

Mika Aatos Haapamäki

**RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT JA RAU-ASENTA-
JAN OPAS**

RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT JA RAU-ASENTAJAN OPAS

Mika Haapamäki
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma, Sähkövoimatekniikka

Tekijä: Mika Aatos Haapamäki
Opinnäytetyön nimi: Rakennusautomaatiojärjestelmät ja RAU-asentajan opas
Työn ohjaajat: Heikki Kurki, Oamk ja Petri Nissilä, Elvak Oy
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018
Sivumäärä: 32 + 54

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Elvak Oy:lle rakennusautomaatioasentajan opas, jonka avulla pystytään kouluttamaan uusia ja kokeneita asentajia rakennusautomaatioasennuksiin. Opas on automaatiourakointikohteiden toteutusta ja huoltotoimintaa varten tehty. Sen avulla kaikki kohteet pyritään tekemään yhdenmukaisia asennustapoja noudattaen, riippumatta siitä kuka kohteen automaatioasennuksen tekee. Lisäksi opinnäytetyö sisältää yleiskuvauksen rakennusautomaatiojärjestelmistä.

Opas toteutettiin oman käytännön työn kautta sekä kokeneimmilta asentajilta saatujen tietojen perusteella. Rakennusautomaatiojärjestelmien yleiskuvauksen selvittämisessä käytettiin tukena lähinnä voimassa olevia ST-julkaisuja.

Opasta on jatkossa syytä päivittää, sillä rakennusautomaatiojärjestelmät kehittyvät jatkuvasti ja uusia tekniikoita saapuu markkinoille.

Asiasanat: rakennusautomaatio, rakennusautomaatiojärjestelmä, RAU

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical engineering curriculum, Electrical Power Engineering

Author: Mika Aatos Haapamäki
Title of thesis: Building Automation Systems and Installation Guide
Supervisors: Heikki Kurki, OUAS and Petri Nissilä, Elvak Ltd
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018
Pages: 32 + 54

The purpose of this thesis was to make a building automation installer guide for Elvak Ltd to train new and experienced installers in building automation installations. The guide has been made for automation and maintenance operations. With this guide installers could make automation installations equable, regardless of who will make automation installations. In addition, the thesis includes a general description of building automation systems.

The guide was compiled based on my own work experience and the information that I received from the experienced installers. The general description of the building automation systems is mainly based on existing ST-publications.

It is advisable to update the guide in the future because building automation systems are developing all the time and new technologies are coming to markets.

Keywords: automation, building automation, BAS

ALKULAUSE

Haluan kiittää Elvak Oy:n Kari Kokkoa mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta, jossa pääsin tutustumaan automaatiojärjestelmiin. Lisäksi myös haluan kiittää opinnäytetyön ohjauksesta Elvak Oy:n Petri Nissilää sekä Oulun ammattikorkeakoulun Heikki Kurkea.

Oulussa 28.2.2018

Mika Aatos Haapamäki

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	10
2 RAKENNUSAUTOMAATIO	11
2.1 Määräykset ja ohjeet	11
2.2 Rakennusautomaation sovellusalueita	12
2.3 Saavutettavissa olevat hyödyt	13
2.3.1 Energiansäästö ja kustannussäästöt	13
2.3.2 Sisäilman laatu	14
2.3.3 Huolto ja kunnossapito	14
3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE	15
3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne	15
3.1.1 Valvomotas	15
3.1.2 Automaatio- eli alakeskustaso	16
3.1.3 Kenttälaitetaso	16
3.2 Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät	17
3.3 Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä	17
4 ALAKESKUKSET	18
4.1 Alakeskuksien rakennevaihtoehdot	18
4.2 I/O-pisteet	18
4.2.1 DI-pisteet	19
4.2.2 DO-pisteet	19
4.2.3 AI-pisteet	20
4.2.4 AO-pisteet	21
5 KENTTÄLAITTEET	23
5.1 Anturit	23
5.1.1 Lämpötila-anturit	23
5.1.2 Paine- ja paine-eroanturit	24
5.1.3 Muut anturit	24
5.2 Toimilaitteet	25
5.2.1 Venttiilit ja niiden toimilaitteet	25
5.2.2 Peltien toimilaitteet	26

5.2.3 Palopellit	26
5.3 Taajuusmuuttajat ja EC-moottorit	27
5.3.1 Taajuusmuuttaja	27
5.3.2 EC-moottori	28
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	
Liite 1. RAU-asentajan opas	

YRITYKSEN SISÄINEN VERSIO

SANASTO

AI	Analog Input, analoginen sisääntulo
AO	Analog Output, analoginen ulostulo
DI	Digital Input, digitaalinen sisääntulo
DO	Digital Output, digitaalinen ulostulo
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization, eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
EC-moottori	Electronically Commutated D.C. motor, elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori
HMI	Human-Machine Interface, ihmisen ja järjestelmän rajapinta
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö
I/O	Input/Output, sisääntulo/ulostulo
LVISA	Lämpö, Vesi, Ilma, Sähkö, Automaatio
ModBus	Avoin väyläliikenneprotokolla
NC	Normally Closed, normaalisti suljettu
NO	Normally Open, normaalisti avoin
NTC	Negative Temperature Coefficient, termistori, jonka resistanssi laskee lämpötilan noustessa

PTC	Positive Temperature Coefficient, termistori, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa
RAU	Rakennusautomaatio
VAK	Valvonta-alakeskus

1 JOHDANTO

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan taloteknisten LVIS-järjestelmien (Lämpö, Vesi, Ilma ja Sähkö) ohjaamista automaattisesti. Rakennusautomaation avulla pyritään yhdistämään nämä kaikki yhdeksi helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi sekä myös lisäämään turvallisuutta ja viihtyvyyttä. Energiankulutuksen optimointi on myös keskeinen tavoite rakennusautomaatiota toteuttaessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida Elvak Oy:n automaatioasentajien nykyiset työmenetelmät ja yhdenmukaistaa ne oppaaksi niin, että kaikki asennukset tehtäisiin jatkossa samalla tavalla. Opasta voitaisiin käyttää jatkossa uusien sekä kokeneiden asentajien opastukseen. Oppaassa esitetään, kuinka laitteet kytketään ja asennetaan. Oppaan sisältämiä aiheita ovat erilaisten kohteiden projektikuvaukset, automaatiojärjestelmien asennusohjeet sekä paloilmoitin- ja turvavalaistusjärjestelmien asennusohjeet.

Tässä raportissa käydään kuitenkin läpi rakennusautomaatiojärjestelmiä yleisesti, sillä opas on tarkoitettu ainoastaan Elvak Oy:n sisäiseen käyttöön ja on tämän opinnäytetyön luottamuksellinen liite.

Elvak Oy on vuonna 2009 perustettu LVISA-suunnitteluun ja talotekniikkaurakointiin erikoistunut kasvuyritys. Elvak Oy:n toimipisteet sijaitsevat Kempeleessä ja Vantaalla. Elvak Oy on vuosien aikana toteuttanut useiden erityyppisten kohteiden talotekniikkasuunnittelun ja urakoinnin. Rakennusautomaatioon kuuluu Elvak Oy:n urakoinnissa myös turvavalaistus, paloilmoitinjärjestelmä, ovijärjestelmä sekä joissain tapauksissa myös kameravalvonta- ja murtohälytysjärjestelmä. (1.)

Referenssejä ovat muun muassa:

- Ideapark Oulu
- IKANO Kuopio
- Yli 50 hoiva- ja palvelukotia
- Yli 100 toimisto- ja yritystilaa

2 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatiolla on suuri rooli talotekniikan prosessien mittaamisessa, seurannassa, ohjaamisessa, säädössä, ylläpidossa ja valvonnassa. Sillä pyritään vaikuttamaan rakennusten sisäilmaan, valaistukseen sekä turvallisuuteen automaattisella järjestelmällä. Rakennusautomaation tarkoituksena on ohjata teknisiä laitteita sekä yhtä aikaa pyrkiä laitteiden hyvään kestävyYTEEN ja energian säästämiseen. Laitteiden yhdistäminen on toteutettu usein väylätekniikalla. (2.)

2.1 Määräykset ja ohjeet

Rakennusautomaatioon suoraan kohdistuvia määräyksiä on varsin vähän, mutta lähes kaikki talotekniikkaa koskeva säädäntö koskee epäsuorasti myös automaatiota. Esimerkiksi LVI-järjestelmien toiminnassa rakennusautomaatiolla on merkittävä osa. Suosituksia ja ohjeita löytyy laajasti. (2.)

Rakennusautomaatioprojekteissa tulee määräyksistä ja säädöksistä tuntea Suomen rakentamismääräyskokoelma, erillisjärjestelmistä esimerkiksi turva- ja paloasioiden määräykset ja sähköturvallisuuteen liittyvät säädökset. EU:n direktiivit ovat tuoneet asioita, jotka liittyvät rakennusautomaation avulla saavutettavaan energiatehokkuuteen. (2.)

Viime vuosina on yhä enemmän julkaistu suoraan rakennusautomaatioon liittyviä ohjeita ja standardeja. Lisäksi rakennusautomaation toimintaan liittyvät lähes kaikki talotekniikkaa koskevat julkaisut (2). Standardit eivät ole sitovia määräyksiä, vaan ohjeita, joilla voidaan toteuttaa laadullisesti hyvä järjestelmä (3, s. 15).

Talotekniikasta ja rakennusautomaatiosta löytyy suuri määrä erilaisia standardeja. Standardeissa määritellään rakennusautomaatiojärjestelmiin liittyvien rakennekomponenttien ja toimintojen rakenteita ja laatua. Standardointia on tehty IEC:ssä, CENELEC:ssä, ISO:ssa sekä myös kansallisella tasolla. Kansallisia ohjeita on tehty ja kerätty eri alojen kortistoihin, kuten ST-, LVI- ja KH-kortistoihin. (2.)

2.2 Rakennusautomaation sovellusalueita

Asuintalojen automaatio

Asuintalojen automaatiojärjestelmät valvovat ja hoitavat yleensä huoneiston tai rakennuksen valaistusta ja lämmitystä. Automaatiojärjestelmä ohjaa laitteita, joilla säädetään rakennuksen ilmastointia sekä käyttö- ja lämmitysveden lämpötilaa. Näitä laitteita ovat muun muassa kaukolämmön lämmitysverkostot, pumput ja lämmönsiirtimet. Tyypilliset lämmitykseen liitettävät suureet ovat rakennuksen lämpötila, rakennukseen puhallettavan ilman lämpötila ja käyttöveden lämpötila. (4, s. 5–6.)

Koulut, virastot ja teollisuuslaitokset

Koulujen, virastojen ja teollisuuslaitoksien automaatio on pääpiirteittäin hyvin samankaltaista kuin asuintalojen automaatio. Erotuksena on lähinnä se, että näissä kohteissa automaatiojärjestelmä on toteutettu usein monipuolisemmin.

Nämä rakennukset ovat usein suurikokoisia, jolloin ne tarvitsevat lämmitykseenkin huomattavasti enemmän energiaa kuin asuintalot. Hyvän energiatehokkuuden saamiseksi automaatiojärjestelmät ovat hyvin optimoituja. Esimerkiksi huoneiden ilmastoinnissa voidaan säätää sisäilman kosteutta sekä huoneiden poistoilmasta voidaan lämmön talteenotolla (LTO) ottaa lämpöä talteen ja lämmittää sillä edelleen tuloilmaa.

Teollisuuslaitoksissa kulunvalvonta on tärkeää. Kulunvalvonnan avulla voidaan estää asiattomia henkilöitä pääsemästä laitoksiin sekä seurata työntekijöiden työaikojen kertymistä. (4, s. 6.)

Keskitetty kiinteistönvalvonta

Keskitettyssä kiinteistönvalvonnassa muodostetaan valvontaverkko, jossa kulkevat kaikkien siihen liitettyjen rakennusten automaatiojärjestelmien tiedot ja kerätään tietoa automaatiojärjestelmistä. Rakennusten automaatiojärjestelmiä voidaan ohjata ja valvoa keskitetysti valvomosta. Kiinteistöjen hoitaja voi seurata muun muassa rakennusten oviohjauksia ja lämpötilaa yhdestä samasta paikasta, johon valvonta on keskitetty.

Jokaisessa keskitettyyn kiinteistönvalvontaan liitettyssä rakennuksessa on oma alakeskuksensa, joka hoitaa itsenäisesti rakennuksen valvonnat, säädöt, mittaukset, ohjaukset, hälytykset ja kaikki muut automaatioinnot. (4, s. 7.)

2.3 Saavutettavissa olevat hyödyt

Rakennusautomaation avulla voidaan saavuttaa monia hyötyjä. Se edellyttää, että rakennusautomaatiota käytetään ja hyödynnetään oikealla tavalla. Automaation tarpeellisuutta kannattaa tarkastella etukäteen, koska se ei kaikissa tapauksissa tuo säästöjä tai muita hyötyjä. Huonosti suunnitellulla tai toteutetulla rakennusautomaatiolla on mahdollista aiheuttaa jopa haittoja. (5, s. 3.)

2.3.1 Energiansäästö ja kustannussäästöt

Rakennusautomaatiolla voidaan hallita rakennuksen energiankulutusta siten, että asetetut energiankulutustavoitteet saavutetaan. Tällöin ilmastointia, lämpötilaa ja valaistusta ohjataan vain tarpeen mukaan. Esimerkiksi yöaikaan ilmastointia voidaan säätää pienemmälle kiinteistössä, jos tilojen käyttöaste on pieni. Säästöpiirien toimintaa seurataan säännöllisesti. Niiden toimivuus näkyy suoraan energiankulutuksessa. Lisäksi huonosti virityt säädöt lisäävät turhaa energiankulutusta ja lyhentävät nopeasti toimilaitteiden käyttöikää. (6, s.1; 3, s. 229.)

Laitteiden tarpeenmukaisella käytöllä säästetään suuri määrä energiaa. Tarpeettomien kuormien poiskytkentä kuormitushuipputilanteessa tuo kustannussäästöjä niin käyttäjälle kuin energiantuottajalle. Energiaseurannalla voidaan seurata kulutusta, puuttua poikkeamiin ja hyödyntää esimerkiksi hinnaltaan edullisempaa energiaa, kuten yötariffia (6, s. 2–3). Energiankulutusta seurataan rakennusautomaatiojärjestelmissä yleisesti jakelulaitosten toimittamien sähkö- ja lämpöenergian ja veden päämittarien avulla. Tieto siirretään mittareista rakennusautomaatiojärjestelmään joko perinteisenä pulssitulona tai modernimman väyläliitännän avulla.

2.3.2 Sisäilman laatu

Asetetut sisäilmatavoitteet saavutetaan, kun rakennusautomaatio ohjaa ilmastointiprosesseja oikealla tavalla. Rakennusautomaatio parantaa työpaikoilla tuottavuutta, vähentää poissaoloja ja helpottaa olosuhdeseurantaa (6, s. 1). Järjestelmä sisältää kattavasti mittauksia, joista voi seurata kiinteistön olosuhteita. Niiden avulla voidaan selvittää, kuinka laitteet toimivat ja millaiset ovat kiinteistössä työskentelevien henkilöiden olosuhteet (3, s. 227).

Kun rakennusautomaation säädettäviksi suureiksi otetaan esimerkiksi huoneilman kosteus, lämpötila, CO₂-pitoisuus tai pienhiukkaspitoisuus, voidaan huoneilmaa parantaa. Laitteet, jotka kostuttavat tai lämmittävät ilmaa eivät sellaisenaan riitä. Laitteita tulee ohjata myös oikealla tavalla, jotta saavutetaan optimaalinen sisäilman laatu. Laitteiden ohjauksen hoitaa automaatiojärjestelmä, jolloin automaation avulla saavutetaan parempi sisäilma. (7, s. 9.)

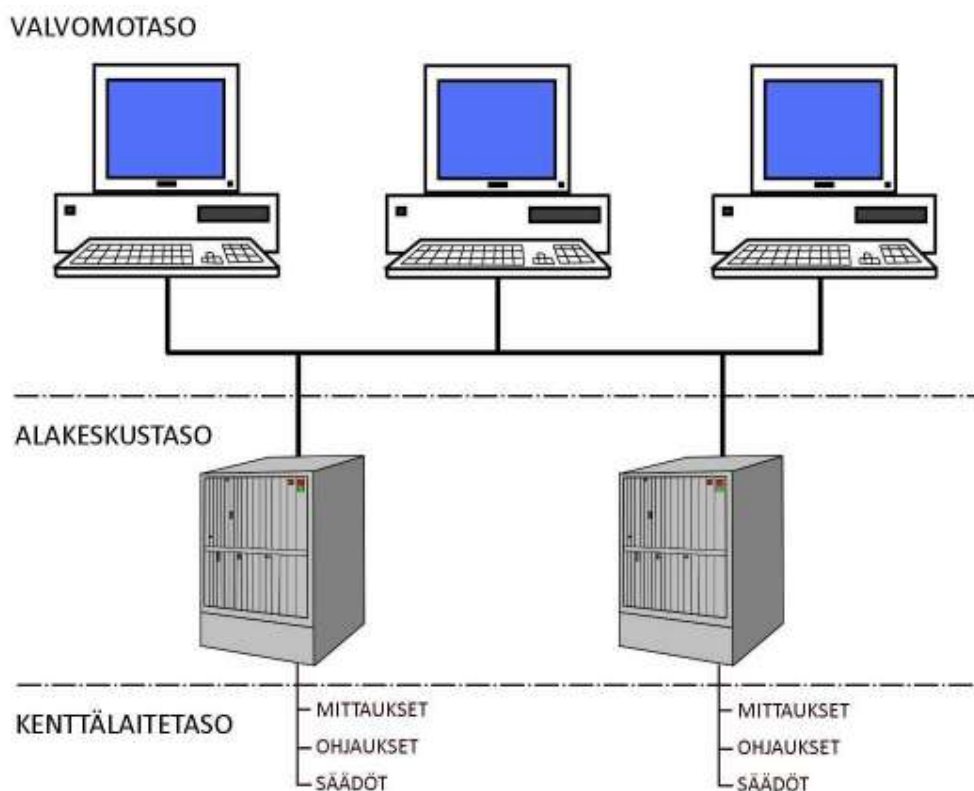
2.3.3 Huolto ja kunnossapito

Huolto- ja kunnossapitotoiminta helpottuu automaatiota käytettäessä. Automaatiojärjestelmä antaa järjestelmän toiminnasta reaaliaikaista vikadiagnostiikkatietoa, käyntiaikatie-toja ja virheilmoituksia. Hälytykset voidaan siirtää kaukovalvomoihin muun muassa sähköpostin ja tekstiviestin avulla. Päivystystehtävissä käytettävällä etähallinnalla voidaan selvittää vikatilanteita etänä olematta fyysisesti valvottavassa kohteessa. Hyvin toimivalla automaatiolla saadaan pidennettyä laitteiden käyttöikää, sekä saavutetaan säästöjä en-nakoimalla laitteiden toimintakykyä ja huoltamalla niitä tarpeen mukaan. (6, s. 2; 3, s. 113.)

3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne voidaan jakaa kolmeen eri päätasoon. Ylimpänä hierarkiassa (kuva 1) on valvomotaso, johon kuuluvat paikallisvalvomot sekä kauko- ja etävalvomot. Keskimmaiselle automaatiotasolle kuuluvat alakeskukset I/O-moduuleineen. Alin kenttälaitetaso käsittää kaikki kenttälaitteet, jotka ovat antureita ja toimilaitteita. (3, s. 93.)



KUVA 1. Rakennusautomaation hierarkia (5, s. 5).

3.1.1 Valvomotaso

Valvomotasolla tarkoitetaan hallinnon järjestelmiä ja valvomoita, jotka toimivat rajapintana ihmisen ja järjestelmän välillä. Tästä käytetään lyhennettä HMI eli Human Machine Interface. (8, s. 12.) Valvomotasolla prosesseja seurataan prosessikaaviografiikoista,

joissa voidaan havainnollistaa prosessien tiloja eri symbolein. Valvomoon voidaan kerätä tietoa asetusarvoihin tehdyistä muutoksista, hälytyksistä ja siitä, kuka muutokset on tehnyt. Valvomoissa voi olla lisäksi ominaisuutena vuorokausi- tai viikkoseuranta, johon on mahdollisuus liittää haluttuja ohjaus- tai mittauspisteitä.

Kaukovalvomoissa on asiantuntemusta omaavia henkilöitä, joita voidaan käyttää hyödyksi useiden kiinteistöjen vaativimmissa muutos- ja analyysitehtävissä. Kunnossapitoon sekä erilaiset raportointiin liittyvät asiat kuuluvat valvomotason tehtäviin. (3, s. 93.)

3.1.2 Automaatio- eli alakeskustaso

Automaatiotasolla perustana ovat itsenäiset alakeskukset sekä I/O-moduulit. Automaatiotasoon kuuluvat ohjaukset, valvontaoperaatiot ja säätötehtävät. Alakeskusväylien tiedonsiirto toteutetaan perinteisesti RS-485 -sarjaliikenneväylää käyttämällä. Alakeskukset sisältävät ohjelmat, jotka ohjaavat siihen liittyvien I/O-pisteiden välityksellä itse prosesseja, kuten lämmönvaihtimia ja IV-koneita. (3, s. 94, 135; 5, s. 5.)

3.1.3 Kenttälaitetaso

Kenttälaitetasoksi määritetään rakennusautomaatiojärjestelmän kenttälaitteet, joilla tarkoitetaan ensisijaisesti mittalaitteita ja toimilaitteita. Mittalaitteita ovat esimerkiksi kosteus- ja lämpötila-anturit ja painelähtimet, jotka voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Toimilaitteita ovat puolestaan taas esimerkiksi pelti- ja venttiilimoottorit ja taajuusmuuttajat.

Anturit välittävät tietoa reaaliaikaisesti prosessien tilasta ja olosuhteista, kuten rakennuksen eri osien lämpötiloista. Alakeskuksen ohjelmistot vertailevat anturien tietoja käyttäjän ja suunnittelijan asettamiin tavoitteisiin ja ohjaavat toimilaitteita niin, että asetetut tavoitteet saavutetaan. Kenttätasolla voi olla myös hajautettua I/O:ta eli I/O-moduuleita, jotka kommunikoivat alakeskuksen kanssa sarjaväylällä. Pumppuja ja puhaltimia ohjataan taajuusmuuttajilla. Ne sisältävät oman ohjausyksikkönsä, joka kommunikoi alakeskuksen kanssa. Tunnetuimpia kenttäväylästandardeja ovat muun muassa LON, ModBus, KNX, EIB. (3, s. 95.)

3.2 Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät

Nimitystä integroitu rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan käyttää, kun rakennusautomaatiojärjestelmään on integroitu eli liitetty lisäksi myös muita taloteknisiä järjestelmiä. Tällaisia voivat olla erilaiset turvallisuuteen liittyvät järjestelmät, kuten murtohälytysjärjestelmä, kameravalvonta, kulunvalvonta ja palohälytysjärjestelmä. Rakennusautomaatioon voidaan tehdä integrointia parhaimmillaan usealla eri tasolla. Esimerkiksi murtohälytyksen anturit ja kulunvalvonnan oviyksiköt on mahdollista liittää alakeskukseen. (3, s. 95.)

3.3 Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä

Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä muodostuu yleensä neljästä eri alueesta, joita ovat valvomot, ala-asemat, kentälaitteet ja kentällä olevat itsenäiset säätimet. Järjestelmään sisältyvät myös tiedonsiirtolaitteet ja kaapeloinnit, joilla kiinteistökohtaisen rakennusautomaatiojärjestelmän eri osat kommunikoivat keskenään.

Rakennusautomaatiojärjestelmän älykkyys on ohjelmistossa, joka on hajautettuna eri laitteille ja järjestelmän eri tasoille seuraavasti:

- **Valvomot** sisältävät järjestelmään ja valvontaan tarvittavat ohjelmat.
- **Ala-asemat** sisältävät prosessien tarvitsemat ohjelmat niiden itsenäiseen valvontaan ja ohjaukseen.
- **Kenttätaso** sisältää säätimiä, joiden ohjelmat säätävät ja ohjaavat erillisiä laitteita, kuten IV-koneita, lämmönvaihdinta tai huonesäätimiä, jotka ohjaavat huoneeseen liittyviä puhaltimia ja venttiilejä. (3, s. 96.)

Hajautetulla älykkyydellä voidaan lisätä järjestelmän luotettavuutta, sillä se mahdollistaa järjestelmän eri osien suuremman itsenäisyyden tilanteissa, joissa järjestelmän jokin osa tai niiden välillä oleva tietoliikenneyhteys katkeaa. Esimerkiksi tilanteessa, jossa valvomo-PC vikaantuu, alakeskukset jatkavat itsenäistä toimintaa siten, että kiinteistön säädöt pysyvät normaaleina. (3, s. 96.)

4 ALAKESKUKSET

4.1 Alakeskuksien rakennevaihtoehdot

Modulaarinen alakeskus koostuu I/O-moduuleista, jotka asennetaan esimerkiksi DIN-kiskoon ohjauskaapin pohjalle. Erilaisia I/O-pisteitä varten ovat omanlaiset I/O-moduulit. Saatavilla on myös yhdistelmämoduuleita, joihin voidaan kytkeä useita pistetyyppejä. Moduulit kytketään CPU-korttiin sisäisen ja sarjamoitoisen tiedonsiirtoväylän avulla. (3, s. 102.)

Jos järjestelmä sallii I/O-moduulien hajautuksen sarjaväylällä, on mahdollista käyttää moduulikoteloratkaisua. Moduulikoteloon sijoitetaan ainoastaan I/O-moduuli tai -moduuleita. Moduulikotelo liitetään tiedonsiirtoväylän avulla alakeskukseen, joka sisältää I/O:ta ohjaavat ohjelmat. (3, s. 103.)

Kiinteäpistemääräisellä alakeskuksella on nimensä mukaisesti kiinteä määrä liityntäpisteitä. Tämän tyyppisellä alakeskuksella on kaksi vähän toisistaan poikkeavaa rakennetta. Alakeskus sisältää yhden tai kaksi elektroniikkakorttia. Yhden kortin ratkaisussa CPU-osa muisteineen ja prosessoreineen on integroitu samaan korttiin. Kahden kortin ratkaisussa I/O-pisteet ja CPU-osa ovat omilla korteillaan. (3, s. 102.)

4.2 I/O-pisteet

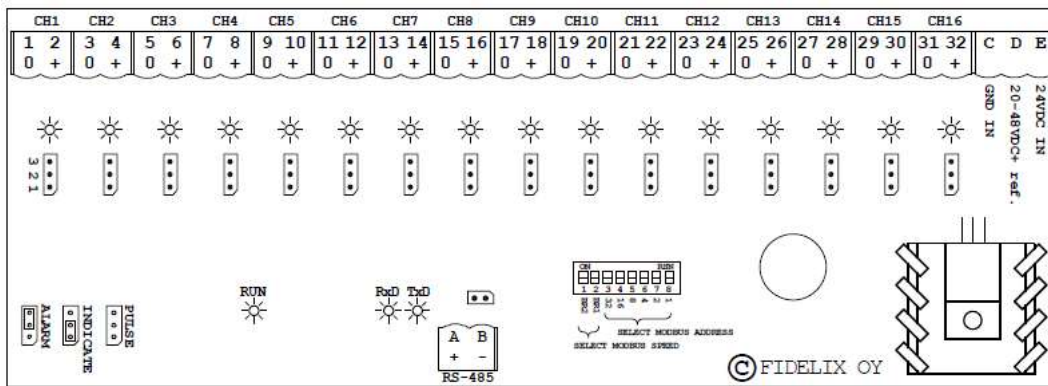
Kenttälaitteet kytketään alakeskuksen I/O-moduuleihin. Usein puhutaan fyysisistä liityntäpisteistä, jotka on fyysisesti kytketty alakeskukseen, erotuksena ohjelmallisista pisteistä. (3, s. 104.)

Rakennusautomaatiossa voidaan käyttää myös ohjelmallisia pisteitä, jotka on johdettu fyysisen I/O-pisteen tilasta. Hälytystiedot ovat usein ohjelmallisesti toteutettuja. Hälytystietoa ei saada suoraan laitteen fyysiseltä pisteeltä, vaan hälytys toteutetaan esimerkiksi jonkin säiliön ylärajatiedon (DI-piste) perusteella.

4.2.1 DI-pisteet

Erilaisiin kosketintietoihin perustuvat tilatiedot ja hälytykset kytketään alakeskukseen digitaalisten (binääristen 0 tai 1) tulopisteiden avulla. DI (digital input) kirjaimia käytetään pistetyypin lyhenteenä (3, s. 104–105). DI-pisteitä käytetään potentiaalivapaiden kärkitietojen tai hälytysignaalien havaitsemiseen ja lukemiseen tai kaapelin eheyden tutkimiseen.

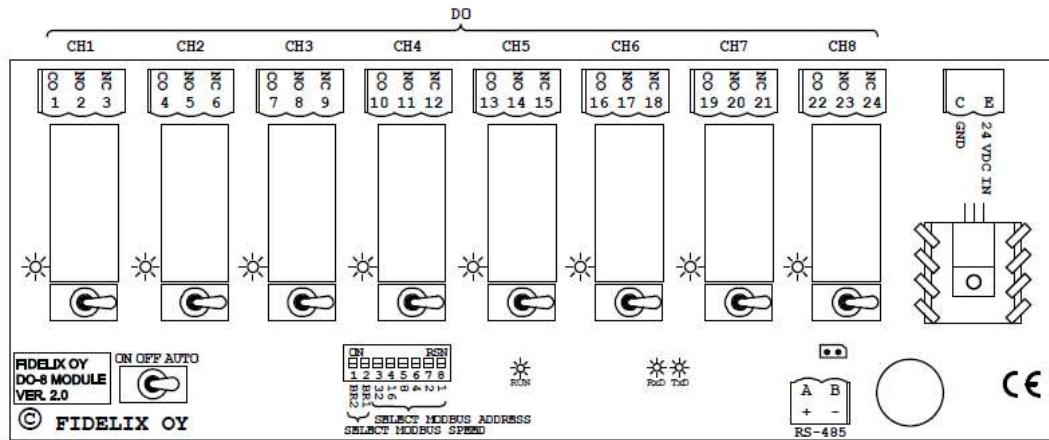
Kenttälaitteiden koskettimet voivat olla tyypiltään joko sulkeutuvia (NO) tai avautuvia (NC). Sulkeutuva kosketin on lepotilassa avoin ja avautuva kosketin on lepotilassa suljettu. Alakeskukseen sijoitetussa DI-moduulissa (kuva 2) on usein jokaisella sisääntulolla led-merkkivalo kertomassa kunkin pisteen tilaa.



KUVA 2. Fidelix DI-16-moduuli (9).

4.2.2 DO-pisteet

Digitaalisilla lähdoilla (DO eli Digital Output) toteutetaan on/off-tyyppiset toiminnot. Ohjaukset voidaan toteuttaa joko 24 V:n tai 230 V:n jännitteillä. 230 V:n ohjauksessa ohjataan esimerkiksi sähkökeskuksen relettä päälle ja pois moduulilla olevalla releellä. 24 V:n ohjauksessa käytetään alakeskuksen omaa 24 V:n jännitettä, joka kierrätetään DO-moduulin ohjaukärkien kautta. Niillä voidaan suoraan ohjata koneita päälle ja pois. Jokaisessa ohjausreleessä on potentiaalivapaat vaihtokoskettimet. Niitä voidaan ohjata joko automaatiomoodissa tai paikallisesti moduulilta päälle ja pois. Jos DO-moduulilla ei ole releitä, käytetään erillisiä välireleitä ohjaamaan kuormia. Kuvassa 3 on Fidelixin DO-8-moduuli, jossa on releet.

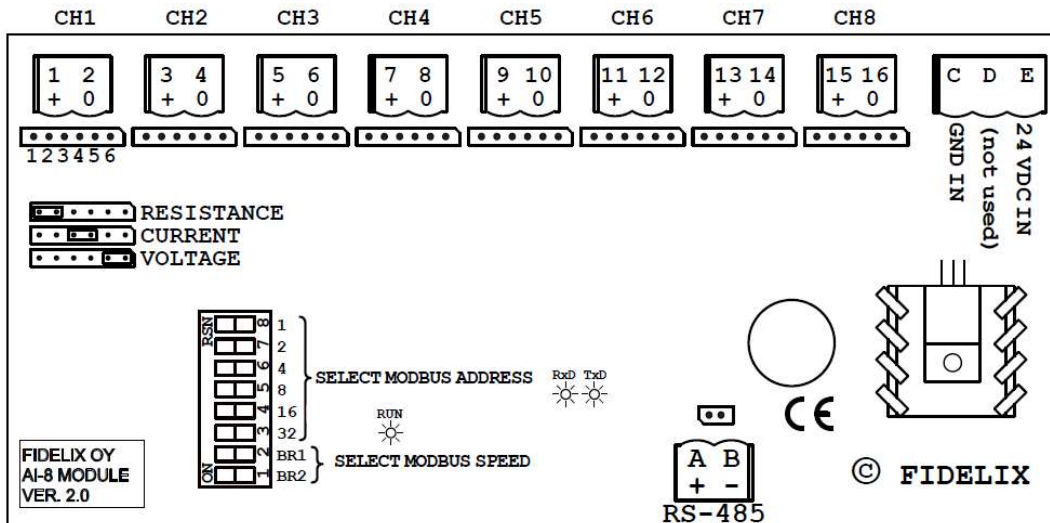


KUVA 3. Fidelix DO-8-moduuli (10).

4.2.3 AI-pisteet

Lyhenne AI tulee sanoista Analog Input (eli analoginen tulo). AI-pisteillä luetaan mittausantureiden arvoja. Esimerkiksi kuvassa 4 olevalla Fidelixin AI-8-moduulilla voidaan lukea resistanssi-, virta- ja jännitearvoja. Lämpötila-antureiden mittaussignaalit ovat yleensä vastusarvoja. Jännitearvoja käyttävät muun muassa painelähtimet ja hiilidioksidianturit. Jänniteviestit ovat yleisesti 0(2) – 10 VDC. Virtaviestiä 0(4) – 20 mA lähettäviä antureita käytetään prosessiteollisuudessa yleisesti. AI-moduulin ytimenä on A/D-muunnin, jolla mittaukset toteutetaan. Muuntimen tarkkuus vaikuttaa mittaustuloksen tarkkuuteen, joka on vähintään yleensä 16-bittinen. Myös anturin oikean mittausalueen valinta vaikuttaa siihen, kuinka prosessien säätäminen onnistuu.

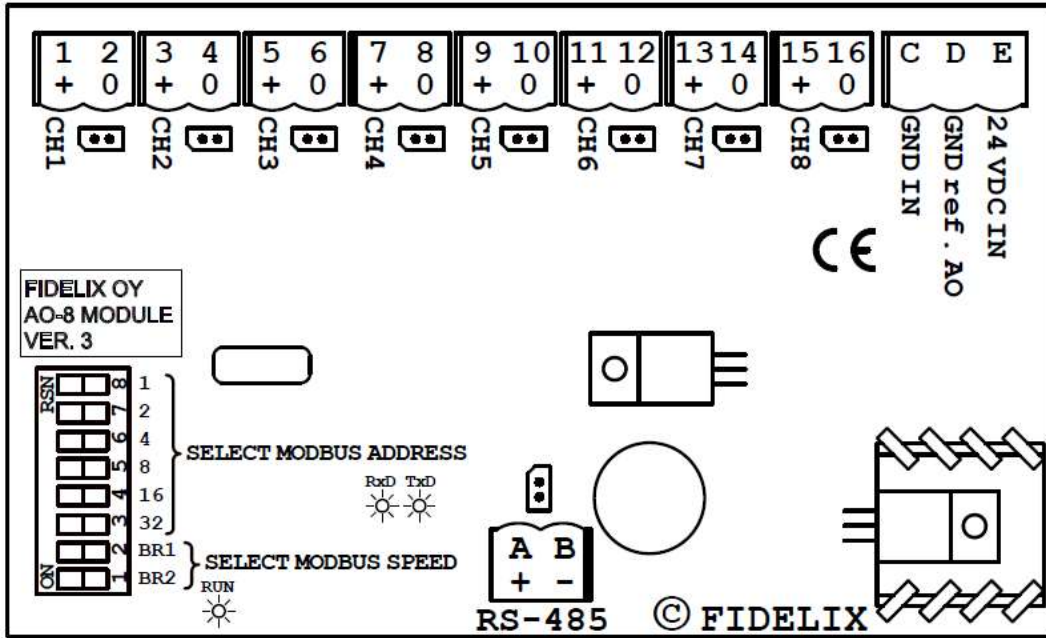
Vaikka rakennusautomaatiojärjestelmissä yleisesti käytetään jänniteviestiä 0–10 V, olisi virtaviesti joissain tapauksissa luotettavampi. Virtaviestin sisäänmenoimpedanssi on pienempi kuin jänniteviestillä, joten se on häiriösisempi. Analogiaviesteille luvataan siirtoetäisyydeksi 200 metriä. Jos etäisyys on pitkä ja kuormitus suuri jänniteviestiä käytettäessä, tapahtuu johdossa jännitehäviöitä, jotka vaikuttavat mittaustulokseen. Virtaviesti ei tarvitse kompensointia.



KUVA 4. Fidelix AI-8-moduuli (11).

4.2.4 AO-pisteet

Lyhenne AO tulee sanoista Analog Output (eli Analoginen ulostulo). AO-pisteillä voidaan lähettää portaatonta jänniteohjaussignaalia, jolla voidaan ohjata venttiilien ja peltien toimilaitteita. Alakeskuksen sisältämän ohjelmiston laskemat ohjausarvot muunnetaan AO-moduulin D/A-muunninpiirillä analogisiksi jänniteviesteiksi. Jänniteviestit ovat yleensä 0–10 VDC tai 2–10 VDC. Virtaviestien käyttäminen ohjaamisessa on harvinaisempaa. D/A-muuntimen bittimäärä kertoo, kuinka paljon jännitetasoja on käytettävissä. Esimerkiksi 8-bittisellä muuntimella saadaan aikaiseksi 256 eri jännitetasoa ja 10-bittisellä 1024. Mitä suurempi bittimäärä muuntimella on, sitä tarkemmin laitteita voidaan ohjata ja säätää. (3, s. 107.) Kuvassa 5 on Fidelixin AO-8-moduuli.



KUVA 5. Fidelix AO-8-moduuli (12).

5 KENTTÄLAITTEET

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän alimpaan tasoon kuuluvat kenttälaitteet. Tässä luvussa esitellään kiinteistöautomaation tärkeimpiä antureita, jotka on tarkoitettu paineen ja lämpötilan mittaukseen. Lisäksi tarkastellaan toimilaitteita sekä muita rakennusautomaatiossa yleisesti käytössä olevia laitteita.

5.1 Anturit

Anturilla on tehtävänä mitata prosessista jotain tiettyä suuretta, kuten lämpötilaa, valoisuutta, hiilidioksidipitoisuutta, painetta tai kosteutta. Mitattu tieto välitetään automaatiojärjestelmän kautta näytölle, säätimelle tai lähettimelle.

Lähetinanturi eli lähetin vaati toimiakseen käyttöjännitteen. Useimmissa lähetinantureissa on näyttö. Lähettimen lähettämä analogiasignaali on esimerkiksi 0(2) -10 VDC:n jänniteviesti tai 4-20 mA:n virtaviesti. Tieto viedään alakeskuksen AI-pisteeseen, ohjelma käsittelee signaalia ja käyttää tietoa haluttuun toimintaan. Väyläpohjaisessa järjestelmässä viestit ovat digitaalisessa muodossa.

5.1.1 Lämpötila-anturit

Suurin osa rakennusautomaatiojärjestelmiin liitetyistä antureista on lämpötila-antureita. Niissä lämpötilan mittaaminen perustuu useimmiten mittauselementin resistanssin mittaukseen. Mikäli resistanssi laskee lämpötilan noustessa, puhutaan NTC-antureista ja jos resistanssi nousee lämpötilan noustessa, puhutaan PTC-antureista. (3, s. 115.)

Rakennusautomaatiossa käytettävät yleisimmät lämpötila-anturit ovat Pt100/1000, Ni1000, NTC10k ja NTC20k. Mittauselementit on valmistettu nikkelistä (Ni1000), platinasta (Pt100 ja Pt1000) tai puolijohdemateriaaleista (NTC ja PTC). Elementin resistanssiarvo muuttuu lämpötilan mukaan. (3, s. 115.)

Antureiden asennustapa ja fyysinen rakenne vaihtelevat paljon käyttökohteen mukaan. Oikeanlaisen anturin valintaan voivat vaikuttaa myös seuraavat seikat:

- lämpötila-alue, jossa anturi sijaitsee

- mitattavan väliaineen tyyppi
- tarvittava toimintanopeus
- asennuspaikka
- painekestoisuus
- kotelointi, IP- ja atex-vaatimukset (3, s. 116–117)

5.1.2 Paine- ja paine-eroanturit

Paineantureita ei ole järkevää käyttää matalissa kiinteistöissä huonetilan ilmanpaineen mittaamiseen, sillä maan pinnalla normaali ilmanpaine on noin 1013,25 hPa. Korkeissa rakennuksissa voidaan käyttää paineantureita, jos halutaan sama paine jokaiseen kerrokseen koneellisen ilmanvaihdon avulla.

Nesteverkostojen ja etenkin IV-kanavistojen painemittaukset ovat yleistyneet ja lisääntyneet. Nykyisin käytetään analogisia mittalähettämiä, joiden tiedot viedään alakeskuksiin. Niissä ohjelmalliset pisteet toteuttavat raja-arvot prosesseille. Ennen analogisia mittalähettämiä käytettiin painekeytkimiä, joilla voitiin valvoa yhtä kytkentäpistettä. (3, s. 117.)

Mitattava paine aiheuttaa pienen jännityksen tai muodonmuutoksen paineanturin mittauskalvossa, joka muutetaan sähköiseen muotoon erilaisten induktiivisten, kapasitiivisten tai pietsosähköisten elementtien avulla. Esimerkiksi pietsoresistiivisen mittauselementin resistanssi muuttuu, jos siihen kohdistuu ulkoinen voima. Anturit voivat sisältää manuaalisen tai jaksottaisesti toimivan automaattisen nollaustoiminnon. Nollaustoiminnon avulla voidaan kompensoida ajan myötä elementtiin tullutta siirtymää. (3, s. 117.)

5.1.3 Muut anturit

Rakennusautomaatiojärjestelmissä voidaan käyttää myös monia muita eri antureita tai mittareita yleisimpien lisäksi. Näitä ovat suhteellisen kosteuden anturi, sääasemat, hiilidioksidi-, häkä-, valoisuus-, läsnäolo-, vesivuoto-, pinnankorkeusanturit sekä energiamittarit. Seuraavassa selostetaan muutamia esimerkkejä.

Hiilidioksidianturi

Hiilidioksidin eli CO₂:n mittaaminen huoneiden poistoilmasta on tärkeää, sillä hiilidioksidipitoisuuden avulla voidaan seurata ilmanvaihtotarvetta rakennuksessa. Tyypillinen hiilidioksidipitoisuus ulkoilmassa on 350–400 ppm (parts per million). Huoneilman pitoisuuden sallitaan nousta tasolle 1000 ppm, joka on tyydyttävä sisäilman laatu. Anturin toiminta perustuu NDIR-tekniikkaan (non-dispersive infrared) eli infrapunatekniikkaan. (3, s. 118.)

Valoisuusanturi

Valoistusvoimakkuutta mitataan lukseina. Valoisuusanturit perustuvat valodiodiin, jonka vastus kasvaa valoisuuden kasvaessa. Valoisuusanturilla mitataan usein valoisuutta ulkona. Sen avulla voidaan säätää esimerkiksi ulkovalaistusta. Rakennusautomaatiojärjestelmään voidaan asettaa luksin raja-arvot, jotka ohjaavat ulkovalaistusta. (3, s. 119.)

Ilmanlaatuanturi

Ilmanlaatuanturit eli VOC-anturit (VOC, Volatile Organic Compound) reagoivat useiden kaasumaisten aineiden yhdistelmään, kuten vety, tupakansavu, ammoniakki ja hiilimonoksidi. Käyttötarkoitus VOC-antureilla on samanlainen kuin hiilidioksidiantureillakin. (3, s. 118.)

5.2 Toimilaitteet

Toimilaitteita käytetään nesteverkostojen venttiilien sekä ilmanvaihtojärjestelmien venttiilien ja peltien ohjaamiseen. Toimilaitteita voidaan ohjata on/off-tyyppisesti tai portaattomasti. Portaattomasti ohjattavien toimilaitteiden ohjaus toteutetaan yleisimmin 0–10 VDC (2–10 VDC) jänniteviestillä. Portaaton ohjaus voidaan toteuttaa myös 3-pisteohjauksena, joka toteutetaan kahdella ohjauslähdöllä (ohjaus: auki-seis-kiinni). (3, s. 123–124.)

5.2.1 Venttiilit ja niiden toimilaitteet

Säätöventtiilejä on eri tyyppisiä. Istukkaventtiilissä on karaan kiinnitetty lautanen tai keila, joka muuttaa virtauksen suuruutta keilan ja istukan välissä. Säätöön soveltuvat hyvin myös palloventtiilit, joissa on virtauksenohjauslevyn muotoilulla saatu aikaan tasapro-

senttinen ominaiskäyrä. Tasaprosenttinen ominaiskäyrä soveltuu LVI-prosesseihin. Magneettiventtiilissä on toimilaitteen ja venttiilin yhdistelmä, jossa sähkömagneettisen kelan avulla ohjataan venttiilin karaa. Läppäventtiilejä käytetään suurissa jäähdytysjärjestelmissä, joissa tarvitaan suurempia on/off-sulkuventtiilejä. (3, s.124–125.)

Nesteverkostoissa mekaaninen ohjaus tapahtuu yleensä venttiilikaraa kiertämällä. On myös venttiilejä, joissa mekaaninen ohjaus tapahtuu liikuttamalla venttiilin karaa lineaarisesti. Kiertyväkaraisilla venttiileillä, kuten läppä- ja palloventtiileillä karan liike on 90 astetta. Toimilaitteiden tyyppilliset ajoajat ovat yleensä noin 30–120 s. Venttiileissä voi olla turvallisuustoimintona jousipalautus, jonka avulla venttiili avataan tai suljetaan käyttöjännitteen katketessa. (3, s. 124.)

5.2.2 Peltien toimilaitteet

Ilmanvaihtokanavien peltien käyttöjännitteet ovat joko 24 VAC/DC tai 230 VAC. Tyypillisesti ilmanvaihtokoneissa käytetään 24 VAC/DC:n jännitettä. Ilmanvaihtokoneen jäte- ja raitisilmapellit varustetaan jousipalautteisilla toimilaitteilla sähkökatkon varalta. Tasaprosenttisesti ohjattavia toimilaitteita käytetään erilaisissa lämmöntalteenotto eli LTO- ja kiertoilmaratkaisuissa. (3, s. 125–126.)

Peltien pinta-alan mukaan vaadittava toimilaitteen vääntömomentti on normaalisti noin 5 Nm neliometriä kohden. Toimilaitteet asennetaan normaalisti suoraan pellin akseliin, jolloin ei tarvita ylimääräisiä mekanismeja pellin asennon ohjaamiseen. Peltien toimilaitteiden ajoajat ovat yleensä 2–3 minuutin luokkaa. (3, s. 126.)

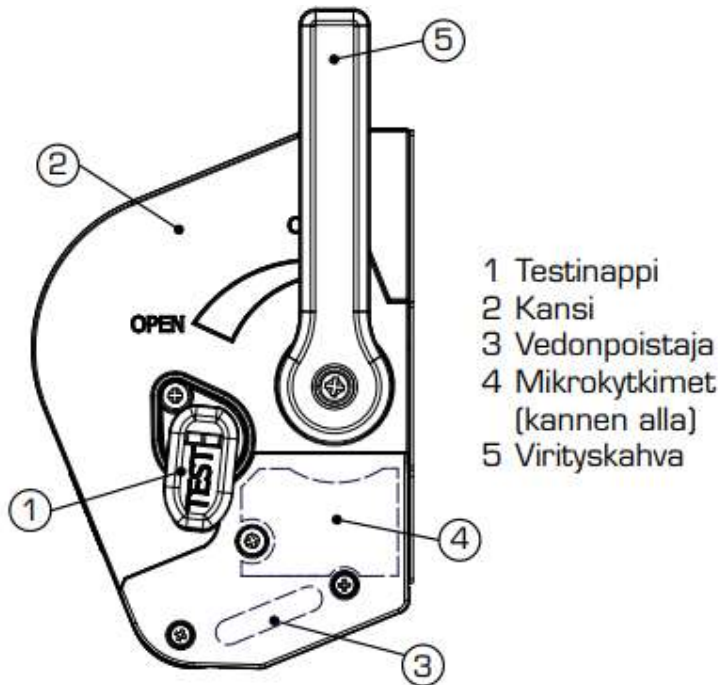
5.2.3 Palopellit

Palopelleillä on tarkoituksena estää palon leviäminen. Yksinkertaisin palopelti toimii +70 °C ± 5 °C lämpötilassa sulavalla lämpösulakkeella (kuva 6). Lämpösulakkeen sulamisen jälkeen palopelti laukaisee palopellin jousivoimalla kiinni. (13, s. 1.)

Rakennusautomaatiossa palopellit kytketään I/O-liityntäpisteisiin. Palopelleiltä kytketään VAK:iin tyyppillisesti pelkkä indikointi ja se saadaan kytkemällä yksi johdinpari palopellin mikrokytkimeen (NC-kärki). Kun palopelti laukeaa, virtapiiri katkeaa ja näin palopelleiltä

aktivoituu järjestelmään hälytys. Palopeltien kytkentä on yleensä sarjakytkentä palopeltiryhmittäin ja ryhmässä on tyypillisesti useita palopeltejä.

Nykyisin on yleistynyt myös toimilaitteelliset palopellit, joissa sähköisellä toimilaitteella vi-
ritetään palopelti toimintavalmiiksi. Toimilaitteelliseen palopeltiin on asennettu sähköinen
anturi, joka katkaisee ohjaavan virtapiirin lämmetessään ja palopelti sulkeutuu jousivoi-
malla. (13, s. 1.)



KUVA 6. FläktWoods ETPR palopelti (14).

5.3 Taajuusmuuttajat ja EC-moottorit

5.3.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on vaihtovirtaa käyttävän oikosulkumoottorin nopeuden säätöön kehi-
tetty laite. Vaihtovirtamoottoreiden ohjaamiseksi täytyy muuttaa jännitteen taajuutta jän-
nitteen lisäksi, mutta tasavirtamoottoreita voidaan säätää suoraan jännitettä säätämällä.
(3, s. 127.)

Laitteiden tarpeenmukainen säätötapa on kasvanut tasaisesti viime vuosikymmeninä. Taajuusmuuttajien hintataso on ajan kuluessa laskenut sellaiselle tasolle, jossa on helppo perustella taajuusmuuttajainvestoinnit energiansäästöillä (3, s. 127). Laitteiden nykykainen kompakti koko vaikuttaa myös hankintaan, sillä taajuusmuuttajien tilantarve on pieni.

Rakennusautomaatioliitynnät suoritetaan taajuusmuuttajiin vielä suurilta osin suorilla I/O-liitynnöillä. Suorilla I/O-liitynnöillä saadaan muun muassa hälytys- ja käyntitietoa, suoritettua ohjauksia sekä myös annettua 0–10 VDC:n jänniteviestejä. Väyläpohjaiset liitynnät ovat kasvussa ja niillä saadaan enemmän hyödyllisiä tietoja suoraan I/O-liityntään verrattuna. Väyläratkaisuilla saadaan lisätietoa esimerkiksi tehonkulutuksesta. Yleisiä käytettyjä väyläratkaisuja ovat LON, Modbus ja Bacnet. (3, s. 127.)

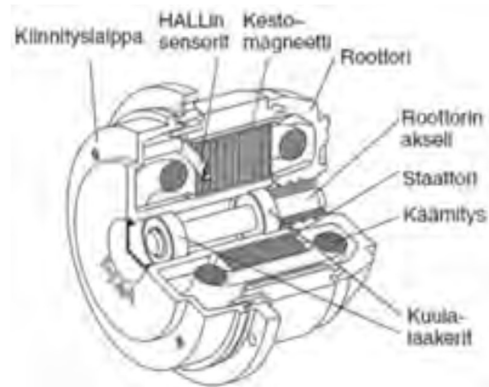
5.3.2 EC-moottori

Sana EC-moottori on lyhenne sanoista Electronically Commutated DC-motor, eli suomeksi elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori. Varsinkin alle 5 kW:n EC-moottorit ovat taajuusmuuttajaohjattuja oikosulkumoottoreita huomattavasti energiatehokkaampia (3, s. 128). Tavallisista tasavirtamoottoreista EC-moottori eroaa siten, että tavallisissa kommutointi on toteutettu hiiliharjojen avulla, joita EC-moottorissa ei tarvita. Kuva 7 esittää EC-moottorin rakennetta.

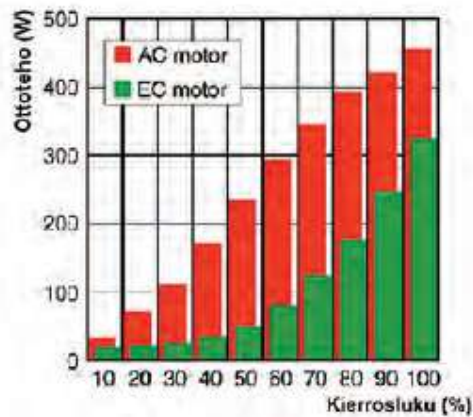
EC-moottorien energiatehokkuus perustuu oikosulkumoottoreita parempaan hyötysuhteeseen pienillä nopeuksilla. Oikosulkumoottoreiden hyötysuhde pienenee pienillä taajuuksilla suuresti. Pienillä taajuuksilla kuitenkin taajuusmuuttajan ja moottorin yhteinen hyötysuhde aiheuttaa sen, että vaikka taajuutta pienennetäänkin, niin ottoteho ei pienene. Tämä tarkoittaa sitä, että käytännössä alle 20 Hz:n syöttöjännitteen taajuutta ei kannata käyttää. Käytännössä on kuitenkin tarpeellista käyttää alle 20 Hz:n taajuuksia. Pienillä nopeuksilla moottori tarvitsee myös lisjäähdytystä. (3, s. 128.)

Kuvasta 8 nähdään AC- ja EC-moottoreiden käyttäytyminen moottoreiden kierroslukuja muutettaessa. Kun kierrosluvut ovat suurimmillaan, voidaan nähdä, että AC-moottori ottaa enemmän tehoa kuin EC-moottori. Mitä pienemmäksi kierroslukuja säädetään, sitä enemmän pienenee tehontarve EC-moottorin hyväksi. (3, s. 129.)

Tästä vertailusta voidaan todeta, että AC-moottorin hyötysuhde on epäedullisempi kaikilla kierroslukualueilla. EC-moottorit ovat hyötysuhteeltaan myös taajuusmuuttajakäyttöjä parempia koko säätöalueella. EC-moottoreita voidaan säätää välillä 0–100 %, minkä vuoksi toiminta-alue on laajempi kuin taajuusmuuttajakäytössä. Pyörimisnopeutta voidaan ohjata 0–10 VDC jänniteviestillä tai väyläliitynnällä automatiikasta. (3, s. 131.)



KUVA 7. EC-moottorin rakenne (3, s. 130).



KUVA 8. AC- ja EC-moottorin ottotehojen vertailu (3, s. 130).

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aikana opin henkilökohtaisesti paljon rakennusautomaatiourakointiin liittyvistä asioista. Minulla ei ollut rakennusautomaatio-, paloilmoin- ja turvavalaistusjärjestelmiin juuri minkäänlaista kosketusta ennen tätä projektia.

Aineiston kokoaminen alkoi sillä, että lähdin itse kentälle tekemään asennuksia, jossa keräsin aineistoa oman oppimisen kautta sekä kokeneimmilta asentajilta oppimalla.

RAU-asentajan eli rakennusautomaatioasentajan oppaan aineiston kokoaminen aloitettiin marraskuussa 2017 asennuskohteissa työskentelyn ohessa. Rakennusautomaatioasentajan opas käsittää Elvak Oy:n urakoimien eri tyyppisten kohteiden projektikuvaukset, automaatiojärjestelmien asennusohjeet, joihin kuuluu alakeskusten kytkennät sekä kenttälaittekytkennät. Lisäksi oppaassa esitetään paloilmoin- ja turvavalaistusjärjestelmien asennusohjeet siinä laajuudessa, että asentajat voivat työskennellä opasta noudattaen.

LÄHTEET

1. Elvak Oy 2017. Yritys. Saatavissa: <http://elvak.fi/yritys/> Hakupäivä: 17.12.2017.
2. ST 710.00. 2017. Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet. Espoo: Sähköinfo Oy.
3. Piikkilä, Veijo 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo Oy.
4. Värjä, Pertti – Mikkola, Jukka-Matti 2003. Uusi kiinteistöautomaatio: Automaatio- ja säätötekniikkaa. Koria: Korian kirjapaino Alanko Ky
5. Pirhonen, Tero 2011. Kiinteistöautomaation peruselementit ja –toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus. Insinöörityö. Metropolia ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikka.
6. Baff 2005. Rakennusautomaatiolla saavutettavissa olevat hyödyt. Saatavissa: http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/BAFF_%20hyodyt.pdf Hakupäivä 16.1.2018
7. Mäkinen, Rauli 2010. Rakennusautomaatioprojektin toteutus automaatiojärjestelmällä. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, sähkötekniikka, automaatiotekniikka.
8. Liedes, Riikka 2017. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät, ST-käsikirja 22. Espoo: Sähköinfo Oy.
9. Fidelix. DI-16 moduuli. Saatavissa: https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/DI16_FI.pdf Hakupäivä: 29.11.2017
10. Fidelix. DO-8 moduuli. Saatavissa: https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/DO8_FI.pdf Hakupäivä: 29.11.2017
11. Fidelix. AI-8 moduuli. Saatavissa: https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/AI8_FI.pdf Hakupäivä: 29.11.2017

12. Fidelix. AO-8 moduuli. Saatavissa: https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/AO8_FI.pdf Hakupäivä: 29.11.2017
13. ST 666.09. 2014. Palopeltien ohjaus. Espoo: Sähköinfo Oy.
14. FläktWoods 2016. Palopelti ETPR Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. Saatavissa: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=862966f5-cfdf-4ea5-a032-10eea7fed10b> Hakupäivä: 4.1.2018