

Kimmo Kajander

Kiinteistöosakeyhtiön rakennusautomaatiosaneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

28.4.2016

Tekijä(t) Otsikko	Kimmo Kajander Kiinteistöosakeyhtiön rakennusautomaatiosaneeraus
Sivumäärä Aika	88 sivua + 5 liitettä 28.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Automaation tietotekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Markku Inkinen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saneerata kohteen kiinteistöosakeyhtiö Beckerintie 7 vanhat analogiset säätölaitteet ja liittää ohjattavat prosessit yhteen automaatiojärjestelmään. Samalla uusittiin kiinteistön lämmönvaihdinyksikkö. Tämän avulla voidaan parantaa kiinteistön ohjattavuutta normaali- ja vikatilanteessa sekä parantaa kiinteistön energiatehokkuutta. Kulutustietojen raportointi kiinteistöyhtiölle sekä isännöitsijälle tulee myös mahdolliseksi. Laitos sisältää myös prosessoriin integroidun yhdistetyn käyttöliittymän, joka on web-yhteensopiva. Käyttöliittymää voidaan operoida etänä sekä tietokoneella että mobiililaitteella. GSM-modeemi on mahdollista konfiguroida lähettämään tekstiviestejä hälytyksien generoituessa.</p> <p>Tässä työssä hyödynnettiin Beckhoffin automaatiojärjestelmää, josta tehtiin integroinnit Indusoft Light -valvomoalustaan. Osa automaatiojärjestelmän IO-pisteistä kytkettiin prosessoriin ModBus-väylätekniikkaa hyödyntämällä. Työssä perehdyttiin muun muassa Beckhoff-järjestelmän työkaluihin ja Indusoft Web Studion keveään valvomoalustaan. Myös säätöjärjestelmän muuttujien vieminen Indusoftin valvomoalustaan sekä miten ModBus-tiedonsiirto konfiguroidaan Beckhoff-automatiojärjestelmässä.</p> <p>Tämän projektin lopputuloksena saatiin tehokkaasti toimiva järjestelmä, jota voidaan valvoa ja operoida paremmin. Toisaalta tämä järjestelmä tulee vielä muuttumaan jatkossa, koska järjestelmään lisätään tiedonkeruuta varten SQL-palvelin. Tämä laitteisto tulee myös osittain toimimaan omassa hienoisessa testauskäytössä ohjelmien ja toimintojen kehitystä varten.</p>	
Avainsanat	Beckhoff, Indusoft, ModBus, TwinCat, EtherCat

Author(s) Title	Kimmo Kajander Renovation of Building Automation of Joint Stock Company Owning Real Estate
Number of Pages Date	88 pages + 5 appendices 28 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	Information Technology of Automation
Instructor(s)	Markku Inkinen Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to redevelop the old analogue control equipment and control devices at real estate Beckerintie 7. Another objective was to join the controlled processes into one automation system. The heat exchanger of the real estate was also renewed.</p> <p>By these means, the controllability of the property was improved in both normal and fault conditions. The property's energy efficiency was also improved. In addition, it will be possible to report consumption data to both the real estate company and the manager. The facility includes a combined user interface, which is integrated into the processor. The web-compatible user interface can be operated remotely by computer or by a mobile device. A GSM modem can be configured to send SMS messages when alarms are generated.</p> <p>The Beckhoff automation system was utilized in the study. It was integrated with the Indusoft Light supervisory platform. Part of the automation system's IO-points were connected to the processor using ModBus bus technology. Among other things, the Indusoft Web Studio light supervisory platform was studied, along with the tools of the Beckhoff system. Also the export of the control system variables into the Indusoft supervisory platform was studied, as well as how the Modbus communication is configured in the Beckhoff automation system.</p> <p>The end result of the project is an efficient system that can be monitored and operated better. The system will, on the other hand, change further in the future, because an SQL server for the collection of data will be added to the system. The equipment will also be used to some extent for testing purposes when developing programs and functions.</p>	
Keywords	Beckhoff, Indusoft, ModBus, TwinCat, EtherCat

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaation kuvaus	2
3	Rakennusautomaation historiaa lyhyesti	2
4	Kohde ennen muutostöitä	4
4.1	Laitteiston rakenne	4
4.2	Vanhan laitteiston toiminta	7
5	Järjestelmän muutokset	8
5.1	Automaatiojärjestelmä muutostöiden jälkeen	8
5.2	Proessori	11
5.3	Tiedonsiirtoväylät	13
5.3.1	EtherCAT	13
5.3.2	ModBus	14
5.4	Väyläkytkimet	16
5.4.1	BK1150 EtherCAT-väyläkytkin	16
5.4.2	BK7350 ModBus -väyläkytkin	17
5.4.3	Yhtenäinen signaalinkäsittely analogisille tuloille ja lähdöille sekä paikoitusmittauksille.	18
5.5	I/O-moduulit	19
6	Käytetyt ohjelmat	25
6.1	Beckhoff TwinCAT 2	25
6.1.1	TwinCAT-arkkitehtuuri	25
6.1.2	Ohjelmistoratkaisu	25
6.1.3	TwinCAT ja järjestelmän diagnosointi	26
6.1.4	Käynnistys ja pysäytys	26
6.1.5	Uudelleen käynnistys ja tietojen suojaus	26
6.1.6	TwinCAT ja "sininen ruutu"	26
6.1.7	Maailmanlaajuinen etäyhteys Beckhoff-automaatiojärjestelmässä	27

6.1.8	Maailmanlaajuinen tiedonsiirto	27
6.2	Indusoft Web Studio 7.2	28
7	Ohjelman rakenne	29
7.1	VAK 2 ja 3 Etä I/O -pisteet ja ModBus-kommunikointi	29
7.2	Lämmitysverkostot	33
7.2.1	LS01_Heat_Network_Alarm (PRG)	34
7.2.2	LS01_SetpointHC (PRG)	34
7.2.3	LS01_PID (PRG)	35
7.2.4	LS01_Pu (PRG)	35
7.2.5	LS01SupHeat_T (PRG)	35
7.2.6	LS01_TimeSchedul1St (PRG)	35
7.2.7	LS01_Valve_AB (PRG)	35
7.3	Käyttövesi	36
7.4	Ilmanvaihtokoneet	37
7.4.1	Sulkupelti (Dampers)	38
7.4.2	Tulo- ja poistoilman suodattimet (Filters)	38
7.4.3	Lämmöntalteenotto ja paine-eronmittaus poistoilmakanavassa (EnergyRecovery, Energy RecoveryExPressure)	39
7.4.4	Lämmityspatteri (PreHeater)	39
7.4.5	Tulo- ja poistoilman lämpötilamittaukset (SensorTemperature)	40
7.4.6	Tuloilman ja huoneilman lämpötilan asetukset (SetpointTemperature)	40
7.4.7	Käynnistys lämpötila (StartTemperature)	40
7.4.8	Aikaohjelmat (TimeScheluder)	41
7.4.9	Puhaltimet (Fans)	43
7.4.10	Virhetoimintojen keräys (ErrorCollection)	43
7.5	Ohjelmalliset varotoiminnot	44
7.6	Laitoksessa käytetyt säätötoiminnot	45
7.6.1	PID-säädin	45
7.6.2	Ulkolämpötilakonpensointi	47
7.7	Käyttöliittymä	48
7.7.1	Käyttöliittymän aloitussivu	48
7.7.2	Ilmanvaihtokoneen päänäyttö	49
7.7.3	Ilmanvaihtokoneen asetusarvo näyttö	50
7.7.4	Hälytyslistanäyttö	51
7.7.5	Trendinäyttö	53
8	Loppupäätelmä	54

Liitteet

Liite 1. Beckhoff-laitteet

Liite 2. Pro dual-laitteet

Liite 3. Stig Wahlström-laitteet

Liite 4. Belimo-laitteet

Liite 5. Dokumentaatio

Lyhenteet

AI	<i>Analog Input.</i> Analoginen tulo johon tuodaan anturin tai mittalähettimen generoima sähköinen viesti.
AO	<i>Analog Output.</i> Analoginen lähtö josta viedään sähköinen viesti toimilaitteelle.
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange.</i> 7-bittinen eli 128 merkkipaikan laajuinen tietokoneiden merkistö, joka sisältää ensisijaisesti amerikanenglannissa tarvittavat kirjaimet.
Bitti	(Bit) <i>binary digit.</i> Binäärinumero on informaatioteoriassa informaation määrän mitta ja tietotekniikassa tiedon tai tietovuon pienin käsiteltävä osa.
CPU	<i>Central Processing Unit.</i> Suoritin, joka on tietokoneen osa, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä.
DDC	<i>Direct Digital Control.</i> Suora digitaalinen ohjaus on automaattista tilanohjausta digitaalisella laitteella (logiikkaprosessori, tietokone).
DI	<i>Digital Input.</i> Digitaalinen tulo johon tuodaan potentiaalivapaalta koskettimelta tosi tai epätosi tieto.
DO	<i>Digital Output.</i> Digitaalinen lähtö josta viedään ohjattavalle laitteelle tosi tai epätosi tieto.
EtherCAT	<i>Ethernet for Control Automation Technology.</i> Beckhoffin kehittämä ethernet-pohjainen kenttäväylä.
K Bus	Väyläkytkimien ja I/O-moduulien välinen tiedonsiirto protokolla.
LSB	<i>Least Significant Bit.</i> Binääriluvun vähiten merkitsevä bitti.
ModBus	Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla.

MSB	<i>Most Significant Bit.</i> Binääriluvun eniten merkitsevä bitti.
PID	<i>Proportional Integral Derivate.</i> Suhteellinen, integroiva ja derivoiva säädin on säätötekniikan perussäädin.
PLC	<i>Programmable Logic Controller.</i> Ohjelmoitava logiikka.
RTU	<i>Remote Terminal Unit.</i> Etäterminaaliyksikkö.
SPC	<i>Statistical Process Control.</i> Tilastollinen prosessinohjaus.
TAC	<i>TA Control.</i> Ruotsalainen rakennusautomaatiolaitteita valmistava yritys, joka oli alkujaan vuonna 1925 perustettu Tour Agenturer. Nyt liiketoiminta on siirtynyt Schneider Electricin yhteyteen.

1 Johdanto

Tälläkin hetkellä on vielä käytössä hyvin paljon ikääntynyttä laitekantaa, jonka säädettävyys ja toiminta ei ole tarkkaa ja laadukasta, jonka vuoksi rakennuksen energiatehokkuus kärsii. Talo- ja kiinteistöyhtiöiden kynnyksien laitteiden uusintaan on usein korkea ja järjestelmien hankinta- ja asennustyöstä aiheutuvat kulut tuntuvat usein asiakkaista turhan korkeilta. Tämän seurauksena usein kuuluu kysymys onkin: ”Miksi laitteita pitäisi nyt uusia, kun ne ovat toimivat vielä hyvin?” Tässä vaiheessa on asiakkaalle hyvä selvittää, minkälaisia säästöjä voidaan saada aikaan hyvällä säädöllä ja kehittyneemmillä säätöalgoritmeilla, jolloin laitteiston uusinnasta aiheutuneet kulut tulevat takaisin saavutettuina säästöinä lasketun takaisinmaksuajan puitteissa. Myöskään vanhassa laitteistossa ja ohjelmistokannassa pysyminen ei pidemmän päälle kannata, koska varaosien saatavuus tulee jossain vaiheessa olemaan vaikeaa ja kallista. Myös ohjelmistotuki laitteistoon loppuu varaosien saatavuuden myötä. Mittaus- ja valvontapisteiden lisääminen kiinteistöön parantaa kiinteistöstä saatavaa tietoa, jonka avulla on helpompi valvoa kulutettavaa energiaa ja puuttua kiinteistön ongelma-tilanteisiin ajoissa. Tästä on esimerkkinä, vaikka vedenkulutusvahti, joka tutkii yöaikaista kylmän- ja kuumaveden kulutusta. Jos veden kulutus yöaikaan on annettua asetusarvoa suurempi, on syytä epäillä putkistossa olevaa vesivuotoa.

Esimerkkinä laitteistouudistuksen tuomista eduista mainittakoon eräs saneerattu suuri toimistorakennus, jonka lämmitysverkoston säätöön sovellettiin malliprediktiivistä lämmönsäätöä. Kohteeseen lisättiin useita huonelämpötilanmittauspisteitä, jotta rakennuksen sisälämpötilasta saatiin kattava tulos. Huolellisesti tehdyn viritystyön jälkeen tämän rakennuksen lämmönkulutus putosi yli 40 % vuodessa, mikä oli euroissa noin 85 000 €. Tässä tapauksessa oli säädöllä saatu säästö harvinaisen suuri, koska kiinteistön vanhat laitteet olivat todella huonossa kunnossa ja rakennuskuutioiden määrä oli suuri. Tässä ideaalitulanteessa takaisinmaksuaika jäi alle kuuden kuukauden.

2 Rakennusautomaation kuvaus

Rakennusautomaatio ja prosessiautomaatio eivät eroa toisistaan juuri ollenkaan. Kummassakin toiminnot ovat lähes samanlaisia mutta säädettävät kohteet tietysti eroavat toisistaan.[1; 2, s. 5.]

Rakennusautomaatioon sisältyy erilaisia mittauksia, säätöjä ja ohjauksia, kulutuksen laskentaa vesimääristä ja energiasta ja näiden edellä mainittujen asioiden tilastointia ja raportointia. Hyvin tehdyllä järjestelmällä valvonta ja hälytystoiminnot ovat kiinteistön huollon helposti saavutettavissa. Näiden avulla hoidetaan kiinteistön LVIS -prosesseja, joihin tavallisimmin kuuluu käyttöveden lämmitys, kiinteistön lämmitys ja -ilmanvaihto. Suuremmissa kohteissa, kuten isot toimistorakennukset ja koulut, on rakennusautomaation hoidettavaksi saatettu lisätä valvonta- ja turvajärjestelmiä.[1; 2, s. 5-6.]

3 Rakennusautomaation historiaa lyhyesti

Rakennusautomaation historian alkuvaiheet ovat käytännössä säätötekniikan historiaa. 1900-luvun alussa säädöt tapahtuivat manuaalisesti kentällä olevien paikallisten osoittimien perusteella. Tämän jälkeen säätötoimenpiteet ovat asteittain automatisoituneet, etenkin mikropiirien kehittymisen myötä. Rakennusten ilmanvaihdon koneellistuminen 1950- ja 1960-luvuilla loi tarvetta luotettavalle säädölle ja valvonnalle. Öljyn hinnannousu 1970-luvulla lisäsi tarvetta talotekniikan toimintojen vieläkin tarkempaan automaattiseen seurantaan ja säätöön. Siltikään tuon ajan kiinteistöautomaation toiminnasta ei saatu riittävästi tietoa, jolla olisi voitu ohjata energiaa säästäviä toimia. Vuosikymmenen lopulla otettiin myös käyttöön ensimmäisiä talovalvomoita. Alussa nämä valvontajärjestelmät toimivat analogiatekniikalla, jolloin jokainen hälytys-, mittaus-, indikointi- ja käyntitilatieto jouduttiin kaapeloimaan omalla kaapeliparilla kojeelta valvontakeskukseen. Jopa 100-pariset runkokaapelit eivät olleet harvinaisia, jotta kaikki pisteet kyettiin liittämään valvomoon.[1; 3, s. 23–24.]

Rakennusautomaation kehitystä on auttanut puolijohdetekniikasta siirtyminen digitaalisten signaalien käyttöön, jolloin markkinoille tuli saataville uusia minitietokoneisiin perustuvia keskuslaitteita. Näihin uusiin laitteisiin oli mahdollista liittää ohjelmoitavia alakeskuksia. Tekniikan kehitys oli tuonut tullessaan uusia mahdollisuuksia monipuolisemmille ohjaus-, mittaus- ja valvontatoiminnoille. 1980-luvulla yleistyivät DDC-pohjaiset säädöt, jolloin parametrien asetus säätimille voitiin tehdä suoraan valvomosta. Valvomon ja alakeskusten välinen tiedonsiirto digitalisoitui vähitellen täysin, jolloin vikatilat vähenivät kaapeloinnin ja kytkentäpisteiden määrän pientymisen myötä. Alkuun tärkeimmät hälytykset siirrettiin päivystysajan ulkopuolella robottipuhelimella mutta mobiiliverkon kehittyessä on siirrytty tekstiviestihälytyksiin. [1; 3, s. 24–25.]

1990-luvulla tietokoneiden ja Windowsin yleistymisen mahdollisti säätötekniikan sovelluksien integroinnin alakeskuksiin, jolloin alakeskuksista alkoi tulla itsenäisesti toimivia yksiköitä. Vaativissa kohteissa kolmitasoinen hierarkia, johon kuuluivat valvomo-, alakeskus- ja kenttälaitetasot, alkoi olla yhä yleisempää. [1; 3, s. 25–26.]

2000-luvun internetin kehitys on mahdollistanut isojen kiinteistönomistajien rakentaa koko kiinteistökantaansa varten keskitettyjä kaukovalvomoita, joista säätö- ja valvontatoimet voidaan hoitaa reaaliajassa sijainnista riippumatta. Nykyään internetin kautta on mahdollista ottaa yhteys langattomasti mihin ja milloin tahansa. [1; 3, s. 25–26.]

4 Kohde ennen muutostöitä

4.1 Laitteiston rakenne

Tarkasteluhetkellä käsiteltävä laitteisto koostui analogisista ja osittain digitaalisista TAC:n säätimistä, jotka olivat 25 vuotta vanhoja ja käyttöikänsä lopussa. Koska kaikki kenttä- ja toimilaitteet olivat myös saman ikäisiä, oli myös niiden toimintakyky myös heikentynyt siinä määrin, että laitekannan uusiminen on aiheellista. Vanhojen säätimien automaattinen ohjaus oli hoidettu rakennusajankohdan tyyliä eli erillisillä kellokytkimillä. Mahdollisten vikatilojen ilmaantuessa häiriöinformaatio ei siirtynyt eteenpäin esimerkiksi huoltoyhtiölle vaan LVI-hälytyskeskuksessa merkkivalo jäi palamaan hälytyskeskuksen tauluun. Tämä järjestely ei yleensä johtanut mihinkään toimenpiteisiin, koska huoltoyhtiön edustaja ei käynyt kiinteistössä päivittäin ja kiinteistölle kalliiksi käyvä vahinko oli silloin mahdollinen.

Myös kiinteistön lämmönvaihtimet olivat myös alkuperäisiä ja niillä oli ikää jo 25 vuotta, joten ne perusteltua uusia. Keskimääräinen käyttöikä kaukolämmönvaihtimille on noin 20–30 vuotta, jonka jälkeen vaihto uuteen on suositeltavaa toimintavarmuuden säilyttämiseksi ja paremman hyötysuhteen saavuttamiseksi. Suomen sääolosuhteissa kesken lämmityskauden rikkoontuva laitteisto aiheuttaa suurta harmia, ja valmistelematon hätätyönä tehty vaihto tai korjaus on aina kallista. Kaukolämmönvaihtimia ei luonnollisesti ole niin sanotusti ”hyllytavarana” vaan ne valmistetaan aina kohdekohtaisesti tehontarpeen mukaan, jolloin kaukolämmönvaihtimilla on aina tietty toimitusaika.[4]

Näiden kaikkien havaittujen puutteiden ja laitteiden uusimistarpeen perusteella yhtiökokouksessa tultiin siihen lopputulokseen, että kattava kiinteistöautomaatio-saneeraus on tarpeen. Seuraavissa kuvissa Kuva 1 ja Kuva 2 näkyy aloitusajankohdan laitteisto-konfiguraatiota. Laitteet oli asennettu hajautetusti säädettävien prosessien lähelle, ja niiden toiminnan tarkastelu ja säätötoimenpiteet oli hoidettava erikseen laitteiston vieressä.



Kuva 1. Lämmityslaitoksen vanhat säätimet



Kuva 2. Ilmanvaihtokoneen vanhat säätimet

4.2 Vanhan laitteiston toiminta

Vanhat säätölaitteet toimivat täysin toisistaan riippumatta, ja laitteiston toiminnan havainnointi perustui pääasiassa putkistossa ja ilmanvaihtokanavissa sijaitseviin mekaanisiin kanava- ja putkilämpömittareihin. Mittarin näyttämän perusteella tarvittava säätötoimenpide ja asetusarvon muutos tehtiin pääasiassa potentiometriä käyttämällä. Tämän kaltaisella laitteistolla ei päästä tarkkaan säätötulokseen, koska potentiometrillä asetettu arvo on melko karkea. Myös ajan aiheuttama komponenttien kuluminen ja ominaisuuksien muuttuminen aiheuttavat toiminnassa poikkeamaa. Myös vika- ja häiriötilojen havainnointi perustui silmämääräiseen tarkasteluun.

Koska laitteiden välillä ei ole kommunikointia, saattoi lämmityslaitteistoon tullut vakava vikatilanne, esimerkiksi verkostonlämpötilan pudotessa radikaalisti tai verkostonpaineen pudotessa noltaan, aiheuttaa pahimmillaan ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin jäätyminen. Tästä voi aiheutua mittava vesivahinko, koska ilmanvaihdon jäätymisvaarasäädin ei välttämättä kykene reagoimaan häiriötilaan riittävän nopeasti.

Ilmanvaihtokoneiden raitis- ja jäteilmansuodattimien likaisuuden indikointi oli toteutettu ainoastaan osoittavilla U-putkimanometreilla, joiden tarkkailu edellyttää aina käyntiä paikan päällä, ja suodattimien likaisuudesta ei generoitunut hälytystä. Tämän kaltainen kokoonpano lisää huoltokustannuksia, koska laitteiden toiminnan tarkkailu on tehtävä aina kohteessa. Hyvin usein tällaiset kokoonpanot ovat aina hieman huonon valvonnan alla, jolloin laitteiden energiatehokas toiminta ja huoneilman laatu kärsivät likaisien suodattimien aiheuttamasta huonosta ilmanvirtauksesta. Myös puhallinmoottorien käyntitilan valvonta puuttui vanhasta järjestelmästä kokonaan. Tämä mahdollisti koneiden ohjaamisen käsikäytöllä jatkuvasti ja eikä tästä generoituisi ristiriitahälytystä. Ainoastaan puhaltimen ylivirtasuojan laukeamisesta oli tehty indikointi hälytyskeskukseen. Jatkuva ilmanvaihdon käyttäminen täydellä teholla kuluttaa turhaan energiaa ja lisää kiinteistön kuluja.

Lämmönvaihdinyksikkö oli kolmipiirinen: Lämmin käyttövesi, patteriverkosto ja ilmanvaihtoverkosto. Lämmönvaihtimien pumpuista oli tehty lämpösuojista hälytysindikoinnit mutta käyntitiloja ei valvottu lainkaan, joten mahdollisia kesäaikaan tehtyjä poiskytkentöjä ohjauskytkimistä ei välttämättä tule huomanneeksi. Verkostojen painemittareista oli raja-arvohälytykset myös kytkemättä ja mahdolliset verkostonvuodot saattoivat jäädä huomaamatta.

5 Järjestelmän muutokset

Kaikki vanhat säätölaitteet purettiin ja tilalle asennettiin Beckhoffin automaatiojärjestelmä. Myös ilmanvaihtokoneiden ohjausvirtapiirit piti osittain muuttaa uutta järjestelmää varten, koska vanhassa konfiguraatiossa ei ollut esimerkiksi puhaltimien ja pumppujen tilatietoja. Tämä on tärkeää esimerkiksi silloin, kun lämmönvaihtimen ilmanvaihtopiirin pumppu syystä tai toisesta pysähtyy. Silloin voidaan ilmanvaihtokoneet pysäyttää hallitusti ja välttää mahdolliset laitevauriot. Nyt myös generoituvat hälytykset tullaan siirtämään tekstiviesteinä huoltoyhtiölle, jotta mahdolliset ongelmatilanteet voidaan hoitaa nopeasti pois.

Kaikki kenttälaitteet eli anturit ja toimilaitteet uusittiin. Lämpötiloja mittaamaan valittiin Produalin valikoimasta Pt1000-platinavastusanturit. Liitteessä 2 löytyy Produalin kenttälaitteista tarkempaa teknistä tietoa. Ilmanvaihtokoneiden suodattimien sekä LTO-kennojen paine-eroja mittaamaan valittiin liitteessä 3 olevat Stig Wahlström Oy:n valikoimasta Dwyerin valmistamat paine-erolähettimet. Venttiilien ja sulkupeltien toimilaitteet valittiin Belimon tuotevalikoimasta, joiden tarkempi kuvaus löytyy liitteestä 4. Lämmönvaihtimen tilaukseen lisättiin vastaavat anturit ja toimilaitteet edellä mainittujen toimittajien valikoimista, ja ne oli lämmönvaihtimen saapuessa asennettu ja kytketty valmiiksi. Lämmönvaihtimen toimittaja oli asentanut myös sähköliitäntöjä varten keskuksen, joka pitää sisällään pumppujen varolaitteet sekä käyttökytkimet. Toimilaitteita ja antureita varten oli asennettuna riviliitinkotelo, jonne antureiden ja toimilaitteiden kaapelit oli päätetty. Lämmitysverkostojen pumput ovat nyt uudessa lämmityspaketissa taajuusmuuttajakäyttöiset. Tämä mahdollistaa verkostoissa vakiopainesäädön, jolloin pumpun tehoa voidaan säätää lämmitystarpeen mukaan. Kesäaikaan, kun lämmityksen tarvetta ei ole ja patteriventtiilit huoneistoissa ovat kiinni, käy pumppu pienemmällä teholla, jolloin säästyy energiaa.

5.1 Automaatiojärjestelmä muutostöiden jälkeen

Uusi järjestelmä koostuu kolmesta alakeskuksesta, joista yhdessä on prosessori ja kahdessa muussa sijaitsevat kahden ilmanvaihtokoneen etä I/O-pisteet. Tiedonsiirto etänä sijaitseville I/O-pisteille hoidetaan ModBus-väylää hyväksikäyttäen. Alakeskukseen jossa prosessori sijaitsee, on tehty järjestelmän hallintaa varten käyttöliittymä. Seuraavat kuvat Kuva 3 ja Kuva 4 esittävät uusittua alakeskusta ja

kompaktin ilmanvaihtokoneen kytkentäkaappia. Nykyisen alakeskuksen tilalla oli vanha hälytys-keskus.



Kuva 3. Uusittu alakeskus, jossa prosessori sijaitsee, ja ilmanvaihtokoneen sähkökytkentätila, jossa vanhat säätimet sijaitsivat



Kuva 4. Uusittu lämmönvaihdinpaketti.

5.2 Prosessori

Prosessoriksi valittiin Beckhoffin valikoimasta 7 tuuman näytöllä varustettu teollisuus-PC CP6606. Laite on varustettu 1 GHz ARM Cortex™ A8-prosessorilla ja kosketusnäytöllä, joka mahdollistaa käyttöliittymän tekemisen järjestelmän ohjaamista ja tarkkailemista varten. Koska prosessorin käyttöjärjestelmä on Windows CE, on etäkäytön ja tiedonkeruun konfigurointi suhteellisen helppoa toteuttaa Windowsin omia työkaluja ja ohjelmointirajapintoja hyväksikäyttäen. Laite on varustettu myös kattavalla määrällä erilaisia liitäntöjä, joten muistitikkujen ja muistikorttien käyttämien on mahdollista vaikkapa datan keräämistä varten. Kaikista työssä käytetyistä Bechoffin tuotteista löytyy tarkempaa teknistä tietoa liitteestä 1. Prosessorista löytyy seuraavat liitännät.

- RJ45 Ethernet 10/100BASE-T.
- RJ45 EtherCAT.
- RS-232-sarja-portti sarjaliikennettä varten. Voidaan käyttää esimerkiksi ModBus-väyläliikennettä taikka tekstiviestimodeemia varten.
- MicroSD-muistikorttipaikka kaikenlaisen datan tallennusta tai ohjelmiston päivitystä varten. Myös ajettava ohjelmakonfiguraatio voidaan ladata suoraan muistikortilta.
- Kaksi kappaletta USB 2.0-liitäntöjä. [5]



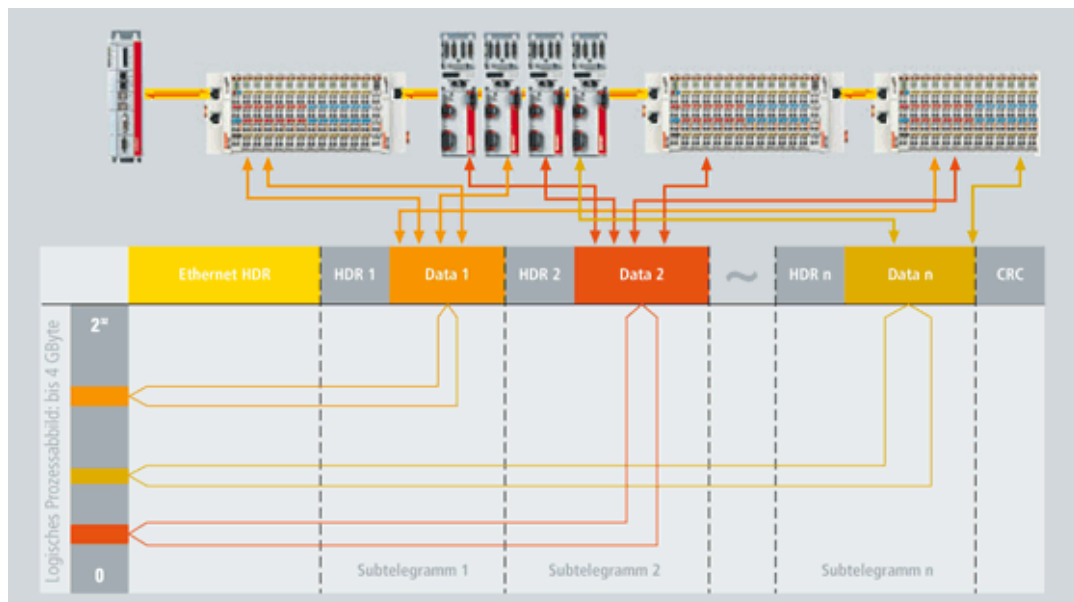
Kuva 5. CP6606 teollisuus PC varustettuna kosketusnäytöllä.

5.3 Tiedonsiirtoväylät

5.3.1 EtherCAT

Kokoonpano sisältää kaksi erilaista väyläratkaisua. Ensimmäisenä mainittakoon EtherCAT-väylä, jossa väyläkytkimenä toimii Beckhoffin EtherCAT-väyläkytkin BK1150. Tämän avulla tapahtuu kommunikointi prosessorin ja samassa keskuksessa sijaisevien IO-moduulien välillä. EtherCAT on Beckhoffin kehittämä ethernet-pohjainen tiedonsiirtoväyläteknikka, joka on tiedonsiirtokyvyltään tehokas ja nopea. Sen tiedonsiirtonopeudet ovat suuret verrattuna muihin yleisesti käytössä oleviin kenttäväyliin verrattuna. EtherCATin avulla voidaan prosessorista etäällä sijaitsevista mittauksista ja ohjauksista tehdä reaaliaikaiset.

- 256 digitaalista I/O:ta 11 mikrosekunnissa.
- 1000 digitaalista I/O:ta 30 mikrosekunnissa hajautettuna 100 asemaan.
- 12000 digitaalista I/O:ta 350 mikrosekunnissa.
- 200 analogista I/O:ta (16bittiä) 50 mikrosekunnissa 20 kHz näyteenotusnopeudella.
- 100 servoakselia (jokaisella 8 bittiä tulo ja lähtö) 100 mikrosekunnissa. [6]



Kuva 6. EtherCAT-datakehiksen kaavio.

5.3.2 ModBus

Tämän lisäksi on vielä ModBus-väylä, jonka avulla saadaan liitettyä prosessorista etäällä sijaitsevat IO-pisteet prosessoriin. Tässä on käytetty Beckhoffin BK7350-ModBusväyläkytkintä. Tähän väylään voidaan vielä lisätä tarvittaessa tämän kohteen muita ModBus-väyläkortin omaavia laitteita, jos sellaisia tulee asennettavaksi. Esimerkkinä kaukolämpöpaketin lämmitysverkostojen pumput, joihin on saatavissa lisäosana ModBus -väyläkortti.

ModBus on Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla, joka oli tarkoitettu käytettäväksi Modiconin ohjelmoitavien logiikkojen (PLC) kanssa. Protokollasta on muodostunut "de facto"-standardi teollisuudessa, ja on nyt yleisesti käytössä elektroniikkalaitteiden välisessä kommunikoinnissa. Syyt ModBusin laajalle käytölle vielä nykypäivänäkin muihin protokolliin verrattuna ovat seuraavat.[8]

- Se on avoin ja lisenssimaksuton.
- Verraten helposti käyttöönotettava teollinen verkko.
- Siirtää raakadataa ilman laitevalmistajien asettamia rajoituksia.

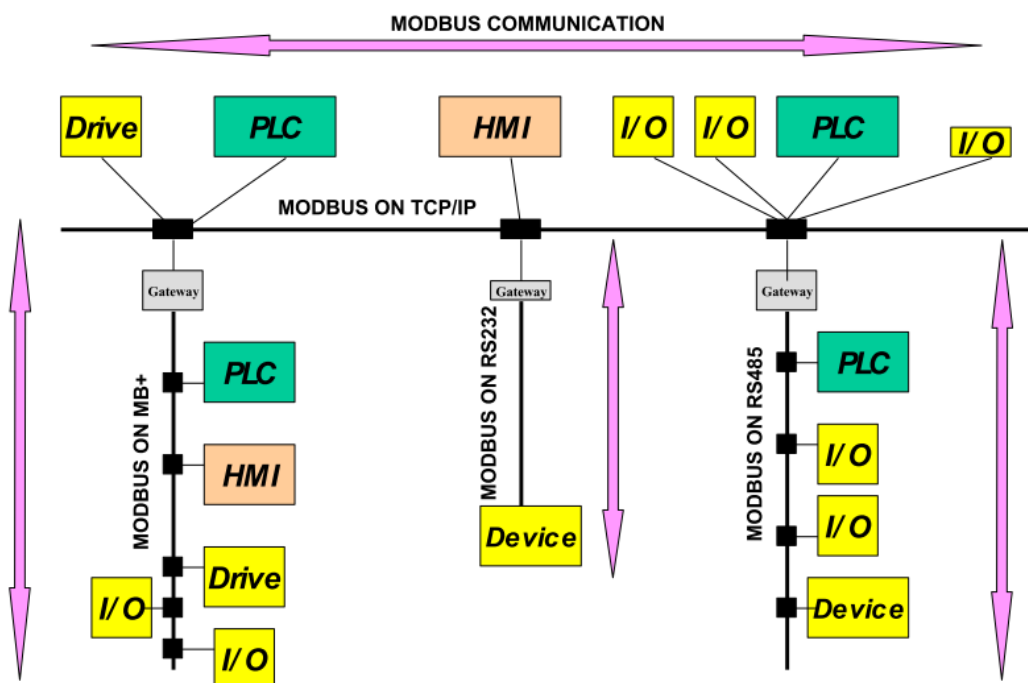
Sarjamuotoiselle ModBusliikenteelle on olemassa kaksi muunnelmaa erilaisilla numeerisen datan esitysmuodolla ja hivenen erilaisilla protokollan yksityiskohdilla. ModBus RTU on kompakti binaarinen datanesitysmuoto. ModBus ASCII on tekstipohjainen ja ihmisen ymmärrettävässä muodossa. Molemmat muunnelmat käyttävät sarjaliikennettä. RTU-formaatissa, jota käytettiin tässä työssä, käytetään tiedon eheyden tarkistukseen CRC-tarkistussummaa, kun taas ASCII-formaatti käyttää longitudinal redundancy check -tarkistussummaa. Solmut, jotka on määritetty käyttämään RTU-muunnelmaa, eivät kommunikoi ASCII-muunnelmaa käyttävien solmujen kanssa ja päinvastoin.[8]

TCP/IP-yhteyksille (esimerkiksi ethernet) on olemassa uudempi muunnelma, ModBus/TCP. Se on helpompi toteuttaa kuin ModBus/ASCII tai ModBus/RTU, koska se ei tarvitse tarkistussumman laskentaa. Tietomalli ja toimintokutsut ovat samanlaisia kaikille kolmelle yhteysprotokollalle; vain kapselointi on erilainen.[8]

On olemassa myös laajennettu versio, ModBus Plus (ModBus+ tai MB+), mutta se on käytössä pääasiassa Modiconissa. Se tarvitsee dedikoidun prosessorin käsittelemään

nopeaa HDLC-tyyppistä token-kiertoa. Se käyttää kierrettyä parikaapelia 1 Mbps:n nopeudella ja sisältää muuntajaeristyksen jokaisessa kenttälaitteessa, joka tekee siitä muutos/reuna-liipaistavan jännite/taso-liipaisun sijasta. ModBus Plussan liittäminen tietokoneeseen vaatii erityisliitännän, tyypillisesti laajennuskortin (PCI tai PC-Card).[8]

Seuraavassa kuvassa Kuva 7 esitetään esimerkinomaisesti, miten ModBus-tiedonsiirto voisi olla toteutettu erilaisten laitteiden välillä. Esimerkin eri osat on toteutettu eri tiedonsiirto-väyliä hyväksi käyttäen. Tässä tapauksessa voisi olla kolme eri rakennusta, joiden välinen tiedonsiirto on toteutettu ModBusTCP/IP-väylällä. Rakennusten sisällä on käytössä sitten eri tiedonsiirtoväylät.



Kuva 7. Esimerkki ModBus-verkkoarkkitehtuurista

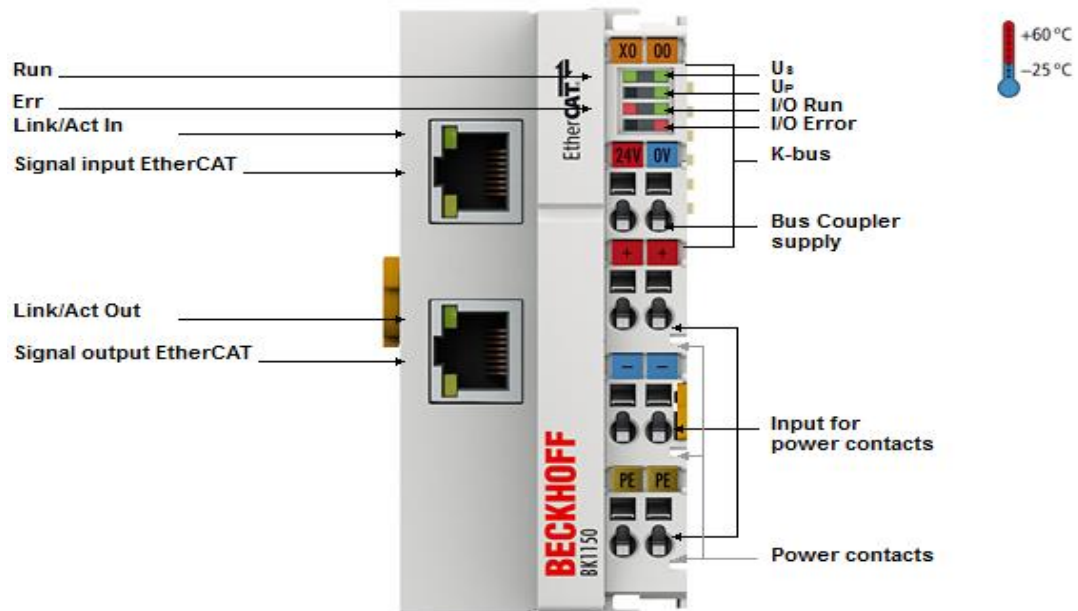
5.4 Väyläkytkimet

5.4.1 BK1150 EtherCAT-väyläkytkin

Kuva 8 BK1150-väyläkytkin yhdistää siihen kytketyt modulaariset laajennettavat KL- ja KS-moduulit reaaliaikaiseen EtherCAT-ethernet pohjaiseen kenttäväylään. Yksikkö pitää sisällään väyläkytkimen ja siihen liitetyt 1–64 kappaletta IO-moduuleita (K-Bus -laajennuksella määrää voidaan kasvattaa 255 kappaaleeseen) sekä aina viimeisenä K-Bus-päätmoduulin.[6]

Väyläkytkin tunnistaa automaattisesti siihen kytketyt IO-moduulit ja lisää ne TwinCATin prosessikaavioon käytettäväksi. Laitteessa on kaksi liitintä EtherCATin kytkemiseksi, joten väylää voidaan jatkaa eteenpäin toiselle EtherCAT-laitteelle. Koska EtherCAT perustuu ethernet tekniikkaan, voi kahden laitteen välinen kaapeli olla maksimissaan 100 m:ä.[6]

Väyläkytkin voidaan konfiguroida Beckhoffin KS2000-konfigurointityökalulla tai vaihtoehtoisesti säätimen (PC, PLC, IPC) avulla käyttämällä ohjelmassa toimilohkoja. [6]



Kuva 8. EtherCAT-väyläkytkin (Bus Coupler).

5.4.2 BK7350 ModBus -väyläkytkin

BK73x0 sarjan väyläkytkimet yhdistävät ModBus-kenttäväylän modulaarisiin IO-terminaaleihin. Yksi BK7300-yksikkö koostuu väyläkytkimestä ja siihen liitettävistä IO-moduuleista, joita voi olla enintään 64 kappaletta ja K-Bus-väylän pääteterminaalista. Kompakti BK7350-väyläkytkin, jota on käytetty tässä työssä, on kustannustehokkaampi versio samassa pienessä koossa. K-Bus-laajennuksen ansiosta voidaan terminaaleja kytkeä jopa 255 kappaletta. Väyläkytkin tunnistaa siihen liitetyt I/O-terminaalit automaattisesti ja liittää tulosten pisteet tilasanoihin kokoonpanojärjestyksessä. Eli ensimmäisen tulomodulin ensimmäinen piste on sijoitettu ensimmäisen muistipaikan sanan ensimmäiseksi bitiksi (LSB) oikealta alkaen. Tästä seuraavat lisätään järjestyksessä edeten vasemmalle. Kun pisteiden määrä ylittää 16 bittiä, alkaa uusi sana.[7]

Laitteen ModBus-väylä perustuu RS485-rajapintaan, joka on avointa teknologiaa. BK7350 tukee RTU- ja ASCII-protokollia. Väyläkaapelin maksimipituus on normaali RS485-tiedonsiirtoväylän 1200 m:ä. Laitteen väylän tiedonsiirtonopeuden voi asettaa KS2000 konfigurointityökalulla tai laitteesta suoraan kiertokytkimiä hyväksikäyttäen jolloin konfigurointiohjelman tarvetta ei välttämättä ole.[7]

Nämä ModBus-väyläkytkimet tukevat erilaisen ModBus-funktioiden käyttöä, joka mahdollistaa suoran pääsyn kytkettyihin signaaleihin. BK7300 ja BK7350 tukevat myös diagnosointifunktioita, joilla voidaan selvittää vikatilanteita väylällä ja IO-moduuleissa. Seuraavana lueteltuna TwinCATissa käytettävät ModBus-funktiot.

- ModBus function 1 = Read Coils.
- ModBus function 2 = Read Input Status.
- ModBus function 3 = Read Holding Registers.
- ModBus function 4 = Read Input Registers.
- ModBus function 5 = Write Single Coil.
- ModBus function 6 = Write Single Register.
- ModBus function 15 = Write Multiple Coils.
- ModBus function 16 = Preset Multiple Registers.
- ModBus function 8 = Diagnostics. [7]

5.4.3 Yhtenäinen signaalinkäsittely analogisille tuloille ja lähdöille sekä paikoitusmittauksille.

BK7300- ja Kuva 9 BK7350-väyläkytkimet tukevat tätä toimintatapaa kuten kaikki muutkin väyläterminaalit, kun vain käyttäjä omasta puolestaan pitää huolta siitä, että analogisten tulojen ja lähtöjen käsittelytapa ei eroa laitesarjojen välillä. Data on käytettävissä säätimessä prosessikuvana, ja sitä voidaan käsitellä bittitaulukko-muodossa. Analogisille ja monitoimiväyläterminaaleille voidaan asettaa erikseen spesifioitu applikaatio käyttämällä Beckhoffin KS2000-konfigurointityökalua. Väyläterminaalin tyypistä riippuen laitteen rekisterit pitävät sisällään lämpötila- ja vahvistusasetusarvot ja lineaarisoinnin ominaiskäyrät. KS2000-työkalun avulla halutut parametrit voidaan muuttaa PC:n avulla. Väyläterminaali tallettaa asetukset pysyvästi vikasietoisella tavalla.[7]

Vaihtoehtoisesti väyläterminaaleja voidaan kontrolloida ohjausjärjestelmästä toimilohkojen avulla. Ohjausjärjestelmä voi sijaita PC-tietokoneessa, ohjelmoitavassa logiikassa (PLC) tai teollisuustietokoneessa (IPC), joka hoitaa konfigurointitapahtuman kaikki vaiheet käynnistyksen yhteydessä. Jos on tarpeellista, lataa säädin hajautetun konfiguraatiodatan ja tallentamaan sen keskitetysti. Siksi uusien asetusten konfigurointi ei ole tarpeellista, vaikka väyläterminaali vaihdettaisiin uuteen vaan säädin pitää huolen suunniteltujen asetusten tekemisestä käyttäjän kytkeydyttyä.[7]



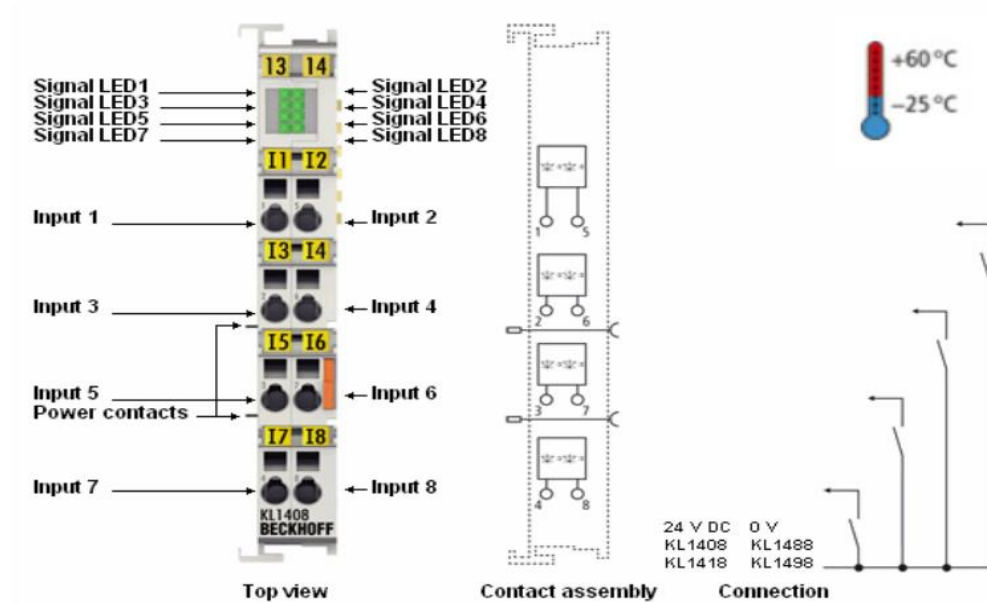
Kuva 9. BK7350-väyläkytkin (Bus Coupler).

5.5 I/O-moduulit

Järjestelmän I/O koostuu viidestä erityyppisestä IO-moduulista, koska mitattavia ja ohjattavia laitteita on järjestelmässä useita erilaisia. Moduuleista voidaan lukea myös tilasana, joka kertoo, jos kytketyn anturin kaapeli on oikosulussa tai kaapeli on katkenut. Tästä tiedosta voidaan luonnollisesti generoida hälytystapahtuma. Tarkemmat tekniset tiedot selviävät liitteen 1 Beckhofflaitteet-liitteestä, jonka kuvat ovat liitetty Beckhoffin Web-sivulta.

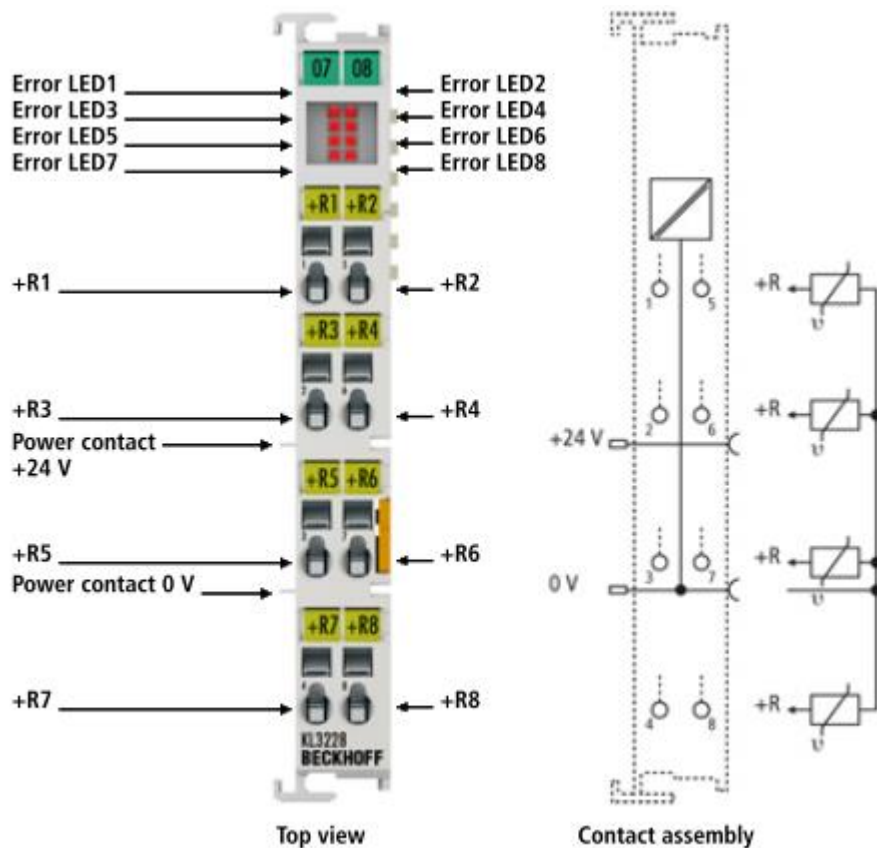
- KL1408 digitaalituloille.
- KL3228 Pt1000 platinavastusantureille.
- KL3464 0-10V tuleville jänniteviesteille.
- KL4404 0-10V lähteille jänniteviesteille.
- KL2408 digitaalisille ohjauksille. [9]

Kuva 10 KL1408 on moduuli kahdeksan digitaalisen tiedon kytkentään. Tätä moduulia käytetään vastaanottamaan kenttälaitteiden lähettämää digitaalista tilatietoa. Nämä tilatiedot voivat olla mitä tahansa potentiaalivapaita digitaalisia tietoja, esimerkiksi käynti- tai hälytystilatietoja. Tilatiedot voivat olla avautuvia NC (Normally Closed) tai sulkeutuvia NO (Normally Open) tilatietoja. Moduuli kykenee lukemaan minimissään 3 ms:n pituisia tilan muutoksia.



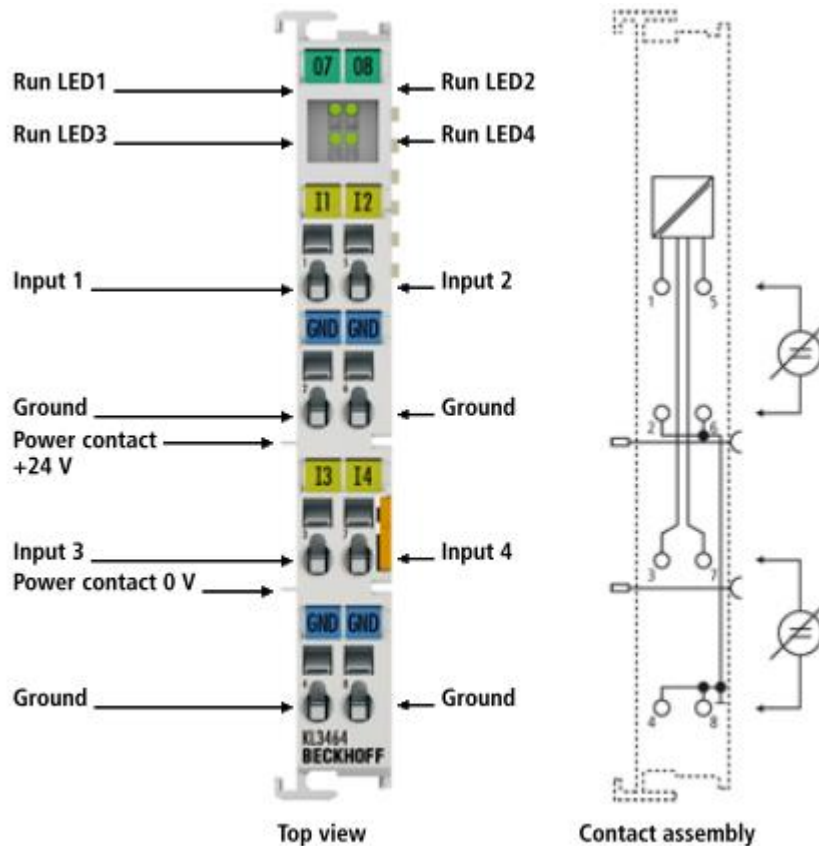
Kuva 10. Digitaalisen tulomodiuulin KL1408-kuva ja kytkentä.[9]

Kuva 11 KL3228 on moduuli kahdeksan vastusanturin kytkentää varten. Tätä moduulia käytetään vastaanottamaan vastusanturin lähettämää analogista viestiä. KL3228-moduuliin kytkettävät anturit voivat Pt1000- tai Ni1000-tyyppisiä antureita. Moduuli syöttää anturille käyttöjännitteen, ja vastusarvon muuttuessa moduuli laskee virran muutoksen perusteella lämpötilan. A/D-muunnin luo viestistä 16-bittisen binääri-luvun ja mitta-alueen ollessa $-50\dots150^{\circ}\text{C}$ päästään noin 0.003°C :n mittaustarkkuuteen.



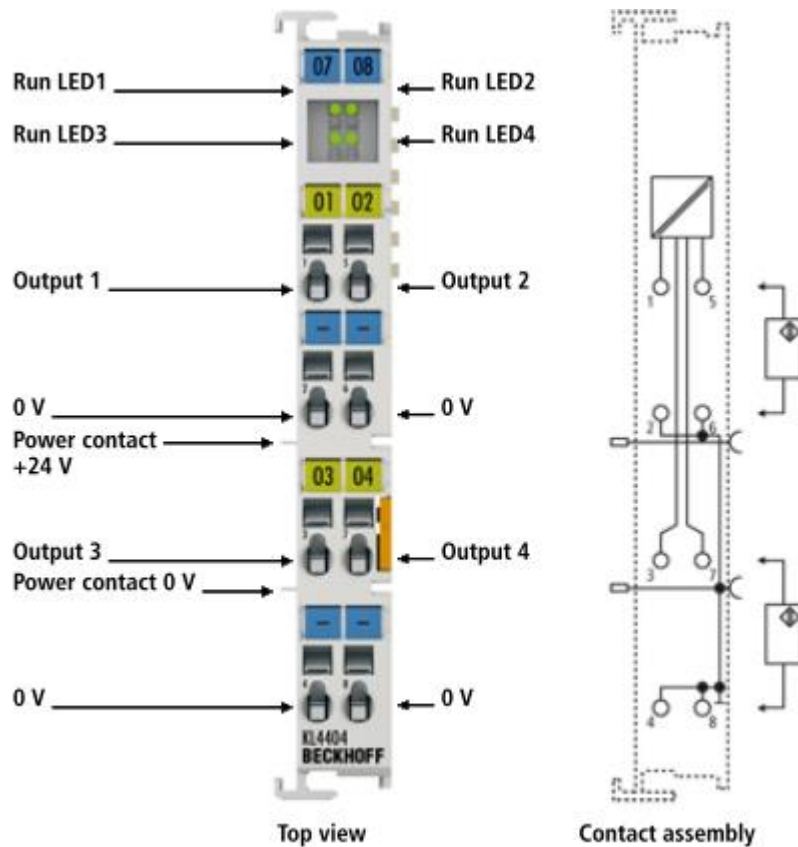
Kuva 11. Analogisen tulomodulin KL3228-kuva ja kytkentä. [9]

Kuva 12 KL3464 on moduuli neljän 0–10 V:n jänniteviestin lukemiseen kenttälaitteilta eli tätä moduulia käytetään tässä työssä vastaanottamaan esimerkiksi paine-, valoisuus- tai lämpötilalähettimien jänniteviestiä. Moduulin A/D-muunnin luo viestistä 12-bittisen binääriluvun jolloin 2,5 mV jännitteen nousulla kokonaisluku muuttuu yhdellä suuremmaksi. Tässä työssä paine-erolähtetimet on konfiguroitu mittaamaan paine-eroa 0-500 Pa:n väliltä, jolloin pienin mitattava muutos voi olla 0,125 Pa.



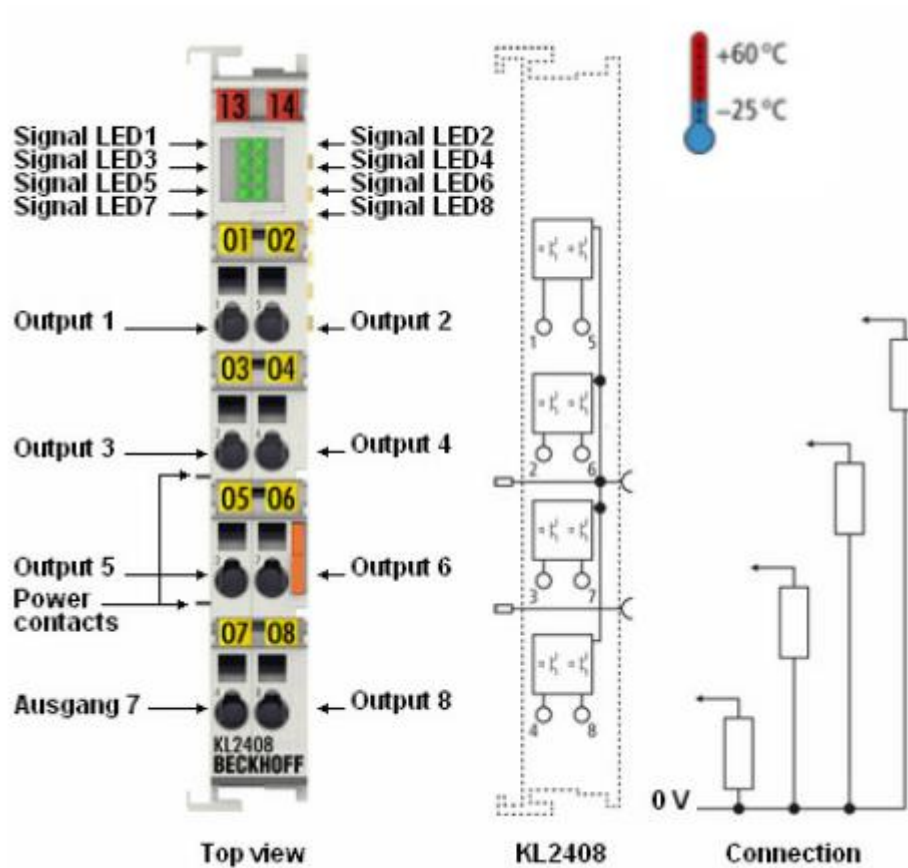
Kuva 12. Analogisen tulomodulin kuva ja kytkentä. [9]

Kuva 13 KL4404 on moduuli neljän 0–10 V:n jänniteviestillä ohjattavien moduloivien kenttälaitteiden ohjaamiseen eli tätä moduulia käytetään tässä työssä venttiili- ja sulku-peltitoimilaitteiden ohjaamiseen. Tämä moduuli on teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen edeltävän KL3464:n kanssa eli laite sisältää 12-bittisen A/D-muuntimen. Koska ohjausviesti venttiili- ja peltitoimilaitteille on 0–100 % on pienin mahdollinen asennonmuutos silloin 0,025 %.



Kuva 13. Analogisen lähtömoduulin kuva ja kytkentä[9]

Kuva 14 KL2408 on moduuli kahdeksalle digitaaliselle ohjausviestille. Moduulin transistori ohjautuista lähdöistä saadaan 24 V:n positiivinen tasajännite ohjausreileille. Tässä työssä on käytetty ohjausreleinä Finderin ja Phoenix Contactin valmistamia, 24 V:n tasajännitereleitä, jotka pienen kokonsa (leveys 6mm) puolesta sopivat erinomaisesti automaatioosovelluksiin.



Kuva 14. Digitaalisen lähtömoduulin kuva ja kytkentä. [9]

6 Käytetyt ohjelmat

Järjestelmän ohjelmoinnissa käytettiin kahden eri valmistajan ohjelmia. Automaatiojärjestelmän ohjelmointi tehtiin käyttämällä Beckhoffin kehittämää TwinCAT2-ohjelmointiympäristöä ja prosessorin Windows CE –käyttöjärjestelmäympäristössä ajettavaa Wonderwaren kehittämää Indusoft Web Light -valvomo-ohjelmistoa. Nämä kaksi ohjelmistoa toimivat hyvin yhdessä Windows-alustalla, jolloin esimerkiksi tiedonkeruu ja muut toiminnot on helppoa toteuttaa.

6.1 Beckhoff TwinCAT 2

Beckhoffin kehittämällä TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) -ohjelmistolla on mahdollisuus muuttaa lähes mikä tahansa yhteensopiva PC reaaliaikaiseksi säätimeksi, usean PLC:n järjestelmäksi, numeerisesti ohjattujen (NC) akselien säätimeksi, ohjelmointityökaluksi ja ohjauspaikaksi. Reaaliaikaisuus on toteutettu integroimalla reaaliaikaominaisuudet suoraan Windowsiin. Tiedonsiirto on mahdollista käyttöliittymään tai ulkoisiin ohjelmiin Microsoftin omien avoimien raja-pintojen avulla. TwinCAT-ohjausohjelmisto on täysin IEC61131-3-standardin mukainen. TwinCATilla voidaan korvata esimerkiksi tavanomaiset PLC:t ja NC/CNC-säätimet. [10]

6.1.1 TwinCAT-arkkitehtuuri

TwinCAT sisältää reaaliaikaisen ohjausjärjestelmän ja kehitystyökalut ohjelmointiin, diagnosointiin ja konfigurointiin. Kaikki Windows-ohjelmat kuten esimerkiksi visualisointi- ja Office-ohjelmat, kykenevät lukemaan tietoja tai voivat suorittaa komentoja standardiliityntärajapintojen kanssa.[10]

6.1.2 Ohjelmistoratkaisu

TwinCATissa ohjelman ajo tapahtuu deterministisesti täsmällisesti ajastetuissa sykleissä riippumatta muista prosessorille annetuista tehtävistä esimerkiksi Windowsin tehtävistä. Reaaliaikaohjauksen kuormituksen säätö prosessorille on helppoa TwinCATin avulla, ja näin voidaan saavuttaa haluttu suorituskyky. TwinCAT näyttää kaikkien käynnissä olevien ohjelmien kuormituksen. Järjestelmään voidaan asettaa kuormitukselle raja-arvo, jolla voidaan varmistaa, että käyttöjärjestelmällä on riittävästi

kapasiteettia käytössään. Jos raja-arvo ylitetään, niin järjestelmä generoi virheilmoituksen.[10]

6.1.3 TwinCAT ja järjestelmän diagnosointi

Yleinen laitteiston ja ohjelmiston käyttö avoimen PC-maailmassa vaatii hieman tarkkailua: Sopimattomat komponentit voivat häiritä järjestelmää. Beckhoff on integroinut käytännöllisen indikaattorin reaaliaikaiselle synkronointivirheelle, jolla käyttäjän on helppo arvioida laitteistoa ja ohjelmistoa. Järjestelmäviesti operoinnin aikana kiinnittää käyttäjän huomion tapahtuneeseen vikatilaan.[10]

6.1.4 Käynnistys ja pysäytys

Asetuksista riippuen voidaan TwinCAT käynnistää ja pysäyttää joko manuaalisesti tai automaattisesti. Koska TwinCAT on integroitu Windowsiin palveluna, järjestelmän käynnistämiseen ei tarvita erillisiä käyttäjän toimenpiteitä. Pelkkä käyttöjännitteen kytkeminen riittää.[10]

6.1.5 Uudelleen käynnistys ja tietojen suojaus

TwinCATin käynnistyessä tai uudelleen käynnistyessä lataa järjestelmä ohjelmat ja tallennetut tiedot. Tietojen tallennuksen ja Windowsin oikeanlaisen sulkemisen turvaamiseksi UPS (Uninterruptible Power Supply) on laitekonfiguraatiossa hyvä lisä.[10]

6.1.6 TwinCAT ja "sininen ruutu"

TwinCAT-järjestelmän voidaan konfiguroida siten, että reaaliaikaohjaus jää toimintakykyiseksi, vaikka käyttöjärjestelmä kaatuisi BSOD:n (Blue Screen of Death) vuoksi. Reaaliaikatoiminnot, kuten PLC ja NC voivat sen ansiosta jatkaa toimintansa loppuun ja saattaa ohjaamansa prosessin turvalliseen tilaan. On kuitenkin täysin ohjelmoijan päätettävissä, käyttääkö hän tätä ominaisuutta vai ei, ottaen huomioon sen, että ohjelman tiedot ovat voineet jo vioittua BSOD:n (Blue Screen of Death) vuoksi.[10]

6.1.7 Maailmanlaajuinen etäyhteys Beckhoff-automaatiojärjestelmässä

Käytössä olevien resurssien vaatimusten mukaan on mahdollista sijoittaa TwinCAT-ohjelmistolaitteet hajautetusti. TwinCAT-ohjelmat voivat toimia PC:ssä tai Beckhoffin Bus Terminal-kontrollereissa. Laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa kaikkia viestejä sekä järjestelmässä että TCP/IP-protokollan yhteyksien kautta. PC-järjestelmät voidaan yhdistää keskenään TCP/IP-protokollan kautta, väyläkytkimet liitetään järjestelmään sarjaliitäntöjen ja muiden kenttäväylien välityksellä, kuten esimerkiksi EtherCAT, Lightbus, Profibus DP, CANopen, RS232, RS485, Ethernet-TCP/IP-protokollien kautta.[10]

6.1.8 Maailmanlaajuinen tiedonsiirto

Koska Windowsissa standardeja TCP/IP-protokollia voidaan käyttää, on tiedonsiirto mahdollista ympäri maailmaa. Järjestelmä tarjoaa skaalattavan tiedonsiirtokapasiteetin ja aikavalvontakatkaisun tiedonsiirron valvontaan. OPC:n avulla voidaan päästä käsittelemään monia erilaisia SCADA/MES/ERP-paketteja.[10]

6.2 Indusoft Web Studio 7.2

Indusoft on HMI/SCADA-ohjelmistoja suunnitteleva ja tuottava yritys, joka on myynyt jo reilusti yli 250 000 ohjelmistolisenssiä maailmanlaajuisesti joko suoraan tai yhteistyökumppaniensa kautta.[11]

Indusoft on perustettu vuonna 1997 ja sillä on asiakkaita useilla toimialoilla prosessi-automaation alalla, kuten esimerkiksi kemianteollisuus, öljyn ja kaasun tuotanto, sellu- ja paperiteollisuus, petrokemian sovellukset ja energiantuotanto (mukaan lukien tuuli- ja aurinkovoima). Myös kiinteistöjen hallinta, elintarviketeollisuus, lääke- ja bioteknologia, kaivos- ja metalliteollisuuden alan yritykset käyttävät Indusoftin ohjelmistoa. Indusoft on yksi harvoista yrityksistä prosessiteollisuuden alalla, jonka alajärjestelmäriippumaton ajoalusta toimii Windows CE-, Windows Embedded- ja Windows Mobile-ympäristössä.[11]

Yhtiöllä on toimistoja Austinissa, Texasissa, São Paulossa, Brasiliassa ja Walldorfissa Saksassa. 24.9.2013 Indusoft ilmoitettiin tulevan osaksi Invensys-yhtiön ohjelmistotuoteryhmän perhettä. Vuonna 2014 Invensysistä tuli osa Schneider Electriciä, ja Indusoft on nyt osa Schneider Electricin ohjelmistodivisioonaa.[11]

Ensisijaisesti Indusoft Web Studion käyttö perustuu piirtoalustalle ”vedä ja pudota (drag and drop)”-toimintatavalla lisäämällä symbolikirjastosta tarvittavia symboleita. Kun PLC:n ohjelmasta on haettu tagitiedot, ne voidaan liittää symboleihin, jolloin laitteiston tilaa voidaan tarkkailla visuaalisesti. Myös laitteiston ohjaaminen on tämän jälkeen mahdollista joko paikallisesti taikka internetin kautta.[11]

Indusoft tukee lisäksi skriptausta joko Indusoftin omalla komentosarjalla tai Microsoftin VBScript-kielellä. Nämä kaksi kieltä saattaa myös olla sekoitettu. Indusoftissa voidaan käyttää tagityyppeinä STRING(merkkijono), INT(kokonaisluku), REAL(reaaliluku) ja BOOL(tosi/epätosi). Myös ARRAY(taulukkomuuttuja) voidaan käyttää ja koko voidaan määritellä. Käyttäjä voi myös määritellä omia kustomoituja tyyppejä, joita kutsutaan luokiksi (sama kuin rakenteet). Luokat koostuvat yksinkertaisesti muiden muuttujatyyppien kokoelmasta. Näitä luokkia ei pidä sekoittaa luokkiin olio-ohjelmoinnissa. Luokat ovat yksinkertaisesti tietorakenteita, jotka koostuvat muiden muuttujatyyppien muuttujista kuten edellä on mainittu (STRING, INT, REAL ja BOOL). Näitä luokkia ei voida asettaa sisäkkäin.[11]

7 Ohjelman rakenne

7.1 VAK 2 ja 3 Etä I/O -pisteet ja ModBus-kommunikointi

Kaksi ilmanvaihtokonetta siis sijaitsevat eri osissa rakennusta prosessorista erillään ja niiden I/O-pisteet on kytketty prosessoriin ModBus-väylää hyväksi käyttäen, koska väylän uudelleen kaapelointi EtherCATia varten olisi hankalaa ja kalliimpaa toteuttaa. ModBus-väylän avulla voidaan tiedonsiirto hoitaa vanhaa jäätymisvaarahälytyksen kaapelin johdinparia hyväksi käyttäen. ModBus-tiedonsiirto on toteutettu käyttämällä ModBus RTU -tiedonsiirtoprotokollaa. Jotta tiedonsiirto voi toimia, on master ja slave konfiguroitava ymmärtämään toisiaan eli tiedonsiirron parametrit on asetettava kumpaankin oikeiksi. Beckhoffin KL6041 ja BK7350 on tehtaalla aseteltu valmiiksi 9600 kbps:n nopeudelle, jolloin konfigurointi on tässä työssä tarpeetonta. Mutta jos nopeutta pitää muuttaa, on se mahdollista alla olevan Kuva 15 mukaisella ohjelmalla. Tämä siis konfiguroi vain KL6041-moduulin. BK7350-väyläkytkin konfiguroidaan joko käyttämällä KS2000-ohjelmaa taikka Kuva 16 taulukon mukaan suoraan väyläkytkimen kierrettävien kytkimien avulla.

```

0001 Config_KL6041(
0002     Execute:=bExecuteConfig ,
0003     Mode:= SERIALLINEMODE_KL6_22B_STANDARD,
0004     Baudrate:=9600 ,
0005     NoDatabits:=8 ,
0006     Parity:=PARITY_NONE ,
0007     Stopbits:=1 ,
0008     Handshake:=1 ,
0009     ContinousMode:=FALSE ,
0010     pComIn:=ADR(MB.InData) ,
0011     pComOut:=ADR(MB.OutData) ,
0012     SizeComIn:=SIZEOF(MB.InData) ,
0013     Done=>configdone ,
0014     Busy=>configbusy ,
0015     Error=>configError ,
0016     ErrorId=>configErrorID );
0017

```

Kuva 15. KL6041 ModBus -masterin kommunikoinnin konfigurointikoodi.

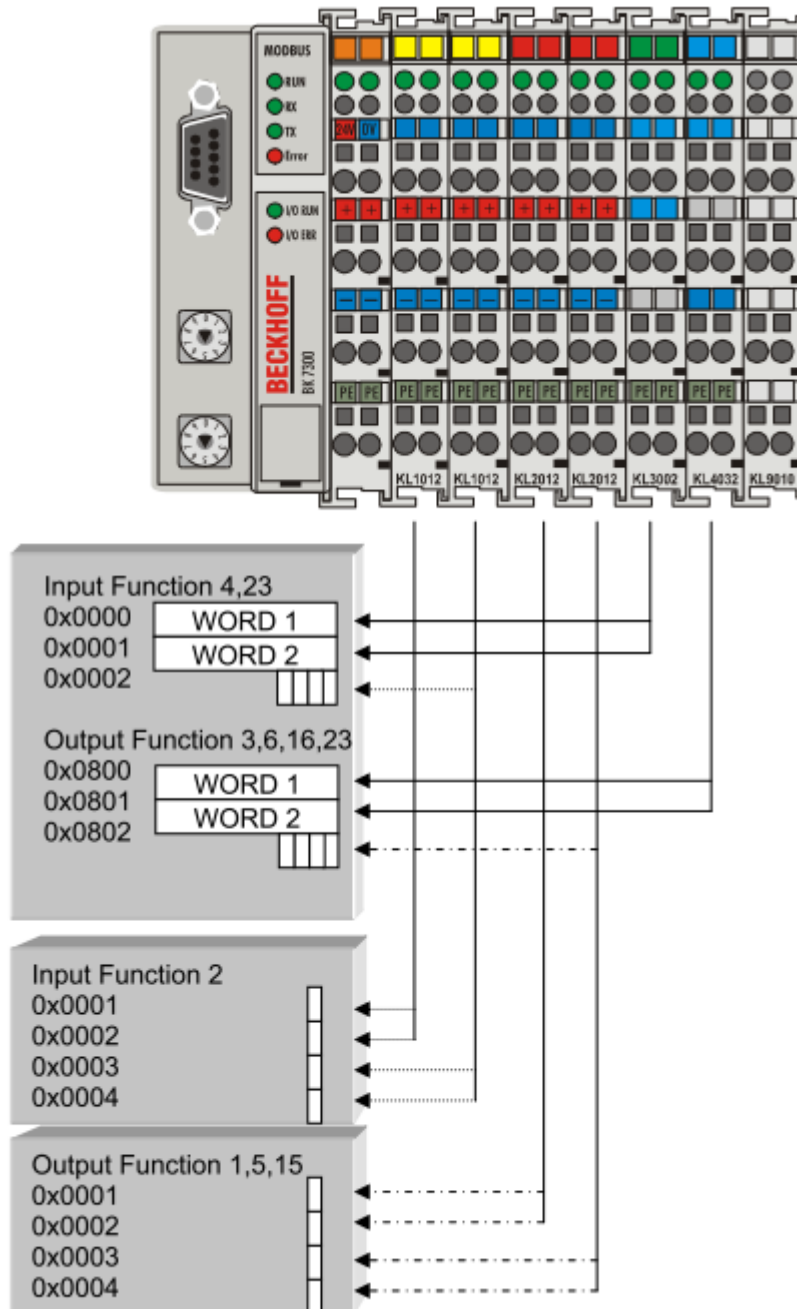
Parameterization Table

Parameter	x 10	x 1	Default	Parameter value
	0	1..9	-	Indicates the parameter of the x 10 function
Modbus	1	1	1	RTU mode
		2		ASCII mode
Frame	2	1	1	8 data bits, no parity one stop bit
		2		8 data bits even Parity one stop bit
		3		8 data bits odd Parity one stop bit
		4		7 data bits even Parity one stop bit
		5		7 data bits odd Parity one stop bit
		6		one stop bit
		7		2 stop bits
		8		8 data bits, no parity two stop bits
		9		8 data bits even Parity two stop bits
		10		8 data bits odd Parity two stop bits
		11		7 data bits even Parity two stop bits
		12		7 data bits odd Parity two stop bits
Baud rate	3	1	3	38400 baud
		2		19200 baud
		3		9600 baud
		4		4800 baud
		5		2400 baud
		6		1200 baud
		7		600 baud
		8		300 baud
		9		150 baud
sEnd of Frame Time	4	0..9	0	In ms for RTU mode (0 dependent on the baud rate) In seconds for ASCII mode (0 EOF time switched off)
Watchdog 100 ms	5	0..9	0	Watchdog x 100 ms
Watchdog 1000 ms	6	0..9	1	Watchdog x 1000 ms
Factory setting	9	9		

Kuva 16. BK7350 konfigurointitaulukko.[12]

ModBus-tiedonsiirto hoidetaan järjestelmässä käyttämällä prosessoriin kytkettyä KL6041-moduulia, joka toimii väylässä masterina ja etäällä sijaitsevaa BK7350 ModBus-kytkintä, joka toimii väylässä orjana. Master lähettää orjille viestikehyksen, jossa ensin luetaan orjalaitteen tulorekisterit, ja sen perään kirjoitetaan orjalaitteen ohjausrekisterit. Beckhoffin järjestelmässä ModBus-laitteen tiedot ovat yksinkertaisinta lukea rekisteristereistä usean sanan sarjoina. Tällöin yhden kahdeksan digitaalitulon kortin tiedot sijoitetaan yhteen WORD-muuttuun. Toisaalta kahdeksan analogiamittauksen kortin tiedot vievät rekisteristä tilaa kahdeksan WORD-muuttujan verran koska yhden mittauspisteen tarkkuus on 12 bittiä.[9]

Kuten alla oleva Kuva 17 esittää, rakentuu BK7350-väyläkytkimen rekisterit seuraavalla tavalla. Rekisterissä ensimmäisinä näkyvät väyläkytkimeen liitetyt analogiset tulomoduulit. Siitä seuraavina digitaaliset tulomoduulit, analogiset lähtömoduulit ja viimeisinä digitaaliset lähtömoduulit. Kun rekistereitä luetaan, on syytä muistaa missä järjestyksessä on IO-moduulit asennettu väyläkytkimen perään. Tämä on tärkeää siksi, että löytää rekistereistä oikeat tiedot ohjelmaan käytettäväksi.



Kuva 17. BK7350 ModBus -väyläkytkimen rekisterien rakenne.[12]

ModBus-kommunikointi tapahtuu järjestelmän kahdesta orjalaitteesta osoitejärjestyksessä syklisesti. Ensin luetaan ModBus osoitteen 1 tulorekisterit käyttämällä ReadRegs-ModBus funktiota (funktio 23) ja seuraavana kirjoitetaan saman osoitteen 1 ohjausrekisterit käyttämällä WriteReg-ModBus funktiota (funktio 23). Tämän jälkeen alla olevan Kuva 18 ohjelmalistauksen mukaan vaihdetaan osoite numerolle 2 ja tehdään vastaavat toimenpiteet osoitteen 2 laitteelle. Tämän jälkeen ohjelma vaihtaa osoitteen takaisin numerolle 1 ja samat tehtävät tehdään uudestaan.

```

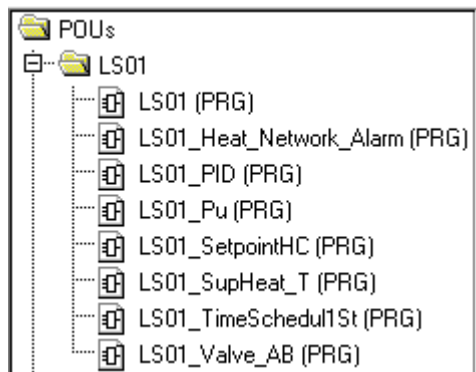
0018 CASE state OF
0019   0:
0020     MB.ReadRegs(Execute:= FALSE); (* initialize *)
0021
0022     (* select one out of eight Modbus slaves *)
0023     UnitID := UnitID + 1;
0024     IF UnitID > 2 THEN
0025       UnitID := 1;
0026     END_IF
0027
0028     state := state + 1;
0029
0030     (*state:=0;*)
0031
0032
0033   1: (* Read MBdata from slave address 1-2 *)
0034     MB.ReadRegs(
0035       UnitID:= UnitID, (* station address *)
0036       Quantity:= 13,(*Number of words*)
0037       MAddr:=0,(*Start of MAddrRead*)
0038       cbLength:= 26,(*Number of bytes*)
0039       pMemoryAddr:= ADR(MBdataIn),
0040       Execute:= TRUE,
0041       Timeout:= t#2s,
0042       Busy => busy );
0043     IF NOT busy THEN
0044       MB.ReadRegs(Execute:= FALSE);
0045       state := state + 1;
0046       (*state:=0;*)
0047     END_IF
0048
0049   2: (* Write MBdata to slave address 1-2 *)
0050     MB.WriteRegs(
0051       UnitID:= UnitID, (* station address *)
0052       Quantity:= 5,(*Number of words*)
0053       MAddr:=16#0800,(*Start of MAddrRead*)
0054       cbLength:= 10,(*Number of bytes*)
0055       pMemoryAddr:= ADR(MBdataout),
0056       Execute:= TRUE,
0057       Timeout:= t#2s,
0058       Busy => busy );
0059     IF NOT busy THEN
0060       MB.WriteRegs(Execute:= FALSE);
0061       state := 0;
0062     END_IF
0063 END_CASE

```

Kuva 18. ModBus-kommunikoinnin eli rekisterien lukeminen ja ohjausviestien kirjoitus.

Koska etäällä sijaitsevat IO-pisteet ovat rakenteeltaan identtiset, on kommunikointi helppoa toteuttaa myös osoitteen 2 IO-pisteisiin esitetyllä tavalla. Ainoa asia mikä muuttuu, on orjalaitteen osoite-numero. Laitteiden kytkennöistä löytyy dokumentaatio liitteestä 5.

7.2 Lämmitysverkostot



Kuva 19. Lämmitysverkoston LS01 pää- ja aliohjelmat.

Uudessa järjestelmässä on edelleen kaksi erillistä lämmitysverkostoa. Ensimmäinen lämmitysverkosto LS01 säättää lämpöä ilmanvaihtoverkosta varten ja toinen LS02 patteriverkosta varten. Nämä ohjelma osiot ovat toiminnallisuudeltaan identtiset. Eroavaisuudet lämmitysverkostojen välillä on ilmanvaihtoverkoston korkeampi asetusarvo ja se, että ilmanvaihtoverkosta puuttuu yöajan pudotukset. Kummankin verkoston asetusarvo lasketaan ulkolämpötilakompensoituna käyttäjän antamien asetusarvojen perusteella luodulta käyrältä. Asetusarvon laskentaa voidaan nyt myöhemmin jalostaa malliprediktiviseksi lisäämällä huonelämpötila mittauksia. Tämän säätötavan avulla lämmitysverkostossa kiertää vain rakennuksen lämmitykseen vaaditun lämpöinen vesi, koska malliprediktivinen säätötapa ottaa huomioon myös rakennuksen sisäiset lämmönlähteet. Kuva 19 näkyy lämmitysverkoston ohjelman rakenne. Ylimpänä on LS01 (PRG), joka on ilmanvaihtoverkoston ohjelmaosuuden pääohjelma, ja loput seitsemän ovat pääohjelmassa ajettavia aliohjelmia. Aliohjelmien sisältö on lueteltuna seuraavassa luettelossa ja niiden toimintaa on selvitetty hieman.

7.2.1 LS01_Heat_Network_Alarm (PRG)

Aliohjelma sisältää verkostonpaine- ja menovedenlämpötilan säätöpoikkeaman hälytykset. Nämä aiheuttavat ilmanvaihtoverkostossa generoituessaan ilmanvaihtokoneiden välittömän pysähtymisen

7.2.2 LS01_SetpointHC (PRG)

Aliohjelma sisältää lämmitysverkoston asetusarvon laskennan tekevän lohkon ja siihen liitetyt muuttujat. Laskentalohkoon asetetaan käyttäjän toimesta verkoston minimi- ja maksimilämpötilarajat ja neljän käyttäjän määrittelemän pisteen kautta kulkeva lämmityskäyrä. Lämmityskäyrälohkossa on myös päivä- ja yökäyttöä varten muuttuja, jonka avulla voidaan helposti tehdä yöajan asetusarvon pudotus koko lämmityskäyrän alueelle.[12]

Lämmitysverkoston toimintaa voidaan ohjata päälle ja pois seuraavan listan mukaisesti aliohjelmaan sisältyvällä lohkolla. Tämä ohjelmalohko mahdollistaa lämmitystoiminnon kytkennän päälle eri vaihtoehdoin seuraavasti.

- Lämmitys pois jatkuvasti.
- Lämmitys päälle lohkossa määritellyn ulkolämpötilan mukaan.
- Lämmitys päällä lohkossa määriteltyjen päivämäärien mukaan.
- Lämmitys päällä jatkuvasti.
- Lämmityksen suojauskäyttö. Estetään verkoston jäätyminen.
- Lämmityksen yökäyttö. Verkoston menovedenlämpötilaa pudotetaan "NightSetBack" -asetusarvon verran. Ulkolämpötilaan perustuva "HeatingLimit" -arvo ei vaikuta lämmityksen ohjaukseen.
- Lämmityksen päiväkäyttö. Ulkolämpötilaan perustuva "HeatingLimit" -arvo ei vaikuta lämmityksen ohjaukseen. [12]

7.2.3 LS01_PID (PRG)

Aliohjelma sisältää verkoston lämpötilan PID-säätimen ohjelmalohkon muuttujineen.

7.2.4 LS01_Pu (PRG)

Aliohjelma sisältää lämmityspatterin pumpun ohjauksen ja käyntitilan valvonnan. Väärästä käyntitilasta generoituu ristiriitahälytys ja ilmanvaihtoverkostossa tapahtuva ristiriitahälytys aiheuttaa ilmanvaihtokoneiden välittömän pysähtymisen.

7.2.5 LS01SupHeat_T (PRG)

Aliohjelma sisältää menovedenlämpötilan mittaamiseen tarvittavan ohjelmakoodin. Ohjelmalohko laskee raaka-arvosta lämpötilan arvon. Ohjelmalohkoon voidaan asettaa lämpötilan mittaukselle minimi- ja maksimiraja-arvohälytykset. Jos mittauspiste menee syystä taikka toisesta häiriötilaan, voidaan sille määrittää häiriötilan aikainen korvaava asetusarvo.

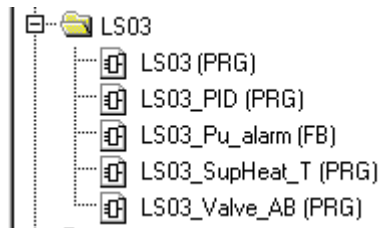
7.2.6 LS01_TimeSchedul1St (PRG)

Aliohjelma sisältää kalenteri- ja aikaohjelmat haluttuja lämmityskauden aikaisia lämpötilanpudotuksia ja lämmityksen ohjaamista varten.

7.2.7 LS01_Valve_AB (PRG)

Aliohjelma sisältää venttiilitoimilaitteen ohjaamiseen tarvittavan ohjelmaosion. Ohjelmalohko muuttaa PID-säätimen 0–100 %:n asetusarvon raaka-arvoksi, joka annetaan I/O-moduulin käsiteltäväksi. I/O-moduuli generoi raaka-arvosta sitten toimilaitteelle 0–10 V:n jänniteviestin.

7.3 Käyttövesi



Kuva 20. Käyttöveden pää- ja aliohjelmat

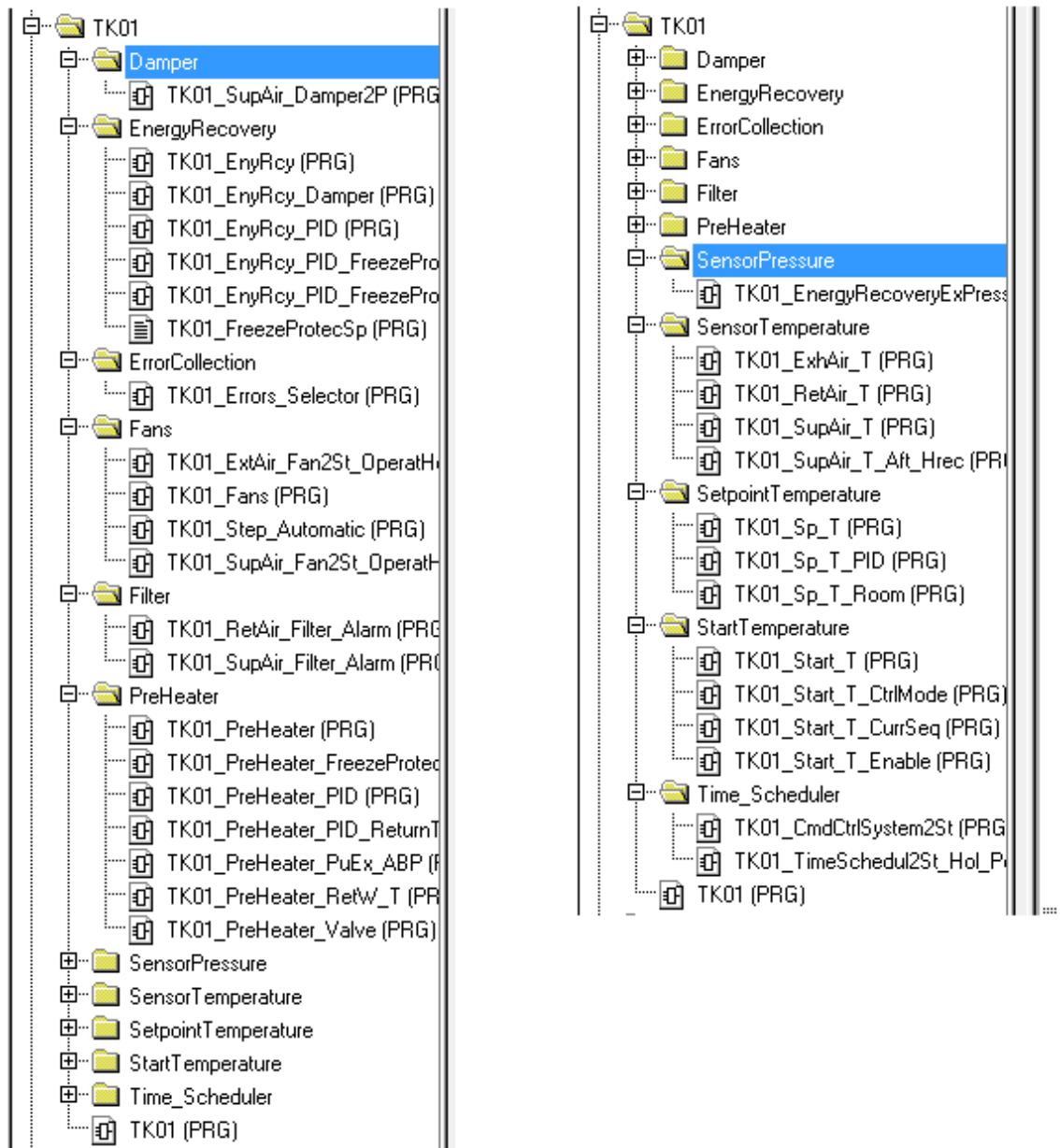
Vanhoissa rakennuksissa lämpimän käyttöveden lämpötilan tulisi olla vähintään 50 °C ja uusissa sekä linjasaneeratuissa rakennuksissa 55 °C kaikkialla vesijärjestelmässä. Lämmin käyttövesi ei saa kuitenkaan olla kuumempaa kuin 65 °C missään tilanteessa. Tyypillisesti lämpimän käyttöveden asetusarvona voidaan käyttää 55 °C , eikä käytössä saa olla minkäänlaisia lämpötilan pudotuksia, ei edes yöaikaan.[14]

Tässä työssä on käytetty 58 °C asetusarvoa, koska tämä lämpötila Helsingin kaupungin alueella on annettu suositukseksi vanhempiin rakennuksiin. Tällöin myös käyttöveden kierron paluulämpötila pysyy noin 55 °C. Jotta legionellan esiintyminen estetään varmasti, on käyttöveden ohjelmaosuuteen lisätty kerran viikkoon tehty asetusarvon korotus 65 °C 10 minuutiksi. Tämä legionellan estotoiminto ajetaan viikonloppuna sunnuntain ja maanantain välisenä yönä kello kaksi, jotta hetkellisesti kuumaksi tulevasta vedestä ei aiheudu käyttäjille haittaa.[15]

Suurin osa elinkykyisistä legionellabakteereista tuhoutuu muutamassa tunnissa 50 °C:ssa. Tasaisesti 60 °C lämpöinen vesiympäristö ei enää sisällä eläviä legionellabakteereja.[15]

Käyttöveden ohjelman rakenne on lähes sama kuin lämmitysverkostojen. Käyttöveden säätö eroaa asetusarvon suhteen, joka on kiinteä, ja legionellaestotoiminnon suhteen, joka tehdään kerran vuorokaudessa.

7.4 Ilmanvaihtokoneet



Kuva 21. TK01 ilmanvaihtokoneen pää- ja aliohjelmat

Ilmanvaihtokoneiden ohjelmarakenne on hieman monimutkaisempi kuin edellä olevien lämmitysverkostojen johtuen siitä, että mitattavia ja ohjattavia toimintoja on huomattavasti enemmän. Ilmanvaihtokoneista TK01 ja TK02 ovat identtiset ja ne ovat ohjelmarakenteeltaan edellä olevan Kuva 21 mukaiset. Kaksi muuta konetta eli TK03 ja TK04 ovat toiminnaltaan hieman yksinkertaisempia. Koneissa on vain yksi lämmitysporras, joka on lämmityspatteri, ja sisäänpuhallusilman säätötapa on vakiosisäänpuhallus.

Tässä tapauksessa ilmanvaihtokoneen sisäänpuhallukselle annetaan kiinteä arvo, jossa PID-säädin sitä pitää.

TK01- ja TK02-ilmanvaihtokoneissa on lämmitysportaita kaksi. Eli lämmöntalteenotto sekä lämmityspatteri ja sisäänpuhallusilman säätötapa on huonelämpötilakaskadi. Tämä tarkoittaa sitä, että sisäänpuhallusilman lämpötila määräytyy mitatun poistoilman lämpötilan mukaan ja siitä huoneilman PID-säädin generoi sisäänpuhallukselle asetusarvon. Tälle asetusarvolle on luonnollisesti annettu ylä- ja alaraja-arvo, jonka sisällä sisäänpuhalluksen lämpötila voi olla.

7.4.1 Sulkupelti (Dampers)

Ohjelmaosio hoitaa ilmanvaihtokoneen raitisilmakanavan sulkupellin ohjaamisen. Poistoilmakanavissa ei ohjattavia peltitoimilaitteita ole, koska poistoilmapellit ovat ns. ”perhospeltejä” ja ne avautuvat automaattisesti, kun ilmavirta kasvaa kanavassa. Vikatilan sattuessa raitisilman sulkupelti ohjataan aina kiinni-asentoon.

7.4.2 Tulo- ja poistoilman suodattimet (Filters)

Kaikissa ilmanvaihtokoneissa on tuloilmansuodatin. Vain TK01- ja TK02- ilmanvaihtokoneissa on myös poistoilmansuodattimet, koska poistoilma kierrätetään ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottolaitteiston läpi. Suodattimet ovat tärkeitä siksi, että ulkoilma ja huoneilma sisältävät epäpuhtauksia, jotka pitkän ajan kuluessa tukkivat sekä lämmöntalteenottolaitteiston että lämmityspatterin lamelliston. Likaantunut lämmöntalteenottolaitteisto ei toimi parhaalla mahdollisella hyötysuhteella, ja energiaa hukataan puhaltamalla se takaisin ulkoilmaan. Lämmityspatterin lamellien tukkeutuminen taas aiheuttaa sen, että sisäänpuhallusilman säätö ei välttämättä pääse asetusarvoon, koska patterin lämmitysteho on pudonnut. Pahimmassa tapauksessa voi jostakin kohtaa pistemäisesti keskittynyt ilmavirta jäädyttää patterin. Tyypillinen suodattimien vaihtoväli on kerran vuodessa mutta esimerkiksi kaupunkialueilla, jossa pöly- ja muiden hiukkasten määrä on suuri, voi vaihtoväli olla kaksi tai jopa kolme kertaa vuodessa ilman likaisuudesta riippuen.

7.4.3 Lämmöntalteenotto ja paine-eronmittaus poistoilmakanavassa (EnergyRecovery, Energy RecoveryExPressure)

Nykyaikana lämmöntalteenotto on ilmanvaihtokoneen vakiokokoonpanossa kiristyneiden energiavaatimusten myötä. Vanhoja kohteita saneerattaessa lämmöntalteenotto-laitteen tyyppin ratkaisee usein ilmanvaihtokonehuoneen rakenne ja ilmanvaihtolaitteiston asennustapa. Jos konehuone on kovin matala, on hankalaa asentaa pyörivää kiekkoa taikka ristilevylämmönvaih-dinta. Tämä siksi, että tulo- ja poistoilmapuhallin-yksiköt sijaitsevat päällekkäin ja rakennelmasta tulee korkea. Toinen ongelma on, jos tulo- ja poistoilmapuhallin yksiköt sijaitsevat etäällä toisistaan. Näissä tapauksissa käytetään useimmin nestekiertoista- tai ilmalämpöpumppujärjestelmää. Tällaisen yksikön avulla hukkaan menevän energian määrää voidaan vähentää huomattavasti lämmöntalteenottolaitteesta riippuen. Tavanomaisia lämmöntalteenottolaitteistoja on ilmanvaihtokoneissa kolmea eri rakennetta.

- Pyörivä kiekko (pyörivä tai regeneratiivinen laite). Hyötysuhde 65–80 %.
- Ristilevylämmönvaihdin. Hyötysuhde 45–60 %.
- Nestekiertoinen järjestelmä. Hyötysuhde 40–60 %.[16]

Tämä ohjelmaosio aloittaa tuloilman lämmityksen, kun tuloilman lämmitystarvetta esiintyy. Ohjelmaosiossa on tuloilman lämpötilan säätö ja lämmöntalteenottokennon peltitoimilaitteen ohjaus. Tässä osassa on myös lämmöntalteenottokennon huurtumisenestotoiminnot, joissa mitataan paine-eroa kennon yli poistoilmakanavan puolelta ja lämpötilaa poistokanavasta lämmöntalteenottokennon jälkeen. Asetusarvo paine-erolle on laskettu puhtaan kennon paine-erosta, joka on kerrottu kahdella. Lämpötilaksi on aikaisemman kokemuksen mukaan asetettu -1 °C: Beckhoffin ohjelmakirjaston lämmöntalteenoton PID-säätimessä on myös ohjelmoitu ominaisuus, jos ulkolämpötila on korkeampi kuin sisälämpötila. Tällöin säätötavaksi valitaan jäähdytys, jolloin viileämmästä sisäilmasta otetaan kylmää talteen ja jäähdytetään lämpimämpää ulkoilmaan lähemmäs sisäilman lämpötilaa. Tämä säästää myös energiaa, jos rakennuksessa on ilmanvaihdosta riippumattomia erillisiä jäähdytysyksiköitä.[12]

7.4.4 Lämmityspatteri (PreHeater)

Ohjelmaosio jatkaa tuloilman lämmityksen hoitamista lämmöntalteenottoportaan mennessä 100 %:iin. Ohjelmaosiossa on tuloilman lämpötilansäätö ja venttiilitoimilait-

teen ohjaus. Siksi myös lämmityspatterin paluuedenmittaus on tässä ohjelma-osiossa varotoimintoineen. Lämmityspatterin paluueden lämpötilaa tarkkaillaan koneen seis- ja käynti-tilassa. Seis-tilassa on paluueden lämpötilan asetusarvoksi asetettu 20 °C, ja käyntitilassa paluueden mittausarvon laskiessa alle 13 °C alkaa rajoitussäädin lisätä venttiilin säätöarvoa suuremmaksi. Jäätymisvaaran asetusarvo on 8 °C, ja jos lämpötila putoaa alle 8 °C, ilmanvaihtokone ajetaan seis –tilaan, jotta patterin jäätyminen estetäisiin. Kone voidaan käynnistää uudelleen ainoastaan, jos vikatila kuitataan. Automaatista uudelleenkäynnistystä tästä vikatilasta ei ole eikä saa missään tapauksessa olla.

7.4.5 Tulo- ja poistoilman lämpötilamittaukset (SensorTemperature)

Ohjelmaosio sisältää kaikki ilmanvaihtokoneen kanavalämpötilamittaukset. Kaikkiin mittauksiin on aseteltavissa ylä- ja alarajahälytykset. Myös mittauksen vikatilat aiheuttavat ilmanvaihtokoneen pysähtymisen varsinkin, jos tuloilmanlämpötila-anturissa on häiriö, joka on pääsäätöanturi.

7.4.6 Tuloilman ja huoneilman lämpötilan asetukset (SetpointTemperature)

Ohjelmaosio laskee tuloilman lämpötilalle asetusarvon huonelämpötilan perusteella, joka viedään lämmityspatterin PID-säätimelle asetusarvoksi. Ohjelmaosio sisältää myös kesäajankompensoinnin huone-/poistoilman asetusarvolle, jotta vältetään liian suuret lämpötilaerot ulkolämpötilan ja huonelämpötilan välillä. Tällä toiminolla voidaan säästää energiaa, jos ilmanvaihtokoneessa on myös jäähdytyspatteri, ja lisätä koneen vaikutusalueen mukavuutta. [12]

7.4.7 Käynnistys lämpötila (StartTemperature)

Ohjelmaosiossa määritellään ilmanvaihtokoneen käynnistys- ja toimintaehdot. Kun Ilmanvaihtokonetta käynnistetään kylmän ajanjakson aikana, tehdään lämmityspatterille huuhtelutoiminto paluueden lämpötilamittauksen perusteella. Ohjelma laskee ulkolämpötilakompensoidun asetusarvon, jonka paluueden lämpötilamittaus pitää saavuttaa, jotta ilmanvaihtokoneen käynnistäminen olisi mahdollista. Tämä auttaa joissakin ilmanvaihtokoneissa käynnistysongelmiin kylmän ajanjakson vallitessa, jos lämmityspatterin putkisto on pitkä ja lämmintä vettä ei ole heti saatavissa. Veden

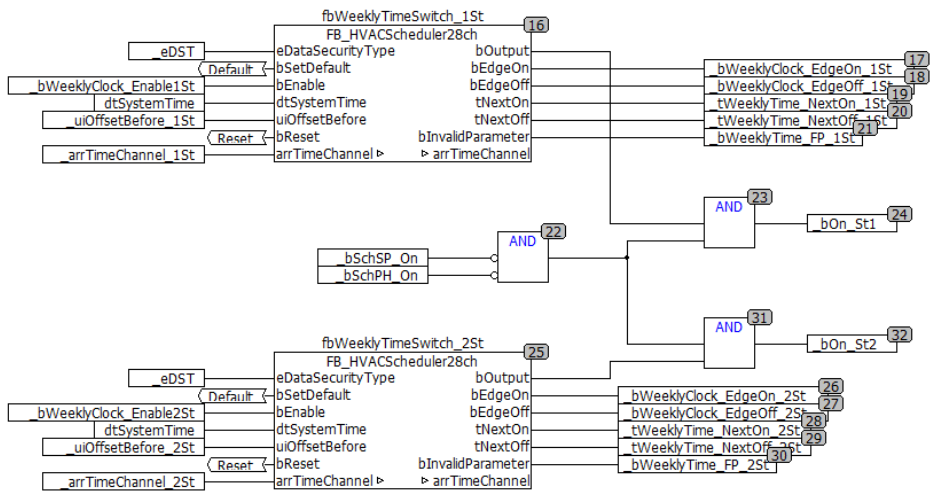
lämpötila voi pudota verkostossa asetusarvoa alemmas, koska venttiilin ollessa kiinni vesi kiertää suljetussa piirissä ilmanvaihtokoneen lämmityspatterissa.

Ohjelmaosiossa on myös toiminnan ohjaus erityisohjauksille. Yöajan jäähdytystä voidaan käyttää, jos Ilmanvaihtokoneen vaikutusalueella on huonelämpötila-anturi. Silloin koneen käynnistykseen vaikuttaa vallitsevien huone- ja ulkolämpötilan ero sekä huone-lämpötilan poikkeama asetetusta huonelämpötilan asetusarvosta. Tämän toiminnon avulla voidaan kesäaikana viilentää sisätiloja yöajan viileämmällä lämpötilalla pelkällä puhaltimien käytöllä. Toisaalta liian kylmällä ulkolämpötilan arvolla estetään yöjäähdytys-toiminto.

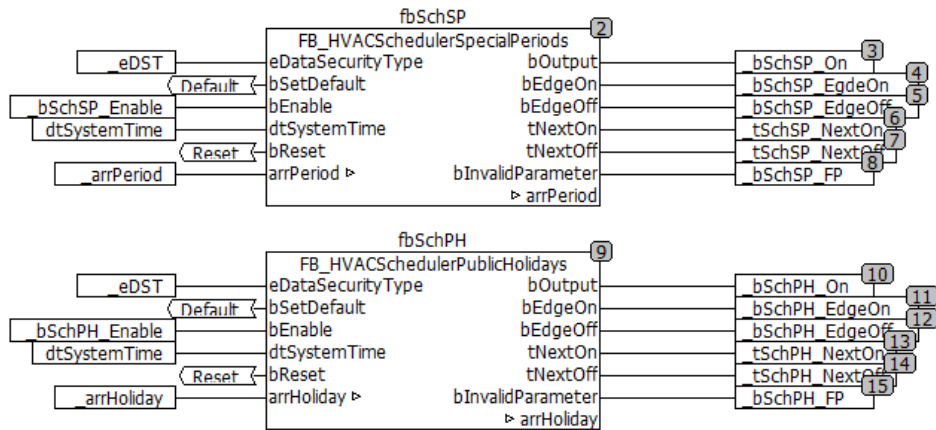
Lämmityspatterin jäätymisvaara indikointi on myös yhtenä ohjaavana toimintona. Indikoinnin ilmaantuessa ohjauslohkoon pysäytetään ilmanvaihtokoneen käynti ja sulkupellit ohjataan kiinni ja lämmityspatterin säätöventtiili ohjataan auki, kunnes jäätymisvaarahälytys on poistunut.

7.4.8 Aikaohjelmat (TimeScheluder)

Järjestelmässä on useita eri aikaohjelmia ohjaamassa kiinteistön laitteiden toimintaa. Ilmanvaihtokoneita ohjataan ajastetusti käyntiin, eri tehoille (puoli- ja täysiteho) ja seis. Lämmitysjärjestelmän patteriverkostossa on mahdollista tehdä lämpötilan pudotusaikaohjelma halutulle ajanjaksolle. Sekä lämmityksen ja ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmiin voidaan tehdä poikkeusaikaohjelmia, jolloin saadaan esimerkiksi loma- ja arkipyhille kevennetty käyttömahdollisuus. Ilmanvaihtoverkoston aikaohjelmilla tehdyt poikkeukset ovat melko turhia, koska pudotettu lämpötila voi aiheuttaa enemmän ongelmia erittäin kylminä ajanjaksoina sekä myös turhia hälytyksiä. Raitisilman sulkupellin virhe-toimintatilanteessa sulkupelti voi jäädä hieman auki ja saattaa aiheuttaa jäätymisvaaratilanteen. Kuva 22 ja Kuva 23 esittävät ohjelmasta poimitut aikaohjelman ja kalenteritoimintojen lohkorakenteet.



Kuva 22. Aikaohjelman toimilohkorakennetta.



Kuva 23. Loman ja arkipyhien ohjauksen toimilohkorakenteet.

7.4.9 Puhaltimet (Fans)

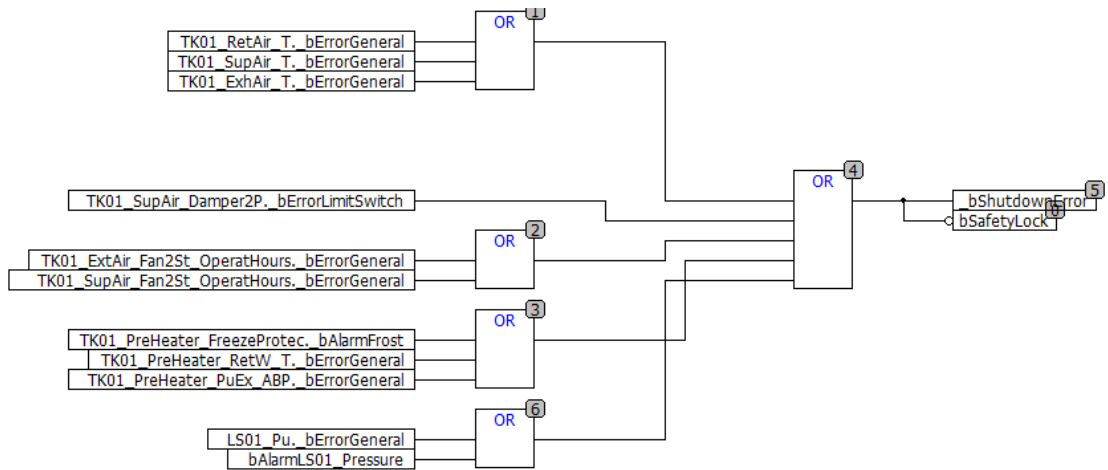
Ohjelmaosio hoitaa puhaltimien ohjauksen ja puhaltimien käyttötuntilaskurit. Beckhoffin toimittamassa HVAC-kirjastossa, jota työssä on käytetty, ohjataan tämän projektin kaksinopeuskoneita puolelle ja täysnopeudelle huonelämpötilan mukaan. Tämä edellyttää luonnollisesti huonelämpötilan tai poistoilmanlämpötilan mittausta. Kun asetettu lämpötila on saavutettu, kytkeytyy ilmanvaihtokone puolelle teholle. Täyden- ja puolentehon kytkeytymisille on aseteltavissa viiveet, joiden kuluttua vaihto tehdään. Lämpötilalle on asetettavissa hystereesi sekä lämmitys- että jäähdytystoiminnolle. Käyttötuntilaskurille voidaan asettaa varoitustuntimäärä ja hälytystuntimäärä. Tämä on siitä mielekäs järjestely, koska huoltoliikkeelle voidaan jo etukäteen lähettää viesti tulevasta huollon tarpeesta.

7.4.10 Virhetoimintojen keräys (ErrorCollection)

Ilmanvaihtokoneen kaikki pysäyttävät varotoiminnot on koottu ohjelmassa hälytystenkeräys osioon, Kuva 23 näkyy hälytystenkeräysohjelman rakenne. Pysäytystoiminto aiheutuu seuraavissa tapauksissa:

- Lämpötila-antureissa ilmenee vikaa.
- Lämmityspatterin paluuveden lämpötila putoaa alle hälytysrajan.
- Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin pumppu pysähtyy.
- Ilmanvaihtopiirin verkostonpaine putoaa alle alarajan.
- Ilmanvaihtopiirin verkoston kiertopumppu pysähtyy.

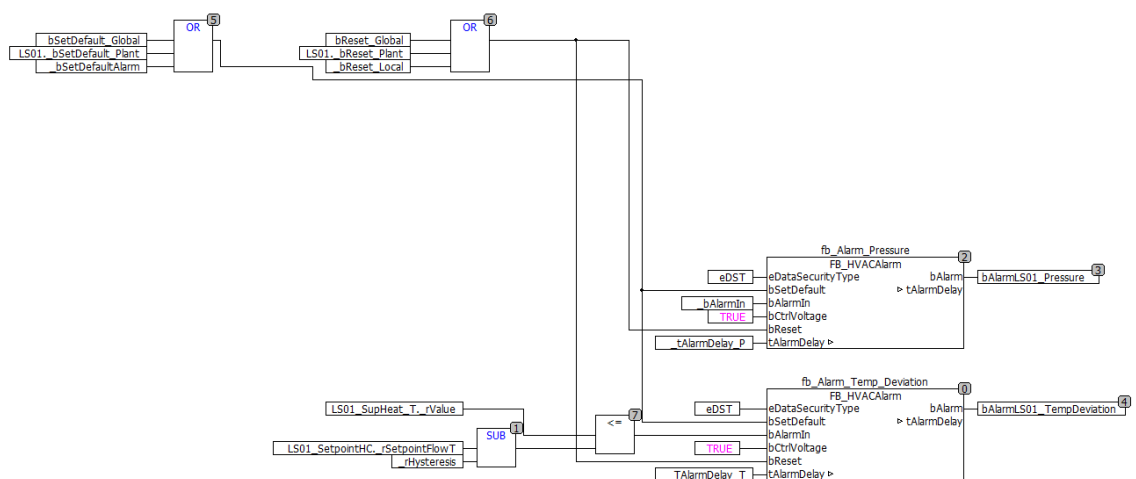
Näistä virhetoiminnoista palautuminen edellyttää aina häiriötilanteen aiheuttaneen vian korjausta ja häiriön kuittausta, jotta normaali toimintatila palautuu.



Kuva 24. Hälytystenkeräys ilmanvaihtokoneen ohjelmassa

7.5 Ohjelmalliset varotoiminnot

Laitoksen epänormaalista toiminnasta käynnistettävät varotoiminnot suojaavat kiinteistöä esimerkiksi jäätyksen aiheuttamalta vesivahingoilta. Lämmitysverkostojen verkostonpainemittauksista generoituu hälytys, kun verkostonpaine alittaa alaraja-arvon. Tämän seurauksena ilmanvaihtokoneet sammutetaan, jotta lämmityspatteri ei jäätyisi huonon vedenkierron vuoksi. Saman toiminnon aiheuttaa myös Ilmanvaihto- verkostonkiertopumpun pysähtyminen kuten myös verkoston menolämpötilan liian suuri säätöpoikkeama (Kuva 25).

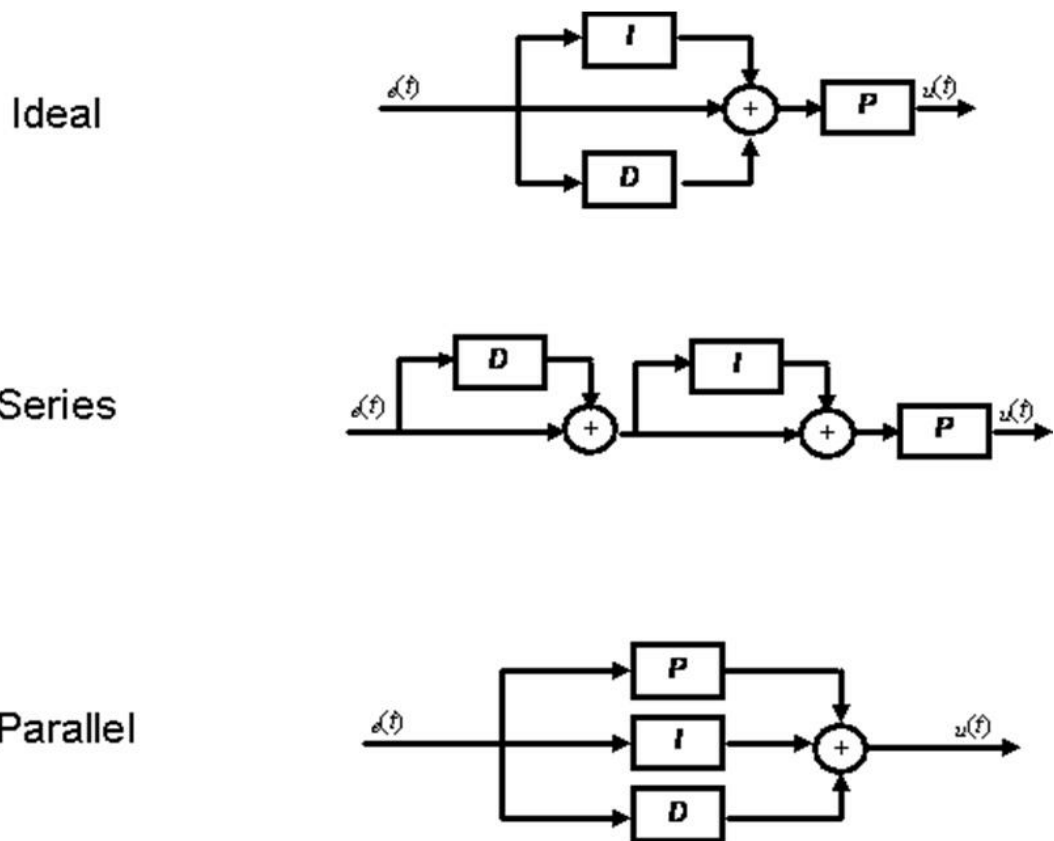


Kuva 25. Verkostonpaineen alaraja- ja säätöpoikkeamahälytys.

7.6 Laitoksessa käytetyt säätötoiminnot

7.6.1 PID-säädin

PID-säätöalgoritmi on säätötekniikan perusalgoritmi. Beckhoffin toimittaman HVAC-kirjaston PID-säätimen funktio on rakenteeltaan ideaali PID-säädin. Tämä PID-säätimen rakenne on yleisimmin käytetty. Alla oleva kuva 27 esittää ideaalin PID-säätimen siirtofunktion rakenteen ja Kuva 26 sisältää ideaalin PID -säätimen toimintakaavion rakenteen. Muita yleisesti käytettyjä PID-säätimen rakenteita ovat sarja- ja rinnakkais-säätimet (Kuva 26). Sarja- ja rinnakkais-säätimien siirtofunktiot löytyvät Kuva 28 ja Kuva 29.



Kuva 26. Yleisimmät PID-säätimien toimintakaaviot.

$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_n s} + \frac{T_v s}{1 + T_d s} \right)$$

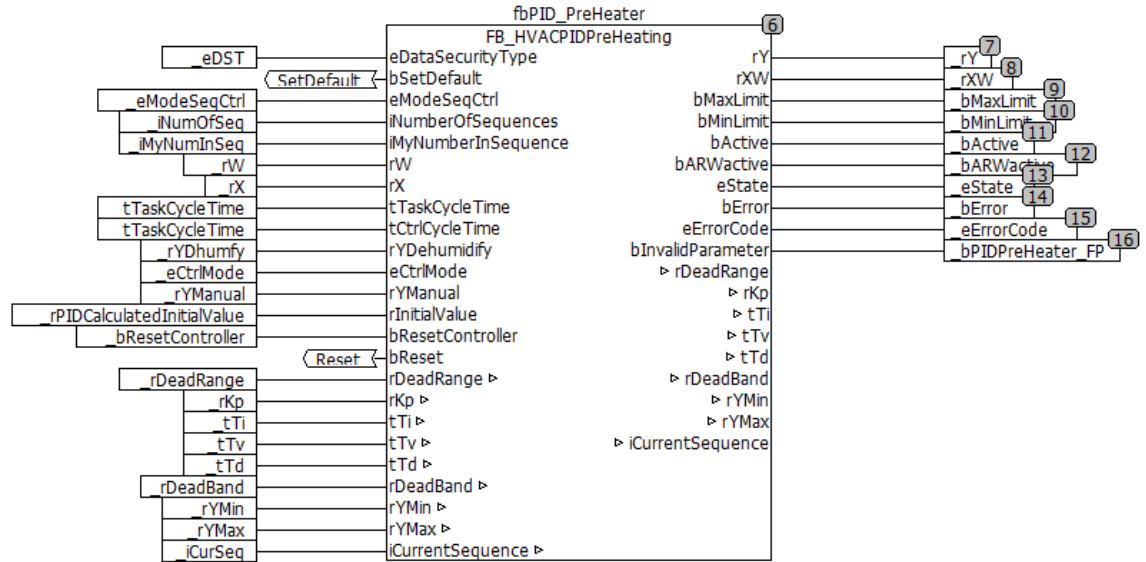
Kuva 27. Ideaali PID-siirtofunktio.

$$G(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{s T_i} \right) (1 + s T_d)$$

Kuva 28. Sarjamuotoinen PID-säädin

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) = K_c + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

Kuva 29. Rinnakkaismuotoinen PID-säädin



Kuva 30. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin PID-säädinlohko.

PID-säätöalgoritmia käytetään lämmitysverkostojen menoveden lämpötilansäädössä. Ilmanvaihto- ja patteriverkostojen PID-säätimet saavat asetusarvon ulkolämpötilakompensoituna ja säädinlohko vertaa sitä mitattuun menoveden lämpötilaan. Jos havaitaan säätöpoikkeamaa, niin säädin tekee korjaustoimenpiteen venttiilille annettavaan ohjausviestiin.

Ilmanvaihtokoneen ohjauksessa PID-säädintä käytetään sisäänpuhallettavan ilman lämpötilansäätöön. Jos ilmanvaihtokone on varustettu huone- tai poistoilmanlämpötilanturilla, voidaan PID-säädintä käyttää sisäänpuhallettavan ilman lämpötilan asetusarvon laskentaan. Tätä säätöpiiriä kutsutaan kaskadisäätöpiiriksi. Lämmityspatterin paluueden säädössä käytetään omaa, täysin muista mittausarvoista riippumatonta PID-säätöpiiriä estämään lämmityspatterin liiallinen jäähtyminen tietyissä olosuhteissa. Kuva 30 näkyy ilmanvaihtokoneen PID-säädinlohkon rakenne.

7.6.2 Ulkolämpötilakompensointi

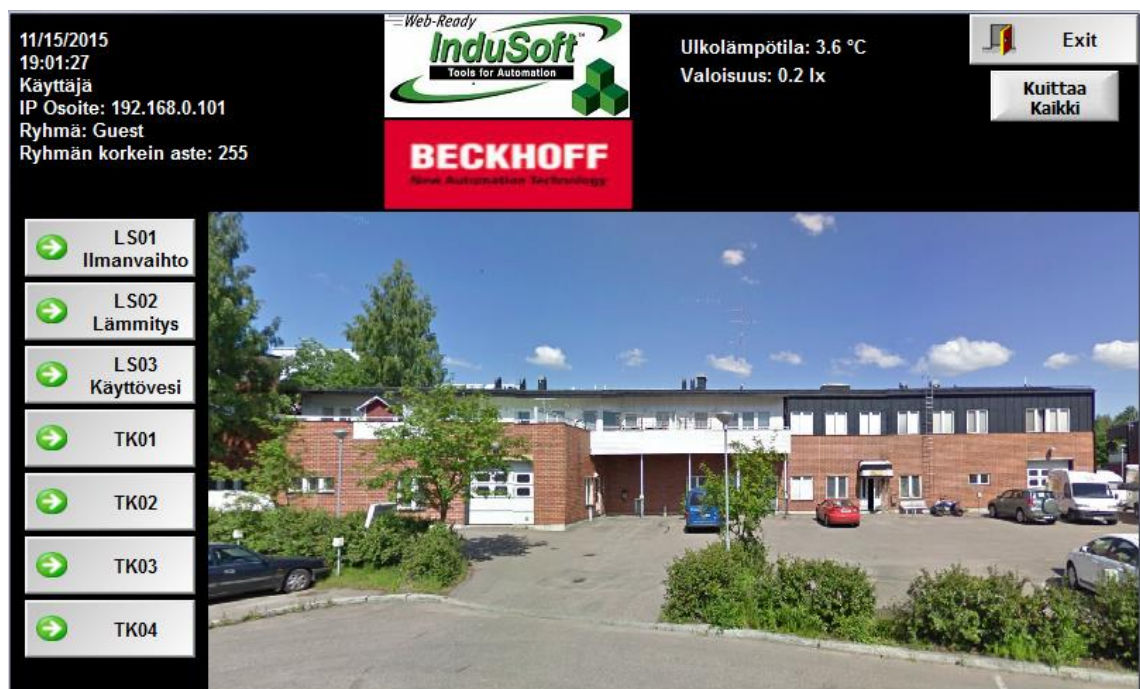
Ilmanvaihto- ja lämmitysverkosto on ulkolämpötilakompensoitu, ja molemmilla on oma neljällä pisteellä toteutettu säätökäyrä. Tämä tarkoittaa sitä, että verkoston menoveden asetusarvo lasketaan ulkolämpötilan mittauksen perusteella konfiguroidulta käyrältä. Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa sitä, että määrätyllä ulkolämpötilalla löytyy käyrältä määritelty menoveden asetusarvo.

Vastaavaa kompensointia on käytetty rakennusautomaation yhteydessä myös ilmanvaihtokoneen sisäänpuhalluslämpötilan laskentaan huonelämpötilakompensoituna. Tässä säätötavassa lasketaan huonelämpötilan mukaan säätökäyrältä sisäänpuhallukselle asetusarvo.

7.7 Käyttöliittymä

7.7.1 Käyttöliittymän aloitussivu

Alapuolella olevassa Kuva 31 on Indusoft Web Studiolla tehty käyttöliittymän etusivu/päävalikko, josta navigoidaan järjestelmän eri prosesseihin ja niiden osaluaisiin. Valitsemalla vasemmalta valikosta prosessin avautuu mittaus- ja ohjauspisteet, joita voidaan grafiikalta tarkkailla. Tarkkailtavan prosessin näytöissä sijaitsee linkit tarkkailun alla olevan prosessin omaan asetusarvoikkunaan, josta asetusarvoja voidaan muuttaa. Näitä asetusarvoikkunoita voi olla prosessista riippuen useampikin, jos kaikki halutut asetusarvot eivät mahdu samaan näyttöön. Koska laitteen näyttö on melko pieni (7 tuumaa), ei graafisten toimintakaavioiden esittäminen välttämättä ole järkevää ilmanvaihtokoneita tarkastellessa. Parempaan ja selkeämpään lopputulokseen pääsee esittämällä vain mittaus- ja ohjaustietoja. Yleensä muutenkin pitää laitteiston käyttäjän olla perehtynyt hyvin ohjattavaan prosessiin, vaikka toimintakaavion muodossa esitetty prosessi onkin paljon kuvaavampi. Päänäytössä on yläosassa vasemmallalla listattuna perustietoja järjestelmästä. Listaus sisältää päiväyksen, kellonajan, prosessorin saaman IP-osoitteen, kirjautuneen käyttäjän ja tämän käyttöoikeustason.



Kuva 31. Indusoft Web Studiolla tehty etu-/kirjautumissivu.

7.7.2 Ilmanvaihtokoneen päänäyttö

Seuraavassa Kuva 32 on näkymä ilmanvaihtokoneen ns. pääsivusta, jossa mittaus- ja ohjaustiedot ovat luettavissa. Käsikäyttöpainikkeet indikoivat eri väreillä sitä, mikä tila on valittuna. Tässä työssä on käytetty vihreää auto-tilan, punaista seis-tilan ja keltaista vilkkuvaa käsiohjauksen ilmaisuun. TK01-ilmanvaihtokoneen vikatilojen kuittauspainike on normaalitilassa väriltään vihreä. Jos häiriötiloja on generoitunut jostakin syystä, on silloin painikkeen väri punainen. Aktiivisia, poistuneita ja kuitattuja hälytyksiä voidaan tarkastella hälytykset-painikkeen takaa löytyvästä hälytyslistaussivulta. Tällä sivulla ovat kaikki koneeseen liittyvät hälytystapahtumat listattuna ilmentymisaikajärjestyksessä.

Mittausten osoitinnäytöissä on yhdistettynä mittaus ja haluttu asetusarvo. Mittaustulos indikoidaan punaisella näytön keskiosassa liikkuvalla osoittimella ja asetusarvo taas näytön alareunassa liikkuvalla sinisellä osoittimella. Tästä on helppoa silmämääräisesti tarkkailla sitä, että säätö seuraa haluttua asetusarvoa oikein.

Moduloivien toimilaitteiden asennonosoitus on tuotu käyttöliittymään pylväsdiagrammin muodossa.



Kuva 32. Tuloilmakoneen TK01 hallintasivu.

7.7.3 Ilmanvaihtokoneen asetusarvo näyttö

Asetusarvosivulla Kuva 33 voidaan muuttaa muutamia ilmanvaihtokoneen yleisempiä asetusarvoja, kuten huonelämpötila, minimi- ja maksimisisäänpuhalluslämpötilaa. Hälytysraja-arvoja ei käyttöliittymästä voida asetella vaan ne pitää tarvittaessa muuttaa käyttämällä ohjelmointityökalua. Sama koskee myös säätimien viritys-parametreja. Nämä arvot ovat muutenkin sellaisia, että ne asetetaan viritettäessä oikeiksi. Jos laitteistoon tulee muutoksia, niin silloin viritys on syytä tehdä uudelleen, jotta viritysarvot saadaan vastaamaan muuttunutta tilannetta ja laitteisto toimisi parhaimmalla tavalla.

11/15/2015
19:02:36
Käyttäjä
IP Osoite: 192.168.0.101
Ryhmä: Guest
Ryhmän korkein aste: 255

Etusivu

Ukolämpötila: 3.600000 °C
Valoisuus: 0.200000 °C

LS01 Ilmanvaihto
LS02 Lämmitys
LS03 Käyttövesi
TK01
TK02
TK03
TK04

TK01 Asetusarvot

Huonelämpötila as.arvo (°C)	21	Tulosuodatin osateho (Pa)	90
Sisäänpuhallus minimi (°C)	16	Tulosuodatin täysteho (Pa)	180
Sisäänpuhallus maksimi (°C)	28	Poistosuodatin osateho (Pa)	80
Paluuvesi ennakointi (°C)	13	Poistosuodatin täysteho (Pa)	160
Paluuvesi seisaika (°C)	20		
Jäätymisvaara as.arvo (°C)	8		

Kuva 33. Tuloilmakoneen TK01 asetusarvosivu

7.7.4 Hälytyslistanäyttö

Seuraavassa Kuva 34 näkyy järjestelmässä aktiiviset, poistuneet ja kuitatut hälytykset. Listaukseen on liitetty aikakolumni, joka ilmaisee, milloin hälytys on gene-roitunut, poistunut tai kuitattu. Toinen kolumni pitää sisällään liitetyn tagin nimen kokonaisuudessaan. Tämä taginimi on usein kovin pitkä ja eikä näy kokonaan. Jos kolumnia levittää otsikkopalkista hieman, saa tagin nimen kokonaan näkyviin. Viimeinen kolumni on itse määriteltyä hälytysviestiä varten. Tähän on hyvä määritellä hälytystapahtumaa selkeästi kuvaava viesti. Tämän viestin avulla on huoltotoimenpiteitä tekevän henkilön helpompi aloittaa häiriötilan aiheuttajan korjaaminen. Myös hälytyslistan hälytysten tilat indikoidaan eri värein. Aktiivinen, kuitaamaton hälytys on näytössä punaisen värisellä fontilla, ja ensimmäisessä kolumnissa on kuitaamatonta hälytystä indikoiva keltainen kolmio, jossa on huutomerkki.

11/22/2015
17:50:22
Käyttäjä
IP Osoite: 192.168.0.101
Ryhmä: Guest
Ryhmän korkein aste: 255



Ulkolämpötila: -1.900000 °C
Valoisuus: 0.100000 °C

Etusivu

Activation Ti...	Tag Name	Message
11/22/2015 17:49:46	Tags_Becke...	Tuloilman säätöpoikkeama...



Kuva 34. Hälytysten listausnäyttö.

Kuitattu, aktiivinen hälytys näkyy listassa oranssin värisellä fontilla, ja ensimmäisessä kolumnissa on kuitattua hälytystä indikoiva vihreä oikeinmerkki. Kuitattu, aktiivinen hälytys poistuu listasta heti, kun hälytys ei enää ole aktiivisessa tilassa.

 Activation Ti...	Tag Name	Message
 11/22/2015 17:49:46	Tags_Becke...	Tuloilman säätöpoikkeama...

Kuva 35. Kuitattu, aktiivinen hälytys.

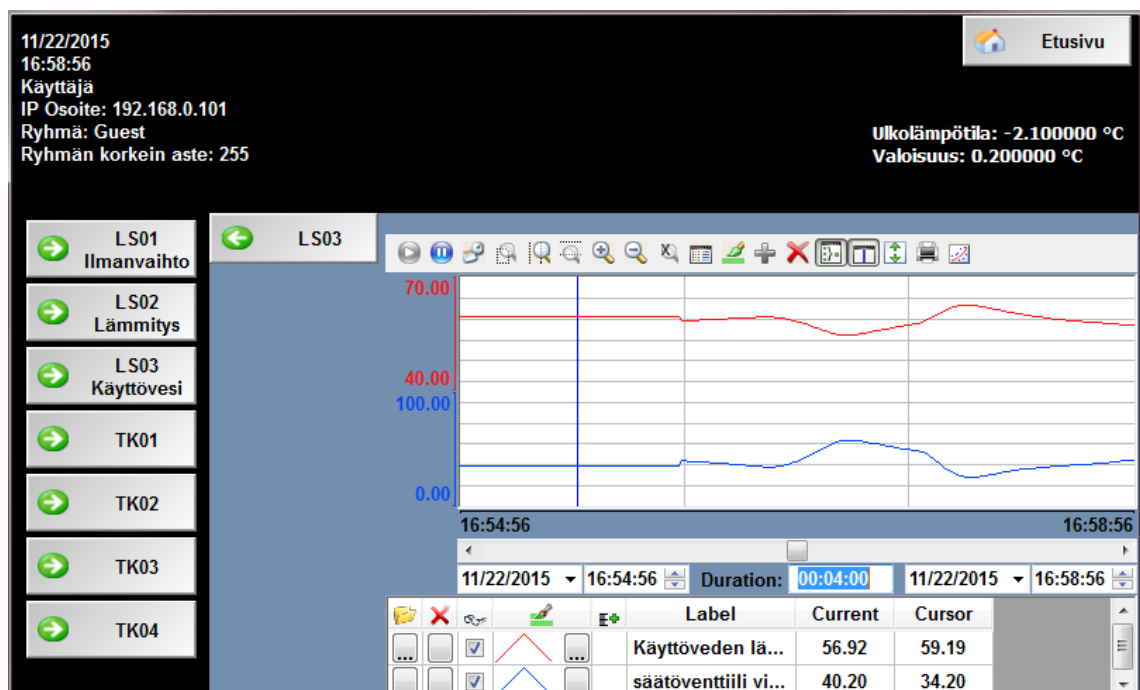
Kuitaamaton, poistunut hälytys näkyy listassa harmaan värisellä fontilla, ja ensimmäisessä kolumnissa on sama kuitaamatonta hälytystä indikoiva keltainen kolmio, jossa on huutomerkki. Poistuneet, kuitaamattomat hälytyksen poistuvat listasta heti niiden kuitaamisen jälkeen.

 Activation Ti...	Tag Name	Message
 11/22/2015 17:54:23	Tags_Becke...	Tuloilman säätöpoikkeama...

Kuva 36. Kuitaamaton, poistunut hälytys.

7.7.5 Trendinäyttö

Trendien keräys on yksi erinomainen työkalu virhetoimintojen selvittämiseen ja säätötoimintojen tarkkailuun pitemmällä aikavälillä. Trendeistä voidaan tarkastella tapahtuneiden toimintojen tiloja, mittaustuloksia, ohjausviestejä ja muita trendeihin liitettyjä tietoja. Trenditietokantaan tallennetaan vain ne tiedot, jotka sinne on käyttöliittymää tehdessä määritetty. Tässä työssä sinne on määritetty lämmitysverkostoista mittaustiedot ja venttiilien ohjaustiedot. Ilmanvaihtokoneista on tietokantaan tallennettavaksi määritetty sisäänpuhalluslämpötilat, lämmityspatterin ja LTO:n säätöviestit. Tietysti asiakkaan haluamat tiedot voidaan helposti lisätä trendeihin, jos sellaisia ilmenee. Seuraavassa Kuva 37 on näkymä trendinäytöstä. Tässä kuvassa 37 on lämpimän käyttöveden säätötapatumaa kuvattuna. Trendinäyttöön voidaan laittaa näkymään yksi tai useampi mittaustieto samanaikaisesti. Käyrät voidaan sijoittaa erilleen, kuten kuvassa tai ne voidaan sijoittaa päällekkäin. Päällekkäin sijoitettuna on helppo seurata esimerkiksi, miten säädettävän suure seuraa asetusarvoa. Trendiikkunan työkalurivistä voidaan valita myös SPC-toiminto, jonka avulla voidaan tarkastella tallennetun trendidatan minimi- ja maksimiarvoja sekä laskennallista keskiarvoa. Nämä arvot lasketaan käyrien esitysosan alapuolella sijaitsevan aika-alueen määritysten perusteella.



Kuva 37. Esimerkki trendinäytöstä.

8 Loppupäätelmä

Tässä insinööriyössä tehtiin perusteellinen rakennusautomaatiojärjestelmän uusintatyö. Työ piti sisällään kiinteistön kaikkien säätölaitteiden korvaamisen uusilla Beckhoffin valmistamalla automaatiojärjestelmän laitteilla. Työ oli melko mittava, koska saneerauksen kohteena oli neljä kappaletta ilmanvaihtokoneita ja yksi kolmepiirinen kaukolämpöyksikkö, joka vaihdettiin myös uuteen. Koska järjestelmä uusittiin perusteellisesti, oli väistämättä pakko muuttaa myös ilmanvaihtokoneiden sähkökeskusten kytkentöjä oikeiden toimintojen saavuttamiseksi. Myös uuden kaukolämpöpaketin asennus teetti lisää kytkentätöitä.

Tämän työ tuloksena saatiin kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä uusittua korkeatasoiseksi nykyisiä standardeja noudattavaksi järjestelmäksi. Nyt kiinteistön kulutuksen ja häiriötilojen valvonta voidaan toteuttaa tallentamalla kulutustietoja ja lähettämällä tekstiviestejä. Kiinteistön ilmanvaihdon ja lämmityksen tilaa voidaan myös tarkkailla keskitetysti käyttöliittymästä, joka on tehty prosessorissa sijaitsevalle kosketusnäytölle. Tästä käyttöliittymästä on mahdollista tehdä myös peruskäyttötoimenpiteet, kuten asetusarvojen ja käyntiaikojen muutokset. Järjestelmän seuraaminen tulee myöhemmin mahdolliseksi hoitaa myös mobiililaitteella.

Tämän insinööriyön avulla opittiin Beckhoffin automaatiojärjestelmän laitteiston asentamista ja ohjelmointia. Myös Indusoftin kevyen valvomoalustan ohjelmointi ja Beckhoffin automaatiojärjestelmän liittäminen Indusoftin ohjelmistoon tuli tutuksi. Harjoitusta tuli myös Microsoftin Visual Basic-ohjelmointitaidoille, koska Indusoftin valvomoalustan toiminta perustuu vahvasti Windowsiin ja sen työkaluihin.

Lähteet

- 1 Opinnäytetyö Pasi Kivimäki. Rakennusautomaatiojärjestelmän peruskorjauksen suunnittelu. OAMK. Lukukausi kevät 2014.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70581/Kivimaki_Pasi.pdf?sequence=1 . Luettu 17.7.2015
- 2 Värjä, Pertti – Mikkola, Jukka-Matti 1998. Uusi kiinteistöautomaatio: Automaatio- ja säätötekniikkaa. 2. korjattu painos. Kuusankoski: Mikro-oppi.
- 3 Sulku, Jukka 2012. Rakennusautomaation historiaa. Teoksessa Piikkilä, Veijo (päätoimittaja.) – Karppinen, Eeva (toimittaja.). Rakennusautomaatiojärjestelmät: ST-käsikirja 17, Tietotekniset järjestelmät. 3. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy. S. 21–26.
- 4 Vesnom-kaukolämpösaneeraus. Vesnom Oy.
<http://www.vesnom.fi/fi/tuotteet/kaukolampo/> . Luettu 17.7.2015.
- 5 Beckhoff Finland web -sivu. CP6606 Press release. <http://www.beckhoff.fi/>.
Luettu 24.10.2015.
- 6 EtherCAT - Ultra High Speed for Automation. Beckhoff Finland Oy.
http://www.beckhoff.fi/english.asp?fieldbus_components/system_overview.htm?id=23569144486&utm_campaign=Ethercat&utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_term=ethercat&utm_content=1369486x869803621064099527 . Luettu 17.7.2015.
- 7 BK7300, BK7350 ModBus bus couplers. Beckhoff Finland Oy.
<http://download.beckhoff.com/download/document/io/bus-terminals/bk7300en.pdf>
. Luettu 04.08.2015.
- 8 The ModBus Organisation. <http://www.modbus.org/> . Luettu 18.07.2015
- 9 Beckhoff Finland web -sivu. I/O moduulit. <http://www.beckhoff.fi/> . Luettu 24.10.2015.
- 10 Beckhoff Finland Web –sivu. TwinCAT – PLC and Motion Control on the PC.
<http://beckhoff.fi/>. Luettu 24.10.2015.
- 11 Indusoft Web -sivu. Wonderware Indusoft. <http://www.indusoft.com/> . Luettu 22.06.2015

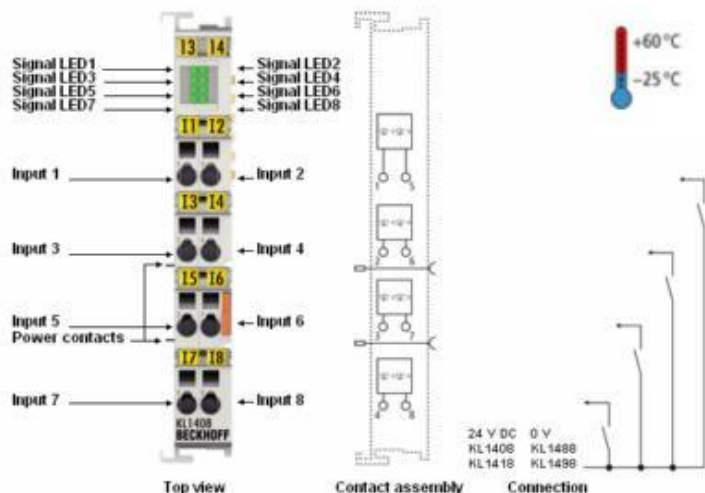
- 12 Beckhoff InfiSys Web –sivu. http://infosys.beckhoff.com/index_en.htm . Luettu 26.4.2016.
- 13 Motiva. Asiantuntija energian ja materiaalien käytössä. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammityksen_saatokayra_ja_lampiman_kayttoveden_oikea_lampotila . Luettu 24.08.2015
- 14 Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/ymparistotekijat-ja-torjuntamahdollisuudet> . Luettu 24.08.2015
- 15 Motiva. Asiantuntija energian ja materiaalien käytössä. <http://www.motiva.fi/files/1696/kat-energiakatselmoijan-kasikirja-osa-2-luku-2-4-A.pdf> . Luettu 28.08.2015
- 16 Kandidaatintyö Ilkka Kasari. Teollisuuskiinteistön ilmanvaihtokoneen LTO-laitteiston hyötysuhteen parantaminen. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. 1.2.2010. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/67965/nbnfi-fe201103181358.pdf?sequence=3>

Liite 1.Beckhoff-laitteet

I/O-moduuli digitaalisille tuloille.

BECKHOFF New Automation Technology

Data sheet for KL1408, KL1418, KL1488, KL1498, Version 1.4



Eight-channel, digital input terminals, 24 V_{DC}

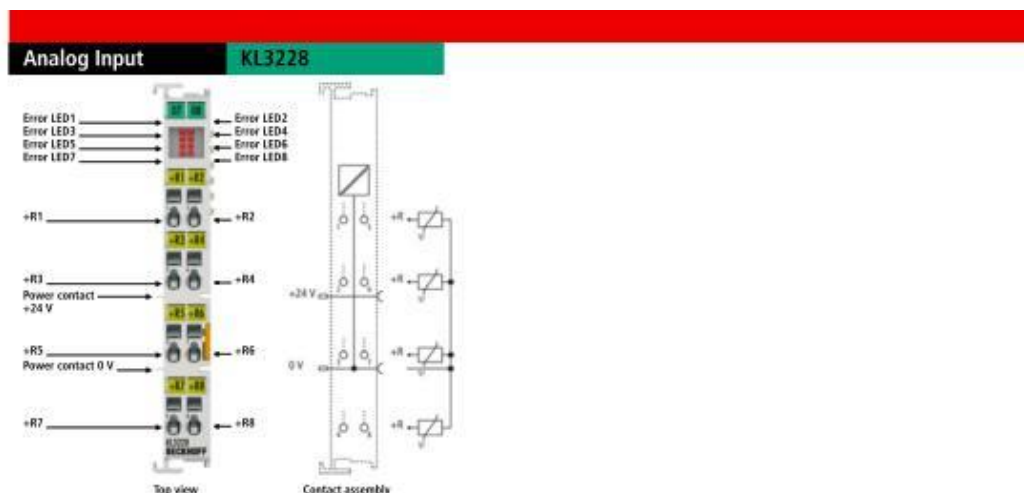
The digital input terminals KL1408 and KL1418 (positive switching) and KL1488 and KL1498 (negative switching) acquire the binary control signals from the process level and transmit them, in an electrically isolated form, to the higher-level automation unit. The Bus Terminals each contain eight channels, whose signal states are displayed by LEDs. They are particularly suitable for space-saving use in control cabinets. By using the single-conductor connection technique a multi-channel sensor can be connected in the smallest space with a minimum amount of wiring. The power contacts are looped through. For the KL1408 and KL1418 Bus Terminals, the reference ground for all inputs is the 0 V power contact. For the KL1488 and KL1498 Bus Terminals, the reference point for all inputs is the 24 V power contact. These versions have input filters with different speeds.

Technical data	KL1408/KS1408	KL1418/KS1418	KL1488/KS1488	KL1498/KS1498
Number of inputs / rated voltage	8 / 24 V _{DC} (-15% / +20%)			
Signal voltage *0*	-3 V ... +5 V (IEC 61131-2, type 1/3)		18 V ... 30 V	
Signal voltage *1*	15 V ... 30 V (IEC 61131-2, type 3)		0 V ... 7 V	
Signal current *0*	0 ... 1.5 mA	0 ... 1.5 mA	-	-
Signal current *1*	2.0 ... 2.5 mA	2.0 ... 2.5 mA	typ. 3 mA	typ. 3 mA
Input filter	3 ms	0.2 ms	3 ms	0.2 ms
Current consumption from K-bus	typ. 5 mA			
Electrical isolation	500 V (K-Bus/field potential)			
Bit width in process image	8 input bits			
Configuration	no address-or configuration settings required			
Dimensions (W x H x D)	15mm x 100mm x 70mm (connected width: 12mm)			
Weight	approx. 55 g			
Permissible ambient temperature range	-25 °C ... +60 °C in operation		-0 °C ... +55 °C in operation	
	0 °C ... +55 °C (according to cULus for Canada and USA)			
	0 °C ... +55 °C (according to ATEX, see special conditions)			
	-40 °C ... +85 °C during storage		-25 °C ... +85 °C during storage	
Relative humidity	5% ... 95%, no condensation			
Vibration / shock resistance	conforms to EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27			

Beckhoff® and TwinCAT® are Beckhoff brands. Information is subject to change and are only binding if agreed contractually.

Beckhoff Automation GmbH, Eisenstr. 5, 33415 Verl, Germany, Tel.: +49 (0) 5246 963 0, Fax.: +49 (0) 5246 963 149, <http://www.beckhoff.com>

I/O-moduuli Pt1000- tai Ni1000-vastusantureille.

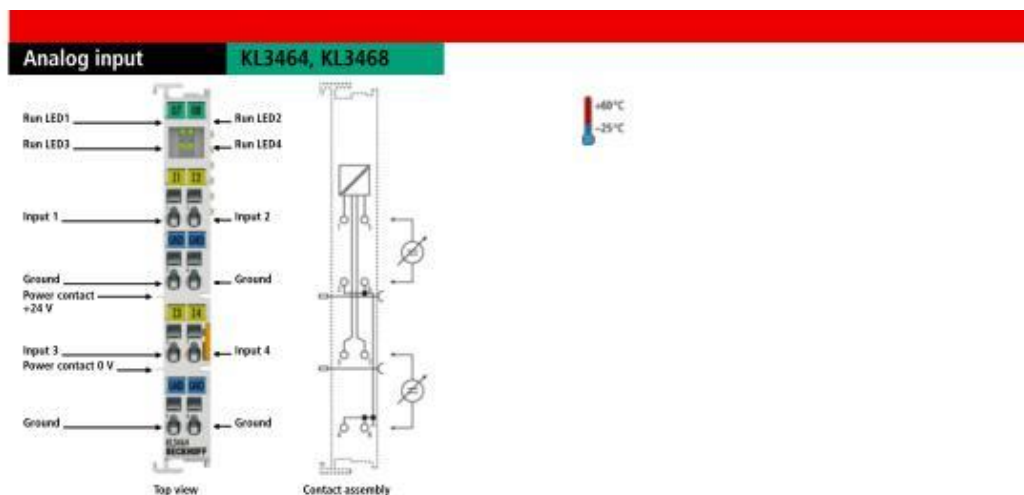


KL3228 | 8-channel input terminal PT1000, Ni1000 (RTD)

The KL3228 analog input terminal enables connection of eight resistance sensors. The Bus Terminal's circuitry can handle sensors using the 1-wire technique. Linearisation over the full temperature range is realised with the aid of a microprocessor. The temperature range can be selected freely. The Bus Terminal's standard settings are: resolution 0.1 °C within the temperature range of Ni1000 sensors. The error LEDs indicate sensor faults (e.g. a broken wire).

Technical data	KL3228 KS3228
Number of inputs	8
Power supply	via the K-bus
Technology	1-wire
Sensor types	PT1000, Ni1000
Connection method	1-wire
Measuring range	-50...+150 °C (PT sensors); -50...+150 °C (Ni sensors)
Conversion time	~ 1 s
Measuring current	~ 0.5 mA typ.
Resolution	0.1 °C per digit
Measuring error	~ ±1 °C, depending on wiring
Electrical isolation	500 V (K-bus/signal voltage)
Current consumption power contacts	-
Current consumpt. K-bus	typ. 85 mA
Bit width in the process image	input: 8 x 16 bit data (8 x 8 bit control/status optional)
Configuration	no address setting, configuration via Bus Coupler or controller
Special features	open-circuit recognition
Weight	approx. 75 g
Operating/storage temperature	0...+55 °C/-25...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/Installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all KSxxx Bus Terminals
Approvals	CE, UL, Ex

I/O-moduuli järjestelmään tuleville 0-10 V jänniteviesteille.

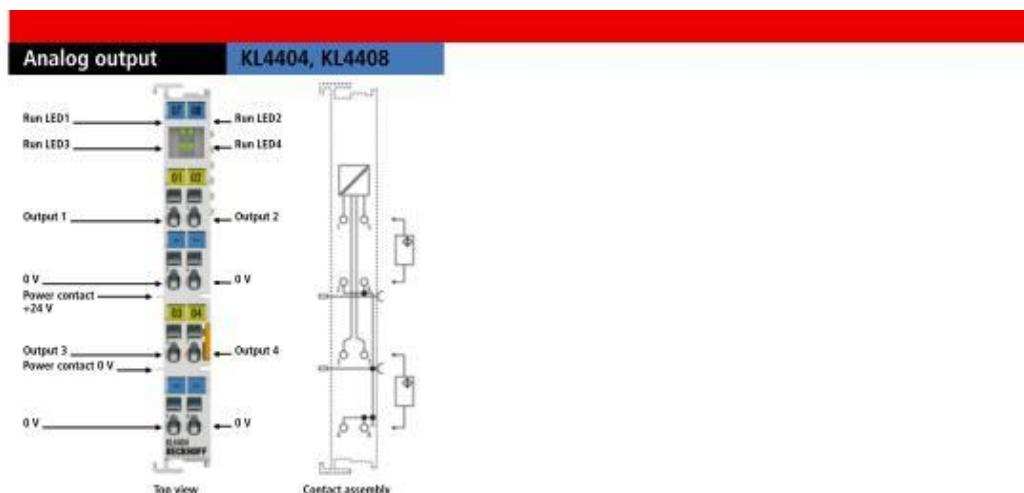


KL3464, KL3468 | 4-, 8-channel analog input terminals 0...10 V

The analog input terminals KL3464 and KL3468 process signals in the range between 0 and 10 V. The voltage is digitised to a resolution of 12 bits and is transmitted, electrically isolated, to the higher-level automation device. In the KL3464 Bus Terminal, the four inputs are 2-wire versions and have a common ground potential. The reference ground of the inputs is the internal ground. The KL3468 combines eight channels in one housing and is particularly suitable for space saving installation in control cabinets. The use of single conductor connection technology enables the connection of multi-channel sensor technology with minimum space requirements. The power contacts are connected through. The reference ground for all inputs is the 0 V power contact. The LEDs indicate the data exchange with the Bus Coupler.

Technical data	KL3464 KS3464	KL3468 KS3468
Number of inputs	4	8
Power supply	via the K-bus	
Signal voltage	0...10 V	
Internal resistance	> 130 kΩ	
Common-mode voltage U _{CM}	-	
Conversion time	- 2 ms	- 4 ms
Resolution	12 bit	
Measuring error	< ±0.3 % (relative to full scale value)	
Electrical isolation	500 V (K-bus/signal voltage)	
Current consumption power contacts	-	
Current consumpt. K-bus	typ. 100 mA	typ. 140 mA
Bit width in the process image	input: 4 x 16 bit data (4 x 8 bit control/status optional)	input: 8 x 16 bit data (8 x 8 bit control/status optional)
Configuration	no address or configuration setting	
Special features	-	high packing density
Weight	approx. 75 g	
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C	0...+55 °C/-25...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation	
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27	
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4	
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable	
Pluggable wiring	for all KSxxx Bus Terminals	
Approvals	CE, UL, Ex, GL	

I/O-moduuli järjestelmästä lähteville 0-10 V ohjausviesteille.



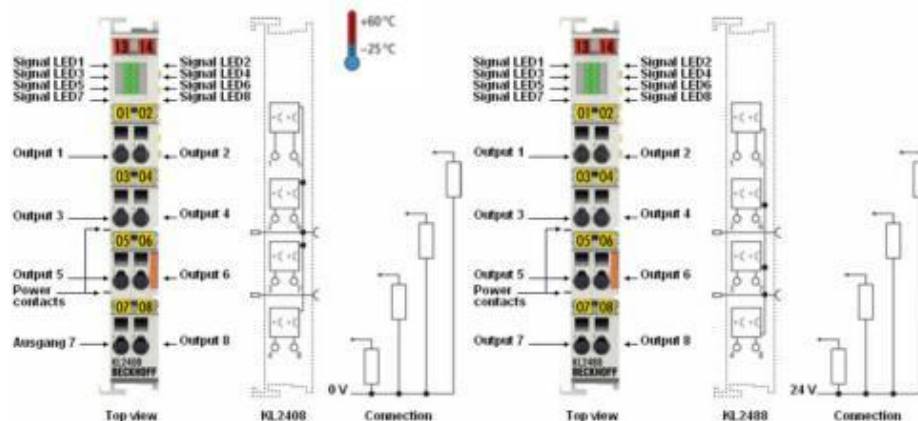
KL4404, KL4408 | 4-, 8-channel analog output terminals 0...10 V

The KL4404 and KL4408 analog output terminals generate signals in the range between 0 to 10 V. The voltage is supplied to the process level with a resolution of 12 bits and is electrically isolated. In the KL4404 Bus Terminal, the four outputs are 2-wire versions. The KL4408 combines eight channels in one housing and is particularly suitable for space-saving installation in control cabinets. The use of single conductor connection technology enables the connection of multi-channel actuator technology with minimum space requirements.

The Bus Terminals have a common ground potential. The power contacts are connected through. The reference ground of the outputs is the 0 V power contact. The LEDs indicate the data exchange with the Bus Coupler.

Technical data	KL4404 KS4404	KL4408 KS4408
Technology	single-ended	
Number of outputs	4	8
Signal voltage	0...10 V	
Load	> 5 k Ω (short-circuit-proof)	
Output error	< ± 0.1 % (relative to end value)	< ± 0.2 % (relative to end value)
Resolution	12 bit	
Conversion time	~ 4 ms	~ 8 ms
Electrical isolation	500 V (K-bus/signal voltage)	
Current consumption power contacts	only load	
Current consumpt. K-bus	typ. 20 mA	
Bit width in the process image	output: 4 x 16 bit data (4 x 8 bit control/status optional)	output: 8 x 16 bit data (8 x 8 bit control/status optional)
Configuration	no address or configuration setting	
Special features	–	high packing density
Weight	approx. 75 g	
Operating/storage temperature	0...+55 °C/-25...+85 °C	
Relative humidity	95 %, no condensation	
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27	
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4	
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable	
Pluggable wiring	for all KSxxx Bus Terminals	
Approvals	CE, UL, Ex, GL	

I/O-moduuli digitaalisille ohjausviesteille.



Eight-channel, digital output terminal, 24 V_{DC}

The KL2408 (positive switching) and KL2488 (negative switching) digital output terminals connect the binary control signals from the automation unit on to the actuators at the process level with electrical isolation. The KL2408/KL2488 variants are protected against reverse polarity connection. They handle load currents with outputs that are protected against overload and short circuit. The Bus Terminals contain eight channels which indicate their signal state by means of light emitting diodes. They are particularly suitable for space-saving use in control cabinets. The connection technology is particularly suitable for single-ended inputs. All components have to use the same reference point as the KL2408 or KL2488. The power contacts are looped through. In the KL2408 terminal, the outputs are supplied by the 24 V power contact. In the KL2488 terminal, they are supplied via the 0 V power contact.

Technical data	KL2408 / KS2408	KL2488 / KS2488
Connection technology	1 wire	
Number of outputs	8 (positive switching)	8 (negative switching)
Rated voltage	24 V _{DC} (-15% / +20%)	
Load type	ohmic, inductive, lamp load	
Output current max. (per channel)	0.5 A (short-circuit-proof)	
Short circuit current	< 2 A	< 7 A
Breaking energy	< 150 mJ/channel	< 100 mJ/channel
Reverse voltage protection	yes	
Electrical isolation	500 V (K-Bus/field potential)	
Current consumption K-bus	typ. 18 mA	
Current consumption power contacts	typ. 60 mA +load	
Bit width in process image	8 output bits	
Configuration	no address-or configuration settings required	
Dimensions (W x H x D)	15mm x 100mm x 70mm (connected width: 12mm)	
Weight	approx. 70 g	
Permissible ambient temperature range	-25°C ... +60°C in operation 0°C ... +55°C (according to cULus for Canada and USA) 0°C ... +55°C (according to ATEX, see special conditions) -40°C... +85 °C during storage	-0°C... +55 °C in operation -25°C... +85 °C during storage
Relative humidity	5% ... 95%, no condensation	
Vibration / shock resistance	conforms to EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	

Beckhoff® and TwinCAT® are Beckhoff brands. Information is subject to change and are only binding if agreed contractually.
Beckhoff Automation GmbH, Eiserstr. 5, 33415 Verl, Germany, Tel.: +49 (0) 5246 963 0, Fax.: +49 (0) 5246 963 149, <http://www.beckhoff.com>

Liite 2.Produal-laitteet

LUX 34 JA LUX 34-100 VALOISUUS- JA LÄMPÖTILALÄHETIN

LUX 34 mittaa valoisuuden voimakkuutta ja lämpötilaa sekä muuttaa mittaustulokset lineaarisiksi 0-10V viesteiksi. Mittausviestejä voidaan käyttää säätö- ja valvontajärjestelmissä ohjattaessa valaistusta ja lämmitystä valoisuuden ja ulkolämpötilan mukaan.

Mittausalue 0...1000 lx (S1=on, tehdasasetus) tai 0...10000 lx (S1=off) voidaan valita käyttöolosuhteissa. S1 koodausliitin on piirikortilla kotelon sisällä.

Saatavana on myös LUX 34-100 lähetin, jossa mittausalueet ovat 0-100 lx ja 0-500 lx. Tehdasasetus on 0-100 lx.

Lämpötilalähdon alue on aina $-50 \dots +50^{\circ}\text{C} = 0 \dots 10\text{V}$.

LUX 34 suositellaan asennettavaksi ulkoseinälle, niin ettei se ole alttiina suoralle auringonpaisteelle eikä mittausta häiritsevälle ulkopuoliselle valolle.

**Tekniset tiedot:**

syöttö	24Vac/dc (22...30Vac/dc) < 0,1VA
lähdot	0-10V, < 1mA
mittausalueet:	
valoisuus LUX 34	0...1000 lx* tai 0...10000 lx
valoisuus LUX 34-100	0...100 lx* tai 0...500 lx * tehdasasetus
lämpötila	-50 ... +50 °C
mittaus-elementit:	
valoisuus	fotoodi
lämpötila	Pt1000 EN60751 B
mitat l x k x s	90 x 94 x 44 mm
kotelointi	IP54, kaapeliäpivienti alaspäin
materiaalit	PBT, PC ja PA

Kytkenä:

1	24 Vac/dc
2	0V
3	0-10Vdc (= valoisuus)
4	0-10Vdc (= -50...+50°C)

Tilausohje:

Tyyppi	Tuotenumero	Kuvaus
LUX 34	1133310	valoisuuslähetin 1000 lx / 10000 lx
LUX 34-100	1133311	valoisuuslähetin 100 lx / 500 lx

LÄMPÖTILA-ANTURI TEAT PT 1000 JA SUOJATASKU

TEAT PT 1000 -lämpötila-anturi on suunniteltu LVI-automaatiikan tarpeisiin lämmitys- ja jäähdytysvesiverkostojen lämpötilamittauksiin. Anturi soveltuu myös ilman lämpötilan mittaamiseen esimerkiksi ilmanvaihtokanavasta.

Lämpötilaa mitataan Pt1000-anturielementillä, jonka nimellisresistanssi on 1000 Ω (0 °C:ssa).

Kytöntäkotelo on lämmönkestävää muovia. Kotelon kierrekansi ja kallistetut riviliittimet tekevät kytkemisen helpoksi.

Veden lämpötilaa mitattaessa anturi asennetaan aina suojataskuun, joita on saatavilla eri materiaaleista valmistettuna. Katso lisätietoja erillisestä TEAT-suojataskujen esitteestä.

Ilman lämpötilaa mitattaessa lähetin voidaan kiinnittää kanavaan MT4270-kanavakiinnikkeellä.

Anturin vastus eri lämpötiloilla:

°C	Ω	°C	Ω
120	1460.6	25	1097.3
100	1385.0	20	1077.9
90	1347.0	15	1058.5
80	1308.9	10	1039.0
75	1289.8	5	1019.5
70	1270.7	0	1000.0
65	1251.6	-5	980.4
60	1232.4	-10	960.9
55	1213.2	-15	941.2
50	1194.0	-20	921.6
45	1174.7	-25	901.9
40	1155.4	-30	882.2
35	1136.1	-40	842.7
30	1116.7	-50	803.1



Tekniset tiedot:

anturi	Pt1000 EN 60751/B
mittausalue	-50...+120 °C
terkkuus	$\pm 0,3$ °C (0 °C:ssa)
aikavakio	5 s
mittayhde	
mitat	$\varnothing 6$ mm x 85 mm
materiaali	AISI 316L (haponkestävä teräs)
kytöntäkotelo	
materiaali	muovi (< 120 °C)
suojausluokka	IP54, kaapeliläpivienti tai mittayhde alapäin
kaapeliläpivienti	M16
suojatasku	
mitat	$\varnothing 8$ mm x 80 mm
kierte	R 1/2"
paineluokka	PN16

Tilausohje:

Tyyppi	Tuotenumero	Kuvaus
TEAT PT 1000	1174070	anturi 80 mm suojataskuun 1000 Ω 0 °C:ssa
AT 80	1170010	suojatasku, $\varnothing 8$ mm x 80 mm (ruostumaton teräs)
ATM 80	1170030	suojatasku, $\varnothing 8$ mm x 80 mm (messinki)
ATH 80	1170020	suojatasku, $\varnothing 8$ mm x 80 mm (haponkestävä teräs)
ATS 80	1170025	suojatasku $\varnothing 8$ mm x 80 mm (meriveden kestävä teräs)

HUOM: Sekä antureista että suojataskuista on saatavilla myös muita pituuksia.

KANAVALÄMPÖTILA-ANTURI TEK PT 1000

TEK PT1000 lämpötila-anturi on suunniteltu LVI-automatiikkaa varten, ilmanvaihtokoneen kanavalämpötilojen mittaukseen.

Lämpötilaa mitataan Pt1000 -anturielementillä, jonka nimellisvastus on 1000 ohm/0°C.

Kotelon kierrekansi ja 45°:een kallistetut riviliittimet tekevät kytkemisen helpoksi.

Kytentäkotelo on lämmönkestävää muovia.

Anturi kiinnitetään kanavaan laipalla, joka sopii sekä pyöreille että kantikkaille kanaville.

Asennussyvyys on säädettävissä n. 100...220 mm.



Tekniset tiedot:

anturi	Pt1000 EN 60751/B
kanavayhde	∅ 8 mm x 220 mm
kiinnitys	laipan avulla, reikäväli 50mm
kytkentäkotelo	muovi (< 120 °C)
suojausluokka	IP 54, kaapeliläpivierti tai yhde alaspäin
kaapeliläpivierti	M 16
mittausalue	-50...70 °C
tarkkuus	± 0,3 °C (0 °C:ssa)

Lämpötila/vastus -taulukko:

LT °C	PT 1000 Ω	LT °C	PT 1000 Ω
120	1460.6	25	1097.3
100	1385.0	20	1077.9
90	1347.0	15	1058.5
80	1308.9	10	1039.0
75	1289.8	5	1019.5
70	1270.7	0	1000.0
65	1251.6	-5	980.4
60	1232.4	-10	960.9
55	1213.2	-15	941.2
50	1194.0	-20	921.6
45	1174.7	-25	901.9
40	1155.4	-30	882.2
35	1136.1	-40	842.7
30	1116.7	-50	803.1

Tilausohje:

Tyyppi	Tuotenumero	Kuvaus
TEK PT 1000	1174040	kanavalämpötila-anturi 1000 ohm / 0 °C

KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILA-ANTURI TENA PT 1000

TENA PT 1000 -lämpötila-anturi on suunniteltu LVI-automatiikan tarpeisiin, erityisesti käyttöveden lämpötilan mittaukseen.

Lämpötilaa mitataan Pt1000 -anturielementillä, jonka nimellisvastus on 1000 Ω / 0 °C:ssa.

Anturin mittayhde on ruostumatonta terästä. Kytchentäkotelo on lämmönkestävää muovia. Kotelon kierrekansi ja 45° kallistetut riviliittimet tekevät kytkemisen helpoksi.

Anturin vastus eri lämpötiloilla:

°C	Ω	°C	Ω
120	1460.6	25	1097.3
100	1385.0	20	1077.9
90	1347.0	15	1058.5
80	1308.9	10	1039.0
75	1289.8	-5	1019.5
70	1270.7	0	1000.0
65	1251.6	-5	980.4
60	1232.4	-10	960.9
55	1213.2	-15	941.2
50	1194.0	-20	921.6
45	1174.7	-25	901.9
40	1155.4	-30	882.2
35	1136.1	-40	842.7
30	1116.7	-50	803.1



Tekniset tiedot:

anturi	Pt1000 EN 60751/B
putkiyhde	R1/2" putkikierre
mittayhde	4 mm x 80 mm HST-teräs
kytkentäkotelo	muovi (< 120 °C)
suojausluokka	IP54, yhde tai kaapeliäpivienti alaspäin
kaapeliäpivienti	M16
mittausalue	-50...+120 °C
tarkkuus	± 0,3 °C (0 °C:ssa)
aikavakio	n. 2,5 s
paineluokka	PN16

Tilausohje:

Tyyppi	Tuotenumero	Kuvaus
TENA PT 1000	1174050	käyttövesianturi 1000 Ω / 0 °C:ssa
TENA PT 1000-50	1174051	käyttövesianturi 1000 Ω / 0 °C:ssa, mittayhde 50 mm
TENA PT 1000-210	1174052	käyttövesianturi 1000 Ω / 0 °C:ssa, mittayhde 210 mm

JÄÄTYMISVAARA-ANTURI TEV PT 1000

TEV Pt 1000 lämpötila-anturi on suunniteltu LVI-automaatiikan tarpeisiin ilmastointikojeen lämmityspatterin jäätymisvaaratermostaatin anturiksi.

Lämpötilaa mitataan Pt 1000 anturielementillä, jonka nimellisvastus on 1000 ohm/0 °C.

Anturin suojatasku on ruostumatonta terästä ja helmiliitin niklattua messinkiä.

Anturi asennetaan ilmastointikojeen patteriin R 1/4" yhteellä ja sen upotussyvyys on säädettävissä max. 210 mm:iin.

Anturin aikavakio on n. 2,5 sekuntia.



Tekniset tiedot:

anturi	PT 1000 EN60751B
putkiyhde	R 1/4" putkikierre
mittayhde	4 mm x 200 mm
kytkentäjohto	∅ 2,8 mm x 2 m
mittausalue	-50...120 °C
tarkkuus	± 0,3 °C (0 °C:ssa)
aikavakio	n. 2,5 s
paineluokka	PN 16

Lämpötila/vastus -taulukko:

LT °C	PT 1000 Ω	LT °C	PT 1000 Ω
120	1460.6	25	1097.3
100	1385.0	20	1077.9
90	1347.0	15	1058.5
80	1308.9	10	1039.0
75	1289.8	5	1019.5
70	1270.7	0	1000.0
65	1251.6	-5	980.4
60	1232.4	-10	960.9
55	1213.2	-15	941.2
50	1194.0	-20	921.6
45	1174.7	-25	901.9
40	1155.4	-30	882.2
35	1136.1	-40	842.7
30	1116.7	-50	803.1

Tilausohje:

Tyyppi	Tuotenumero	Kuvaus
TEV Pt1000	1174020	qv-anturi 1000 ohm/0 °C
TEV Pt1000-400	1174021	qv-anturi 1000 ohm/0 °C pituus 400 mm

Liite 3.Stig Wahlström-laitteet

Dwyer Magnesense, paine-erolähetin

15

Dwyer Magnesense



Tekniset tiedot

- Mittauksen tarkkuus ja stabiiliisuus on hyvä laadukkaan anturiteknikan ansiosta.
- Tarkkuus mallista / alueesta riippuen: ± 1 tai ± 2 %
- Säädettävät aikavasteet: 1...15 sekuntia
- Syöttöjännite (0-10 V): 17-36 VDC / 21,6-33 VAC
- Syöttöjännite (4-20 mA): 10-35 VDC
- Soveltuu ilmavirtauksen mittaukseen: 0-14,4 m/s
- Sis. 3 eri aluetta samassa lähettimessä (perusmallit).
- IP65-kotelon avaamiseen ei tarvita työkaluja.
- Painikkeet nolapisteen ja yläalueen kalibrointiin sekä tehdaskalibrointiasetusten palautukseen.
- Käyttölämpötila: -18...+66 °C

Tuotekoodit / Mallit / Hinnat

Tuotekoodi	Malli / ulostulo	Tuotekoodi	Malli / ulostulo	Tuotekoodi	Malli / ulostulo
<i>(Painealueet: 0...25 / 50 / 100 Pa)</i>		<i>(Painealueet: ± 25 / ± 50 / ± 100 Pa)</i>		<i>(Painealue: 0...3 kPa = 0...3000 Pa)</i>	
1DW150000	MS-321 / 0-10 V	1DW150400	MS-221 / 0-10 V	1DW150640	MS-341 / 0-10 V
1DW150050	MS-321-LCD / 0-10 V	1DW150450	MS-221-LCD / 0-10 V	1DW150650	MS-341-LCD / 0-10 V
1DW150100	MS-121 / 4-20 mA	1DW150500	MS-021 / 4-20 mA	1DW150660	MS-141 / 4-20 mA
1DW150150	MS-121-LCD / 4-20 mA	1DW150550	MS-021-LCD / 4-20 mA	1DW150670	MS-141-LCD / 4-20 mA
<i>(Painealueet: 0...200 / 500 / 1000 Pa)</i>		<i>(Painealue: 0...2 kPa = 0...2000 Pa)</i>		<i>(Painealue: 0...5 kPa = 0...5000 Pa)</i>	
1DW150200	MS-311 / 0-10 V	1DW150600	MS-331 / 0-10 V	1DW150680	MS-351 / 0-10 V
1DW150250	MS-311-LCD / 0-10 V	1DW150610	MS-331-LCD / 0-10 V	1DW150690	MS-351-LCD / 0-10 V
1DW150300	MS-111 / 4-20 mA	1DW150620	MS-131 / 4-20 mA	1DW150700	MS-151 / 4-20 mA
1DW150350	MS-111-LCD / 4-20 mA	1DW150630	MS-131-LCD / 4-20 mA	1DW150710	MS-151-LCD / 4-20 mA

*) LCD = näytöllä varustettu malli (Hinta ilman näyttöä: 146,00 EUR / LCD-näytöllä: 198,00 EUR)

Liite 4. Belimo-laitteet



Modulating rotary actuator for ball valves

- Nominal torque 2 Nm
- Nominal voltage AC/DC 24 V
- Control Modulating DC (0)2...10 V
- Position feedback DC 2...10 V
- Running time motor 15 s

Technical data sheet

TRC24A-SR



Technical data

Electrical data	Nominal voltage	AC/DC 24 V	
	Nominal voltage frequency	50/60 Hz	
	Nominal voltage range	AC 19.2...28.8 V / DC 19.2...28.8 V	
	Power consumption in operation	1.5 W	
	Power consumption in rest position	0.4 W	
	Power consumption for wire sizing	3 VA	
	Connection supply / control	Cable 1 m, 4 x 0.75 mm ²	
	Parallel operation	Yes (note the performance data)	
	Functional data	Torque motor	Min. 2 Nm
		Positioning signal Y	DC 0...10 V
Positioning signal Y note		Input impedance 100 kΩ	
Operating range Y		DC 2...10 V	
Position feedback U		DC 2...10 V	
Position feedback U note		Max. 1 mA	
Position accuracy		±5%	
Manual override		Gear disengagement with push-button, can be locked	
Running time motor		15 s / 90°	
Sound power level motor		40 dB(A)	
Position indication		Mechanically, pluggable	
Safety		Protection class IEC/EN	III Safety extra-low voltage
		Protection class UL	UL Class 2 Supply
	Degree of protection IEC/EN	IP54	
	Degree of protection NEMA/UL	NEMA 2, UL Enclosure Type 2	
	EMC	CE according to 2004/108/EC	
	Certification IEC/EN	IEC/EN 60730-1 and IEC/EN 60730-2-14	
	Certification UL	cULus according to UL 60730-1A, UL 60730-2-14 and CAN/CSA E60730-1:02	
	Mode of operation	Type 1	
	Rated impulse voltage supply / control	0.8 kV	
	Control pollution degree	3	
	Ambient temperature	-30...50°C	
	Non-operating temperature	-40...80°C	
	Ambient humidity	95% r.h., non-condensing	
Maintenance	Maintenance-free		
Weight	Weight approx.	0.46 kg	

Safety notes



- This device has been designed for use in stationary heating, ventilation and air conditioning systems and must not be used outside the specified field of application, especially in aircraft or in any other airborne means of transport.
- Only authorised specialists may carry out installation. All applicable legal or institutional installation regulations must be complied during installation.
- The switch for changing the direction of rotation may only be operated by authorised specialists. The direction of rotation must not in particular be reversed in a frost protection circuit.



Modulating rotary actuator for
2 and 3-way ball valves

- Torque 10 Nm
- Nominal voltage AC/DC 24 V
- Control: Modulating

Technical data sheet

HRY24-SR


Technical data

Electrical data	Nominal voltage	AC 24 V, 50/60 Hz / DC 24 V
	Power supply range	AC 19.2 ... 28.8 V / DC 21.6 ... 28.8 V
	Power consumption	In operation: 2.5 W at nominal torque For wire sizing: 4 VA
	Connecting cable	1 m, 4 x 0.75 mm ²
	Parallel connection	Yes (Note performance data for supply!)
Functional data	Torque (nominal torque)	Min. 10 Nm at nominal voltage
	Control	control signal Y
	operating range	DC 0 ... 10 V, Input resistance 100 kΩ DC 0 ... 10 V for 0 ... 90°↙ (can be switched to DC 2 ... 10 V)
	Position response (measuring voltage U)	DC 0 ... 10 V, max. 1 mA, for 0 ... 90°↙ (can be switched to DC 2 ... 10 V)
	Position accuracy	±5%
	Manual override	Temporary and permanent disengagement of the gearing latch by means of the rotary knob on the housing
	Running time	35 s / 90°↙
	Sound power level	Max. 35 dB (A)
	Position indication	Scale plate 0 ... 1
Safety	Protection class	III Extra low voltage
	Degree of protection	IP40
	EMC	CE according to 89/336/EEC
	Mode of operation	Type 1 (to EN 60730-1)
	Rated impulse voltage	0.8 kV (to EN 60730-1)
	Control pollution degree	3 (to EN 60730-1)
	Ambient temperature range	0 ... +50 °C
	Media temperature	+5 ... +120 °C (in ball valve)
	Non-operating temperature	-30 ... +80 °C
	Ambient humidity range	95% r.H., non-condensating (to EN 60730-1)
	Maintenance	Maintenance-free
Dimensions / Weight	Dimensions	See «Dimensions» on page 2
	Weight	Approx. 500 g (without ball valve)

Safety notes

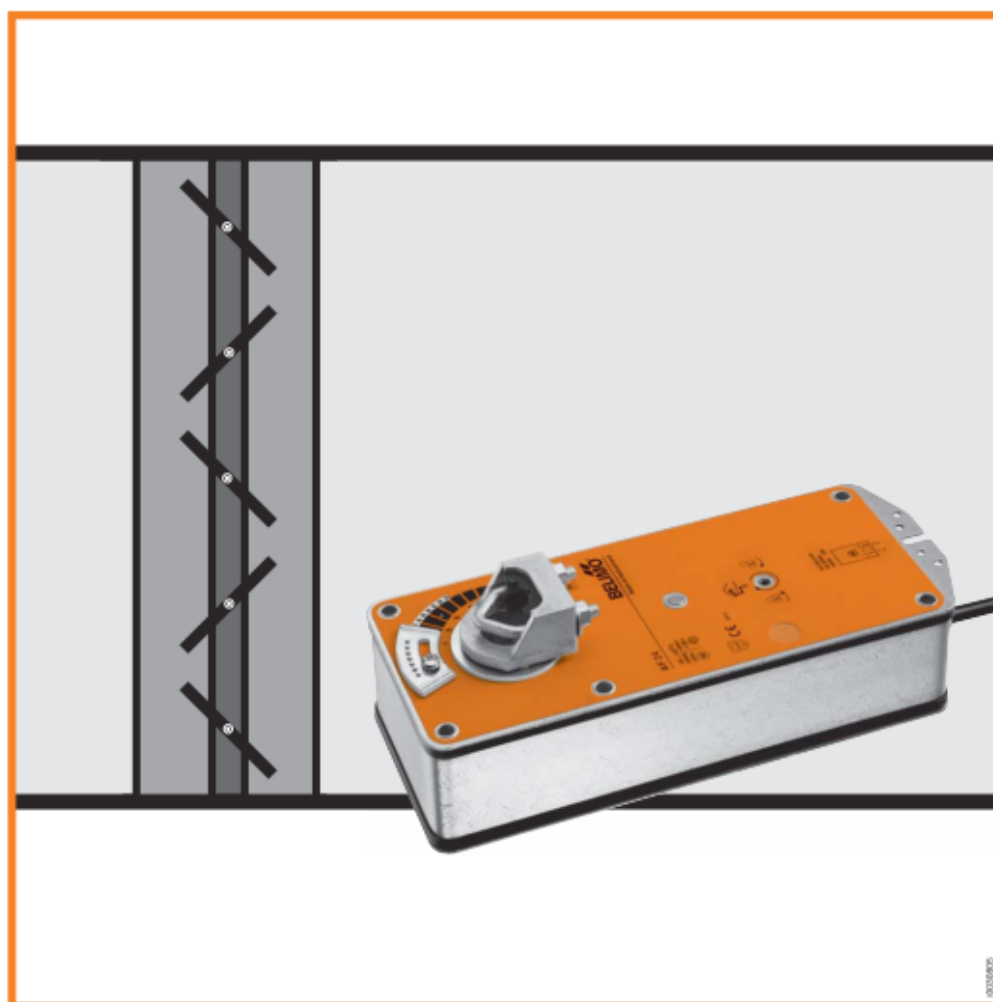


- The actuator has been designed for use in stationary heating, ventilation and air conditioning systems and is not allowed to be used outside the specified field of application, especially in aircraft or in any other airborne means of transport.
- It may only be installed by suitably trained personnel.
All applicable legal or institutional installation regulations must be complied with.
- The device does not contain any parts that can be replaced or repaired by the user.
- The device contains electrical and electronic components and is not allowed to be disposed of as household refuse. All locally valid regulations and requirements must be observed.
- The switch for changing the direction of rotation may only be operated by trained personnel.
The direction of rotation may not be reversed in a frost protection circuit.



2. AF-5
Product Information
Damper actuators with spring return

AF



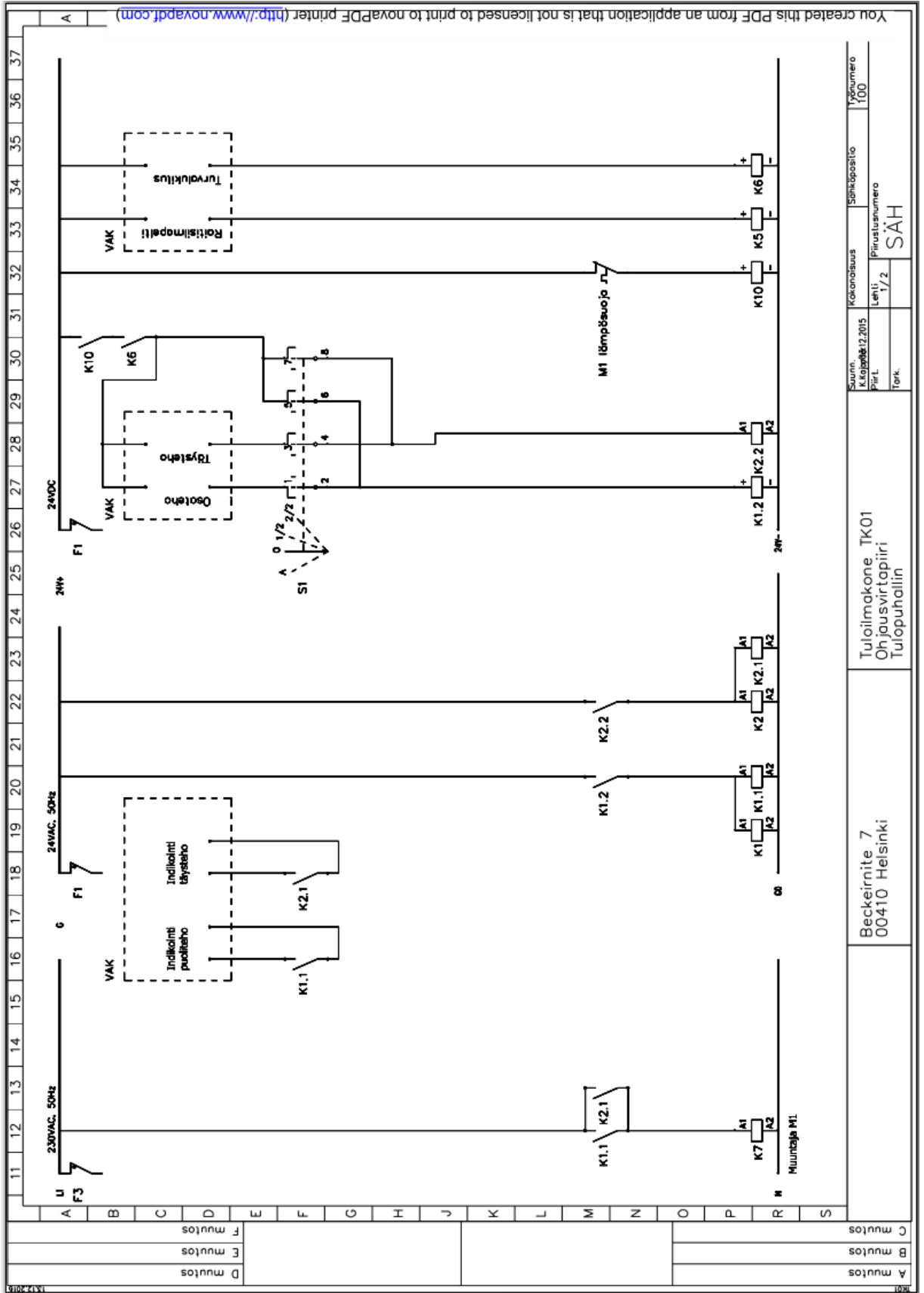
Liite 5. Dokumentaatio

Beckerintie 7
VAK 1 pisteluettelo

Moduli	Osoite	Moduulin liittimet	Signaalityyppi	Alue	Pisteen nimi	Kaapeli	Kaapelityyppi	Parit- / johdinnumero
KL1408	1.1	24V	On-Off	0-1	TK01 Lämmityspumppu indikoiti	W100	Nomak 12x2+0.5	6or
KL1408	1.2	24V	On-Off	0-1	TK01 Tuloilmapuhallin 1/2 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	6va
KL1408	1.3	24V	On-Off	0-1	TK01 Tuloilmapuhallin 1/1 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	7or
KL1408	1.4	24V	On-Off	0-1	TK01 Poistoilmapuhallin 1/2 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	7va
KL1408	1.5	24V	On-Off	0-1	TK01 Poistoilmapuhallin 1/1 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	8or
KL1408	1.6	24V	On-Off	0-1	TK02 Lämmityspumppu indikoiti	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	8si
KL1408	1.7	24V	On-Off	0-1	TK02 Tuloilmapuhallin 1/2 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	8pu
KL1408	1.8	24V	On-Off	0-1	TK02 Tuloilmapuhallin 1/1 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	9si
KL1408	2.1	24V	On-Off	0-1	TK02 Poistoilmapuhallin 1/2 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	9pu
KL1408	2.2	24V	On-Off	0-1	TK02 Poistoilmapuhallin 1/1 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	10si
KL1408	2.3	24V	On-Off	0-1	LS01 IV-verkostopumppu	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	8si
KL1408	2.4	24V	On-Off	0-1	LS02 Patteriverkostopumppu	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	9si
KL1408	2.5	24V	On-Off	0-1	LS03 Käyttövesipumppu	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	10si
KL1408	2.6	24V	On-Off	0-1				
KL1408	2.7	24V	On-Off	0-1				
KL1408	2.8	24V	On-Off	0-1				
KL3228	3.1	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK01 Tuloilman lämpötila	W100	Nomak 12x2+0.5	1or
KL3228	3.2	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK01 Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen	W100	Nomak 12x2+0.5	1va
KL3228	3.3	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK01 Poistoilman lämpötila	W100	Nomak 12x2+0.5	2or
KL3228	3.4	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK01 Poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen	W100	Nomak 12x2+0.5	2va
KL3228	3.5	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK01 Lämmityspatterin paluuveden lämpötila	W100	Nomak 12x2+0.5	3or
KL3228	3.6	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK02 Tuloilman lämpötila	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	1 Pari
KL3228	3.7	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK02 Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	2 Pari
KL3228	3.8	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK02 Poistoilman lämpötila	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	3 Pari
KL3228	4.1	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK02 Poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	4 Pari
KL3228	4.2	0V	Pt1000	-50 -150°C	TK02 Lämmityspatterin paluuveden lämpötila	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	5 Pari
KL3228	4.3	0V	Pt1000	-50 -150°C	LS01 IV-verkosto menolämpötila	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	1pu
KL3228	4.4	0V	Pt1000	-50 -150°C	LS02 Patteriverkosto menolämpötila	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	2pu
KL3228	4.5	0V	Pt1000	-50 -150°C	LS03 Käyttövesi menolämpötila	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	3pu
KL3228	4.6	0V	Pt1000	-50 -150°C				
KL3228	4.7	0V	Pt1000	-50 -150°C				
KL3228	4.8	0V	Pt1000	-50 -150°C				

Beckerintie 7
VAK 1 pisteluettelo

KL3464	5.1	GND	1	0-10V	0-500 Pa	TK01 Tuloilman suodatinvahti	W100	Nomak 12x2+0.5	3va
KL3464	5.2	GND	5	0-10V	0-500 Pa	TK01 Poistoilman suodatinvahti	W100	Nomak 12x2+0.5	4or
KL3464	5.3	GND	3	0-10V	0-500 Pa	TK01 Paine-ero LTO:n yli(Huurteenesto)	W100	Nomak 12x2+0.5	4va
KL3464	5.4	GND	7	0-10V	0-500 Pa	TK02 Tuloilman suodatinvahti	W102	Jamak4x(2+1)x0.5	3si, 3pu
KL3464	6.1	GND	1	0-10V	0-500 Pa	TK02 Poistoilman suodatinvahti	W102	Jamak4x(2+1)x0.5	2si, 2pu
KL3464	6.2	GND	5	0-10V	0-500 Pa	TK02 Paine-ero LTO:n yli(Huurteenesto)	W102	Jamak4x(2+1)x0.5	1si, 1pu
KL3464	6.3	GND	3	0-10V	-50-50 °C	Ulkolämpötila	W104	Jamak4x(2+1)x0.5	4si, 4pu
KL3464	6.4	GND	7	0-10V	0-1000 lx	Valoisuus	W104	Jamak4x(2+1)x0.5	3si, 3pu
KL4404	7.1	0V	1	0-10V	0-100 %	TK01 Lämmitysventtiili	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	5or
KL4404	7.2	0V	5	0-10V	0-100 %	TK01 LTO peltimoottori	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	5va
KL4404	7.3	0V	3	0-10V	0-100 %	TK02 Lämmitysventtiili	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	6si
KL4404	7.4	0V	7	0-10V	0-100 %	TK02 LTO peltimoottori	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	6pu
KL4404	8.1	0V	1	0-10V	0-100 %	LS01 IV-verkosto säätöventtiili	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	5si
KL4404	8.2	0V	5	0-10V	0-100 %	LS01 Patteriverkosto säätöventtiili	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	5pu
KL4404	8.3	0V	3	0-10V	0-100 %	LS01 Käyttövesi säätöventtiili	W103	Jamak12x(2+1)x0.5	4si
KL4404	8.4	0V	7	0-10V	0-100 %				
KL2408	9.1	0V	1	On-Off	0-1	TK01 Raitisilma peltimoottori	W100	Nomak 12x2+0.5	8va
KL2408	9.2	0V	5	On-Off	0-1	TK01 Tuloilmapuhallin 1/2 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	9or
KL2408	9.3	0V	2	On-Off	0-1	TK01 Tuloilmapuhallin 1/1 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	9va
KL2408	9.4	0V	6	On-Off	0-1	TK01 Poistoilmapuhallin 1/2 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	10or
KL2408	9.5	0V	3	On-Off	0-1	TK01 Poistoilmapuhallin 1/1 nopeus	W100	Nomak 12x2+0.5	10va
KL2408	9.6	0V	7	On-Off	0-1	TK02 Raitisilma peltimoottori	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	10pu
KL2408	9.7	0V	4	On-Off	0-1	TK02 Tuloilmapuhallin 1/2 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	11si
KL2408	9.8	0V	8	On-Off	0-1	TK02 Tuloilmapuhallin 1/1 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	11pu
KL2408	10.1	0V	1	On-Off	0-1	TK02 Poistoilmapuhallin 1/2 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	12si
KL2408	10.2	0V	5	On-Off	0-1	TK02 Poistoilmapuhallin 1/1 nopeus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	12pu
KL2408	10.3	0V	2	On-Off	0-1	TK02 Turvalukitus	W101	Jamak12x(2+1)x0.5	7pu
KL2408	10.4	0V	6	On-Off	0-1	TK01 Turvalukitus	W100	Nomak 12x2+0.5	11or
KL2408	10.5	0V	3	On-Off	0-1	Ulkovalot	W105	KLMA 4x0.8+0.8	ke
KL2408	10.6	0V	7	On-Off	0-1				
KL2408	10.7	0V	4	On-Off	0-1				
KL2408	10.8	0V	8	On-Off	0-1				



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

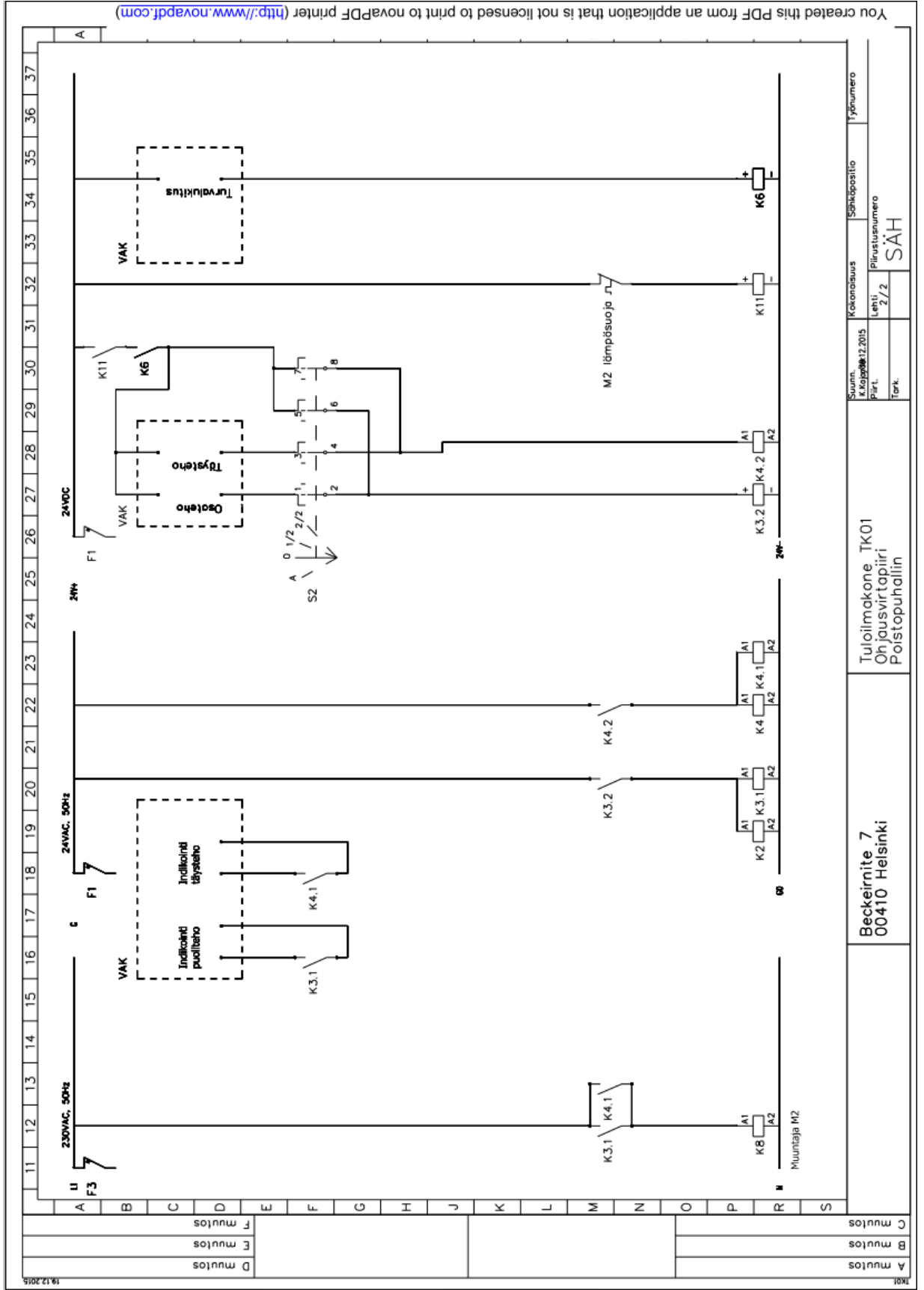
Siuna K. Korpola 12/2015	Kokoonlaus Lehti 1/2	Sähköpiirio Pirustusnumero	Työnumero 100
Piir.L Tark.		SÄH	

Tuolaimakone TK01
Ohjauvirtapiiri
Tulopuhallin

Beckeririte 7
00410 Helsinki

A 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11

A	mullos
B	mullos
C	mullos
D	mullos
E	mullos
F	mullos
G	
H	
I	
J	
K	
L	
M	
N	
O	
P	
Q	
R	
S	



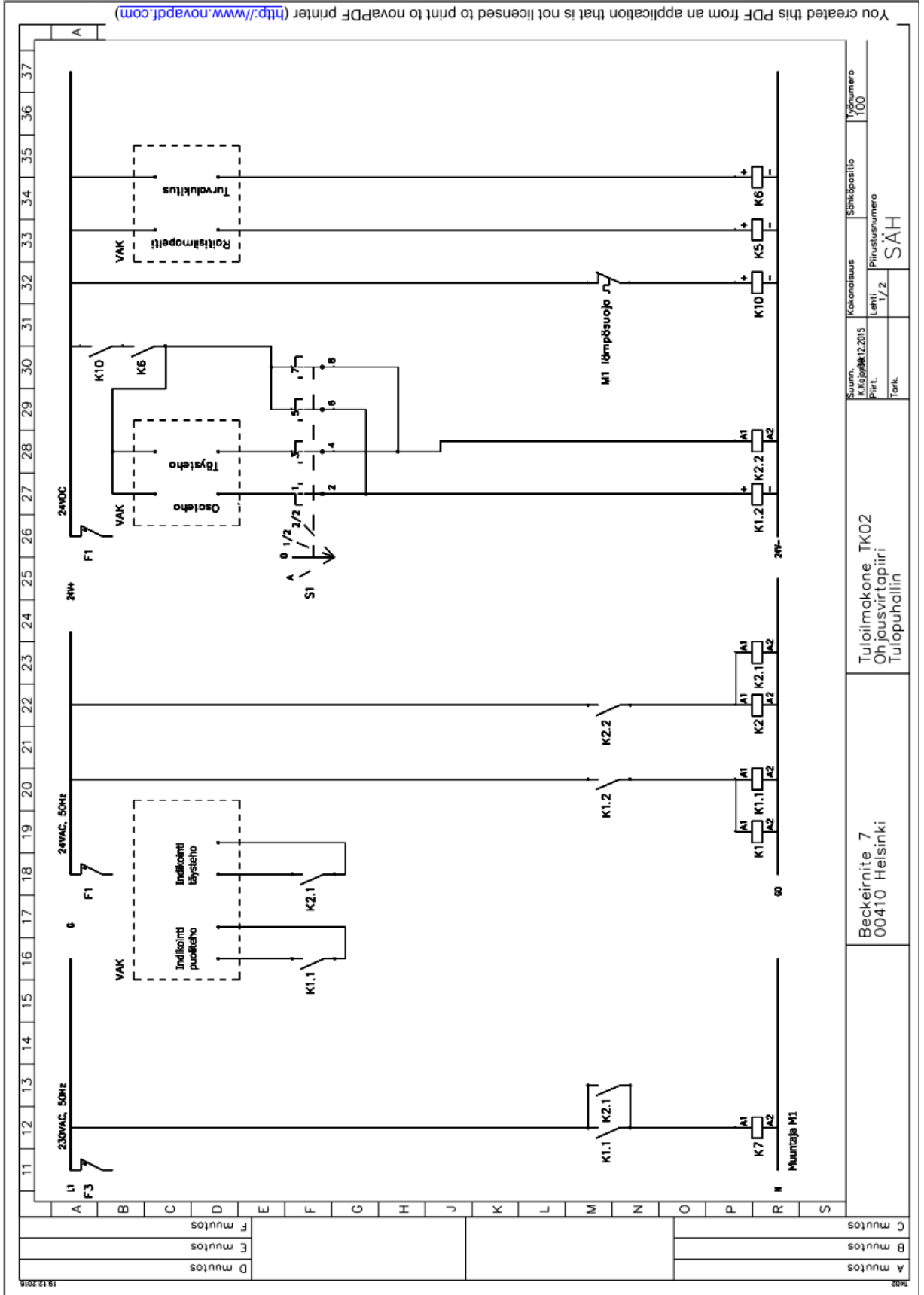
You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

A muutos	
B muutos	
C muutos	
D muutos	
E muutos	
F muutos	

Saunnt. k.k. 08/12/2015		Kokonaisuus		Sijakaappio		Työnumero	
Pärl. 2/2		Lehti		Päärustunumero			
Tark.				SÄH			
Beckerrnite 7 00410 Helsinki				Tuloilmakone TK01 Ohjauvirtapiiri Poistopuhallin			

18.12.2015

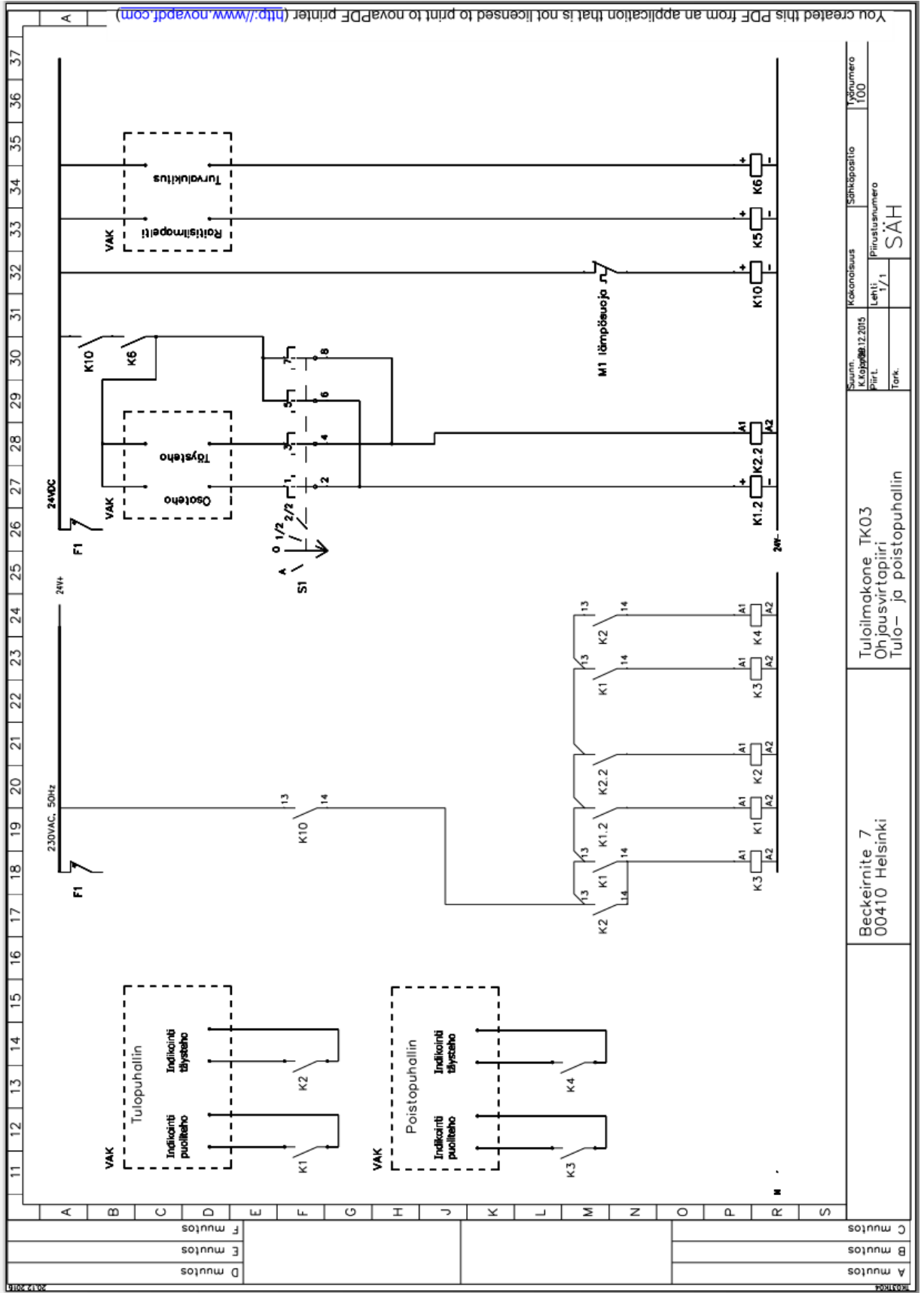
18/1



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

A	muitos
B	muitos
C	muitos
D	muitos
E	muitos
F	muitos
G	
H	
I	
J	
K	
L	
M	
N	
O	
P	
Q	
R	
S	

Suunn. K. Kojala 12.2015		Kokoonlaus	Sähköpiirros	Yhteensä
Piirt.	Lehti	Lehti	Piirustusnumero	100
Tark.	1/2		SÄH	
Beckermite 7 00410 Helsinki		Tulolaimakone TK02 Ohjauvirtapiiri Tulopuhallin		



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

A 37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11

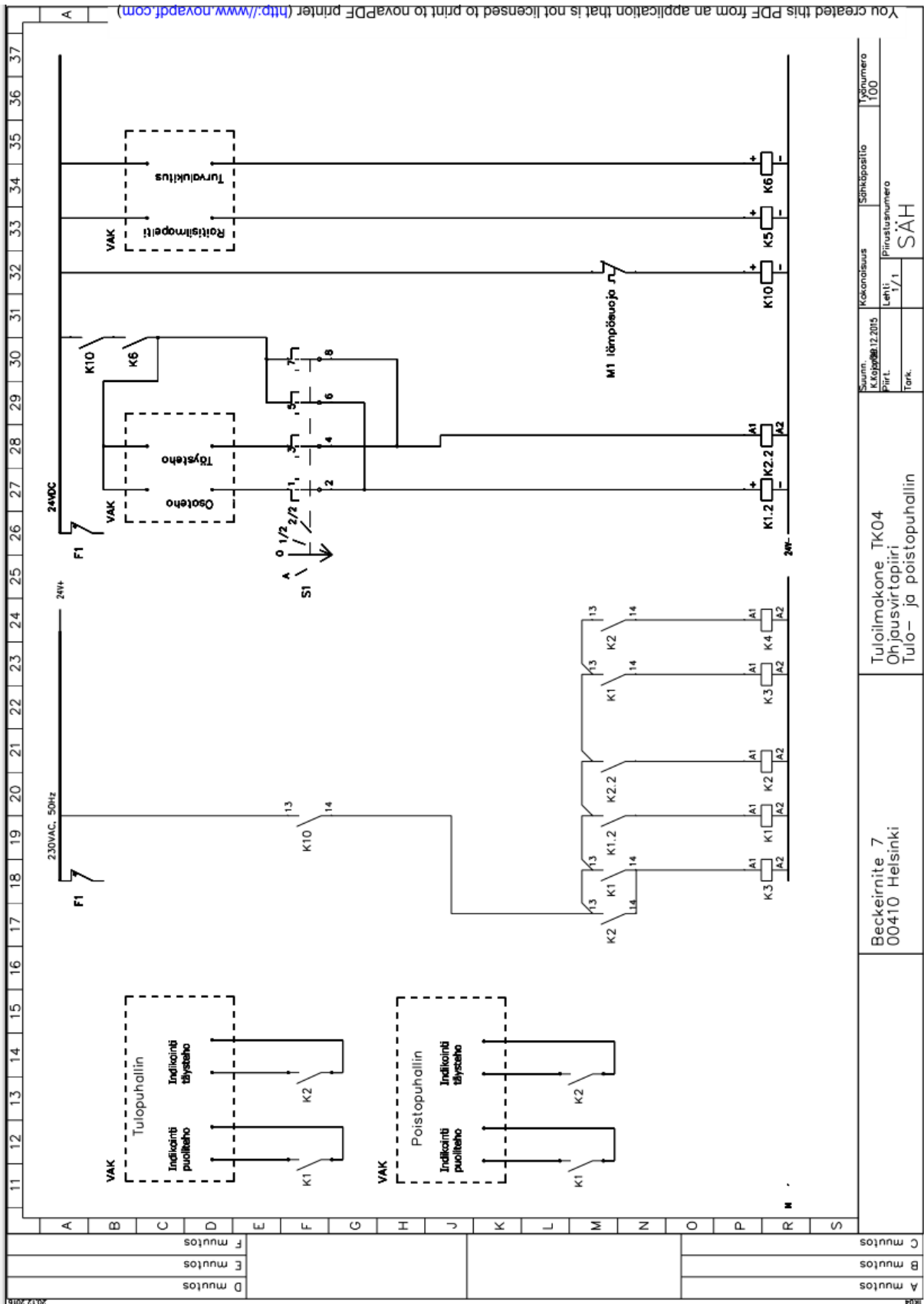
A	230VAC, 50Hz	24V	F1	24VDC	F1	S1	0 1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
---	--------------	-----	----	-------	----	----	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Suunn. / Kuvattu / Pirt.	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Työnumero
12.2015	Lehti: 1/1	Piirustusanumero	100
Tark.		SAH	

Tuloilmakone TK03
Ohjausvirtapiiri
Tulo- ja poistopuhallin

Beckermite 7
00410 Helsinki

A	muitos
B	muitos
C	muitos



You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

A multos	Beckermite 7 00410 Helsinki	Tuloilmakone TK04 Ohjauvirtapiiri Tulo- ja poistopuhallin	<table border="1"> <tr> <td>Seuraava</td> <td>Kokonaissuus</td> <td>Sähköpostiosoite</td> <td>Yhteystietojen numero</td> </tr> <tr> <td>Kilpailunumero</td> <td>12.2015</td> <td>Lehti</td> <td>1/1</td> </tr> <tr> <td>Proj.L</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tarkk.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Seuraava	Kokonaissuus	Sähköpostiosoite	Yhteystietojen numero	Kilpailunumero	12.2015	Lehti	1/1	Proj.L				Tarkk.			
Seuraava	Kokonaissuus	Sähköpostiosoite	Yhteystietojen numero																
Kilpailunumero	12.2015	Lehti	1/1																
Proj.L																			
Tarkk.																			
B multos																			
C multos																			