämpötila on yli mukavuusylärajan
- poistoilman lämpötila on vähintään 4 °C korkeampi, kuin ulkolämpötila

Yötuuletuksen aikana, kaikki oltava voimassa:

- tulo- ja poistoilmapuhaltimet käyvät täydellä teholla
- ulkoilma- ja poistoilmapellit ovat auki
- lämmitys- ja jäähdytysventtiilit ovat kiinni
- LTO:n jälkeisen lämpötilan asetusarvo on +12 °C
- kostutus ei ole toiminnassa
- raja-arvohälytykset on estetty

Yötuuletus pysähtyy, kun yksikin seuraavista ehdoista muuttuu todeksi:

- poistoilman lämpötila on alle mukavuusrajan
- ulko- ja poistolämpötilan välinen lämpötilaero on pienentynyt 2 °C
- ulkolämpötila on alle minimi yötuuletusrajan (+10 °C, jos kojeessa ei ole LTO:a, +5 °C, jos kojeessa on LTO)
- kone käynnistyy aikaohjelman mukaiselle normaalikäytölle

#### *Palovaara (TE10, TE19)*

Tuloilman noustessa yli +45 °C:n pysähtyvät tulo- ja poistopuhaltimet ja saadaan hälytys. Hälytys tulostuu aina ja ilman viivettä. Kuittaus ja käynnistys tapahtuu käsin alakeskuspäätteeltä tai alakeskuksen kuittauspainikkeesta tai kun hälytyksen poistumisesta on kulunut ½ tuntia.

### *LTO:n jäähdytysenergian talteenotto*

Iv-koneen jäähdytysportaan ollessa päällä ja poistoilman lämpötilan ollessa 3 °C alle ulkolämpötilan, ohjataan LTO 100 %:n teholle. Palautuminen normaalisäätöön tapahtuu, kun lämpötilaero on laskenut alle yhden °C tai lämmitysporras alkaa.

### *Yöjäähdytys*

Yöjäähdytyksessä koneisto käynnistyy ensin ohjelman nro. 3 mukaiselle yötuuletukselle. Yöjäähdytys käynnistyy, mikäli ulkolämpötila on yli yöjäähdytysrajan (+20 °C). Yöjäähdytyksen aikana yötuuleustoiminnan lisäksi jäähdytyspatterin venttiiliä säädetään siten, että tuloilmapuhaltimen jälkeisen ilman lämpötila pysyy +15 °C. Muut ehdot ovat yötuuletusohjelman nro. 3 mukaiset.

### *Jännitekatko-ohjelma*

Sähkökatkon aikana hälytykset turvallisuus-, hissi-, palo-, ja kiireellisiä hälytyksiä lukuun ottamatta estetään alakeskukseen sijoitettavan jännitevalvontareleen ja prosessiasemakohtaisen hälytyspisteen perusteella. Valvomoon saadaan kiireellinen hälytys ko. prosessiaseman jännitekatkosta. Jännitteen palattua käynnistetään koneet porrastetun käynnistysohjelman mukaisesti.

## *3.10.2 Raportointiohjelmat*

Rakennusautomaatiosta on saatavilla lukuisia käytönaikaisia raportteja laitteiston toiminnasta graafisessa ja tekstimuodossa. Seuraavassa muutama esimerkki.

### *Käyttötuntilaskenta ja raportti*

Järjestelmä laskee koneiden ja laitteiden käyttötunnit ja hälyttää annetun käyttötuntimäärän ylittyessä. Auttaa huomattavasti ennakoimaan huoltomenpiteitä.

### *LTO:n hyötysuhdelaskenta ja –raportti*

Hyötysuhdetta lasketaan automaattisesti 15 min. käynnistymisen jälkeen, koneen käyntiaikana. Ilmoitetaan prosentteina. Viikoittain tulostettavaan raporttiin kerätään laitteistoista päivien keskiarvo.

### *Asetusarvoraportti*

Asetusarvoraportti on listatuloste tai grafiikkakuva, jossa on kaikkien valittujen järjestelmien (vesi, lämmitys, viemäri, iv, jne.) pääasetusarvot tai lasketut asetusarvot ja niitä vastaavat mittausarvot.

### *Energiaraportti*

Energiaraportointi rakennuksen lämmön, veden, sähkön kulutuksesta. Raportti tehdään kuukausi- tai vuositasolla.

### *3.10.3 Säättöohjelma*

Järjestelmä toteutetaan vapaasti ohjelmoitavalla DDC-pohjaisella (Direct Digital Control) rakennusautomaatiojärjestelmällä. Käyttäjälliityntä toteutetaan PC-pohjaisella (Personal Computer) valvomo-ohjelmistolla.

Järjestelmän ja käyttäjän välinen kommunikointi, ohjaustoimenpiteiden suorittaminen, parametrimuutokset, valvontatietojen tarkkailu ja seuranta, ja sekä grafiikkakuvien että -tulostusten käyttö tapahtuu grafiikkapäätteiden ja hiiren avulla.

## HÄLYTYSOHJELMAT

### *Hälytysluokat:*

Hälytykset jaetaan ryhmiin niiden kiireellisyyden, jälleenannon ym. käyttäjän määrittelemien ryhmittelyjen perusteella seuraavasti:

- 1) Turvallisuushälytykset.
- 2) Kiireelliset hälytykset.
- 3) Yleishälytykset.
- 4) Huoltohälytykset.

Kaikki hälytysohjelmissa esitetyt kellonajat, asetus- ja raja-arvot, sekä viitteet ovat käyttöpäätteeltä käyttäjän aseteltavia arvoja. Kaikki hälytykset voidaan estää yksittäin (esim. huoltotoiminnan ajaksi) manuaalisesti käyttöpäätteeltä.

### Yleiset hälytysohjelmat:

- hälytysten estot
- ristiriitahälytys
- jäätymisvaarahälytys
- suodatinvahtihälytys
- paine-ero- ja virtausvahtihälytys
- LTO:n pyörimisvahti
- verkostopumput
- pumppaamojen kaivojen hälytykset
- muut laitehälytykset
- hyötysuhdehälytys
- raja-arvohälytykset
- kahden mittauksen erohälytys
- muutosnopeushälytys [9, s. 4.]

### 3.10.4 Kenttäväyläjärjestelmä

Kenttäväyläjärjestelmän rakenne on LonMark -hyväksytty ja täyttävää LonMark Associationin verkoille asettelemat vaatimukset.

#### LONWORKS

Lonworks on Echelonin kehittämä ja Motorolan ja Toshibaan tukema täydellisen palvelun kenttäväylä. LONWorksin sovelluksia on eniten rakennusautomaatiossa, kuten hissien ohjauksessa, kotiautomaatiossa, turvajärjestelmissä, paloturvallisuusjärjestelmissä sekä LVI-prosessien säätimisessä. Perinteisissä PID-säätimiä vaativissa jatkuvien tai eräprosessien säädöissä on menestys ollut vähäisempää.

### 3.10.5 Väylärakenne

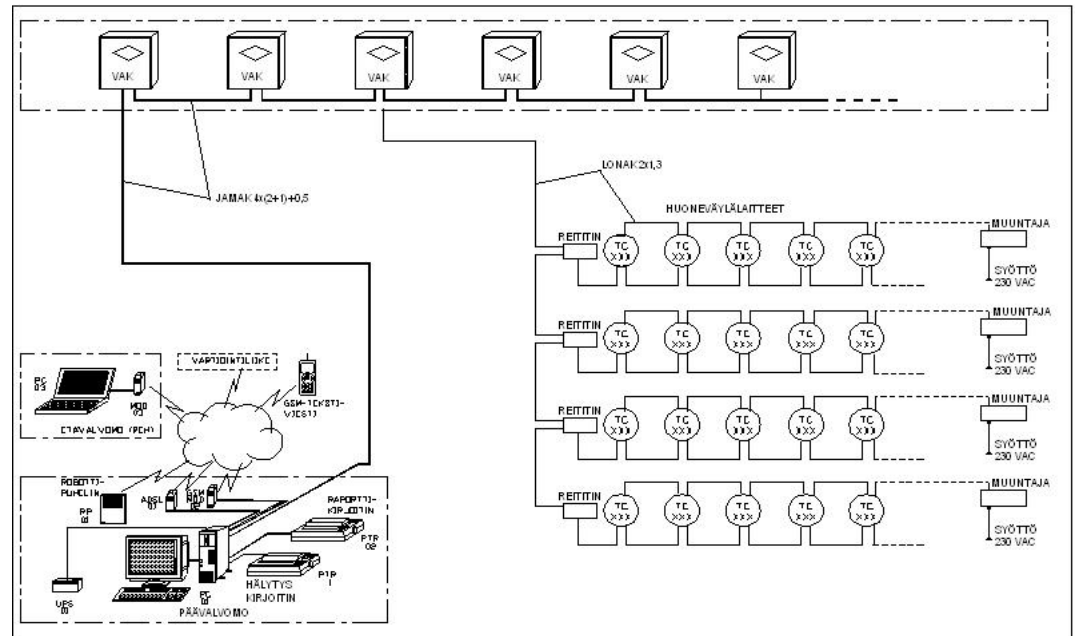
Segmentit on yhdistetty toisiinsa runkoverkolla. Runkoverkko kuuluu sovel-luskerros-tasoon.

Aliverkko Lon-järjestelmässä koostuu segmenteistä. Segmentit sisältävät huoneväylälaitteet, reitittimet, toistimet, muuntajat ja tehonsyöttölaitteet (kuva 11). Laitteet on liitetty toisiinsa kierretyllä LONAK® parikaapelilla (kuva 12). Laitteita segmentissä voi olla 255 kpl. Segmentit kuuluvat siirtoyhteyskerrokseen.

Anturit ja ilmaisimet kuuluvat Lon -järjestelmän aliverkon alaisuuteen fyysisen tason laitteistoon. Verkon liittymäkohtia kutsutaan solmuiksi, laitteita voi olla asennettuna 127 kpl. Tason laitteistoihin kuuluu analog - digital (A/D) muuntimet, sekä analogiset anturit ja mikroprosessorit, jotka muuttavat bittitiedot lähetyspaketeiksi.

Koko väylärakenteessa vaikuttaa LonTalk -protokolla. LonTalk -protokollan palveluita ovat esim. yhteys tiedonsiirtomediaan, kommunikointien kuittaus, lähettäjän todennus, etuoikeutettu tiedonsiirto, törmäysten välttäminen, automaattiset uudelleenyritykset, datatyypin standardisointi ja tunnistaminen, yleislähetys, ryhmälähetys, solmulähetys, osoitteenmuodostus sekä virheiden havainnointi.

Tietoliikennöinti tapahtuu pääosin segmenttien sisällä. Huoneväylälaitteisiin kuuluvat anturit ja ilmaisimet, jotka antavat tilatiedot tehonsyöttölaitteille. Tehonsyöttölaitteisto huolehtii tarvittavista toimenpiteistä, esim. säätö, varoitus, hälytys tai ohjelma.



Kuva 11. Kenttäväylän rakenne

Väyläkaapelina on käytetty NK Cables Oy:n LONAK® 2x1,3 -merkinantokaapelia. Runkokaapelina on käytetty NK Cables Oy:n JAMAK® 4x(2+1)+0,5 -instrumentointikaapelia (kuva12).



Kuva 12. Rakennusautomaatiossa käytetyt kaapelimallit



### 3.10.6 Kenttäväylästandardi

Kenttäväyläjärjestelmiä on muutamaa eri automaatiovalmistajien kehittämää toimintamallia. Automaatiovalmistajien väyläteknikat on kuitenkin saatu standardoitua International Electrotechnical Commissionin (IEC) ja Instrument Society of American (ISA) yhteistyönä siten, että väylärakenteet ovat lähes keskenään yhteensopivia.

Kenttäväylästandardi perustuu ISO:n (International Standards Organisation) OSI-tasomalliin (Open Systems Interconnection). Kenttäväylä standardiin kuuluvat OSI/ISO-mallin kolme kerrosta seitsemästä:

- 1) Fyysinen kerros
- 2) Siirtoyhteyskerros
- 3) Sovelluskerros

#### *Sovelluskerros*

Sovelluskerros tukee sovelluksia seuraavasti:

- ohjelmien upload ja download
- tietokantojen upload ja download
- puskureiden ja jonojen tuki
- prosessin skedulointi
- tapahtumien raportointi

Kenttäväylästandardointi ei ole johtanut yhteen kenttäväylätuotteeseen, mutta suppenemista se on saanut aikaan. Erityisesti fyysinen kerros ja siirtoyhteyskerros alkavat eri tuotteissa olla samanlaisia. Tuotteista on tällä hetkellä täydenpalvelun verkkoja (kuva 13):

- Foundation-kenttäväylä
- Profibus WorldFIP

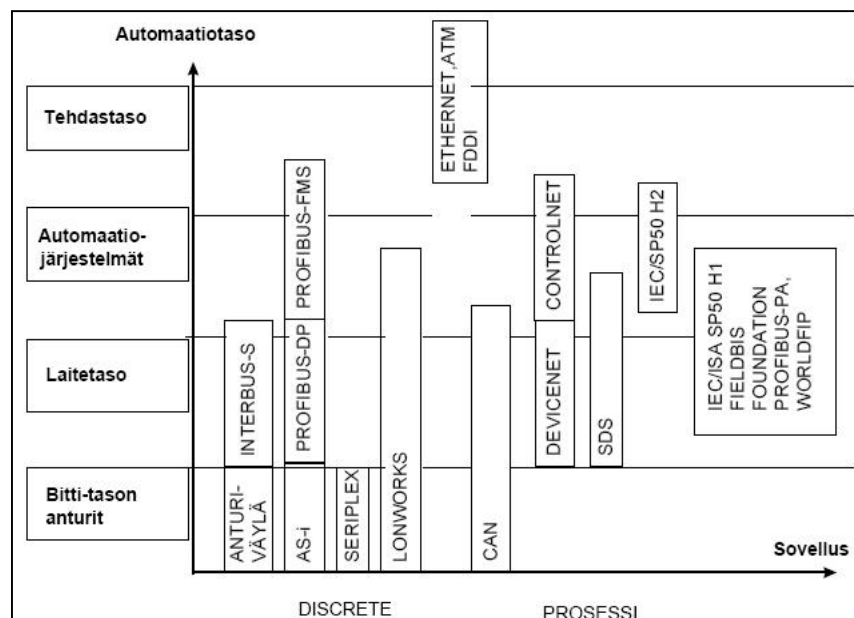
- LONWorks
- ControlNet
- Myös vanhempi HART-ratkaisu, joka hyväksyy sekä analogisen että digitaalisen toteutuksen, on toimiva väliaikaisratkaisu.

Anturi- ja toimilaitteväyliksi voidaan luokitella CAN- (Controller Area Network) tyyppiset

- DeviceNet
- SDS

ja muut yleiset CAN-väylät

- AS-I
- Interbus-S
- Seriplex



Kuva 13. Kaikki automaatio-sovellukset

### *Siirtoyhteyskerros (DLL Dynamic Link Library)*

Siirtoyhteyskerros (2) antaa kaikille kommunikoiville laitteille (solmupisteille) mahdollisuuden verkon hallintaan. Protokollia on kolme:

1. Valtuuden välitys (Token passing): Menetelmä käyttää sekä delegoituja että vapaita valtuuksia. Jokainen solmupiste, jolla on valtuus, saa mahdollisuuden hallita verkkoa lyhyen ajan vuorollaan. Delegoituja valtuuksia, menetettyjä valtuuksia ja verkon aloitustapahtumaa hallitsee väylän käytöstä vastaava isäntä, linkin aktiivinen skeduloija (LAS).
2. Väylän välitys (Bus arbitration): LAS hallitsee verkkoon pääsyä edeltä sovitun aikataulun mukaisesti.
3. Keskitetty isäntä (Central mastership): LAS pollaa kaikki solmupisteet, lähettää eteenpäin löydetyt viestit loppuosoitteisiin.

Kuten edellä esitetyistä protokollista nähdään, voi kenttäväylällä olla useita isäntiä, mutta samanaikaisesti ainoastaan yksi aktiivinen LAS. Tämä johtaa redundanttisuuteen ja tätä kautta luotettavampaan kokonaisuuteen.

Siirtoyhteyskerroksen muita tehtäviä on tarjota:

1. Ajan käsite, niin että tapahtumat voidaan ratkaista jokaisessa solmupisteessä sovelluksen vaatimalla tarkkuudella aina  $\pm 1$  ms:iin saakka.
2. Jonopalvelu esittämään reaaliaikaiset tapahtumat oikeassa aikasekvenssissä.
3. Datan pollaus -systeemi nopeaan sykliseen skannaukseen.
4. Puskuroidut palvelut atomimaisten data-joukkojen sieppaamiseen.

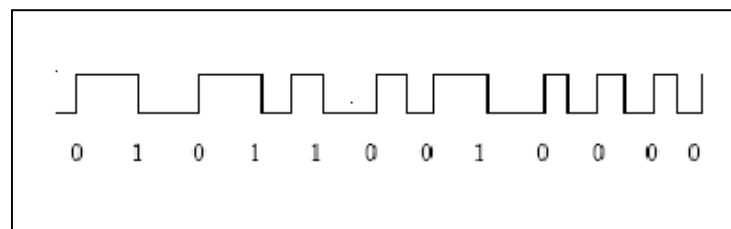
### *Fyysinen kerros*

Fyysiseen kerrokseen kuuluu kaksi osaa: siirtotie ja signaalointimenetelmät. Tämä on ainoa taso, jolla nykyisin käytössä oleva analogiastandardi 4-20 mA toimii. Fyysisenä siirtotienä käytetään kierrettyä parikaapelia, mutta myös optinen yhteys on mahdollinen. Parikaapelin liikennöintiinopeudet ovat hidat 3,25 kbit/s (H1) ja nopeat 1,0 tai 2,5 Mbit/s (H2). Hitaampi H1-väylä kytkee eri kenttälaitteet toisiinsa ja edelleen tarvittaessa nopeaan H2-väylään. H1-kenttäväylän siirtotien pituus voi olla 1900m. Tähän voidaan liittää enintään 32 laitetta, jos väylää ei käytetä tehonsyöttöön. Muussa tapauksessa maksimi on 12 ja räjähdysvaarallisissa tiloissa 1-4. H1-kenttäväylää käytetään, kun prosessiohjaus vaatii suljettua säätöä, sekvenssisäätöä, reseptien hallintaa tai datan keruuta. H2-kenttäväylän siirtotien pituus on korkeintaan 750 m (1,0 Mbit/s) tai 500 m (2,5 Mbit/s). H2-väylään voidaan liittää 2 - 32 laitetta. Se soveltuu hyvin diskreettien ohjausjärjestelmien monimutkaisille loogisille toiminnoille.

Signalointimenetelmät määrittelevät miten digitaaliset binäärikoodit koodataan. Bittijonoon lisätään siirtokehys, tahdistuskoodi sekä alku- ja loppurajoitteet. Signaloinnissa käytetään kenttäväylälle ominaista puolisuunnikkaan kaltaista aaltomuotoa ja koodauksessa Manchester II-koodausta.

#### *Manchester koodi*

Manchester-koodauksessa (kuva 14) jännite vaihtuu jokaisen bitin kohdalla, joten ei pääse syntymään pitkiä 0-, tai 1-sarjoja, jotka voisivat sekaantua esim. johtimen katkeamiseen. Kun linja on aktiivinen koko ajan, niin tieto linjan kunnosta säilyy lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Koodauksen varmuus tehdään signaalin lähetysnopeuden kustannuksella.



*Kuva 14. Manchester koodia*

## KENTTÄVÄYLÄSTANDARDI

Open System Interconnectionin ajatusmalli kenttäväylästandardista on, että kaikkien valmistajien laitteet olisivat keskenään yhteensopivia. Yhteensopivuus toisi mukanaan lisääntyvää kilpailua ja joustavuutta automaation rakentamiseen, suunnittelemiseen ja käytönaikaiseen ylläpitoon.

LONWorks ei ole osallistunut yhteisen kenttäväylän kehittämiseen.

### 3.11 Tutkittavan ilmanvaihtokoneen säätökaavio

Liitteenä 1 on ilman taajuusmuuttajaa olevan ilmanvaihtokoneen automaattikan säätökaavio, josta saadaan selville ilmanvaihtokoneen ohjaus ja kytkentä. Kaikki toimintaselostuksessa mainitut aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa, joko valvomografiikalta tai alakeskuspääteeltä.

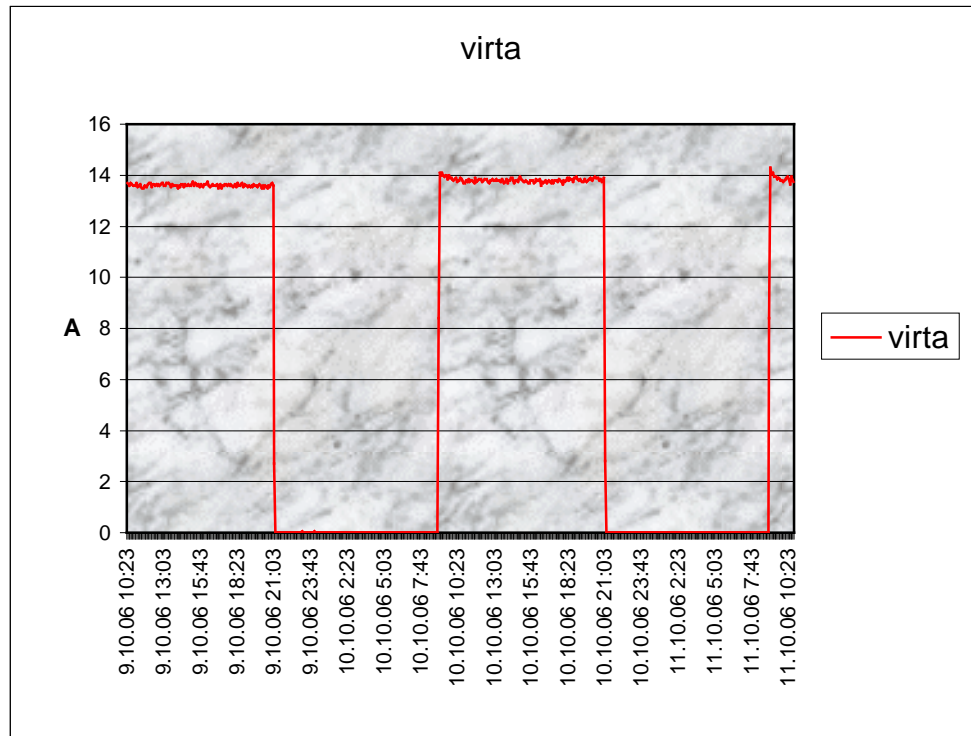
Tuloilmapuhaltimen (säätökaaviossa merkitty TF01) käyntiä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmilla. Puhallin on asetettu toimimaan yksinopeuksisena ja sitä ohjataan ainoastaan päälle/pois-komennoin.

### 3.12 Mittaukset

Mittauksissa käytettiin GRANT 1000 ja GRANT 1600-dataloggeria ja FLUKE 41B-yliaaltoanalysaattoria.

#### 3.12.1 Dataloggerimittaus

Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen ja virrankulutuksen selville saamiseksi ilmanvaihtokoneisiin asennettiin 9 päivän ajaksi dataloggerit (2 kpl) seuraamaan iv-koneiden käyttötuntiaikoja. Dataloggerit ohjelmoitiin ottamaan iv-koneen poisto- ja tulopuhaltimien moottoreiden syöttövirrasta viiden minuutin sekvenssillä talteen 30 sekunnin keskiarvo (kuva 15).



Kuva 15. Dataloggerin tallentamaa virta-arvoa

### 3.12.2 Analysaattorimittaukset

Kertamittauksella mitattiin moottoreiden syötön kaikista vaiheista  $\cos\varphi$ , eli syöttöverkon tehokerroimet ja vaihejännitteet.

Analysaattorilla suoritetuista mittauksista saadaan laskettua iv-koneen näennäisteho  $S$  ja loisteho  $Q$ . Tehokerroin  $\cos\varphi$  iv-koneessa E303 oli n. 0,83 ja vertailukoneen B309 tehokerroin oli noin 0,87. Kompensointilaitteiston kapasiteetti täytyy varmistaa mahdollisen saneerauksen alkaessa.

### 3.13 Loisteho

Loisteho muodostuu elektronisten laitteiden sähkökomponenteissa sähköverkossa. Loistehoa esiintyy induktiivisessa ja kapasitiivisessa muodossa.

Induktiivista loistehoa syntyy esim. kondensaattoreissa ja kuluu sähkömoottoreissa ja vastaavasti kapasitiivista loistehoa syntyy moottoreissa ja kuluu kondensaattoreissa.

Kondensaattori toimii vaihtosähköpiirissä energiavarastona. Kondensaattori latautuu sen napojen yli vaikuttavan jännitteen mukaan, minkä takia kondensaattorissa jännite jää jälkeen virrasta n. 90 °.

Tehokertoimesta saadaan laskettua suoraan, kuinka paljon sähkölaite tuottaa sähköverkkoon loistehoa. Kaikilla sähköasiakkailla on sopimuksessa liittymäntarjoajan asettelemat rajat, joista ilmenee loistehon ilmaisosuus. Sähköverkon asiakas maksaa tuottamastaan loistehosta sähkösopimuksensa mukaisen korvauksen.

Sähköyhtiöiden loistehon ilmaisosuudet vaihtelevat riippuen loistehon määrittelytavasta. Loistehon ilmaisosuus määritellään joko prosenttiosuutena veloitettavan pätötehon määrästä, laskutusprosentit vaihtelevat yhtiöittäin n.16:sta 20:een prosenttiin, tai toinen ilmaisosuuden määrittelytapa on prosenttiosuus etusulakkeen koosta. Prosenttiosuus on n. 40 %.

Osa sähköyhtiöistä määritteli rajat induktiiviselle ja kapasitiiviselle loisteholle erikseen prosenttiosuutena pätötehon määrästä. Prosenttiosuus oli induktiivisessa loistehossa (otto) 16 % ja kapasitiivisessa loistehossa (anto) 4 % laskettuna sähköliittymän kuukauden pätötehon huippuarvosta.

Mikäli loistehon määrä ylittäisi laskutusrajan, olisi otettava mahdollinen kompensointilaitteiston asennus tarkasteluun mukaan. Kohteessa on käytössä keskitettyä automaattista kompensointilaitteistoa estokelapariistoilla varustettuna.

### **3.14 Pienjännitemoottorin liittäminen verkkoon**

Kauppakeskus Itäkeskus liittyy Helsingin energia Oy:n verkkoon keskijänniteliittymällä, mutta mahdollisissa tulevaisuudessa saneerauksissa pienjänniteliittymien ollessa kyseessä täytyy ottaa huomioon seuraavaa:

Sähkölaitoksella on oikeus määrätä yläraja verkkoonsa liitettävien moottoreiden teholle (taulukko 1), sekä antaa muita tarpeellisiksi katsomiaan ohjeita. On huomattava, ettei ole syytä soveltaa näitä pienjänniteverkkoja koskevia ohjeita, kun kyseessä ovat oman muuntajan kautta yleiseen suurjänniteverkkoon kytketyt keskijänniteliittymät.

Pienjännitekuluttajien moottoreiden käynnistysvirta ei saa saavuttaa niin suuria arvoja, että ne vaikuttavat häiritsevästi valaistukseen tai muihin pienjänniteverkkoon liitettyihin kojeisiin. [ 8, s. 348. ]

*Taulukko 1. Pienjännitemoottoria suojaavan hitaan sulakkeen suurimmat sallitut nimellisvirta-arvot [ 4, s. 348 ]*

Pienjänniteverkon laatu	Moottorin vaiheluku	Moottoria suojaavan hitaan sulakkeen nimellisvirta A.	
		Usein käynnistettävät moottorit	Harvoin käynnistettävät moottorit
Avojohtoverkko	1-vaihe	10	10
	3-vaihe	10	25
Riippukierrejohtoverkko	1-vaihe	16	25
	3-vaihe	25	63
Kaapeliverkko	1-vaihe	25	63
	3-vaihe	63	125

### 3.15 Asennus

Moottorien ohjauksenmuutoksen yhteydessä on asennettava seuraavat laitteet:

- taajuusmuuttajat
- moottorin syöttökaapeli
- taajuusmuuttajan ja valvonta-alakeskuksen välinen syöttökaapeli
- valvonta-alakeskus (VAK)

Koska tulokoneen (TK E303) ja poistokoneen (PK E303) fyysinen sijainti on rakennuksen eri kerroksissa, on molemmilla koneilla oltava omat valvonta-alakeskuksensa. Valvonta-alakeskuksen ja taajuusmuuttajan välinen johto ei saa olla pitkä sähkömagneettisen yhteensopivuuden takia ja siksi yhteinen keskitetty VAK ei voi tulla kysymykseen.



### *Asennuskustannus*

Kyseisen ilmanvaihtokoneen ohjausmuutoksen kustannukset koostuvat taajuusmuuttajien asennuksesta, moottorin ja VAK:n syöttökaapeloinnin vaihtamisesta, ohjausväylän rakentamisesta, ohjausjärjestelmän ohjelmoinnista ja valvonta-alakeskusten muutostöistä. Muutoksessa on myös tehtävä sama mittava dokumentointi, kuin saneerauksen yhteydessä (lueteltu alla).

Kauppakeskuksessa suoritettiin vuonna 2004 mittava rakennusautomaatio-saneeraus. Saneerauksen yhteydessä muutettiin 22:n ilmanvaihtokoneen puhallinmoottorit taajuusmuuttajaohjatuksi, sekä rakennettiin niille LON-ohjausväylät ja uusittiin niiden valvonta-alakeskuksia. Urakoitsijalle kuului myös saneerauksen dokumentointi, johon kuuluivat vähintään seuraavat dokumentit:

- valvonta-alakeskuksesta piirikaaviotasoinen kytkentäkuva, josta ilmenevät kaikki VAKin sisäiset kytkennät, johdotukset ja komponentit
- kenttälaitteiden kytkentä- ja johdotustiedot
- alakeskusten input/output-liityntätiedot
- venttiilien tekniset tiedot
- laitetiedot (laiteluettelo)
- tilantarpeet (alakeskukset, keskukset)
- solmuluettelo, josta käy ilmi kuhunkin LON-segmenttiin liittyvien solmujen lukumäärä ja sijainnit
- kaapelointi- ja kytkentäpiirustukset tila/huonesäätö- ja ohjauslaitteista [ 10, s. 9. ]

Kauppakeskukseen vuonna 2004 suoritettuna rakennusautomaatiosaneerauksen yhteydessä taajuusmuuttajan asennuskustannus samanlaisen koneen kohdalla oli 3 000 €. Yleisen käytännön mukaan urakasta pyydettiin ja saatiin tarjoukset viideltä yritykseltä, ja koska kyseessä on ollut yhden moottorin kustannus suuremmasta kokonaisuudesta, tulee hinta olemaan suurempi pienemmän saneerauksen ollessa kyseessä. Kokonaiskustannuksen määräksi on arvioitu 8 377 €, sisältäen kaikki vaadittavat muutostyöt.

## 4 LASKUTOIMITUKSET

Dataloggereiden tallentamasta datasta saadaan purettua käyttöajat ja moottorivirrat.

Käyttöajat kirjautuivat loggerin muistiin viiden minuutin välein otetulla näytteellä 30 sekunnin moottorivirran keskiarvosta. Päivämäärä ja näytteenottoaika tallentuvat sekunnin tarkkuudella (taulukko 2). Taulukossa on esitetty selvyyden vuoksi ainoastaan yhden vaiheen virta-tietoa.

Taulukko 2. Dataloggerin tallennustiedostoa

10.10.2006 08:23:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:23	0,00
10.10.2006 08:28:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:28	0,00
10.10.2006 08:33:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:33	0,00
10.10.2006 08:38:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:38	0,00
10.10.2006 08:43:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:43	0,00
10.10.2006 08:48:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:48	0,00
10.10.2006 08:53:25,090	Interval	0,000	10.10.06 8:53	0,00
10.10.2006 08:58:25,090	Interval	0,168	10.10.06 8:58	8,40
10.10.2006 09:03:25,090	Interval	0,282	10.10.06 9:03	14,10
10.10.2006 09:08:25,090	Interval	0,280	10.10.06 9:08	14,00
10.10.2006 09:13:25,090	Interval	0,282	10.10.06 9:13	14,10
10.10.2006 09:18:25,090	Interval	0,280	10.10.06 9:18	14,00
10.10.2006 09:23:25,090	Interval	0,279	10.10.06 9:23	13,95
10.10.2006 09:28:25,090	Interval	0,280	10.10.06 9:28	14,00
10.10.2006 09:33:25,090	Interval	0,280	10.10.06 9:33	14,00
10.10.2006 09:38:25,090	Interval	0,277	10.10.06 9:38	13,85

### 4.1 Kerätyn datan muokkaus

Dataloggerin tallentaman tiedoston muotoa joudutaan hieman muokkaamaan. Taulukon vasemmassa laidassa on loggerin tallentamaa tiedostoa käsittelemättömänä. Taulukon keskellä on virtapihtien tallentama mA-tieto, joka kerrotaan virtapihdille ominaisella kertoimella. Kertomisen jälkeen saadaan tallennetuista arvoista virta ampeereina A, taulukon oikea laita.

Virta-arvot kerrotaan vaihejännitteillä ja tehokertoimilla. Vaihetehot lasketaan yhteen ja jaetaan tuhannella. Näin saadaan laskettua viiden minuutin aikana käytetty pätöteho.

$$P / kW = \frac{(I_1 \times U_1 \times \cos \varphi_1) + (I_2 \times U_2 \times \cos \varphi_2) + (I_3 \times U_3 \times \cos \varphi_3)}{1000} \quad [4]$$

Seuraavaksi otetaan keskiarvo käyntisyklin kilowattimääristä. Tämän jälkeen watit kerrotaan moottorin käyntisyklin mukaisella tuntimäärällä, jonka jälkeen käytössä on kuluneen käyntisyklin kilowattitunti-määrä, josta on suoraan laskettavissa iv-koneen käyttöskustannus tarkastellulle käyntisyklille.

Ilmanvaihtokoneiden tarkasteluajanjaksona on käytetty yhtä viikkoa, sisältäen myös viikonlopun. Samalla tavoin lasketaan koko viikon käyntisyklit.

Iv-kone B309:n tarkasteluajanjakso on laskettu samalla tavoin, mutta myös siten, että iv-kone B309 olisi käynyt täydellä teholla, jotta saatiin esille vertailukulutus siihen, että jatkuvan ohjauksen sijaan iv-kone olisi käynyt koko ajan täydellä teholla.

Rakennusautomaation ohjelmaluettelosta selviää, että iv-kone käy yötuule-  
tusta täydellä teholla ja dataloggeriin tallentuneesta käyttöajasta käy ilmi yötuuletuksen ajankohdat.

#### **4.2 Virherajat ja tarkkuus**

Käytettyjen dataloggereiden tarkkuus on seuraavanlainen: lukemavirheen suuruus on  $\pm 0,1$  % ja mittausvälin virhealue  $\pm 0,2$  %, sekä käytettyjen virtapihtien mittausvirhe  $\pm 5$  %.

Viikon aikana energiankulutus E303 iv-koneella oli 1399,4 kWh, josta mittauksen virheeksi muodostui  $\pm 0,146$  kWh. Virheellä ei ole merkitystä työn lopputulokseen.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Kustannukset ja takaisinmaksuaika

Suhteellisesti laskettuna (taulukko 3) ilmanvaihtokoneen ohjauksen saneerauksessa saavutettava hyöty on 146 €/kk. Saneerauksen asennustyön hinnan osineen ja töineen on arvioitu olevan 8 377 €. Ilmanvaihtokoneen tämänhetkisellä kuormitusasteella ja sähkön hinnalla investoinnin takaisinmaksuaika on n. 58 kuukautta, eli n. viisi vuotta.

Taulukko 3. Iv-kone E303, yhteenveto

IV-kone E303 kulutus			
	Nyt	Taajuusm.	Säästö
kWh/vko	1399	792	607
kWh/kk	5595	3167	2427
€/kk	336	190	146

### 5.2 Hiilidioksidipäästöjen vaikutus

Motiva Oy:n kehittämän laskukaavan mukaisesti laskettuna hiilidioksidipäästöt pienenisivät tehtävällä saneerauksella vuodessa n. 20 t.

Hiilidioksidin hinta päästökaupoissa on vaihdellut 5 - 30 €/t välillä.

### 5.3 Ehdotettavat toimenpiteet

Kauppakeskus on esimerkillisesti säästänyt energiaa asennuttamalla ilmanvaihtolaitteistoa taajuusmuuttajakäyttöiseksi, ja mielestäni kannattaisi jatkaa samaa linjaa.

Suosittelisin saneeraustyön välitöntä aloittamista. Kompensoinnin kapasiteetti olisi hyvä tarkistaa.

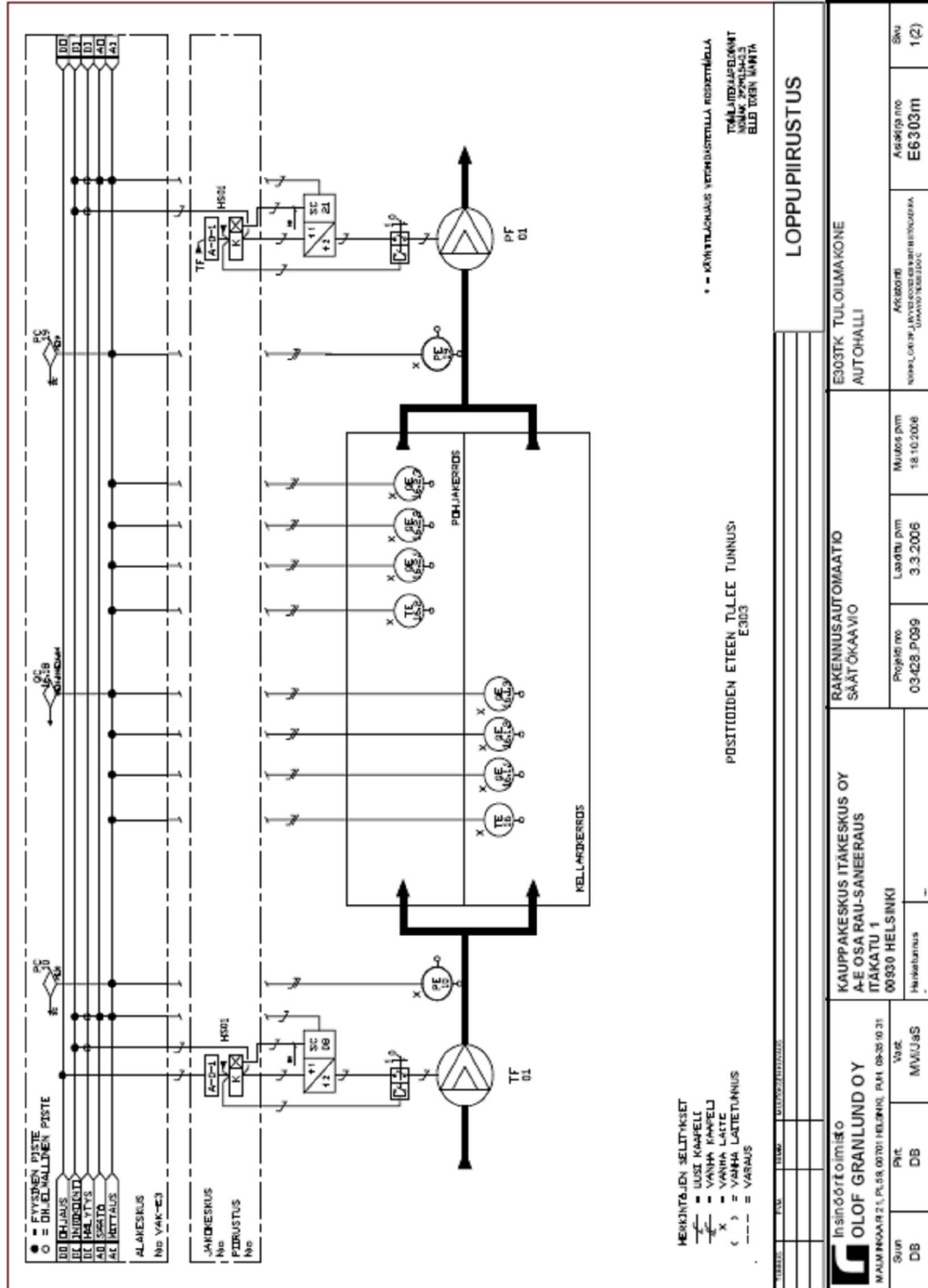
**VIITELUETTELO**

- [1] Motiva Oy [Verkkodokumentti, viitattu 26.11.2006] Saatavissa:  
<http://www.motiva.fi/fi/toiminta/energiakatselmustoiminta/>
- [2] ABB Oy, Lönnberg Mikko, Vuorivirta Antti, *Uuden yliaaltostandardin vaikutus sähkölaitehankinnoissa* [Verkkodokumentti, viitattu 17.10.2006 ja 30.1.2007] Saatavissa:  
<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/7f62ccb7e8a32059c12570b3002f2a2c.aspx>
- [3] Aura, Lauri – Tonteri, Antti, *Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet*. Porvoo: WSOY. 1996.
- [4] ABB Oy, *TTT-käsikirja*. Ykkös-offset Oy, Vaasa 2000.
- [5] Itäkeskus Oy [Verkkodokumentti, viitattu 26.11.2006] Saatavissa:  
<http://www.itakeskuskauppakeskus.fi/index.html>
- [6] Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry, *Taajuusmuuttajat*. Tammer-paino Oy, Espoo. 1997
- [7] Tampereen teknillinen yliopisto, Tuusa Heikki, *Sähkömoottorit* [Verkkodokumentti, viitattu 21.1.2007] Saatavissa:  
<http://leeh.ee.tut.fi/svtopus/teksti/Luku11.html>
- [8] ABB Oy, *Oikosulkumoottorit*. WR Graphics Oy 1995
- [9] Granlund Oy, *RAU-saneeraus ohjelmaluettelo*, 2004
- [10] Granlund Oy, *RAU-saneeraus työselitys*, 2004.
- [11] Ijäs Jari, Opetusmateriaali, *Sähkömoottorit*, Helsingin ammattikorkeakoulu, sähkötekniikka 2005.
- [12] ABB Oy, *Tekninen opas nro 1*. ABB Automation Group Ltd. 2001.

[13] ABB Oy, *Tekninen opas nro 2*. ABB Automation Group Ltd. 2001.

[14] ABB Oy, *Tekninen opas nro 6*. ABB Automation Group Ltd. 2001.

ILMANVAIHTOKONE E303 SÄÄTÖKAAVIO

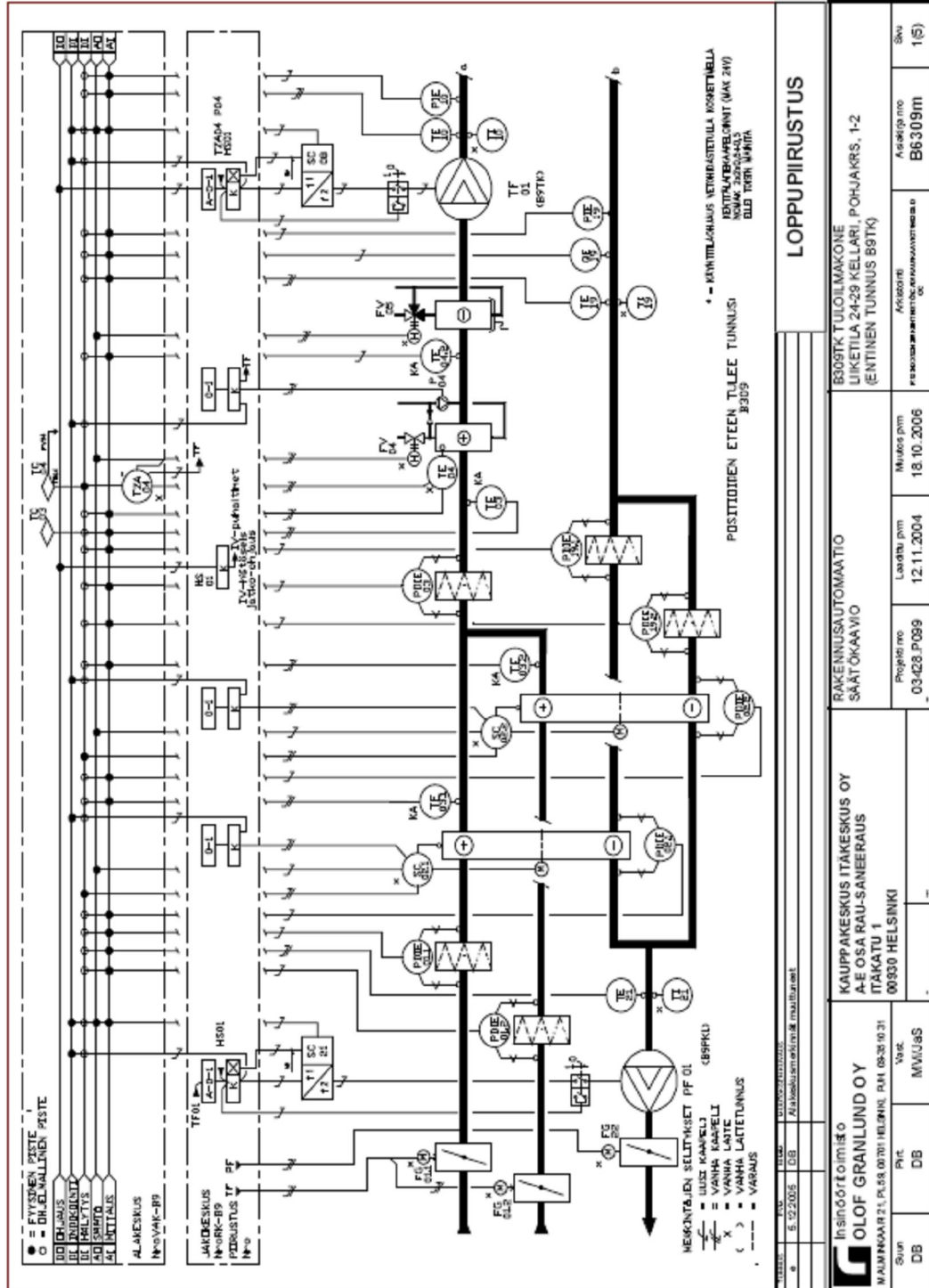


# ILMANVAIHTOKONE E303 SÄÄTÖKAAVIO

<p>Ossajärjestelmän toimintaan vaikuttavat seuraavat ohjelmat, joiden yksityiskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa.</p> <p><b>AIKAOHJELMAT</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td>NORMAALI-AIKAOHJELMA</td> </tr> </table> <p><b>TAPAHTUMA-OHJELMAT</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td>YLEISET TAPAHTUMA-OHJELMAT</td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td>IV-HÄTÄPYSÄYTYS</td> </tr> </table> <p><b>RAPORTOINTIOHJELMAT</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td>KÄYTTÖTUNTIKASKENTA JA RAPORTTI</td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> <td>ASETUSARVORAPORTTI</td> </tr> </table> <p><b>YLEISTÄ</b></p> <p>Kaikki toimintasetelutuksessa mainitut aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa joko valvomografikkalta tai alakeskuspäätteellä.</p> <p><b>OHJAUKSET</b></p> <p>Tuloilmapuhaltimen (TF01) käyntiä ohjataan RAU-järjestelmän aikaohjelmilla.</p> <p>Puhaltimia (TF01, PF01) käynnistettäessä taajuusmuuttajat (SC08, SC21) säätävät puhaltimen pyörimisnopeuden kiihdytysajan (SU huom.: vähintään 60 s) kuluttua säädön mukaiselle nopeudelle (asetusarvot ilmamääränmittauslaitosten yhteydessä).</p> <p><b>LUKITUKSET</b> (R = ryhmäkeskuslukitus, O = ohjelmallinen lukitus)</p> <p>Tuloilmapuhallin (TF01) voi käydä, kun seuraavat ehdot toteutuvat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>R IV-hätäpysäytys ei ole voimassa</li> <li>R Poistoilmapuhallin (PF01/SC21) käy rinnan tuloilmapuhaltimen (TF01/SC08) kanssa.</li> <li>O Puhaltimen (TF01, PF01) indikoitiedon poistuttua järjestelmän säätökeskukselta taajuusmuuttajalle (SC08, SC21) on 0 %.</li> </ul>	1	NORMAALI-AIKAOHJELMA	0	YLEISET TAPAHTUMA-OHJELMAT	1	IV-HÄTÄPYSÄYTYS	1	KÄYTTÖTUNTIKASKENTA JA RAPORTTI	3	ASETUSARVORAPORTTI	<p><b>KONEEN KÄYDESSÄ</b></p> <p>Ilmavirran säätö</p> <p>Säätö- ja valvontajärjestelmä laskee tulo- ja poistoilmapuhaltimen paine-eromittauksen (PE10 ja PE19) perusteella ilmavirrat (m<sup>3</sup>/s) ja laskennan tulokset esitetään graafikalla.</p> <p>Säätöohjelma PC10 pitää ilmamäärän asetuservoissaan ohjaamalla suhteellisesti tuloilmapuhaltimen taajuusmuuttajan (SC08) kierrosnopeutta.</p> <p>Poistoilmapuhaltimen taajuusmuuttajan (SC21) kierrosnopeus seuraa säätetyssä suhteessa tuloilmapuhaltimen taajuusmuuttajan SC08 kierrosnopeutta.</p> <p>Säätöohjelma QC16 pitää tilan hiilimonoksidin ja hiilidioksidin pitoisuuden QE16 asetuservoissaan 50 ppm (CO), 800 ppm (CO<sub>2</sub>) mittauksien QE16.xx korkeimman arvon perusteella muuttamalla ilmamäärän asetuservoa. Määräväenä mittausarvona (CO/CO<sub>2</sub>) toimii suuremman ilmavirran vaativa mittausarvo. Ilmamäärän asetuservoa estetään liikkumasta min./max. raja-arvojen ulkopuolelle, esim. min = 30% kok. ilmamäärästä, max. 100% kok.ilmamäärästä), ns. kaskadsäätö.</p> <p><b>VAROTOIMINNOT JA HÄLYTYKSET</b></p> <p>Puhaltimen painemittauksista saadaan (PE10 ja PE19) virtaushiiriäohjelys. Hälytyksessä on ohjelmallinen viive koneen käynnistyessä.</p> <p>Hälytysrajat pitoisuusmittauksissa on: hiilimonoksidin 70 ppm (CO) hiilidioksidin 1500 ppm (CO<sub>2</sub>)</p>
1	NORMAALI-AIKAOHJELMA										
0	YLEISET TAPAHTUMA-OHJELMAT										
1	IV-HÄTÄPYSÄYTYS										
1	KÄYTTÖTUNTIKASKENTA JA RAPORTTI										
3	ASETUSARVORAPORTTI										
<b>LOPPUPIIRUSTUS</b>											
E303TK_TULOILMAKONE AUTOHALLI											
Rakennusautomaatio SÄÄTÖKAAVIO	Muuos.pvm 18.10.2006	Lähtö.pvm 3.3.2006	Projektin nro 03428_P089	Asiakas nro E6303m	Sivu 2(2)						
<p><b>KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS OY</b> A-E OSA RAU-SANEERAUS ITÄKATU 1 00330 HELSINKI</p> <p>Huoltamies _____</p>		<p><b>RAKENNUSAUTOMAATIO</b> SÄÄTÖKAAVIO</p> <p>Projekti nro: 03428_P089</p> <p>Muuos.pvm: 18.10.2006</p> <p>Lähtö.pvm: 3.3.2006</p> <p>Asiakas nro: E6303m</p> <p>Sivu: 2(2)</p>									
<p>Insinööri <b>MIKKO OLOF GRANLUND OY</b> MÄLÄNKAARI 21, P.O. BOX 90701 HELSINKI, FIN-00285-9071 Puh. 09-261931</p> <p>Suuri DB Puh. DB MML/JS</p>		<p><b>LOPPUPIIRUSTUS</b></p>									



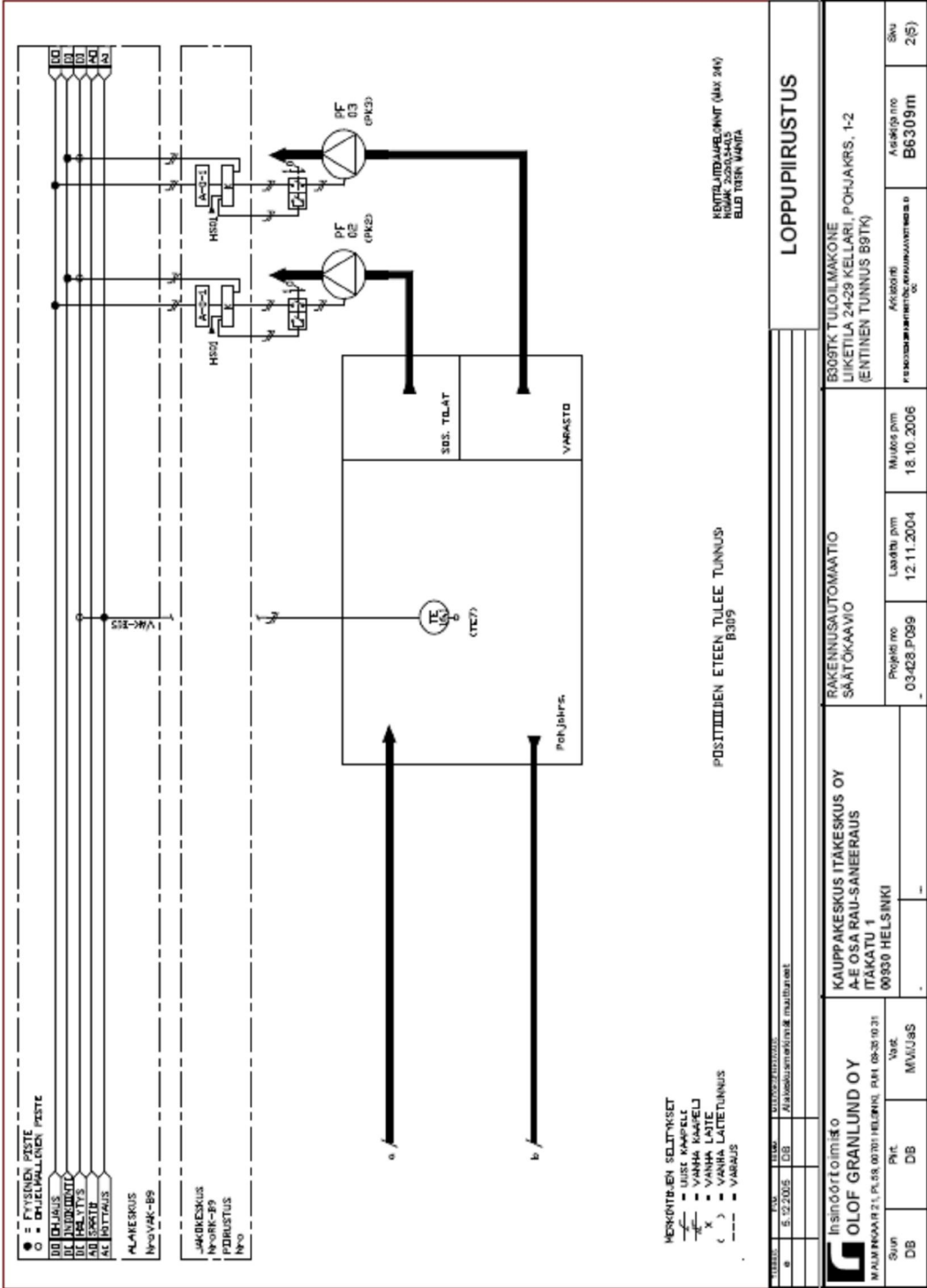
ILMANVAIHTOKONE B309 SÄÄTÖKAAVIO



LOPPUPIIRUSTUS

<p>Insinööri  <b>OLOF GRANLUND OY</b>                  MAANPÖYDÄN 21, P.O. BOX 0701 HELSINKI, PUH. 08-3010 31</p>		<p>KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS OY                  A-E OSA RAU-SANEERAUS                  ITÄKATU 1                  00930 HELSINKI</p>		<p>RAKENNUSAUTOMAATIO                  SÄÄTÖKAAVIO</p>		<p>B309TK TUOILMAKONE                  LIIKETILÄ 24-29 KELLARI, POHJAKRS. 1-2                  (ENTINEN TUNNUS B9TK)</p>	
ShuP	DB	Pyt.	DB	Varst.	MVUJAS	Projekti no	03-428.P089
						Laadittu pvm	12.11.2004
						Muutos pvm	18.10.2006
						Asiakas	B6309m
						Asiakas pvm	18.10.2006
						Projekti no	03-428.P089
						Asiakas	B6309m
						Asiakas pvm	18.10.2006
						Projekti no	03-428.P089
						Asiakas	B6309m
						Asiakas pvm	18.10.2006

ILMANVAIHTOKONE B309 SÄÄTÖKAAVIO



ILMANVAIHTOKONE B309 SÄÄTÖKAAVIO

Ossajärjestelmän toimintaan vaikuttavat seuraavat ohjelmat, joiden yksityskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa.

AIKAOHJELMAT

1	NORMAALI AIKAOHJELMA
---	----------------------

TAPAHTUMA-OHJELMAT

0	YLEISET TAPAHTUMA-OHJELMAT
1	IV-HÄTÄPYSÄYTY
2	LÄMMITYSVERKOSTON HÄIRIÖ
3	YÖTUULETUS
4	PALOVAARA (TE10, TE19)
9	LTO JÄÄHDYTYSENERGIAN TALTEENOTTO
11	YOJAAHDYTY
16	JANNITEKATKO-OHJELMA

RAPORTOINTIOHJELMAT

1	KÄYTTÖTUNNILASKENTA JA RAPORTTI
2	LTO:IN HYÖTYSUHDELASKENTA JA RAPORTTI
3	ASETUSARVORAPORTTI
4	YÖTUULETUS- JA YOJAAHDYTYSRAPORTTI

YLEISTÄ

Kaikki toimintaselostuksessa mainitut aseteltavat arvot ovat käyttäjän muutettavissa sekä valvomografiikalta että alakeskuspaiteelta.

OHJAUKSET

Tuloilmapuhallimen (TF01) käyntiä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän aika- ja tapahtumaohjelmilla.

Puhallimia (TF01, PF01) käynnistettäessä taajuusmuuttajat (SC08, SC21) säätävät puhallimen pyörimisnopeuden kiihdytysajan (SU huom.: vähintään 60 s) kuluttua säädön mukaiselle nopeudelle (asetusarvot ilmamäärän mittauslöiden yhteydessä).

Lämmityspatterin pumppu (P04) käy jatkuvasii.

Poistoilmapuhallin (PF03) käy jatkuvasii.

LUKITUKSET (R= ryhmäkeskuslukitus, O= ohjelmallinen lukitus)

Tuloilmapuhallin (TF01) voi käydä, kun seuraavat ehdot toteutuvat:

R lämmityspatterin kiertopumppu (P04) käy

R jäätymissuojajärjestelmä (TZA04) ei hälytä  
 O IV-hätäpysäytys ei ole voimassa  
 palovaara- eikä palohälytys ole voimassa

R Poistoilmapuhallimet (PF01, PF02) käyvät rinnan tuloilmapuhallimen (TF01) kanssa.

R Ulkoilmapelti (FG01) on auki, kun rakennusautomaatiojärjestelmässä on puhallimella (TF01) indikoitieto. Muulloin se on kiinni.

R Jäteilmapelti (FG22) on auki, kun rakennusautomaatiojärjestelmässä on puhallimella (PF01) indikoitieto. Muulloin se on kiinni.

O Jäähdytyspatterin venttiili (FV05) voi avautua vain, jos ulkolämpötila on yli esim. +15 °C.

O Taajuusmuuttajan (SC08, SC21) indikoitiedon poistuttua järjestelmän säätöviesti taajuusmuuttajalle (SC08, SC21) on 0 %.

Tuloilmapuhallimen (TF01) ollessa seis:

O Säätöohjelma (TC04) pitää lämmityspatterin paluuveden asetusarvossaan (+20 °C) ohjaamalla suhteellisesti lämmitysventtiiliä (FV04).

O Jäähdytyspatterin venttiili (FV05) on kiinni.

O LTO-kiekkokojen moottorit (SC02.x) on seis.

KONEEN KÄYDESSÄ

Lämpötilan säätö

Säätöohjelma (TC10) ohjaa suhteellisesti sarjassa lämmityspatterin moottoriventtiiliä (FV04), LTO-kiekkokojen (SC02.x) pyörimisnopeutta (riinakkaisohjaus) ja jäähdytyspatterin moottoriventtiiliä (FV05) siten, että tuloilman lämpötilan asetusarvo saavutetaan antiin (TE10) kohdalla (ks. kuva 1).

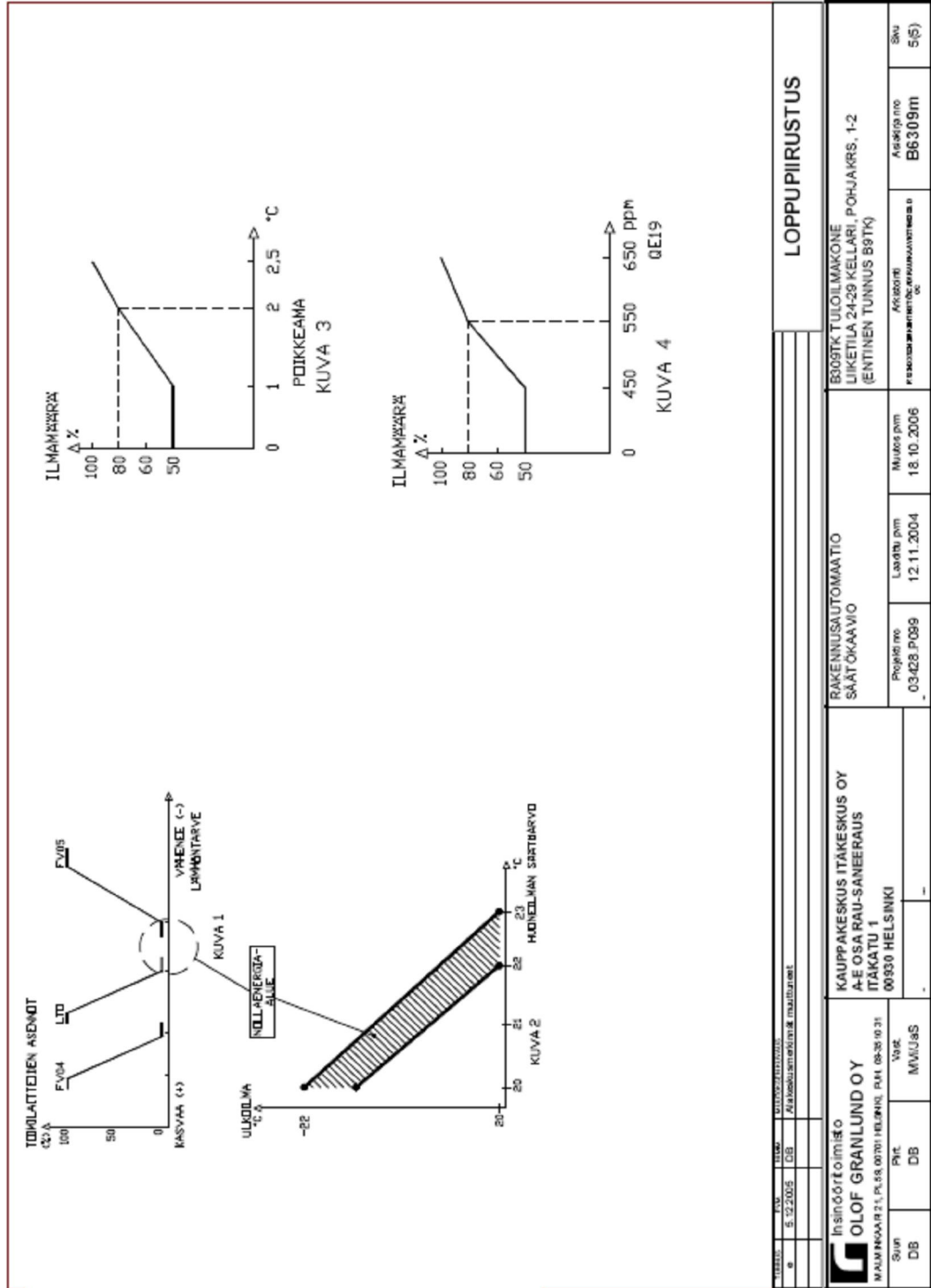
Huoneilman lämpötilan (TE16.1) ja poistoilman lämpötilan (TE19) painotettu keskiarvo muuttaa tuloilman lämpötilan säätöohjelman (TC10) asetusarvoa minimi-/maksimiarvojen välissä (esim. min. +15 °C ja max. +24 °C) siten, että huonelämpötilojen ja poistoilman lämpötilan painotettu keskiarvo pysyy asetusarvossaan.

<p>Yhteystiedot: Puh. 010 322005, Faksi 010 322006, www.granlund.fi</p>		<p>Yhteystiedot: Puh. 010 322005, Faksi 010 322006, www.granlund.fi</p>		<p>Yhteystiedot: Puh. 010 322005, Faksi 010 322006, www.granlund.fi</p>	
<p>Insinööri-toimisto  <b>OLOF GRANLUND OY</b>                  MALMINKAR 21, P.O. BOX 00701 HELSINKI, FIN-00250                  Suur DB Puh. DB Vaih. MMJ:JS</p>		<p><b>KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS OY</b>                  A-E OSA RAU-SANEERAUS                  ITÄKATU 1                  00330 HELSINKI</p>		<p><b>RAKENNUSAUTOMAATIO</b>                  SÄÄTÖKAAVIO</p>	
<p>Projektin nimi: 03-428-P099</p>		<p>Laadun pvm: 12.11.2004</p>		<p>Muutos pvm: 18.10.2006</p>	
<p>Projektin no: 03-428-P099</p>		<p>Asiakkas: RAKENNUSAUTOMAATIO OY</p>		<p>Asiakkaan no: B6309m</p>	
<p>Sivu DB</p>		<p>Sivu DB</p>		<p>Sivu DB</p>	
<p>LOPPUPIIRUSTUS</p>		<p>LOPPUPIIRUSTUS</p>		<p>LOPPUPIIRUSTUS</p>	

## ILMANVAIHTOKONE B309 SÄÄTÖKAAVIO

<p>Huonelämpötilan asetusarvo muuttuu ulkolämpötilan funktiona kuvan 2 mukaisesti. Huoneilman lämpötilalle on omat lämmityksen ja jäähdytyksen asetusarvot (esim. lämmitys +22 °C ja jäähdytys +23 °C). Kun huonelämpötila on näiden asetusarvojen välissä ja tuloilman lämpötila minimi-/maksimirajojen sisällä, ei tapahtu lämmitystä eikä jäähdytystä.</p> <p><u>Ilmanvirran säätö</u></p> <p>Saatio- ja valvontajärjestelmä laskee tulo- ja poistoilmapuhaltimien paine-eromittausten (PE10 ja PE19) perusteella ilmavirrat (m<sup>3</sup>/s) ja laskeman tulokset esitetään graafikalla.</p> <p>Valvontajärjestelmä pitää ilmamäärän asetusarvossaan ohjaamalla suhteellisesti puhaltimien kierrosnopeutta.</p> <p>Huonelämpötilan ja poistolämpötilan painotetun keskiarvon ja asetusarvon välinen poikkeama ohjaa tulo- ja poistoilmapuhaltimien ilmamäärää kuvan 3 mukaisella tavalla.</p> <p>Poistoilman CO<sub>2</sub>-mittausarvo (OE19) muuttaa tulo- ja poistoilmapuhaltimien ilmamäärää kuvan 4 mukaisesti.</p> <p>Puhaltimia ohjataan edellä mainituista korkeamman säätöarvon mukaan.</p>		<p>Saatioohjelma (TC03) estää LTO:n jälkeistä tuloilman lämpötilaa (TE03) laskemasta alle asetusarvon (esim. +12 °C) ohjaamalla LTO-kiekkojen (SC02.x) pyörimisnopeutta (rimakkaisohjaus).</p> <p>Ulko- ja poistoilmasuodattimien paine-eron (PDIE01.x, PDIE03 ja PDIE19) ylärajahällystason ylityessä tapahtuu ohjelmallinen suodatinvaihtohälytys.</p> <p>Valvontajärjestelmä pyörittää LTO-kiekkoja välillään miniminopeudella (esim. 5 min kerran vuorokaudessa) koneen käydessä (puhtiaaksipuhaltustoiminto).</p> <p>LTO-kiekkolla on hyötysuhdelaskenta ja -valvonta, josta saadaan häiriötietoa laitteissa alarajahälytys (ks. ohjelmaluettelo).</p> <p>Kaikki kanavalämpötilahälytykset on estetty koneen käynnistyksen aikana.</p>	
<b>VAROTOIMINNOT JA HÄLYTYKSET</b>			
<p>Saatioohjelma (TC04) estää lämmityspatterin paluuveden lämpötilan (TE04) laskemasta käyntiaikana alle asetetun alarajan (+13 °C) ohjaamalla suhteellisesti venttiiliä (FV04). Jääymisvaaratermostaatin (TZA04) paluuviesirajoitus asetetaan 2 °C alemmaksi kuin ohjelmallinen asetusarvo.</p> <p>Jos lämmityspatterin paluuveden lämpötila (TE04) laskee hälytysrajaan, jääymisvaaratermostaatti (TZA04) pysäyttää tuloilmapuhaltimen (TF01) ja samalla seuraa hälytys (kuittaus käsin).</p> <p>Saatioohjelma (TC04.2) estää lämmityspatterin jälkeistä tuloilman lämpötilaa (TE04.2) laskemasta alle asetusarvon (esim. +14 °C) ohjaamalla suhteellisesti venttiiliä (FV04).</p> <p>LTO-kiekon poistopuolen paine-eron (PDIE02.x) ollen asetellun ajan (esim. 5 min) yli huurtumisrajan siirtyä vastaava LTO-kiekkominimikierrosnopeudelle. Palautuminen normaalisaattoon tapahtuu, kun paine-ero on laskenut erolueen verran, aikaisintaan esim. 5 min viiveen kuluttua.</p>		<p>Rakennusautomaatio</p> <p>Projektin nimi: 03-429_P099</p> <p>Laadittu pvm: 12.11.2004</p> <p>Muutos pvm: 18.10.2006</p>	
<p>Insinööritoimisto</p> <p><b>OLOF GRANLUND OY</b></p> <p>MALMINKAARI 21, PL 58, 00101 HELSINKI, Puh. 09-261031</p> <p>Suun. DB DB Valv. MVA/JS</p>		<p>Rakennusautomaatio</p> <p>SÄÄTÖKAAVIO</p> <p>Projektin nimi: 03-429_P099</p> <p>Laadittu pvm: 12.11.2004</p> <p>Muutos pvm: 18.10.2006</p>	
<p>LOPPUPIIRUSTUS</p>		<p>B309TK TUULOILMAKONE LIIKETILÄ 24-29 KELLARI, POHJAKRS. 1-2 (ENTINEN TUNNUS B9TK)</p> <p>Asiakkas: <b>B6309m</b></p> <p>Sivu: 4(5)</p>	

ILMANVAIHTOKONE B309 SÄÄTÖKAAVIO



PAKKETTINUMERO: 03428 P089 PROJEKTI: 03428 P089 LAADUN PVM: 12.11.2004 MUOKOS PVM: 18.10.2006 ASIAKAS: B6309m SAU: 5(S)		LOPPUPIIRUSTUS	
OLOF GRANLUND OY MAAKUNNANTIE 1, P.O. BOX 10701 HELSINKI, FINL. 00230 HELSINKI		RAKENNUSAUTOMAATIO SAATÖKAAVIO	
Insinööri: OLOF GRANLUND OY MAAKUNNANTIE 1, P.O. BOX 10701 HELSINKI, FINL. 00230 HELSINKI		KAUPPAKESKUS ITÄKESKUS OY A-E OSA RAU-SANEERAUS ITÄKATU 1 00330 HELSINKI	
Suun: DB	Puit: DB	Vaih: MMJUS	-