

Jussi-Pekka Partanen

TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTÖN
HYÖDYT KÄYTÖSSÄ OLEVISSA
ILMANVAIHTOKONEISSA

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>28.4.2011</p>	
<p>Tekijä(t) Jussi-Pekka Partanen</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma</p>	
<p>Nimeke</p> <p>Taajuusmuuttajakäytön hyödyt käytössä olevissa ilmanvaihtokoneissa</p>		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli tutustua taajuusmuuttajakäytöllä päästäviin hyötyihin käytössä olevissa ilmanvaihtokoneissa. Työn alussa kerrotaan yleisesti taajuusmuuttajista, jonka jälkeen perehdytään hieman tarkemmin taajuusmuuttajan rakenteeseen ja säätötapoihin. Tarkastelussa on myös taajuusmuuttajien yleisimmät käyttökohteet ja saavutettavat hyödyt. Koska kyseessä ovat ilmanvaihtokoneet, tässä työssä on keskitytty pääasiassa pumppu- ja puhallinkäyttöihin.</p> <p>Ilmanvaihto-osiossa on aluksi kerrottu ilmanvaihdon merkityksestä. Yleisen asian jälkeen käsittelyssä on erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät sekä työn kannalta tärkeä asia, tarpeenmukainen ilmanvaihto. Työssä seurattiin Sulkavalla olevien energiasäästökohteiden energiankulutusta muutaman kuukauden ajan. Energiankulutusvertailu toteutettiin laskemalla ja taulukoita analysoimalla. Vertailun tarkoituksena oli selvittää energiankulutuksen ero ilman taajuusmuuttajaa ja taajuusmuuttajan kanssa.</p> <p>Johtopäätöksenä voikin todeta, että taajuusmuuttajan käyttö ilmanvaihtokoneissa säästää energiaa. Säästetyn energian määrä riippuu rakennuksesta ja sen ilmanvaihtojärjestelmästä. Investointilaskelmien perusteella taajuusmuuttajainvestointi maksaa itsensä takaisin 2-4 vuoden kuluessa.</p>		
<p>Asiasanat (avainsanat)</p> <p>Taajuusmuuttaja, energiansäästö, ilmanvaihto, sähkömoottori, EMC</p>		
<p>Sivumäärä</p> <p>39</p>	<p>Kieli</p> <p>Suomi</p>	<p>URN</p>
<p>Huomautus (huomautukset liitteistä)</p> <p>9 liitettä</p>		
<p>Ohjaavan opettajan nimi</p> <p>Arto Kohvakka</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja</p> <p>Schneider Electric Finland Oy</p>	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 28.4.2011
Author(s) Jussi-Pekka Partanen	Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis The advantages of a frequency converter in existing ventilation devices		
Abstract The purpose of this bachelor's thesis was to find out the advantages of a frequency converter in existing ventilation devices. At the beginning of this thesis there is some general information about the frequency converter. This leads to the structure and the adjustment methods of the frequency converter. This examination includes also the most common use of a frequency converter and its benefits. Because we are dealing with ventilation devices, this thesis focuses on pump and fan usage. The ventilation part takes a quick look to the basics of ventilation, introduces different ventilation systems and the most important thing, tells what the necessary ventilation actually is. Three energy conservation buildings in Sulkava were followed during this thesis. The energy consumption comparison contained calculation and some table analysis. The main point of this comparison was to find out the difference between energy consumption with and without a frequency converter. The conclusion is that the frequency converter saves energy. The amount of the saved energy depends on the structure of the building and its ventilation system. Referring to investment calculations, frequency converter will refund itself in time.		
Subject headings, (keywords) Frequency converter, energy conservation, ventilation, electric motor, EMC		
Pages 39	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices 9 attachments		
Tutor Arto Kohvakka	Bachelor's thesis assigned by Schneider Electric Finland Oy	

SISÄLTÖ

LYHENTEET.....	3
1 JOHDANTO	5
2 TAAJUUSMUUTTAJAT	6
2.1 Skalaariohjaus ja -säätö	6
2.2 Vektorisäätö.....	7
2.3 Virtavektorisäätö (SVC-I)	8
2.4 Taajuusmuuttajan rakenne	9
2.4.1 Tasasuuntaaja.....	9
2.4.2 Välipiiri	10
2.4.3 Vaihtosuuntaaja.....	11
2.4.4 Ohjauspiiri.....	12
3 TAAJUUSMUUTTAJAN KÄYTTÖKOHTEET JA SAAVUTETTAVAT HYÖDYT	13
3.1.1 Pumppu- ja puhallinkäytössä	13
3.1.2 Sähkömoottorin kannalta	15
4 SIIRTYMINEN TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTTÖÖN	17
4.1 Kaapelointi ja EMC	17
4.2 Sähkömagneettisten häiriöiden estäminen.....	18
4.3 Ylikellottaminen	19
5 ILMANVAIHTO	20
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmät	21
5.2 Tarpeenmukainen ilmanvaihto	23
6 SCHNEIDER ELECTRIC	25
6.1 Schneider Electricin taajuusmuuttajat	26
7 SCHNEIDER ELECTRICIN ESIMERKKIKOHTEET	32
7.1 Sulkavan Palvelut Oy	32
7.1.1 Energiansäästökohteet.....	33
7.1.2 Taajuusmuuttajakäytöllä saavutettu energiansäästö ja investoinnin takaisinmaksuaika tarkasteltavissa kohteissa	36
8 POHDINTA	39

LIITE/LIITTEET

- 1 Liikuntahallin kartoitusraportti
- 2 Kissan kellon sähkönkulutusraportti

LYHENTEET

SVC-I	Sensorless Current Vector Control; virtavektorisäätö
PWM	Pulse-Width Modulation; pulssinleveysmodulaatio
PLC	Programmable Logic Controller; ohjelmoitava logiikka
EMC	Electromagnetic Compatibility; sähkömagneettinen yhteensopivuus
RoHS	Restriction of Hazardous Substances Directive; vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment Directive; sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätys
HVAC	Heating, Ventilating, and Air Conditioning; talotekniikka
PI	PI (proportional-integral) controller; säätötekniikan perussäädin
PTC	Positive Temperature Coefficient; vastustyyppe, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa
Modbus	A serial communications protocol; sarjaliikenneprotokolla
CANopen	Controller Area Network, a communication protocol; hajautettujen järjestelmien integrointialusta
IEC	International Electrotechnical Commission; kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
CO ₂	Carbon dioxide; hiilidioksidi
VOC	Volatile organic compound; haihtuvat orgaaniset yhdisteet

IE International efficiency; hyötysuhdeluokitus

EFF Efficiency; hyötysuhde

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on toteutettu yhdessä Schneider Electric Finland Oy:n ja Sulkavan Palvelut Oy:n kanssa. Työn päätarkoituksena on selvittää taajuusmuuttajakäytön tuomat hyödyt käytössä olevissa ilmanvaihtokoneissa. Työhön kuuluu lisäksi taajuusmuuttajan ja ilmanvaihdon perusteiden esittely, taajuusmuuttajakäyttöön siirtymiseen vaadittavien muutosten läpikäyminen ja yhteistyökumppaneiden esittely.

Nykypäivänä ilmanvaihto kattaa suuren osan kiinteistöjen energiankustannuksista. Siksi onkin tärkeää, että ilmanvaihdosta aiheutuvat energiakustannukset tulisi pitää vähäisinä. Taajuusmuuttajakäyttö ilmanvaihtokoneiden yhteydessä on yksi ratkaisu kustannuksien hallintaan.

Tutkimuksen tavoitteena onkin selvittää, kuinka nopeasti taajuusmuuttajakäytön investointi maksaa itsensä takaisin, ja kuinka paljon pystytään säästämään energiaa käyttämällä taajuusmuuttajaa osana ilmanvaihtoa. Selvitys tehdään seuraamalla kolmen esimerkkikiinteistön kulutusraportteja. Raporttien perusteella voidaan laskea mm. takaisinmaksuaika ja taajuusmuuttajan avulla säästetty energia.

2 TAAJUUSMUUTTAJAT

Taajuusmuuttaja (taajuudenmuuttaja, invertteri, moottorivaihtosuuntaaja) on yksi tärkeimmistä teollisuusalan säätö- ja valvontakomponenteista. Taajuusmuuttaja on sähkölaite, jonka avulla voidaan määrittää moottorin teho optimaaliseksi sekä valvoa moottorin toimintaa.

Taajuusmuuttajan tehtävänä on säätää portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Yksi yleisimmistä käyttökohteista on kytkeä taajuusmuuttaja sähkömoottorin tai -generaattorin ja verkon väliin. Taajuusmuuttajan ja sähkömoottorin yhdistelmää kutsutaan taajuusmuuttajakäytöksi.

Taajuusmuuttajan yksi merkittävimmistä hyödyistä on sen avulla saavutettava energiansäästö. Esimerkiksi pumppu- ja puhallinkäytössä moottoroidun laitteen nopeus voidaan säätää täsmälleen sopivaksi, ja näin ollen epätarkat säädöt eivät aiheuta ylimääräisiä energiakustannuksia. Tämän lisäksi nykyaikaisten taajuusmuuttajien käyttö on helppoa. [1, 2]

2.1 Skalaariohjaus ja -säätö

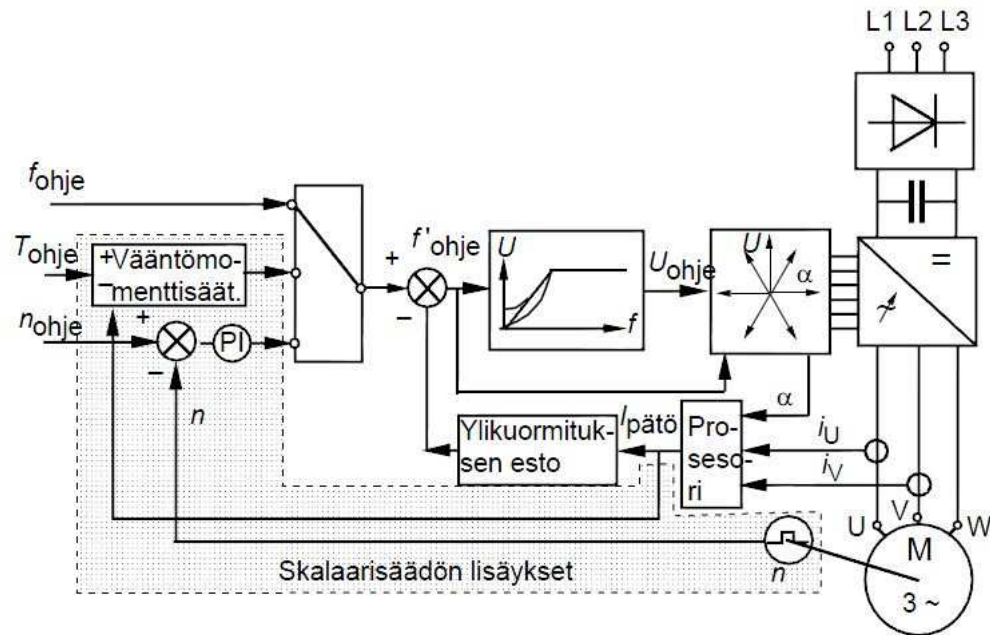
Skalaariohjauksen periaatteena on, että moottorin pyörimisnopeutta ohjataan lähtötaajuutta muuttamalla. Näin ollen moottorin pyörimisnopeus asettuu taajuuden ja kuormitusvääntömomentin määräämään arvoon. Lähtöjännite riippuu lähtötaajuudesta. Jännite kasvaa lineaarisesti tai neliöllisesti aina nimellisjännitteeseen asti. Nimellisjännite saavutetaan moottorin nimellistaajuudella. Nimellistaajuuden yläpuolinen jännite pysyy vakiona. Taajuutta ja jännitettä muutetaan samassa suhteessa aina nimellistaajuuteen asti.

Jännitteen ja taajuuden välistä suhdetta on pidettävä vakiona kaikissa ohjaustilanteissa. Moottorin jatkuva vääntömomentti pienenee, kun taajuus kasvaa ja jännite pysyy nimellisarvossa. Tätä ilmiötä kutsutaan kentänheikennykseksi. Kentänheikennyspiste on kohta, jossa vääntömomentti lähtee pienenemään.

Skalaariohjauksessa mitataan moottorin vaihevirratt ja lasketaan pätövirtakomponentit. Pätövirtakomponentti on verrannollinen moottorin vääntömomenttiin. Moottorin jän-

nitteen ja pätövirran tulo on suoraan verrannollinen moottorin vääntömomenttiin. Tästä johtuu nimitys skalaariohjaus. Moottorin pyörimisnopeutta ei mitata skalaariohjauksen yhteydessä.

Skalaarisäädöllä voidaan säätää joko moottorin pyörimisnopeutta tai vääntömomenttia tai molempia vuorotellen. Pyörimisnopeus jää jättämän verran syöttötaajuutta vastaavaa tahtinopeutta pienemmäksi, jonka jälkeen jättämä asettuu arvoon, jossa työkonetta saa tarvitsemansa tehon. [5, luku 18, s.23]



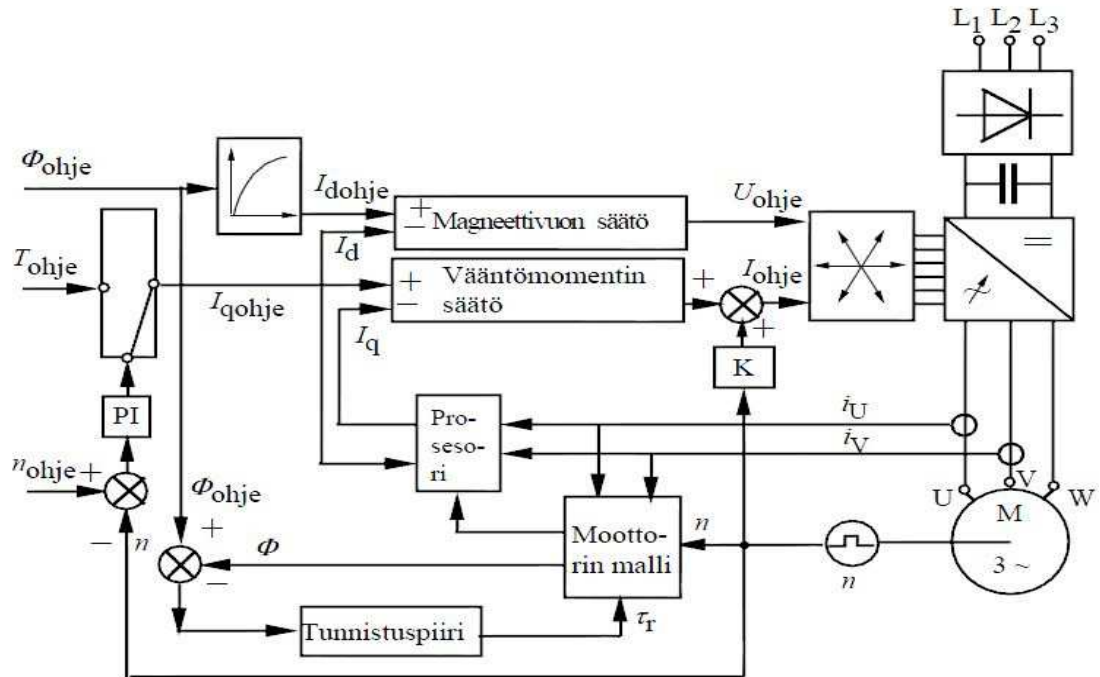
KUVA 1. Skalaariohjauksen ja -säädön lohkoakaavio. /5, luku 18, s.23/

2.2 Vektorisäätö

Päävuon ja roottorivirran vektoritulo muodostaa oikosulkumoottorin vääntömomentin. Vuovektorin suunta on otettava huomioon, jos halutaan säätää vääntömomenttia. Tämän kaltaista säätöä kutsutaan vektorisäädöksi.

Vektorisäädön toteuttaminen edellyttää sekä moottorivirtojen että pyörimisnopeuden asentotarkkaa mittausta. Mittaussignaalit tulee asettaa oikosulkumoottorin matemaattiseen malliin, joka on vaihtosuuntaajassa sijaitsevan mikroprosessorin muistissa. Moottorimallin tehtävä on laskea moottorin magneettivuo ja jakaa virran vääntömomenttia ja magneettivuota kuvaaviin virran osiin. Molempia virtakomponenttia voidaan säätää erikseen, joten moottorin vääntömomenttia pystytään muuttamaan ja vuo pitämään vakiona. Vääntömomentin vasteajaksi kutsutaan aikaa, jonka kuluessa moot-

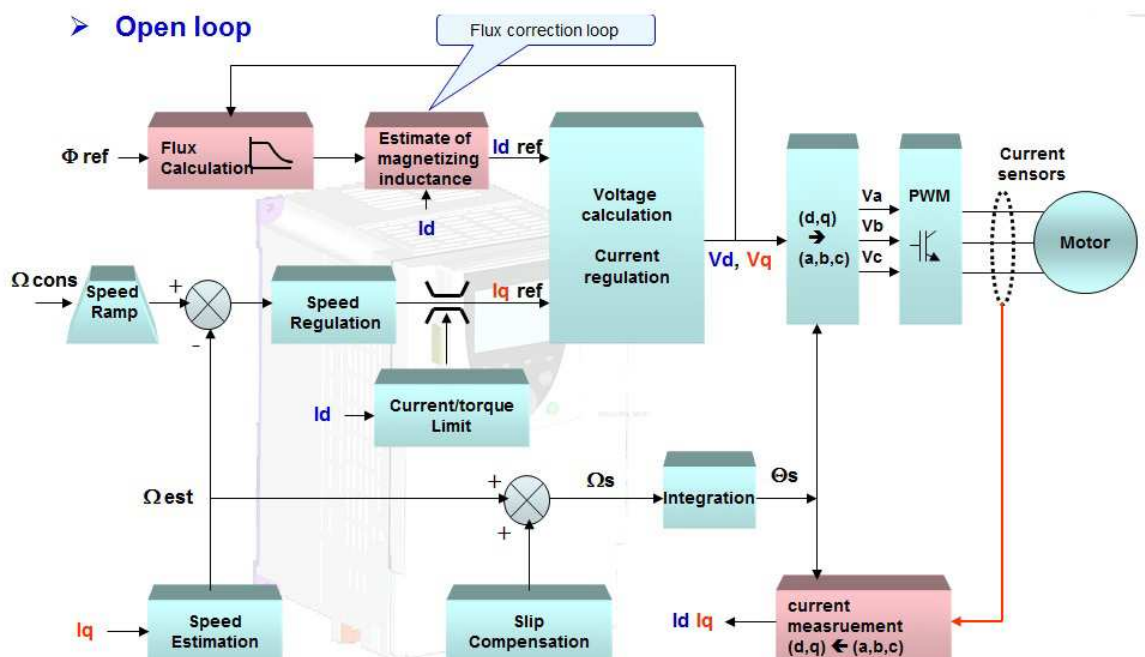
torin vääntömomentin oloarvo on saavuttanut moottorin momenttiohjeen. Tämä aika on erittäin lyhyt – alle 20 millisekuntia. [5, luku 18, s.24]



KUVA 2. Vektorisäädön lohkokkaavio. /5, luku 18, s.25/

2.3 Virtavektorisäätö (SVC-I)

Epätahtimoottorin säätöä hankaloittavat sähköisten suureiden (virta, jännite, vuo) jatkuva vaihtelu. Sen lisäksi vuo ja vääntömomentti ovat riippuvaisia sen hetkisestä virrasta.



KUVA 3. Virtavektorisäädön lohkokkaavio. /6/

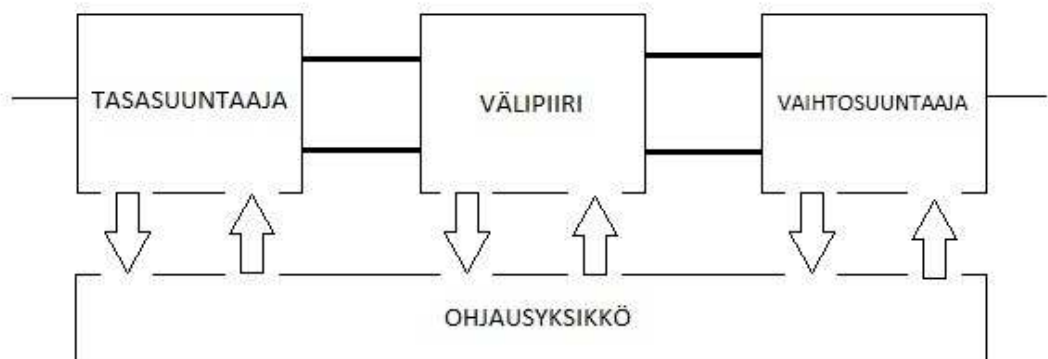
Virtavektorisäädöllä voi ohjata moottorin momenttia suoraan ilman nopeussäätöä. Tämä säätömenetelmä parantaa taajuusmuuttajan staattista ja dynaamista suorituskykyä, joka on tärkeää vääntömomentin ja pyörimisnopeuden kannalta.

Virtavektorisäätö on yhteensopiva Altivar 71- ja vanhan Altivar 58F -taajuusmuuttajamallin kanssa. Sivulla 31 on kerrottu tarkemmin virtavektorisäätöä käyttävän taajuusmuuttajan ominaisuuksista ja käyttökohteista.[6]

2.4 Taajuusmuuttajan rakenne

Yleisin taajuusmuuttajamalli on välipiirillinen taajuusmuuttaja, joka koostuu neljästä pääosasta:

1. tasasuuntaajasta
2. välipiiristä
3. vaihtosuuntaajasta
4. ohjausyksiköstä.



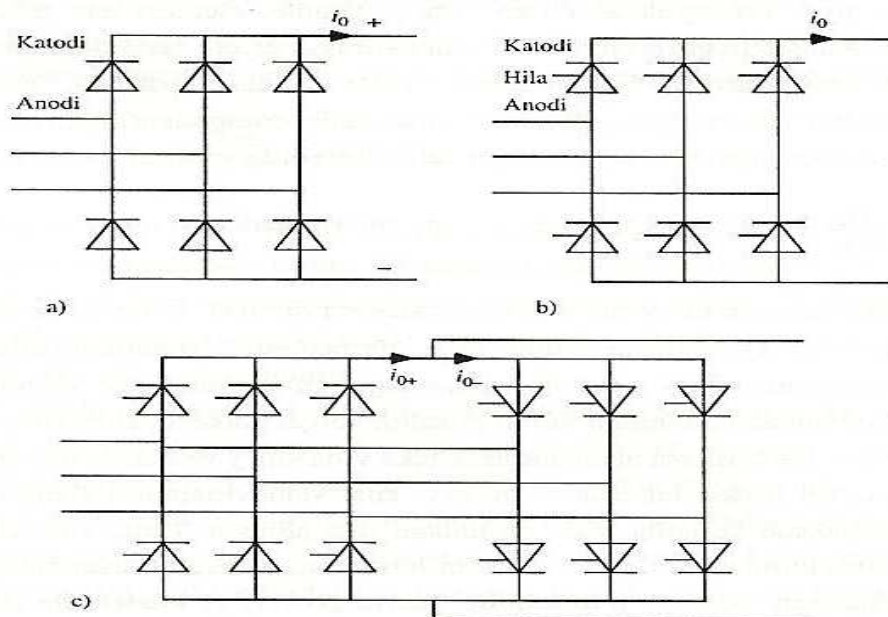
KUVA 4. Välipiirillisen taajuusmuuttajan rakennekuva. /3, s.11/

2.4.1 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaajan tehtävänä on muuttaa syöttöverkon kolmivaiheinen vaihtojännite sykkiväksi tasajännitteeksi.

Taajuusmuuttajan tasasuuntaaja sisältää joko diodit, tyristorit tai näiden puolijohteiden yhdistelmän. Diodeilla varustettua tasasuuntaajaa kutsutaan ohjaamattomaksi. Pelkäs-

tään tyristoreilla valmistettua tasasuuntaajaa kutsutaan kokoaalto-ohjatuksi. Jos tasasuuntaaja sisältää tyristoreja ja diodeja, on se silloin ohjattu puoliaaltotasasuuntaaja. [3, s.13]



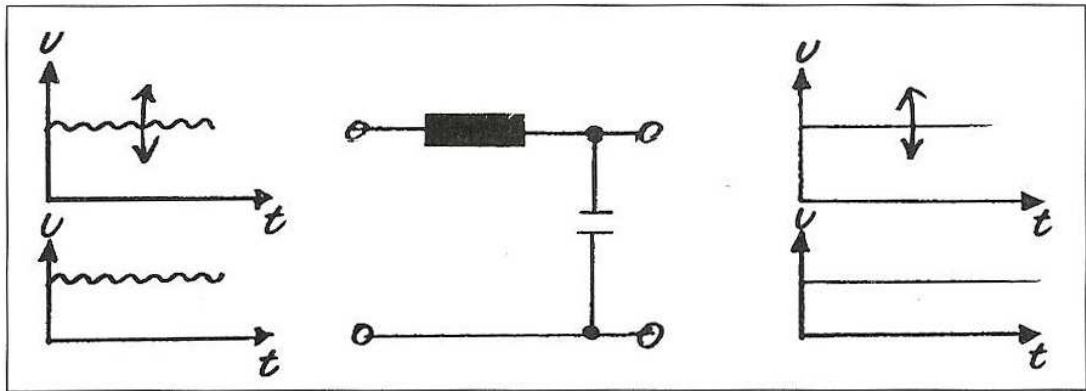
KUVA 5. Kuusipulssitasasuuntaajia; a) diodisilta; b) tyristorisilta; c) vastarinnan kytketty tyristorisilta. /4, s.42/

2.4.2 Välipiiri

Välipiiri toimii energian välivarastona, josta moottori ottaa energiansa vaihtosuuntaajan välityksellä. Välipiirin toteutus riippuu tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan tyypistä.

Välipiirejä on olemassa kolmea eri tyyppiä; muuttava tasavirtavälipiiri, vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri ja muuttuvajännitteinen välipiiri. Näiden tyyppien päätehtävät ovat seuraavat:

- Tasasuuntaajan jännite muutetaan tasavirraksi.
- Sykkivä tasajännite suodatetaan.
- Tasasuuntaajan tasajännite muunnetaan muuttuvaksi vaihtojännitteeksi. [3, s.16–17]



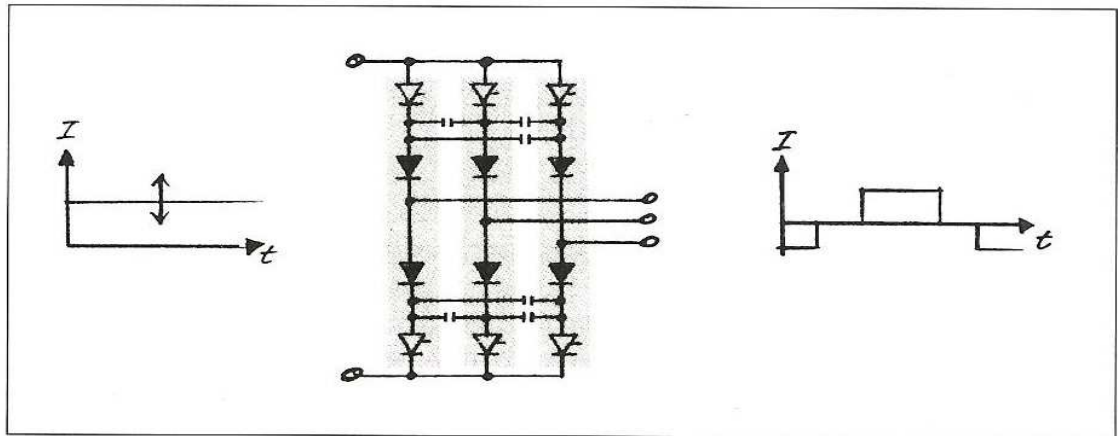
KUVA 6. Vakio- tai muuttuvajännitteinen välipiiri. /3, s.17/

2.4.3 Vaihtosuuntaaja

Moottorijännitteen taajuutta ja suuruutta ohjataan vaihtosuuntaajalla. Vakiotasajännite on myös mahdollista muuntaa muuttuvaksi jännitteeksi. Koska lähtöjännite sopeutetaan kuormitukseen, mahdollistaa taajuusmuuttaja todella hyvät toimintasuhteet koko säätöalueelle.

Vaihtosuuntaaja saa välipiiristä joko muuttuvan tasavirran, muuttuvan jännitteen tai vakiotasajännitteen. Vaihtosuuntaajan tehtävänä on huolehtia siitä, että moottorin syöttö on aina vaihtovirtaa.

Vaihtosuuntaajat eivät toimi aina samalla tavalla, vaan niillä voi olla erilaisia tehtäviä. *Kun vaihtosuuntaaja saa muuttuvan virran tai jännitteen, sen tarvitsee vaikuttaa vain taajuuteen. Jos sitä vastoin jännite on vakio, vaihtosuuntaajan tulee ohjata jännitteen taajuutta ja amplitudia.* Vaikka vaihtosuuntaajien tehtävät poikkeavat toisistaan, ne ovat silti tehty samalla tavalla. Pääkomponentteina toimivat ohjatut puolijohteet, jotka ovat pareittain kolmessa haarassa. [3, s.18–19]



KUVA 7. Vaihtosuuntaaja, jossa on muuttuva välipiirin virta /3, s.19/

2.4.4 Ohjauspiiri

Taajuusmuuttajan neljäntenä lohkona toimii ohjauspiiri (ohjausyksikkö, ohjauskortti). Tällä ohjauspiirillä on kaksi päätehtävää:

- Ohjata taajuusmuuttajan puolijohteita
- Vastaanottaa ympärillä olevista laitteista tulevia viestejä tai lähettää niitä muihin laitteisiin.

Yllämainittuja viestejä voi antaa joko käyttäjä itse (ohjauspaneelin kautta) tai ylemmän tason PLC-ohjaus.

Ohjauspiirin tulot ja lähdöt riippuvat prosessista, jossa taajuusmuuttajaa käytetään. Taajuusmuuttajan tulee ottaa vastaan sekä analogisia että digitaalisia viestejä, jos sitä käytetään esimerkiksi automatisoidussa laitoksessa.

- Analogiaviesteillä voi olla mikä tahansa arvo määritellyllä alueella.
- Digitaaliviesteillä voi olla vain kaksi arvoa. [3, s. 31–33]

3 TAAJUUSMUUTTAJAN KÄYTTÖKOHTEET JA SAAVUTETTAVAT HYÖDYT

Nykyaikaisia taajuusmuuttajia voidaan käyttää hyödyksi yhä useammalla tavalla. Käyttökohteita ovat mm.:

- Pumppu- ja puhallinkäytöt
- Murskaimet
- Materiaalinkäsittely
- Nostoliikkeet ja linjastot
- Nosto-ovet, sekoittimet jne.

Tässä työssä tutustutaan kuitenkin tarkemmin pumppu- ja puhallinkäyttöihin.

Sähkömoottoreiden yleistymisen ja niiden lisääntyminen ovat nykypäivää. Joissain tapauksissa niitä syötetään suoraan verkosta ilman minkäänlaista säätöä eli ne käyvät täysillä kierroksilla, vaikkei olisi tarvetta. Tämä ongelma kohdistuu erityisesti puhallinkäyttöihin, joissa säätö tapahtuu usein ilmamassaa kuristamalla.

Pumppu- ja puhallinkäytöissä pienikin kierrosnopeuden alentaminen saa aikaan merkittävää energiansäästöä. Esimerkiksi, jos puhaltimen pyörimisnopeutta pystytään alentamaan 20 % (50 Hz:stä 40 Hz:iin), putoaa tällöin teho 100 %:sta 51 %:iin (teho on verrannollinen pyörimisnopeuden kolmanteen potenssiin).

Energiansäästön kannalta on myös tärkeää, että esimerkiksi sähkömoottoreiden käynnistyksiset ja pysäytykset tapahtuvat tasaisesti. Tämä lisää laitteiden elinikää, koska mekaaniset osat säästyvät turhilta rasituksilta. [3,8]

3.1.1 Pumppu- ja puhallinkäytössä

Suurin osa pumppu- ja puhallinkäytön energiahäviöistä muodostuu mitoitus- ja säätöhäviöistä. Sähkönsäästön kannalta olisikin tärkeää, että nämä häviöt tulisi karsia pois ilmanvaihtojärjestelmistä.

Mitoitushäviöitä saadaan vähennettyä sekä moottorin että toimilaitteen, esimerkiksi pumpun tai puhaltimen optimaalisella sovituksella prosessin tarpeisiin. Sovituksen ideana on, että laite toimii prosessissa parhaan hyötysuhteen alueellaan. Moottorin osalta optimointitehtävä on suhteellisen yksinkertainen, tarkoittaen oikeankokoisen ja parhaan hyötysuhteen omaavaa moottoria. Pumpun ja puhaltimen valinta optimaalisesti on hankalampaa, koska ne on sovitettava yhtäaikaisesti sekä prosessin tarvitseman virtauksen että paine-eron osalta.

Prosessin suunnittelussa on otettava huomioon, että paine-ero- ja virtausarvot eivät ole välttämättä tarkkoja, ”lopullisia” arvoja. Pumput ja puhaltimet ylimitoitetaan yleensä reilusti, koska alimitoitus on virhe, jota halutaan erityisesti välttää. Ylimitoituksen huono puoli on se, että se huonontaa pumppauksen hyötysuhdetta. Säätohäviöt syntyvät tarpeesta säätää moottorikäyttöjen tekemää työtä. Pumppujen ja puhaltimien yhteydessä on tärkeää säätää virtaus prosessin tarpeiden mukaan. Pitkään käytössä ollut virtauksen kuristaminen säätöventtiilillä on edelleenkin yksi yleisimmistä säätötavoista. Mitä enemmän venttiilillä kuristetaan, sitä enemmän energiaa menetetään säätöventtiilissä tapahtuvan painehäviön kautta.

Pyörimisnopeussäädön periaatteena on pienentää virtausta ja paine-eroa pumpun tai puhaltimen kierrosnopeutta pienentämällä, ja näin ollen välttää kuristushäviöt. Virtaus muuttuu suurin piirtein suhteessa pyörimisnopeuden muutokseen ja paine-ero suhteessa sen neliöön. Staattisen vastapaineen ollessa pieni, pumpun tai puhaltimen hyötysuhde ei juuri huonone virtauksen pienentyessä. Tämä tekee pyörimisnopeussäädöstä todella energiatehokkaan säätötavan.

Jos taas staattinen vastapaine on suuri, pumpun ja puhaltimen hyötysuhde huononee huomattavasti virtauksen pienentyessä. Kuristussäädön korvaaminen pyörimisnopeussäädöllä säästää aina energiaa. Energiansäästön suuruus riippuu säätöalueen laajuudesta, virtauksesta, toimilaitteesta sekä virtausprosessista (staattisesta vastapaineesta).

Tiettyjä selviä tapauksia lukuun ottamatta, säästön kannattavuutta on hankalaa luotettavasti selvittää ilman positiokohtaisia riittäviä ja tarkkoja mittaustuloksia. [9, s. 13]

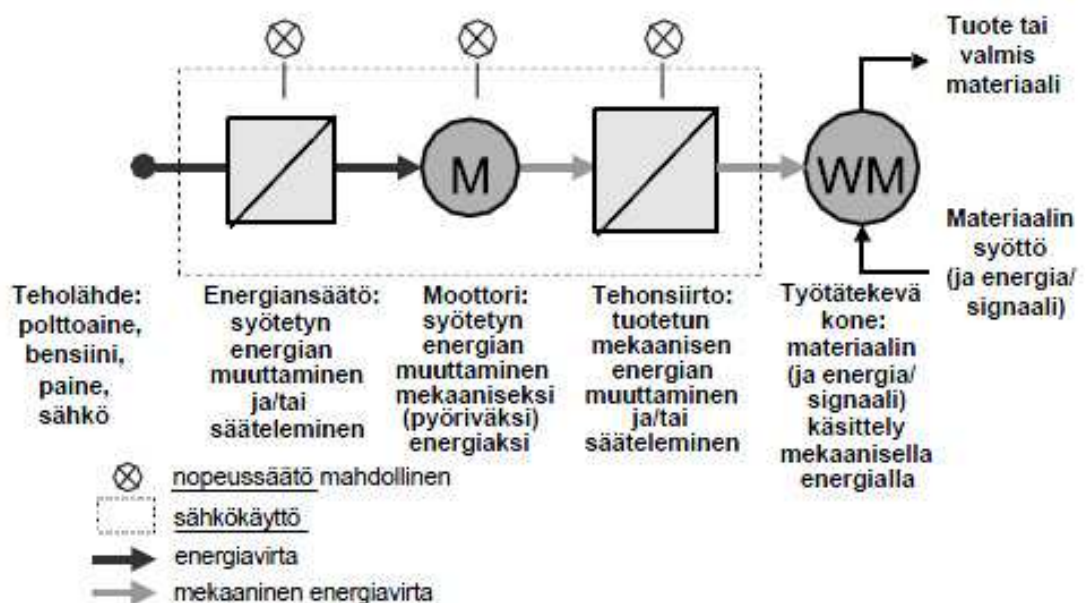
3.1.2 Sähkömoottorin kannalta

Nykypäivän sähkömoottorit ovat luotettavia, helposti hankittavissa ja ne omaavat hyvän hyötysuhteen. Taajuusmuuttajakäytön avulla näitä ominaisuuksia voidaan parantaa vielä huomattavasti.

Itse sähkömoottorin kannalta yksi tärkeä hyötyseikka taajuusmuuttajakäytössä on sen avulla saavutettava pehmeä käynnistys ja pysäytys. Pieni käynnistysvirta ja nopeudensäätö säästävät mekaniikkaa (jarrut, laakerit, vaijerit vaihteistot jne.) ja sähköverkkoa äkkinäisiltä ja tuhoa aikaansaavilta nytkähdyksiltä.

Portaattomalla nopeudensäädöllä moottorin ei tarvitse tehdä niin sanotusti turhaa työtä, koska se voidaan ohjelmoida tarkasti tiettyä tehtävää varten. Moottorin käydessä optimaalisilla säädöillä

- Pitenee moottorin elinikä
 - ✓ Säästöt investointikustannuksissa
- Ylimääräistä energiaa ei kulu turhaan
 - ✓ Energiakustannukset pysyvät aisoissa
- Prosessin tehokkuus paranee
 - ✓ Hyötysuhde kohenee



KUVA 8. Esimerkki koneen pääkomponenteista. /14/

Edellä oleva kuva havainnollistaa, kuinka kolme ensimmäistä komponenttia muodostavat sähkökäytön, joka pystyy muuttamaan syötetyn (sähkö)energian työtätekevien koneiden käyttämäksi mekaaniseksi energiaksi. Näiden kolmen komponentin nopeussäätö voidaan toteuttaa esimerkiksi taajuusmuuttajan avulla.

4 SIIRTYMINEN TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTTÖÖN

Taajuusmuuttajakäyttöön siirtyessä on yleensä tavoitteena päästä parempaan energiansäästöön. Itse siirtymävaihe ei kuitenkaan tapahdu käden käänteessä, vaan laitteistoon joudutaan tekemään muutoksia. Seuraavassa kappaleessa käsitellään muutamia lisävaatimuksia.

4.1 Kaapelointi ja EMC

Sähkölaitteelta edellytetään sen turvallisuuden, luotettavuuden ja huollettavuuden lisäksi moitteetonta toimintaa muiden laitteiden kanssa sille tarkoitetuissa toimintaympäristössä. Häiriöttömän toiminnan takaa samaan käyttöympäristöön tarkoitettujen laitteiden sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC, electromagnetic compatibility). Sähkölaite ei saa kohtuuttomasti lähettää ympäristöönsä häiriöitä, toisaalta, sen on siedettävä riittävässä määrin muualta tulleita häiriöitä. [Tukes-direktiivi, 18]

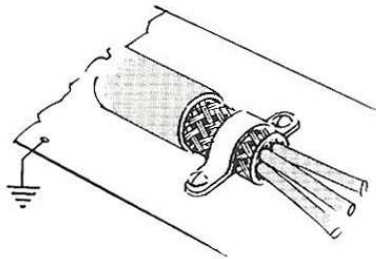
Taajuusmuuttajakäyttöön siirtyminen tuo joitakin lisävaatimuksia kaapelointiin ja maadoitukseen. Moottori tulee kaapeloida suojatuilla, symmetrisillä kaapeleilla ja tiivisteholkeilla (tarkemmin sanottuna EMC-tiivisteholkeilla), jotka muodostavat 360 asteen liitoksen. Alle 30 kW:n moottoreissa on mahdollista käyttää epäsymmetrisiä kaapeleita, mutta on aina suositeltavaa, että käytetään suojattuja kaapeleita (etenkin jos käytettävässä sovelluksessa on herkkiä antureita).

Moottorin rungon ja koneen välillä tarvitaan ylimääräinen potentiaalintasaus, jos moottorin IEC-runkokoko on 280 tai suurempi. Moottorin ja koneen ollessa yhteisellä teräsalustalla, ylimääräistä potentiaalitasausausta ei tarvita. Kytkenän suurtaajuinen johdotus tulee tarkistaa, jos teräsalusta toimii potentiaalintasauksena.

EMC-vaatimusten johdosta taajuusmuuttajakäytön yhteydessä tulee käyttää EMC-hyväksytyjä kaapeleita (esimerkiksi EMCMK- tai AEMCMK-kaapeleita) sekä maadoituksesta huolehtivaa tiivisteholkkiasennusta. Tarkemmat ja yksityiskohtaisemmat ohjeet löytyvät yleensä jokaisen taajuusmuuttajamallin käyttöoppaasta.[19]

4.2 Sähkömagneettisten häiriöiden estäminen

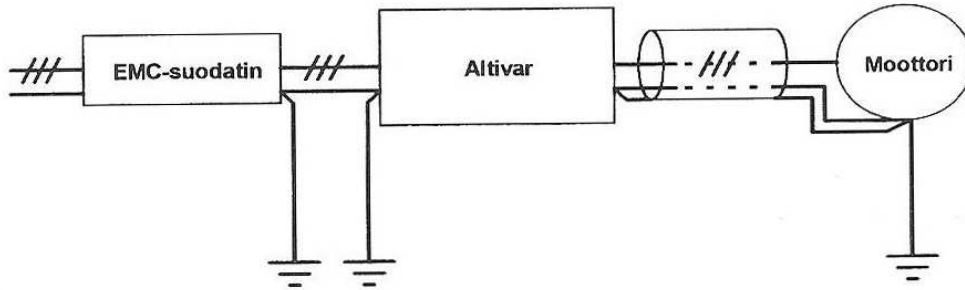
- Taajuusmuuttajan varustaminen radiohäiriösuotimella (eli EMC-suotimella). Suodin tulee liittää taajuusmuuttajassa syöttävän verkon puolelle, jolloin sähkömagneettiset häiriöt eivät pääse johtumaan syöttävään verkkoon. EMC-suodin pitää liittää taajuusmuuttajaan lyhyellä kaapelilla, koska tällä tavoin häiriösäteilyvaikutus on mahdollisimman pieni.
- Moottorikaapelin täytyy olla suojattua eli armeerattua kaapelia. Suojavaipan ja sen oikean maadoittamisen ansiosta kaapelin häiriösäteily estyy tehokkaasti. Suojavaippa täytyy maadoittaa moottorin ja taajuusmuuttajan maadoitusliittimiin. Myös jarruvastuksella varustetun taajuusmuuttajan kaapeloinnissa tulee käyttää armeerattua kaapelia.



KUVA 9. Armeeraus. /3, s. 177/

- Moottori, taajuusmuuttaja, EMC-suodin ja suojavaippa maadoitetaan mahdollisimman pieni-impedanssilla maadoituskaapeilla. Tämä varmistaa häiriösignaalien suoran johtumisen maatasoon ja maadoitusliittimiin.
- Taajuusmuuttajan kytkentätaajuutta ei tule nostaa tarpeettomasti.
- Taajuusmuuttajan ja muiden laitteiden ohjausjohtimet tulee pitää erillään taajuusmuuttajan verkko- ja moottorikaapeleista. Vahva- ja heikkovirtakaapeleiden välinen suositusetäisyys on 30 cm.

- Taajuusmuuttajan ohjausjohtimien tulee olla vaipallisia kierrettyjä parikaapeleita. Ohjausjohtimien vaipan maadoitus tapahtuu vain taajuusmuuttajan päässä. [3]



KUVA 10. Suositeltava kytkentäkaavio. /3, s. 180/

4.3 Ylikellottaminen

Taajuusmuuttajan ylikellottaminen tarkoittaa lähinnä laajennettua vakiomomenttialuetta. Sovelluksissa, joissa tarvitaan yli 50 Hz:n vakiomomenttia lähtötaajuudella, eikä moottoria ole mahdollista ylimitoittaa esimerkiksi moottorin mekaanisen asennuksen takia, voidaan taajuusmuuttajaa hyväksikäyttäen saavuttaa moottorilta nimellismomentti aina 87 Hz:n asti.

Moottorin jännitteeksi tulee valita 400/230 V ja se on kytkettävä kolmioon (230 V). Taajuusmuuttajamallin on oltava normaali 400 V, mutta sen heikennyspiste täytyy vaihtaa 50 Hz:stä 87 Hz:iin. Kun moottoria ohjataan taajuusmuuttajalla tällä menetelmällä, ovat sen jännitteet 230 V 50 Hz:llä ja 400 V 87 Hz:n taajuudella.

Tässä sovelluksessa taajuusmuuttajan tehoksi on valittava $\sqrt{3}$ kertaa moottorin teho, koska taajuusmuuttaja on mitoitettava moottorin virran mukaan. Takaisinkytkemätöntä vektorisäätöä käyttäessä kannattaa selvittää taajuusmuuttajan valmistajalta tarkemmat säätö- ja parametrintiohjeet. [3, s. 56]

5 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdon perusideana on tuoda puhdasta ilmaa hengitykseen ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ihmisen hapentarpeen täyttämiseksi tarvittava ilmanvaihdon määrä on vain pieni osa tarvittavasta kokonaisilmanvaihtomäärästä. Hapentarpeen ja keuhkoissa syntyvän hiilidioksidin poistamiseksi ihmisen keuhkojen läpi kulkee ilmaa reilu 15000 litraa päivässä. On sanomattakin selvää, että mitä puhtaampaa tämä ilma on, sitä paremmin ihminen voi.

Kaikissa rakennuksissa syntyy jatkuvasti epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida kokonaan poistaa. Näin ollen tarvitsemme riittävää yleisilmanvaihtoa. Yleisilmanvaihdon avulla hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa pystytään pitämään ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla.

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään. Koneellisessa ilmanvaihdossa paino-ero saadaan aikaan puhaltimilla. Painovoimainen ilmavaihto taas tarkoittaa sitä, että paine-ero saadaan aikaiseksi lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella. Mikäli tuloilma puhalletaan koneellisesti tilaan, on kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto, muissa tapauksissa vain poistoilmanvaihto. Jos tuloilmaa kostutetaan tai jäähdytetään, on kyse silloin ilmastoinnista.

Poistoilmanvaihdon suunnittelussa on tärkeää järjestää hallittu korvausilman sisäänotto esimerkiksi ulkoilmaventtiilejä hyväksikäyttäen. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon etuja ovat muun muassa mahdollisuus tuloilman suodatukseen ja lämmöntalteenotto poistoilmasta. Huonosti huolletussa tuloilmakanavistossa alkaa ajan myötä esiintyä likaa, joka tuo rakennukseen epätoivottuja hajuja eli se pilaa sisäilmaa.

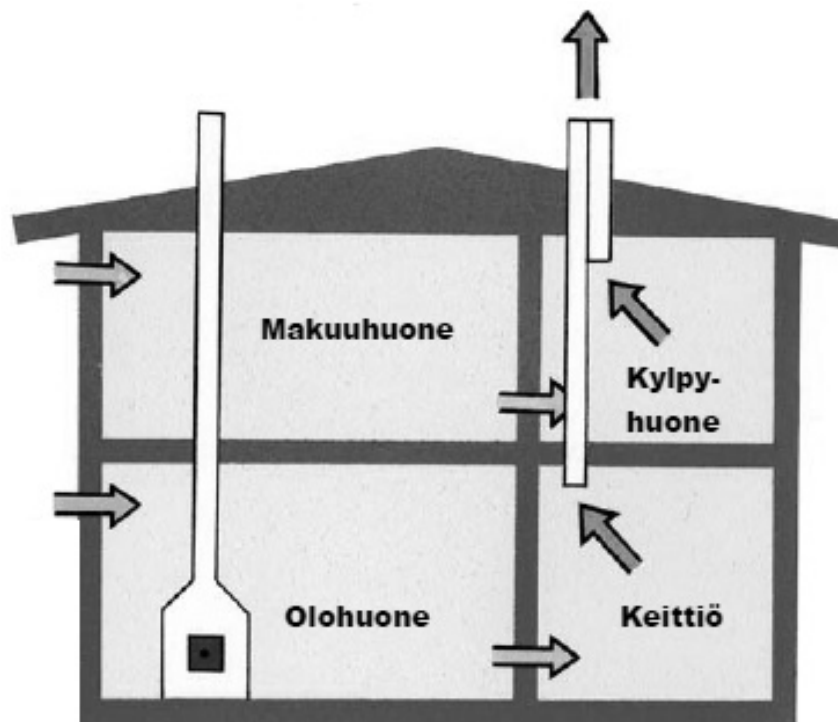
Painovoimainen poistoilmanvaihto on suosittu asuinrakennuksissa yleisesti ottaen siitä syystä, että se perustuu alhaisiin investointikustannuksiin. Painovoimainen ilmanvaihto ei itse aiheuta melua, mutta meluisalla paikalla ikkunatuuletus voi olla ongelmallista. [10]

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintatapa perustuu tuulen ja lämpötilan aiheuttamiin paine-eroihin sisä- ja ulkoilman välillä. Sääolosuhteiden muutoksista johtuen ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat seuraavasti:

- kylmällä kelillä ilmanvaihto on suurimmillaan
- lämpimällä säällä taas olematon.

Nykypäivänä painovoimaista ilmanvaihtoa harvemmin käytetään, koska sen avulla ei saada aikaa riittävää ilmanvaihtoa jokaiseen huonetilaan.

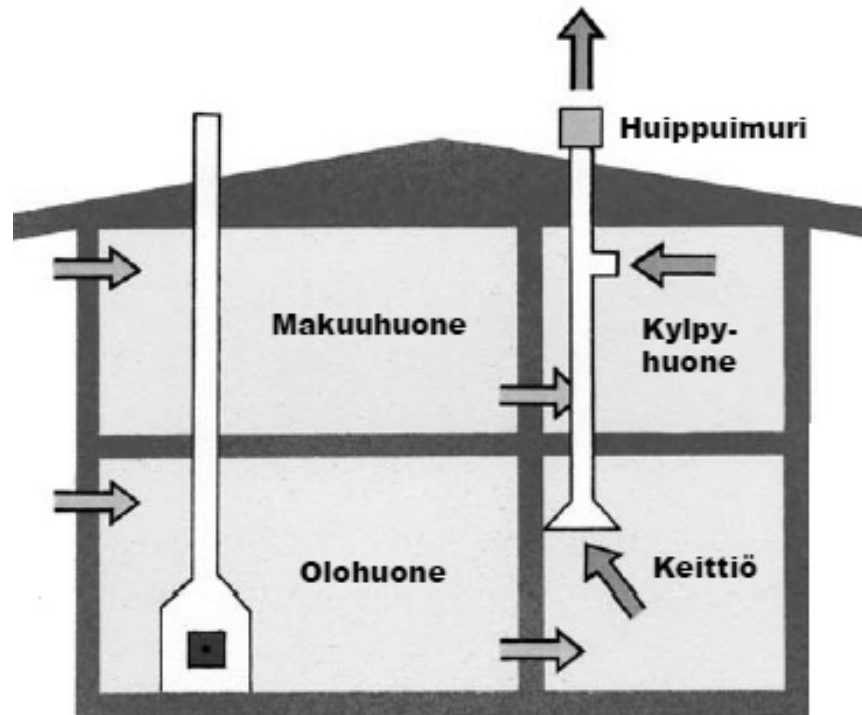


KUVA 11. Painovoimaisen ilmanvaihdon mallikuva. /11/

Koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaperiaatteena on, että ilma poistetaan puhaltimen avulla, joka on yleensä asuinrakennuksen katolla sijaitseva huippuimuri. Tällöin tulo- eli korvausilman saanti tulee olla järjestettynä.

Riittävä korvausilman saanti pystytään toteuttamaan ulkoilmaventtiilien, raitisilmapattereiden tai ikkunarakojen avulla. Sääolosuhteiden riippuvuus koneellisen poistoil-

manvaihdon ilmavirtojen suuruuteen on minimaalinen. Puhaltimen kierrosnopeutta muuttamalla voidaan tehostaa ilmavirtojen suuruutta.

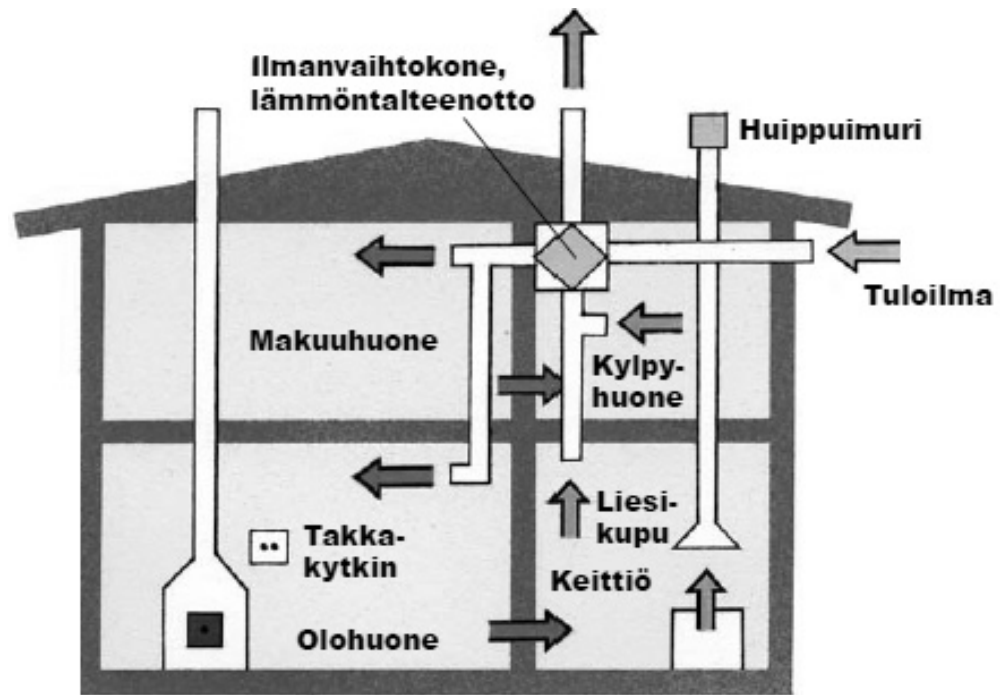


KUVA 12. Koneellisen poistoilmanvaihdon mallikuva. /11/

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on yleistynyt viimeisten vuosikymmenien aikana. Nykyään se on käytössä lähes kaikissa omakotitaloissa.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilma puhalletaan myös sisään koneellisesti. Ulkoilman lämpöinen tuloilma lämmitetään, ennen kuin se johdatetaan sisälle. Koneellinen tuloilma mahdollistaa myös lämmöntalteenoton poistoilmasta ja paremman ilmansuodatuksen.

Kerrostalossa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä voidaan toteuttaa asunto- tai rakennuskohtaisilla laitteilla. Asuntokohtaisessa järjestelmässä jokaiseen asuntoon asennetaan oma ilmanvaihtokone, jonka tehoa asukas voi säätää tarpeen mukaan. [11]



KUVA 13. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän mallikuva. /11/

5.2 Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon perusideana on sisäilman laadukas ja energiatehokas ylläpito. Ilmaa käsitellään ja vaihdetaan vain tarvittava määrä, jolloin energiaa ei kulu turhaan esimerkiksi huoneen ollessa tyhjillään. Käyttötarpeen mukaan säätyvä ilmanvaihto säästää niin energiaa kuin ympäristöäkin.

Swegon on kehittänyt System WISE –nimisen tarpeenmukaisen ilmanvaihtoratkaisun, joka pitää sisällään tarvittavat toiminnot ilmanvaihtoon, lämpötilan säätöön ja ilmanvaihtojärjestelmän optimointiin. Järjestelmällä voidaan säätää kaikkien tilojen ilmaa, ilmavirtoja ja lämpötiloja. Ilmankäsittelykoneen optimointi minimoi rakennuksen lämmityskustannukset, joka on erityisen tärkeää silloin, kun tilojen käyttöaste vaihtelee.

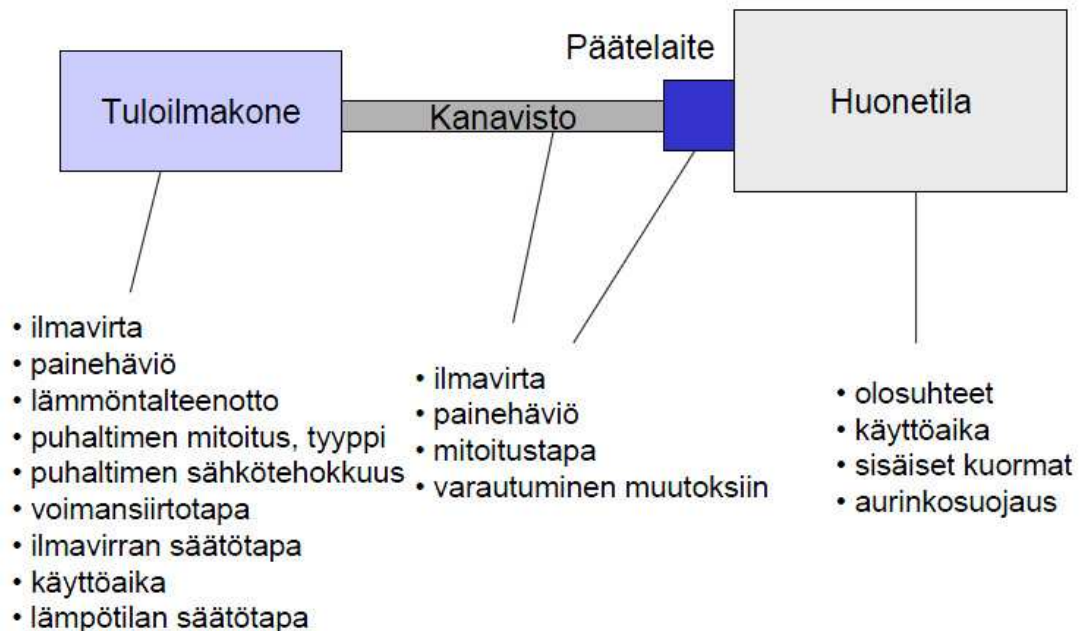
WISE-ilmastointijärjestelmä jakautuu kolmeen tasoon

- Huone
- Vyöhyke
- Järjestelmä

Tasojen yhteinen päämäärä on tuottaa viihtyisiä ja tarpeenmukainen ilmanvaihto. Esimerkiksi huonetason toiminta perustuu siihen, että tuloilmalaitteeseen on sisäänrakennettu läsnäoloanturi, joka ohjaa huoneen ilmavirtaa avaamalla ja sulkemalla motorisoidun pellin. Ilmavirta on minimissään silloin, kun huoneessa ei ole ketään. Henkilön astuessa huoneeseen ilmavirta tehostuu, sillä anturit tunnistavat ihmisen esimerkiksi hiilidioksidipitoisuuden noususta.

Yksi taajuusmuuttajaohjatun moottorin ja puhaltimen eduista on helppo ilmamäärän säätäminen. Pyörimisnopeutta pystytään säätämään laajalla alueella ja 50 Hz:n nimellistaajuuden ylittäminenkin on tarpeen vaatiessa mahdollista suurempien ilmamäärien saavuttamiseksi.

Hyvähyötysuhteisten moottoreiden ja puhaltimien käyttö taajuusmuuttajan ohjauksessa voi pienentää kyseisen ilmanvaihtokoneen sähkölaskua jopa 20 – 80 prosenttia. [20, 21]



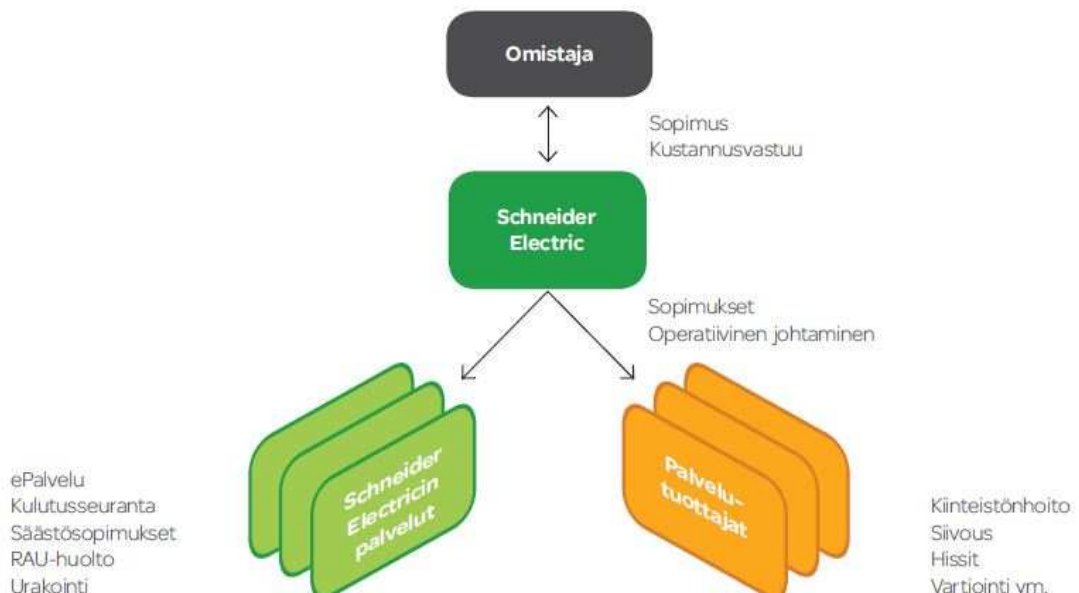
KUVA 14. Energiataloutteen vaikuttavat tekijät. /16/

6 SCHNEIDER ELECTRIC

Schneider Electric on globaali energianhallinnan asiantuntija, jolla on toimintaa yli 100 maassa. Suomessa Schneider Electricillä on toimipisteitä 23 eri paikkakunnalla, ja tällä hetkellä se työllistää yli yhdeksänsataa energianhallinnan osaajaa. Maailmanlaajuinen liikevaihto vuonna 2010 oli 19,6 miljardia euroa ja koko Schneider Electricin alaisena toimi yli 110 000 työntekijää ympäri maailman.

Schneider Electric tarjoaa integroituja ratkaisuja, jotka tekevät energiasta luotettavaa, turvallista, tuottavaa, tehokasta ja vihreää ja jotka kattavat useita markkinasegmenttejä. Konserni on johtava toimija energia- ja infrastruktuurimarkkinoilla, rakennusautomaatiossa, teollisissa prosesseissa sekä tietokeskuksissa ja -verkoissa. Yrityksen toiminta voidaan jakaa viiteen osaan:

- Energia & infrastruktuuri
- Teollisuus
- IT
- Kiinteistöt
- Sähkö ja asuminen



KUVA 15. Schneider Electricin kustannusvastuumalli. /12/

6.1 Schneider Electricin taajuusmuuttajat

Schneider Electricin Altivar –tuoteperheeseen kuuluu tällä hetkellä kuusi eri mallia, joista jokaisella on oma käyttötarkoituksensa.

Altivar 12 on vanhan Altivar 11 –mallin korvaaja. Tämä taajuusmuuttajamalli soveltuu erityisesti yksivaihesyöttöä käyttävien sovelluksien pariin. Näin ollen Altivar 12 –taajuusmuuttaja soveltuu hyvin esimerkiksi terveydenhoitoalan tai elintarviketeollisuuden käyttämiin sovellustarpeisiin. Kyseisen mallin tehoalue on 0,18 – 2,2 kW 240 voltin yksivaiheisella syöttöjännitteellä. Turvallisuudesta huolehtii sisäinen C1-luokan EMC-suodin.

Altivar 12 –taajuusmuuttajaa suunniteltaessa on otettu huomioon mm. ympäristöystävällisyys, helppokäyttöisyys ja laitteen kestävyys.

- RoHS- ja WEEE –direktiivien vaatimukset täyttyvät
- Etupaneelissa oleva kiekko tekee asetusten määrittämisestä helppoa
- Päällystetyt kortit ennaltaehkäisevät vikoja – käyttöikä jopa 10 vuotta.



KUVA 16. Altivar 12 –taajuusmuuttaja. /13/

Altivar 21 (IP21 & IP54) on tarkoitettu lähinnä HVAC-käyttöön (kiinteistöjen pump- pu- ja puhallinohjaus). Altivar 21:n tehoalue 3-vaiheisille epätahtimoottoreille on 0,75 – 75 kW jännitteillä 200 – 240 V ja 380 – 480 V. Integroidut C1- ja C2-luokan EMC-suotimet tekevät verkkoon liittymisestä turvallista.

Altivar 21 –taajuusmuuttaja on suunniteltu vaativimpiinkin talotekniikan sovelluksiin. Sen vakiotoimintoihin kuuluvat mm. PI-säätö, vauhtikäynnistys, hyppytajuudet ja hihnan katkeamisen tunnistus.

Pumppaussovellusominaisuuksiin kuuluvat mm.:

- Virran seuranta
- Pienien nopeuksien käytön optimointi
- PTC-anturin käyttö.



KUVA 17. Altivar 12 –taajuusmuuttaja. /13/

Altivar 312 on tarkoitettu esimerkiksi teollisuuden vakiomomenttikäyttöihin. Sen perusideana on muiden Altivar –mallien mukaisesti koneiden suorituskyvyn parantaminen ja energiakustannuksien minimointi.

PI-säätö ja alhaisen nopeuden käyttöaikojen rajoitus tuovat ohjaustarkkuutta pumppu- ja puhallinsovelluksiin. Tämän lisäksi ne pidentävät järjestelmän huoltoväliä. Altivar 312 on tehty helpoksi liittää erilaisiin automaatiojärjestelmiin. Siitä pitävät huolen sisäänrakennetut Modbus- ja CANopen –väyläliitännät.

Helppokäyttöisyyttä ja käyttöolosuhteita parantavat

- Keskelle sijoitettu valintakiekko
- Ohjauspaneelin 8 kielivaihtoehtoa (20 muuta kieltä lisävarusteena)
- Lakatut kortit
- -10 – 50 °C lämpötilakestoisuus.



KUVA 18. Altivar 312 –taajuusmuuttaja. /13/

Altivar 32 on tuoteperheen kapein malli. Sen leveys on vain 45 mm, joten se säästää rinnakkaisasennettuna keskustilaa jopa 40 % perinteisiin malleihin verrattuna. Altivar 32 –mallisia taajuusmuuttajia voidaan asentaa 10-14 kappaletta kuuden perinteisen taajuusmuuttajamallin tarvitsemaan tilaan.

Pienestä koostaan huolimatta se on erinomainen vaihtoehto kone- ja laiterakentajille jotka arvostavat suorituskykyä ja energiatehokkuutta. Sillä on mahdollista saavuttaa 30 % säästöt turvasovelluksissa minimoimalla muiden turvalaitteiden käyttöä.

Laite voidaan ohjelmoida sähköttömänä ennen asennusta Multi Loader –työkalulla. Konfiguraation nopea kopioiminen laitteelta toiselle onnistuu helposti Simple Loader –työkalulla. Laite voidaan ohjelmoida langattomasti tietokoneella tai matkapuhelimella Bluetooth® -yhteensopivuuden ansiosta.



KUVA 19. Altivar 32 –taajuusmuuttaja. /13/

Altivar 61 on helppokäyttöinen, avoin ja monia liityntämahdollisuuksia sisältävä taajuusmuuttajamalli. Tämä pumppu- ja puhallinkäyttöön suunnattu malli tarjoaa laajan tehoalueen lisäksi erityistoimintoja, joista mainittakoon paineen ja virtauksen (itsenäisen) säätö ja hallinta.

Liityntämahdollisuuksista kertoo kattava lista laitteen kommunikointikorteista, joita ovat mm. Ethernet(TCP/IP), FIPIO, Modbus Plus, Profibus, LonWorks ja niin edelleen.

Toimi- ja navigointinäppäimet tekevät parametroidista helppoa ja nopeaa. Helppokäyttöisyyttä edesauttaa ”Helppo käynnistys” –valikko. Myös tämän mallin parametointi onnistuu laitteen omaa paneelia käyttäen tai PC:n avulla.



KUVA 21. Altivar 61 –taajuusmuuttaja. /13/

Altivar 71 on suunniteltu vaativiin ja suuritehoisiin teollisuusalan sovelluksiin, joita ovat esimerkiksi

- Materiaalinkäsittely
- Nostoliikkeet
- Puuntyöstökoneet
- Prosessikoneet jne.

Suuritehoiset teollisuussovellukset vaativat suurta suorituskykyä. Seuraavassa muutama poiminta Altivar 71:n ominaisuuksista:

- Vuovektori(virta)säätö takaisinkytkennällä tai ilman
- Ylimomentti 170 – 220 % ja lähtötaajuus jopa 1600 Hz
- Laite kestää yli 50 % syöttöjännitteen aleneman
- 150 valmista makroa käytön parametroitua varten.



KUVA 22. Altivar 71 –taajuusmuuttaja. /13/

7 SCHNEIDER ELECTRICIN ESIMERKKIKOHTTEET

Sulkavan Palvelut Oy teki sopimuksen loppuvuodesta 2009 Schneider Electric Finland Oy:n kanssa EU:n uuteen energiapalveludirektiiviin liittyvästä yhteistyöhankkeesta, jolla pyritään kiinteistöjen energian- ja vedenkulutuksien säästöön sekä käytön ja ylläpidon parantamiseen. Vuoden 2010 aikana hankkeeseen liittyviä energiansäästöinvestointeja tehtiin eri kohteisiin yhteensä noin 40 000 euron edestä.

Sopimus koskee seuraavia kiinteistöjä:

- Leppäkujan rivitalo
- Liikuntahalli
- Lohilahden koulu
- Päiväkeskus Ilona
- Vanhainkoti Kissankello
- Kirjasto
- Koulukeskus

7.1 Sulkavan Palvelut Oy

Sulkavan kunnan tekninen toimi yhtiöityi Sulkavan Palvelut Oy:ksi tammikuussa 2008. Yhtiön toimialaksi on määritelty kunnan elinkeinotoimen, aluetekniikan, kiinteistöpidon, ruokahuollon ja yleiseen vesihuoltotoimintaan kuuluvien palveluiden tuottaminen ja myynti ensisijaisesti Sulkavan kunnan alueella.

Yhtiön hallitukseen kuuluu viisi varsinaista jäsentä ja kaksi varajäsentä. Sulkavan Palvelut Oy työllisti vuoden 2010 aikana noin 35 henkilöä.

Merkittävimpiä toimialoja ovat kiinteistönpitopalvelut, ruokahuolto ja vesihuoltopalvelut. Yhtiö on vuokrannut Sulkavan kunnalta 19 kiinteistöä, joiden osalla hoidetaan kiinteistöpalvelut niin sanotusti ”avaimet käteen” –periaatteella.

Sulkavan Palvelut Oy:n ja Sulkavan kunnan välillä laaditun palvelusopimuksen mukaan energiankulutus (vesi, lämpö ja sähkö) tasataan joka vuosi todelliseen kulutukseen perustuvalla vertailulla. Jos ylläpituokrassa arvioitu kulutus alitetaan, saa kiin-

teistön käyttäjä 50 % palautuksen saavutetusta säästöstä. Mikäli kulutusarvio ylittyy, veloitetaan käyttäjältä arvioidun ja todellisen kulutuksen välinen kustannusero.

7.1.1 Energiansäästökohteet

Taajuusmuuttajakokeiluun kuuluu kolme kohdetta: Sulkavan Liikuntahalli, Päiväkeskus Ilona ja Vanhainkoti Kissankello. Tavoitteena on päästä pienempiin ilmanvaihtokustannuksiin taajuusmuuttajan avulla. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tarkemmin yllä mainittujen säästökohteiden ilmanvaihtojärjestelmistä, investointikustannuksista ja kokeilun tuloksista.

Liite 1. Esimerkki kartoitusraportin sisällöstä.

Liikuntahalli

Liikuntahallin tiloissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilmakoneita on kaksi kappaletta: TK301 ja TK 302. Tuloilmakoneet sijaitsevat samassa ilmanvaihtokonehuoneessa salivalvojan huoneen yläpuolella. Tuloilmakoneet ovat alkuperäisiä ja ovat teknisesti hyvässä kunnossa. Tuloilmakoneiden puhaltimet ovat 2-nopeustoimisia ja ne käyvät aikaohjelman mukaisesti.

TAULUKKO 1. Tuloilmakoneiden perustietoja. /Liite 2./

	TK301 Liikuntahalli	TK302 Kahvio/kuntosali
Suunnitellut ilmamäärät	+/- 3,6 m ³ /s	+ 2,8/1,4 ja - 2,0/1,3 m ³ /s
Käyntiajat ½-teholla	Ma – Su 01:00 – 07:00 ja 22:30 – 23:30	Ma – Su 04:00 – 07:00 ja 22:30 – 23:30
Käyntiajat 1/1-teholla	Ma – Su 07:00 – 22:30	Ma – Su 07:00 – 22:30
Lämmöntalteenotto	Pyörivä	Pyörivä
Muuta	Kiertoilma	Ei taajuusmuuttajaohjausta
	Ei taajuusmuuttajaohjausta	Tuloilman lämpötilan asetus 21,5 °C
	Huonelämpötilan mittaus salissa	

Päiväkeskus Ilona

Päiväkeskuksella on myös käytössä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilmakoneita on vain yksi: TK301. Tuloilmakone sijaitsee ullakolla, joka on aivan sivusisäänkäynnin aulassa. Ilmanvaihtokonetta TK301 pystyy ohjaamaan myös ohjaajan huoneesta.

TAULUKKO 2. Tuloilmakoneen perustietoja.

	TK301 Eteisaula
Suunnitellut ilmamäärät	+/- 1,50/0,75 m ³ /s
Käyntiajat ½-teholla	Ma – Pe 07:00 – 18:00
Lämmöntalteenotto	Kuutio
Muuta	Lisäaikapainike
	Ei taajuusmuuttajaohjausta
	Huonelämpötilan mittaus
	Tuloilman lämpötilan asetus 20,0 °C
	Sähkösuodatin tuloilmassa

Rakennuksen tiloissa on myös yhteensä viisi poistoilmakonetta, joita käytetään liesikuvuista.

TAULUKKO 3. Kiertoilmakoneiden perustietoja.

KIK-1	– Pääsisäänkäynnin tuulikaapin
	kiertoilmapuhallin
	– Termostaattiohjaus,
	asetus 8 °C
KIK-2	– Sivusisäänkäynnin tuulikaapin
	kiertoilmapuhallin
	– Termostaattiohjaus,
	asetus 22 °C

Vanhainkoti Kissankello

Rakennuksessa on käytössä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilmakoneita on yhteensä kaksi kappaletta: TK301 ja TK302. Suodattimet vaihdettiin syksyllä 2008. Tuloilmakoneiden kunto on hyvä ja ne ovat siistejä. Huoneiden tuloilmakone pysähtyy yöllä kolmeksi tunniksi.

TAULUKKO 4. Tuloilmakoneiden perustietoja.

	TK301 Huoneet	TK302 Keittiö, ruokasali jne.
Suunnitellut ilmamäärät	+/- 1,70/0,85 m ³ /s	+ 3,50/1,75 m ³ /s
Käyntiajat ½-teholla	Ma – Su 02:00 – 07:00 ja 19:00 – 23:00	Ma – Su 04:00 – 06:00 ja 20:00 – 22:00
Käyntiajat 1/1-teholla	Ma – Su 07:00 – 19:00	Ma – Su 06:00 – 20:00
Lämmöntalteenotto	Kuutio	Kuutio
Muuta	31 kW:n jäähdytyspatteri	63 kW:n jäähdytyspatteri
	Jälkilämmityspatterit 3 kpl	Jälkilämmityspatterit 3 kpl
	Huonelämpötilamittaukset 3 kpl	Huonelämpötilamittaukset 2 kpl
	Tuloilman lämpötilan asetus 18,0 °C	Tuloilman lämpötilan asetus 17,0 °C
	Ei taajuusmuuttajaohjausta	Ei taajuusmuuttajaohjausta
	Manometrimittarit rikki	Manometrimittarit rikki
	Poistoilmankompensointi	Poistoilmankompensointi
		Lisäaikapainike keittiössä

Erilliset poisto- ja kiertoilmakoneet:

TAULUKKO 5. Poisto- ja kiertoilmakoneiden perustietoja.

PK-02.2	Keittiö, rasvanpoisto
	Suunnitellut poistoilmamäärät: - 1,50/0,75 m ³ /s
PK-02.3	Pesula
	Suunniteltu poistoilmamäärä: - 0,11 m ³ /s
PK-02.4	Likainen poisto (wc-tilat)
	Suunnitellut poistoilmamäärät: - 0,30/0,15 m ³ /s
PF-03.1	Entinen tupakkahuone
	Suunnitellut poistoilmamäärät: - 0,60/0,12 m ³ /s
PF-04.1	Hissikuilu
	Suunniteltu poistoilmamäärä: - 0,05 m ³ /s
KSK-01.1	Sisäänkäynnin tuulikaappi
	Suunniteltu ilmamäärä: 0,6 m ³ /s
	Termostaattiohjaus
KSK-02.1	Keittiö, rasvanpoisto
	Suunniteltu ilmamäärä: 0,6 m ³ /s
	Termostaattiohjaus
KSK-03.1	Keittiö
	Suunniteltu ilmamäärä: 0,6 m ³ /s
	Termostaattiohjaus

7.1.2 Taajuusmuuttajakäytöllä saavutettu energiansäästö ja investoinnin takaisinmaksuaika tarkasteltavissa kohteissa

Tarkasteltavien kohteiden energiansäästölaskelmissa otettiin huomioon seuraavia seikkoja:

- Säätoluokat
 - manuaalinen säätö (säätö käyttökytkimistä)
 - aikasäädöt (aikaohjelman mukainen käyttö)
 - tarvesäädöt (antureilla mitattavien CO₂- ja VOC –arvojen mukaisesti)
 - läsnäolosäätö (liiketunnistimilla) [23]

- Moottoreiden hyötysuhdeluokat
 - IE1 = Standard (vanha EFF2)
 - IE2 = High (vanha EFF1)
 - IE3 = Premium [24]

- Taajuusmuuttajakäytöt
 - Taajuusmuuttajien asentaminen vanhojen iv-koneiden yhteyteen.
 - Moottorin pyörimisnopeuden pudotus (säästö sähkönkulutuksessa noin 30 %) [25]

- IV-koneiden käyntiajat
 - Käyntiajat määritellään kiinteistön todellisen käytön mukaan.

Päiväkeskus

- TK301:n käyntitunnit puolella teholla: 2860 h / vuosi
- Energian hinta: 10snt / kWh (sis. alv)
- Tuloilmakoneen moottoriteho: 5,5 kW
- Taajuusmuuttajakäytöllä saavutettava säästö: n. 30 %.

$$2860 \text{ h} * 5,5 \text{ kW} * 0,1 \text{ € / kWh} = \sim 1580 \text{ €}$$

- Taajuusmuuttajakäytön kautta saavutettava säästö $0,3 * 1580 \text{ €} = \sim 474 \text{ €}$
- Taajuusmuuttajan asennuskustannus $\sim 2200 \text{ €}$ (sis. alv)
- Takaisinmaksuaika noin **4,6 vuotta**.

Liikuntahalli

- TK301:n käyntitunnit puolella teholla: 2548 h / vuosi
- TK301:n käyntitunnit täydellä teholla: 5642 h / vuosi
- Energian hinta: 10snt / kWh (sis. alv)
- Tuloilmakoneen moottoriteho: 5,5 kW

- TK302:n käyntitunnit puolella teholla: 1456 h / vuosi
- TK302:n käyntitunnit täydellä teholla: 5642 h / vuosi
- Energian hinta: 10snt / kWh (sis. alv)
- Tuloilmakoneen moottoriteho: 5,5 kW

$$15288 \text{ h} * 5,5 \text{ kW} * 0,1 \text{ € / kWh} = \sim 8400 \text{ €}$$

- Taajuusmuuttajakäytön kautta saavutettava säästö $0,3 * 8400 \text{ €} = \sim 2520 \text{ €}$
- Taajuusmuuttajan asennuskustannus $\sim 5500 \text{ €}$ (sis. alv)
- Takaisinmaksuaika noin **2,2 vuotta**.

Kissankello

- TK301:n käyntitunnit puolella teholla: 3276 h / vuosi
- TK301:n käyntitunnit täydellä teholla: 4368 h / vuosi
- Energian hinta: 10snt / kWh (sis. alv)
- Tuloilmakoneen moottoriteho: 5,5 kW

- TK302:n käyntitunnit puolella teholla: 1456 h / vuosi
- TK302:n käyntitunnit täydellä teholla: 5096 h / vuosi

- Energian hinta: 10snt / kWh (sis. alv)
- Tuloilmakoneen moottoriteho: 5,5 kW

$$14196 \text{ h} * 5,5 \text{ kW} * 0,1 \text{ €} / \text{kWh} = \sim 7800 \text{ €}$$

- Taajuusmuuttajakäytön kautta saavutettava säästö $0,3 * 7800 \text{ €} = \sim 2340 \text{ €}$
- Taajuusmuuttajan asennuskustannus $\sim 4500 \text{ €}$ (sis. alv)
- Takaisinmaksuaika noin **1,9 vuotta**.

Esimerkki Kissankellon sähköenergian käytöstä

Sulkavan kunnan vanhainkoti Kissankellossa sähköenergian kulutuksessa ei päästy asetettuihin tavoitteisiin johtuen vuoden 2010 poikkeuksellisen lämpimästä kesästä, koska kohteessa jouduttiin käyttämään sähköenergiaa normaalia enemmän jäähdytyslaitteiden käyttöön. Lisäksi kohteessa toimiva keittiö sai uusia asiakkaita, jonka johdosta keittiön sähkölaitteiden käyttö oli normaalia suurempaa.

Jos kohteessa ei olisi siirrytty taajuusmuuttajakäyttöön, olisi sähköenergiankulutus ollut vielä huomattavasti suurempi. Alla olevassa vertailussa näkyy sähköenergian kulutus taajuusmuuttajakäytöllä ja ilman sitä.

- Kiinteistön sähköenergian kokonaiskulutus vuonna 2010 oli 363718 kWh
- Iv-koneiden sähköenergian kokonaiskulutus vuonna 2010 oli 78078 kWh
- Taajuusmuuttajakäytöllä saavutettava säästö sähköenergiankulutuksessa on 23423 kWh
- Arvioitu iv-koneiden sähköenergian kokonaiskulutus ilman taajuusmuuttajakäyttöä on 111540 kWh
- Arvioitu kiinteistön sähköenergian kokonaiskulutus vuonna 2010 olisi siis ollut ilman taajuusmuuttajakäyttöä 397180 kWh
- Saavutettu rahallinen säästö taajuusmuuttajakäytöllä on 2340 €.

Liitteessä 2. näkyy esimerkki sähkönkulutuksen vertailusta ajalta 2009 - 3/2011.

8 POHDINTA

Aloitin työn tutkimalla taajuusmuuttajan perusteita. Vaikka itse työn aihe oli ennestään aikalailla uusi, pienen tutkiskelun jälkeen homma alkoi selkeytyä. Taajuusmuuttajan toiminnan selvittämisen jälkeen oli aika siirtyä toiseen työn kannalta tärkeään asiaan eli ilmanvaihtoon. Ilmanvaihto-osiossa on kerrottu perusteista, eri ilmanvaihtojärjestelmistä ja energiaa säästävistä tarpeenmukaisesta ilmanvaihdosta. Koska työssä on mukana kaksi eri yritystä, on mielestäni paikallaan kertoa myös näiden toiminnasta ja yhteistyöstä.

Työn päätarkoituksena oli selvittää taajuusmuuttajakäytön vaikutus energiankulutukseen ilmanvaihtokoneiden yhteydessä. Työn toteutukseen kuului kolmen energiansäästökohteen sähkönkulutusraporttien analysointi. Näistä raporteista saatiin selville esimerkiksi taajuusmuuttajainvestoinnin takaisinmaksuaika ja sen tuoma energiansäästö. Tutkimuksesta selvisi, että taajuusmuuttajainvestoinnin takaisinmaksuaika on noin pari vuotta (joka tietenkin riippuu aina käyttökohteesta).

Tutkimus osoitti, että taajuusmuuttajakäytön tuoma energiansäästö on noin 30 % kohteesta riippuen. Koska rakennuksien ilmanvaihdon osuus on merkittävä osa energiakustannuksissa, tuo 30 %:n energiansäästö merkittävää säästöä niin yksittäisissä kohteissa kuin myös yleisellä tasolla. Tästä voikin tehdä johtopäätöksen, että taajuusmuuttajalla varustettu ilmanvaihto on energiansäästön kannalta kannattavaa.

Työn tekeminen opetti minulle paljon taajuusmuuttajista, ilmanvaihdosta ja ylipäätään sähkönkulutuksesta ja sen aiheuttamista energiankustannuksista. Suurin haaste työssä oli niin sanotusti oikean tiedon poimiminen, koska taajuusmuuttajista ja ilmanvaihdosta tuntui olevan tietoa vaikka kuinka paljon. Taajuusmuuttajakäyttö on mielestäni mielenkiintoinen yhdistelmä, koska sitä voi käyttää niin monessa eri yhteydessä. Työn ohessa tehdystä tutkiskelusta jäi sellainen käsitys, että taajuusmuuttajat ovat sekä nytäkätää että tulevaisuutta.

LÄHTEET

- [1] Taajuusmuuttaja. Tietoportti. Verkkodokumentti. Viitattu 6.1.2011.
Saatavissa: <http://www.tietoportti.com/Taajuusmuuttaja.html>
- [2] Taajuusmuuttajat. TAC yleisesite. Verkkodokumentti. Viitattu 6.1.2011.
Saatavissa: <http://www.tac.com/fi/data/internal/data/08/71/1255336061819/Taajuusmuuttajat.pdf>
- [3] Hieta-Wilkman, Sinikka, Taajuusmuuttajat: käyttö, asennus, häiriöt. Espoo: Sähköinfo. 1997.
- [4] Niiranen, Jouko, Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Otatieto. 1999.
- [5] Sähkömoottorikäytöt. ABB TTT-käsikirja. Verkkodokumentti. Viitattu 20.1.2011.
- [6] Altivar 71 Training. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Viitattu 28.4.2011.
- [7] Taajuusmuuttajat. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Viitattu 21.1.2011. Saatavissa:
<http://ecatalogue.schneiderelectric.fi/GroupList.aspx?navoption=1&navid=25028&grouprowid=101558>
- [8] Energiansäästö. Beijer Electronics. Verkkodokumentti. Viitattu 21.1.2011. Saatavissa:
http://www.beijer.fi/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/C125701A003AA919C1256FB00042DF10

- [9] Tutkimusraportti. VTT. Verkkodokumentti. Viitattu 24.1.2011.
Saatavissa:
http://www.ek.fi/www/fi/tutkimukset_julkaisut/2008/VTT_sahkomootto_rikaytot.pdf
- [10] Ilmanvaihdon perusteet. Sisäilmayhdistys. Verkkodokumentti. Viitattu 26.1.2011. Saatavissa:
http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/ilmanvaihdon_perusteet/
- [11] Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. Heli ry. Verkkodokumentti. Viitattu 24.2.2011. Saatavissa:
http://www.hengitysliitto.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Oppaat_aineistot/Asu_terveesti/Terveellisen_rakennuksen_ilmanvaihto.pdf
- [12] Schneider Electric Suomi. Verkkodokumentti. Viitattu 24.2.2011. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.fi/>
- [13] Taajuusmuuttajat. Schneider Electric. Verkkodokumentti. Viitattu 2.3.2011. Saatavissa:
<http://ecatalogue.schneiderelectric.fi/GroupList.aspx?navoption=1&navid=25028&grouprowid=101558>
- [14] Tekninen opas nro 4. ABB. Verkkodokumentti. Viitattu 6.4.2011. Saatavissa:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/\\$File/Tekninen_opas_nro4.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/32f0404329db7689c1256d2800411f0a/$File/Tekninen_opas_nro4.pdf)
- [16] Elinkaariesitelmä. Recair. Verkkodokumentti. Viitattu 7.4.2011. Saatavissa: <http://www.recair.fi/pdf/Elinkaariesitelma.pdf>

- [17] Ilmanvaihtoratkaisun valinta. Suomirakentaa.fi. Verkkodokumentti. Viitattu 7.4.2011. Saatavissa:
<http://www.suomirakentaa.fi/pienrakentajasivut/omakotirakentaminen/ilmanvaihto/ilmanvaihtoratkaisun-valinta>
- [18] EMC-direktiivi. Tukes. Verkkodokumentti. Viitattu 8.4.2011. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/EMC/>
- [19] Pienjännitemoottorit. ABB. Verkkodokumentti. Viitattu 8.4.2011. Saatavissa:
http://auser09.onet.tehonetti.fi/data/attachments/Taajuusmuuttajakayton_vaatimukset.pdf
- [20] Vuosikertomukset. Sulkavan Palvelut Oy. Verkkodokumentti. Viitattu 14.4.2011. Saatavissa:
<http://www.savonlinnaseutu.fi/Kiinteasivu.asp?KiinteasivuID=22535&NakymaID=1705>
- [21] Tarpeenmukainen ilmanvaihto. Swegon. Verkkodokumentti. Viitattu 18.4.2011. Saatavissa: <http://www.swegon.com/superwise/fi/docs/DCV-overview.pdf>
- [22] Energiansäästöä ilmanvaihdosta. Ammattirakentaja. Verkkodokumentti. Viitattu 18.4.2011. Saatavissa:
<http://www.ammattirakentaja.fi/?cat=17&lang=fi&year=2011&skip=0&bullid=52>
- [23] SFS-EN 15232. Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation vaikutus. Suomen standardoimisliitto SFS. 2008.

- [24] IEC 60034–30. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio. 2008.
- [25] Taajuusmuuttajat ilmaston mieleen. Vacon Oyj. Verkkodokumentti. Viitattu 26.4.2011. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=83641&lan=fi>



TAC EnergyEdge

KARTOITUSRAPORTTI

SULKAVAN PALVELUT

LIIKUNTAHALLI

29.7.2009

Tomi Metsäranta

1. Yleistiedot

Perustiedot

Kohde	Liikuntahalli
Osoite	Etelätuvantie 4, 58700 Sulkava
Käyttötarkoitus	Liikuntahalli
Rakentamisvuosi	1990
Tilavuus	11 700 r-m ³
Pinta-ala	1 806 br-m ²
Kerrosten lukumäärä	2 kpl

Energiakulutukset ja -kustannukset

Kulutusmuoto	Kulutus vuosi 2008	Yksikköhinnat alv. 0%	Kustannus €/a
Lämmitys, mitattu	90 MWh/a	54,00 €/MWh	4 865
Lämmitys, normeerattu *	100 MWh/a		
Sähkö	186 MWh/a	75,00 €/MWh	13 958
Kaukokylmä	0 MWh/a	150,00 €/MWh	0
Vesi	665 m ³ /a	3,02 €/m ³	2 008
Yhteensä **			20 831

* Normeerattu sijaintipaikkakunnalle

**Lämmitys on summassa mitatun kulutuksen mukaisesti

Kohteen ominaiskulutukset

Lämmitys, mitattu	7,7 kWh/r-m ³	49,9 kWh/br-m ²
Lämmitys, normeerattu *	8,5 kWh/r-m ³	55,1 kWh/br-m ²
Sähkö	15,9 kWh/r-m ³	103,0 kWh/br-m ²
Kaukokylmä	0,0 kWh/r-m ³	0,0 kWh/br-m ²
Vesi	56,8 dm ³ /r-m ³	368,2 dm ³ /br-m ²

Laskelmissa käytetyt energian hinnannousarviot

Lämmitysenergia	3 % /vuosi (Lähde energiateollisuus)
Sähkö	5 % /vuosi (Lähde energiateollisuus)
Kaukokylmä	2 % /vuosi arvio
Vesi	2 % /vuosi arvio

Laskentajakso

5 Vuotta

Energiakulutukset ja -kustannukset

Kulutusmuoto	Kulutus vuosi 2008	Yksikköhinnat alv. 22%	Kustannus C/a
Lämmitys, mitattu	90 MWh/a	65,88 €/MWh	5 936
Lämmitys, normeerattu *	100 MWh/a		
Sähkö	186 MWh/a	91,50 €/MWh	17 028
Kaukokylmä	0 MWh/a	150,00 €/MWh	0
Vesi	665 m ³ /a	3,68 €/m ³	2 447
Yhteensä **			25 411

2. Kartoituksen havainnot

Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tuloilmakoneita on kaksi kappaletta. Tuloilmakoneet sijaitsevat samassa iv – konehuoneessa salivalvojan huoneen yläpuolella. Tuloilmakoneet ovat alkuperäisiä ja ovat teknisesti vielä hyväkuntoisia. Tuloilmakoneiden puhaltimet ovat 2 - nopeustoimisia. Ne käyvät aikaohjelman mukaan. Koneet ovat päällä, vaikka rakennus on suljettu. Tuloilmakoneet:

TK301

- Liikuntahalli
- Suunnitellut ilmamäärät: +/- 3,6 m³/s
- Käyntiajat 1/2 – teholla: Ma – Su 01:00 – 07:00 ja 22:30 – 23:30
- Käyntiajat 1/1 – teholla: Ma – Su 07:00 – 22:30
- Lämmöntalteenotto pyörivä
- Kiertoilma
- Ei taajuusmuuttajaohjausta
- Huonelämpötilan mittaus salissa

TK302

- Kahvio/kuntosali
- Suunnitellut ilmamäärät: + 2,8/1,4 ja – 2,0/1,3 m³/s
- Käyntiajat 1/2 – teholla: Ma – Su 04:00 – 07:00 ja 22:30 – 23:30
- Käyntiajat 1/1 – teholla: Ma – Su 07:00 – 22:30
- Lämmöntalteenotto pyörivä
- Ei taajuusmuuttajaohjausta
- Tuloilman lämpötilan asetus 21,5 °C

Lämmitysjärjestelmä

Rakennukseen tulee lämpökanaali Koulukeskuksen lämpökeskukselta eli erillisiä lämmönvaihtimia ei ole. Lämmönjakohuoneessa on vesivaraaja, joka varmistaa lämpimän käyttöveden saannin. Vesivaraajan tilavuus on 1,2 m³.

Lämmitysverkosto on jaettu kolmeen osaan: käyttövesi, patteriverkosto ja ilmanvaihto. Patteriverkoston menoveden lämpötila on 44,0 °C, kun ulkolämpötila on noin 17 °C. Ilmanvaihtoverkoston menoveden lämpötila on 40,0 °C. Molempien lämmityspiirien kiertovesipumput ovat päällä. Lämpöenergiamittari on asennettu keväällä 2009. Patteriverkostoon kertyy ilmaa jatkuvasti.

Jäähdytysjärjestelmä

Rakennuksessa ei ole jäähdytysjärjestelmiä.

Vesijohto- ja viemärijärjestelmä

Käyttövesiverkoston vesivirtaamat ovat lähes 60 % ohjearvon ylitse. Arvioitu käyttöveden lämmitykseen kuluva lämpöenergia on noin 12 MWh/a jos oletetaan, että käyttövedestä 30 % on lämmintä vettä. Rakennuksen vesikalusteet ovat muuten hyväkuntoiset ja toimivat. Päävesimittari sijaitsee sähköpääkeskus/lämmönjakohuoneessa. Siinä on myös sähköinen mittaus.

Sähköjärjestelmä

Rakennuksen sähköpääkeskus sijaitsee kellarikerroksessa. Samassa tilassa on lämmönjakolaitteet.

Ison salin valaistusta ohjataan valvojan huoneesta. Valaistus on toteutettu loistevalaisimilla, joiden teho on 3 x 58 W. Valaistuksen kokonaisteho on 15,7 kW. On mahdollista, että valaistus on päällä, vaikka tilassa ei oleskele ketään.

Ulkovalaistusta ohjaa hämäräkytkin ja aikaohjelma. Aikaohjelma rajoittaa ulkovalaistuksen päälläoloa Ma – Su 09:00 – 14:00. Muina aikoina ulkovalaistus on päällä hämäräkytkimen asetuksen mukaisesti.

Pysäköintipaikalla on 3 autolämmitystolppaa. Niissä ei ole omia ajastinkelloja tai vikavirtasuojakytkimiä. Ne ovat liitetty rakennusautomaatioon ja niillä on aikaohjelma Ma – Su 05:00 – 23:00. Muina aikoina sähkö on kytketty pois.

Rakennusautomaatio

Rakennuksessa on TAC Atmostech CPU – 88 rakennusautomaatiojärjestelmä. Alakeskus sijaitsee iv – konehuoneessa. Alakeskukseen on liitetty UPS – varmennus. Sen akku on vaihdettu viimeksi 14.6.2003. Rakennusautomaatioon on liitetty esimerkiksi ilmanvaihto, lämmitys ja valaistusta.

Rakennustekniikka

Rakennustekniikkaan ei löydy kannattavia energiansäästötoimenpiteitä.

3. Toimenpide-ehdotukset

Yleistä

Kartoituksessa tehtyjen havaintojen perusteella on esitetty toimenpide-ehdotuksia, joilla on energiataloudellisia, kohteen elinkaarta pidentäviä, käyttöä helpottavia sekä sisäilmaston laatua parantavia vaikutuksia.

Ilmanvaihtojärjestelmä

- Taajuusmuuttajien asennus TK301 ja TK302, sekä varustettuna tarpeen mukaisella ohjauksella

Lämmitysjärjestelmä

- Lämmityksen säätökäyrän säätäminen tarpeen mukaan
- Lämmitysverkoston ilmavian korjaus

Jäähdytysjärjestelmä

- Ei toimenpide - ehdotuksia

Vesijohto- ja viemärijärjestelmä

- Käyttövesiverkoston tasapainotus ja säätö

Kartoitusraportti

6 (8)

Kohde

Sähköjärjestelmä

- Liiketunnistimien asennus ison liikuntasalin valaistuksen ohjaukseen
- Autolämmitystolppien uusiminen

Rakennusautomaatio

- Ei toimenpide - ehdotuksia

Rakennustekniikka

- Ei toimenpide - ehdotuksia

4. Energiansäästötoimenpiteet ja niiden kannattavuus

Hinnat alv. 0%

Toimenpide	Investointi- kustannus €	Säästö €/a	Takaisin- maksu- aika a
Taajuusmuuttajien asennus TK301, sekä TK302 ja varustettuna tarpeen mukaisella ohjauksella	4 500	2 037	2,2
Lämmityksen säätökäyrän säätäminen tarpeen mukaan	Huolto	227	0,0
Käyttövesiverkoston tasapainotus ja säätö	1 800	366	4,9
Liiketunnistimien asennus ison liikuntasalin valaistuksen ohjaukseen	3 700	418	8,8
Autolämmitystolppien uusiminen	1 100	102	10,7
Yhteensä	11 100	3 152	3,5

Säästöt vastaavat päästöjen vähennystä 2 tCO₂ vuodessa, mikä vastaa samaa kuin istutettaisiin 105 puuta, tai autoja olisi vuoden poissa liikenteestä 1 kpl.

Hinnat alv. 22%

Toimenpide	Investointi- kustannus €	Säästö €/a	Takaisin- maksu- aika a
Taajuusmuuttajien asennus TK301, sekä TK302 ja varustettuna tarpeen mukaisella ohjauksella	5 490	2 485	2,2
Lämmityksen säätökäyrän säätäminen tarpeen mukaan	Huolto	277	0,0
Käyttövesiverkoston tasapainotus ja säätö	2 196	447	4,9
Liiketunnistimien asennus ison liikuntasalin valaistuksen ohjaukseen	4 514	510	8,9
Autolämmitystolppien uusiminen	1 342	124	10,8
Yhteensä	13 542	3 843	3,5

Kartoitusraportti

8 (8)

Kohde

Korjausvelkainvestoinnit

	Investointi- kustannus
Toimenpide	€
Lämmitysverkoston ilmavian korjaus	Huolto
Yhteensä	0

Kissankellon sähkönkulutusraportti



	Kuluva	Vertailu	2009	2010	2011	2012	2013
1	32650,8	29510,0	30027,0	30784,0	32650,8	0,0	0,0
2	30075,0	25715,0	28175,0	27097,0	30075,0	0,0	0,0
3	32925,0	27659,0	29908,0	30097,0	32925,0	0,0	0,0
4	0,0	26823,0	28062,0	27477,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	25258,0	27922,0	28346,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	24567,0	27188,0	25168,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	25959,0	29364,0	38653,1	0,0	0,0	0,0
8	0,0	25702,0	29187,0	35146,9	0,0	0,0	0,0
9	0,0	26508,0	28209,0	31137,1	0,0	0,0	0,0
10	0,0	27578,0	29502,0	28485,6	0,0	0,0	0,0
11	0,0	28518,0	28884,0	31430,7	0,0	0,0	0,0
12	0,0	30156,0	30504,0	29895,8	0,0	0,0	0,0
	95650,8	323953,0	346932,0	363718,2	95650,8	0,0	0,0