



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

HEIDI SANDBERG

Sähköenergian mittaus- ja seurantajärjestelmän kehittäminen kuparivalssaamossa

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2022

Tekijä Sandberg, Heidi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2022
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Sähköenergian mittaus- ja seurantajärjestelmän kehittäminen kuparivalssausmossa		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Aurubis Finland Oy:n kuparivalssausmossa sähköenergian mittaus- ja seurantajärjestelmää. Opinnäytetyön tilaajana oli Aurubis Finland Oy ja lisäksi työelämän yhteistyökumppanina toimi seurantajärjestelmän ohjelmoinnista vastaava KP-ServicePartner Oy. Järjestelmää oli tarkoitus kehittää niin, että se palvelee kaikkia sitä käyttäviä osapuolia.</p> <p>Projekti aloitettiin paikantamalla kaikki järjestelmään kuuluvat mittarit. Valssausmossa olemassa oleva mittarilistaus tarkistettiin ja siinä olevat virheet korjattiin. Mittareiden ohjelmointiparametrit tarkistettiin ja ne mittarit kalibroitiin uudelleen, joissa havaittiin vääriä parametreja. Mittareiden kilowattituntilukemat kerättiin, ja lukemia verrattiin seurantaohjelman raporttien lukemiin. Lisäksi mittaustietojen skaalaus seurantaohjelmaan korjattiin niiden mittarien osalta, joilla se oli tarpeellista. Mittariparametrien tarkastamisesta mittareilla laadittiin ohje ja mittareista tehtiin uusi päivitetty listaus. Kunnossapitoa varten koostettiin seurantajärjestelmään liittyvää dokumentaatiota. Lisäksi suunniteltiin uusi vaihtoehto mittareiden näkymälle seurantaohjelmassa, joka palvelee paremmin järjestelmän kaikkia käyttäjiä. Uusi suunnitelma mahdollistaa kulutustietojen näkymisen konekohtaisesti.</p> <p>Projektista on merkittävää hyötyä valssausmossa energiankulutuksen seurannan ja energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Koska työ rajattiin ainoastaan sähköenergian mittausten ja kulutuksen seurannan selvittämiseen ja kehittämiseen, olisi tulevaisuudessa kannattavaa kehittää järjestelmää myös vedenkulutuksen, kaukolämmön, paineilman, nestekaasun, typen ja vedyn kannalta. Jatkokehitysehdotuksena annettiin myös, että järjestelmälle valittaisiin vastuhenkilö.</p>		
<p>Asiasanat energianseurantajärjestelmä, sähkönkulutus, energiamittaus, energiatehokkuus, teollisuus</p>		

Author Sandberg, Heidi	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2022
	Number of pages 30	Language of publication: Finnish
Title of publication Development of an electricity measurement and monitoring system in a copper rolling mill		
Degree program Energy and Environmental Engineering		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to develop the electrical energy measurement and monitoring system of Aurubis Finland Ltd's copper rolling mill. The client of the thesis was Aurubis Finland Ltd, and in addition, KP-ServicePartner Ltd, which is responsible for programming the monitoring system, acted as a working life partner. The system was to be developed to serve all parties using it.</p> <p>The project started by locating all the meters in the system. The existing meter list of the rolling mill was checked and the errors in it were corrected. The programming parameters of the meters were checked and the meters with incorrect parameters were recalibrated. Kilowatt-hour readings were collected from the meters and compared with the readings in the monitoring program reports. In addition, the scaling of measurement data to the monitoring program was corrected for those meters where it was necessary. Instructions were developed for checking the meter parameters with the meters and a new updated listing of the meters was made. Documentation related to the monitoring system was made for the maintenance team. In addition, a new option for the meter view in the monitoring system was designed. The new meter view would better serve all users of the system. The new plan allows consumption data to be displayed at the machine level.</p> <p>This project will have significant benefits in terms of monitoring the rolling mill's energy consumption and improving energy efficiency. As the work was limited to the study and development of electricity measurements and consumption monitoring, it would be worthwhile to develop the system in the future also in terms of water consumption, district heating, compressed air, liquefied petroleum gas, nitrogen and hydrogen. For further development, it was proposed that a person in charge be selected for the system.</p>		
<p><u>Key words</u> energy monitoring system, electricity consumption, energy measurement, energy efficiency, industry</p>		

SISÄLLYS

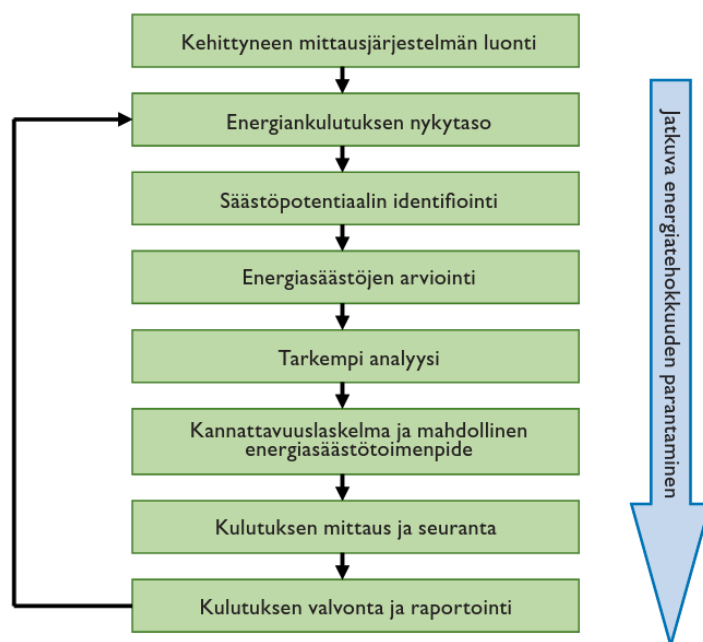
1 JOHDANTO	5
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	8
3 TAVOITTEET JA RAJAUS	10
4 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS.....	11
4.1 Energiamittarit.....	11
4.2 Mittamuuntajat	13
4.2.1 Virtamuuntaja	13
4.2.2 Jännitemuuntaja	15
4.3 Sähköenergian mittaukseen liittyvä lainsäädäntö ja standardisointi.....	16
5 ENERGIAN MITTAUS- JA SEURANTAJÄRJESTELMÄ	17
5.1 Toimivan mittaus- ja seurantajärjestelmän perusteet.....	17
5.2 Esimerkki mittaustiedon keruujärjestelmän toimintaperiaatteesta.....	18
5.3 Aurubiksen energianseurantajärjestelmä	20
5.4 Energianhallintajärjestelmästandardi ISO 50001	22
6 MITTAUS- JA SEURANTAJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN	23
6.1 Lähtötilanne.....	23
6.2 Energiamittareiden lukeminen ja skaalauksen korjaus	25
6.3 Mittarien ohjelmointiparametrien tarkistus ja korjaus	26
6.4 Uuden näkymän suunnittelu seurantaohjelmaan.....	26
7 TULOKSET	27
8 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Energiatehokkuuden edistäminen on yhä tärkeämpi osa erikokoisten yritysten toimintaa. Asian tärkeys korostuu energiaintensiivisillä toimialoilla, kuten metalliteollisuudessa. Toimiva energiankulutuksen mittaus- ja seurantajärjestelmä, josta näkee kulutuksen jakautumisen ja vaihtelut, on teollisuudessa energiatehokkuuden parantamisen perustana. Toisin sanoen, jos energiankulutuksen seuranta ei toimi, energiatehokkuutta ei voida myöskään parantaa parhaalla mahdollisella tavalla. Tehdasympäristössä tuotannon laitteiston mittarointi on tärkeässä osassa energiatehokkuuden jatkuvaa parantamista, mutta usein mittaroinnin laajuutta kuitenkin rajoittavat taloudelliset tekijät (Heikkilä ym, 2008, s. 27). Heikkilän ym. (2008) mukaan tuotantotavat ja laitteet kehittyvät, jolloin tuotantonopeus kasvaa, ja tällöin laitteet voivat jäädä alimitoitetuksi tuotantoon nähden. Mittarointi voi auttaa myös tällaisen ongelman havaitsemisessa.

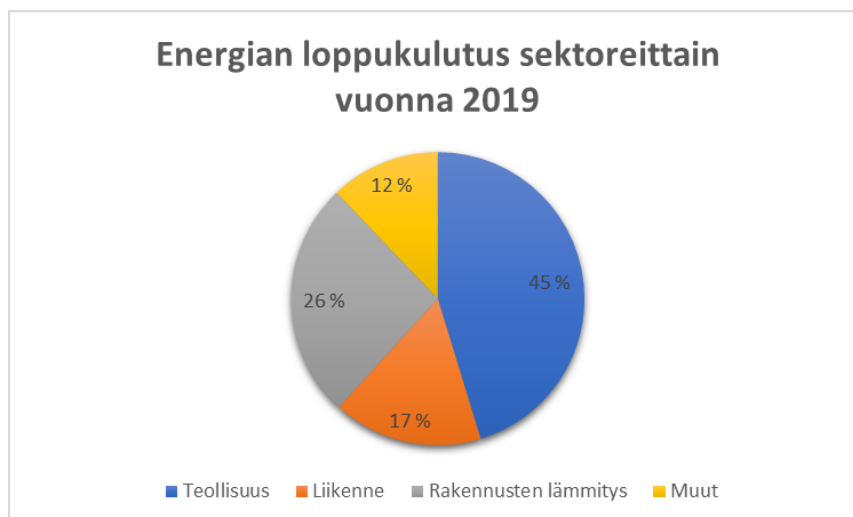
Energiatehokkuustoimista on merkittävää hyötyä yrityksille. Yritys saa energiatehokkuustoimistaan taloudellista hyötyä, ja toimet vaikuttavat yleensä positiivisesti yrityksen tuotantotehokkuuteen ja kilpailukykyyn. Toimista saadaan myös tuotannollisia ja toiminnallisia hyötyjä, yrityksen maine voi parantua vastuullisemmaksi, parhaimmillaan työolot paranevat, säästetään kustannuksissa, sekä ilmeisimpänä hyötynä on hiilidioksidipäästöjen vähentyminen. (Motiva, 2018, s. 5-7.) Tehdasympäristön energiatehokkuuden mittarointi voi mahdollistaa esimerkiksi laiteinvestointien ja energiatehokkuusohjelmien vaikutusten seuraamisen. Tehdasympäristössä on haastavaa puuttua energiatehokkuuteen vaikuttaviin tekijöihin ilman tavoitetta, todellista mittausdataa ja aktiivista seuranta. (Heikkilä ym, 2008, s. 27.)

Kuvasta 1 nähdään malli jatkuvasta energiatehokkuuden parantamisesta tehdasympäristössä. Kulutuksen mittaus ja seuranta, sekä valvonta ja raportointi ovat tärkeässä osassa tätä prosessia.



Kuva 1. Jatkuva energiatehokkuuden parantaminen tehdasympäristössä. (Heikkilä ym. 2008, s. 28.)

Energian loppukäyttö on suurinta teollisuuden sektorilla (Kuvio 1), kun sitä vertaillaan Liikenne-, Rakennusten lämmitys- sekä Muut-sektoriin. Muut-sektori sisältää kotitalouksien, julkisen ja yksityisen palvelusektorin, maa- ja metsätalouden sekä rakennustoiminnan sähkön ja polttoaineiden kulutuksen. Lisäksi merkittävä osuus, 10–40 %, metallinjalostusteollisuuden tuotantokustannuksista koostuu energiasta (Heikkinen & Loukola-Ruskeeniemi, 2017, s. 9). Muun muassa tällaiset asiat ovat painavia syitä panostaa energiatehokkuuteen ja -seurantaan.



Kuvio 1. Energian loppukulutus sektoreittain Suomessa vuonna 2019. (Tilastokeskus, 2021)

Energiatehokkuutta ohjataan kansainvälisin ja kansallisin keinoin. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa on linjattu energia- ja ilmastopoliittisia toimenpiteitä ja asetettu muun muassa energiankäytön tehostamistavoitteita. Euroopan Unioni pyrkii ohjaamaan jäsenvaltioidensa energiatehokkuutta direktiiveillä ja näistä keskeisin energiatehokkuuden kannalta on energiatehokkuusdirektiivi. (Motiva, 2021.) Lisäksi yksi tärkeistä energiatehokkuuden ohjauskeinoista on energiatehokkuussopimukset. Vapaaehtoisten sopimusten tavoitteena on tehostaa energiankäyttöä eri toimialoilla ja täyttää Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivin (EED) mukaiset energiankäytön tehostamistavoitteet. (Motiva, 2020.)

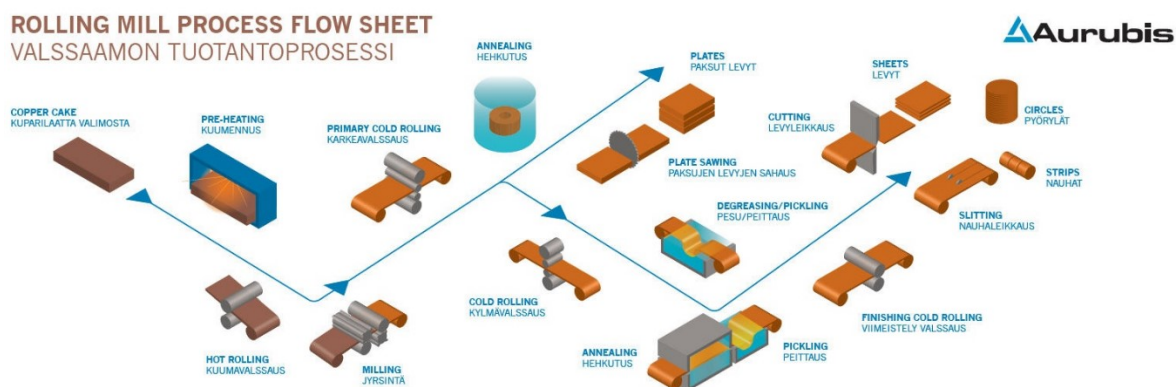
Tämän opinnäytetyön aiheena on sähköenergian mittaus- ja seurantajärjestelmän kehittäminen kuparivalssaamossa. Alussa käsitellään Aurubis Finland Oy:n toimintaa sekä opinnäytetyön tavoitteita. Työn teoriaosuudessa tarkastellaan sähköenergian mittausta sekä mittaus- ja seurantajärjestelmän toimivuuteen liittyviä seikkoja. Lisäksi perehdytään toimenpiteisiin, joita tehtiin työn aikana. Tähän kuului mittareiden luenta kentällä, mittarien ohjelmointiparametrien tarkastus ja korjaus, sekä uuden näkymän suunnittelu seurantaohjelmaan. Lisäksi tehtiin ohje mittariparametrien tarkastuksesta, sekä päivitetty taulukko seurantajärjestelmän mittareista. Tulokset ovat merkittäviä valssaamon sähkökulutuksen seurannan, sekä energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Päädyin aiheeseen, koska olen työskennellyt Aurubis Finland Oy:n tuotannossa

kolmena kesänä. Lisäksi aihe sopii omalle opintoalalleni hienosti, joten aihe on mielestäni erittäin mielenkiintoinen.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

Aurubis AG on vuonna 1866 perustettu kansainvälinen konserni. Konsernin pääkonttori toimii Saksan Hampurissa ja sillä on noin 7400 työntekijää yli 20 maassa. Aurubis AG tuottaa kuparikatodeja ja niistä tehtyjä kuparituotteita, sekä muita metalleja muun muassa sähkö- ja autoteollisuuteen, uusiutuvan energian ja rakentamisen ratkaisuihin. Lisäksi Aurubis AG on maailman suurin kuparinkierrättäjä. (Aurubis AG, 2021.)

Porissa toimivalla Aurubis Finland Oy:llä on Kupariteollisuuspuiston alueella kuparivalimo ja Pohjoismaiden ainoa kuparivalssaamo. Aurubis Finland Oy kuuluu saksalaiseen Aurubis-konserniin. Alun perin Porin tehdas kuului Outokummulle ja se rakennettiin vuonna 1940. Vuonna 2005 Outokummun Porin tehtaista tuli Luvata Pori Oy ja vuonna 2011 valssaamoliiketoiminta siirtyi Aurubikselle. Porin tehtaan tuotteina ovat valssatut kuparinauhat, -levyt ja pyörylät. Aurubis Finland Oy työllistää noin 260 työntekijää. (Aurubis Finland Oy, n.d.) Kuvassa 2 on esitetty Aurubis Finland Oy:n valssaamon tuotantoprosessi.



Kuva 2. Valssaamon tuotantoprosessi (Aurubis Finland Oy:n sisäinen tietokanta, n.d.)

Aurubis Finland Oy:n energiahallintajärjestelmää ohjaavat energiatehokkuussopimus ja energiatehokkuuslaki. Yritys on osallistunut Energiateollisuus ry:n energiatehokkuusohjelmaan. Energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on tehostaa energiankäyttöä vuosina 2017–2025. Sopimuksessa on asetettu tavoitteet, joiden toteutumista seurataan vuosittain. Toimintaa ohjaa ISO 50001:2018-energianhallintastandardi.

Toimintaympäristönä tässä opinnäytetyössä on Aurubis Finland Oy:n valssaamoraennus. Energiamittareiden konfigurointi ja luenta tapahtui valssaamorakennuksessa sijaitsevilla sähköjakelukojeistoilla.

3 TAVOITTEET JA RAJAUS

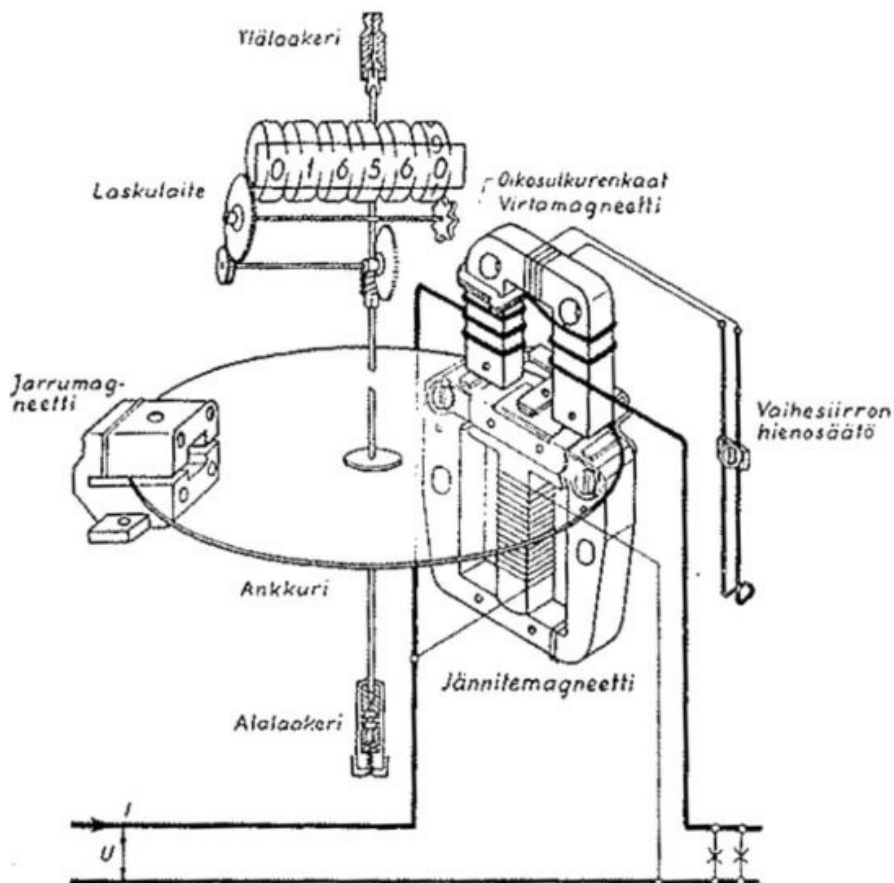
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Aurubis Finland Oy:n kuparivalssaamon sähkönkulutuksen seurantajärjestelmää. Järjestelmään kuuluu ohjelmisto, josta pystytään seuraamaan Aurubis Finland Oy:n energiankulutusta lähes reaaliaikaisesti. Järjestelmää on tarkoitus kehittää selkeämmäksi kaikille seurantajärjestelmän käyttäjille. Järjestelmää käyttävät esimerkiksi Aurubis Finland Oy:n tuotantopäällikkö, energia-päällikkö ja kunnossapidon esimiehet. Järjestelmää piti kehittää selkeämmäksi niin, että sieltä näkisi selvästi jokaisen koneen kulutustiedot, sekä mittauspisteet sähkönjakelun kannalta. Lisäksi piti kartoittaa järjestelmän erilaisia ongelmia ja ratkaisuja kyseisiin ongelmiin. Järjestelmän kehittäminen jäi menneinä vuosina kesken.

Työ on rajattu koskemaan ainoastaan valssaamorakennusta. Tarkoituksena ei ole selvittää veden, paineilman, kaukolämmön, nestekaasun, typen tai vedyn mittauksia, vaan opinnäytetyössä keskitytään sähköenergian mittausten ja kulutuksen seurannan selvittämiseen ja kehittämiseen. Tarkoituksena ei ole myöskään rakentaa hälytysjärjestelmää, vaan kehittää jo olemassa olevaa seurantajärjestelmää. Työn haasteina ovat mittareiden suuri määrä, dokumentaation puuttuminen, konekaluston korkea ikä sekä jälkikäteen tehdyt sähkötyöt.

4 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS

4.1 Energiamittarit

Sähköenergiaa mitataan energiामittareilla tavallisesti kolmivaiheisena. Toimintaperiaate mittareissa voi olla esimerkiksi perinteinen induktiomittari, impulssimittausperiaate tai staattinen mittausperiaate suuriin kulutuksiin. (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 96.) Perinteisessä induktiomittarissa on kaksi käämiä, joissa on rautasydän. Käämien välissä on liikkuva alumiinilevy, joka pyörii virran kulkiessa mittarin käämeissä. (Wallin, 1991, s. 97.) Alumiinilevyn pyörimisnopeus on verrannollinen jännitteeseen ja virtaan. Sähköenergian kulutus siirtyy laskulaitteeseen välitysrattaiden kautta. (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 96.) Kuvassa 3 nähdään perinteisen yksivaiheisen induktioperiaatteella toimivan kilowattituntimittarin rakenne.



Kuva 3. Perinteisen yksivaiheisen induktiomittarin rakenne (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 97.)

Pätoenergian ja loisenergian mittaukseen voidaan käyttää impulssimittareita. Sitä käytetään kaukomittausanturina siirtämään kulutustiedot esimerkiksi tietokoneelle laskutusta ja seurantaan varten. Mittarin muodostaa impulssilaite sekä perusmittari. Impulssien lukumäärä on verrannollinen kulutettuun energiaan. Lisäksi staattinen eli elektroninen mittari on yleensä käytössä suurten kulutusten mittauksessa ja tarkkuusmittauksessa. Mittaus staattisella mittarilla tapahtuu elektronisesti ja se sisältää jännitteen ja virran mittaussiirit. Jännitteen ja virran kerronta tapahtuu mittarin puolijohdepiirissä. Puolijohdepiiriin lähdöistä saadaan pulssitaajuus, joka on tehoon verrannollinen. Mittarissa on pulssilähtö, joka mahdollistaa mittarin etäluennan. (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 102–103.)

Nykyään kaukoluentajärjestelmien yleistyessä suurin osa valmistettavista mittareista ovat digitaalisia (esimerkiksi kuvassa 4). Älykkäät digitaaliset kulutusmittarit koostuvat yleensä vaihevirtojen ja vaihejännitteiden mittaussiireistä ja A/D-muuntimista. A/D-muunnin muuntaa mittaustiedon digitaalseksi signaaliksi. Mittareissa on myös muistia esimerkiksi parametrien ja mittaustietojen säilytystä varten. Lisäksi mittareissa on etätiedonsiirtoa varten modeemi tai väyläliitäntä ja paikallistiedonsiirtoa varten vähintään pulssilähtö. Uusien älykkäiden mittareiden hyviä ominaisuuksia ovat muun muassa mittarin luettavuus sekä etänä että paikallisesti, sähkökulutuksen ajantasainen seuranta, paikallisten tietoverkkojen ja järjestelmien kanssa tapahtuva tiedonsiirto, sekä mahdollisuus sähkönladun seurantaan. (Kärkkäinen ym., 2006, s. 34–35.)



Kuva 4. Schneider Electric MID Acti 9 - iEM3110 -energiamittari (Sähkönumerot.fi-tuotetietopalvelu, n.d.)

Mittarilukema on yleensä kumulatiivinen eli jatkuvasti kasvava lukema mittarin ruudulla ja se on usein skaalattu oikeaan mittayksikköön. Joskus käytetään myös kertoimia, jos lukemaa ei ole suoraan skaalattu oikeaksi. Älykkäät sähkömittarit antavat luotettavimman mittarilukematiedon, jolloin lukema välittyy standardiprotokollasano- mana järjestelmään. Käytettäessä mittarin pulssilähtöä tiedon välittämisessä, syntyy usein heittoa, joka vaatii täsmäytystä. (Liedes ym., 2017, s. 71.)

4.2 Mittamuuntajat

Mittamuuntajia käytetään vaihtovirtamittauksissa suojaus- ja mittaustarkoituksissa. Mittamuuntajien tehtäviä ovat pääasiassa esimerkiksi muuntaa virta ja jännite sopivaan arvoon mittareille ja releille, eristää mittaussiiri päävirtapiiristä, suojata kojeita ylikuormitukselta ja mahdollistaa kaukomittaus. Niitä on kahta tyyppiä: virtamuuntajat ja jännitemuuntajat. (Wallin, 1991, s. 47.) Muuntajan ensiö- ja toisiopiiri ovat galvanisesti erillään toisistaan, joten suurjännite ei pääse muuntajan toisiopuolelle (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 81).

Suoraa mittausta käytetään, jos mittaria edeltävä sulake on enintään 63 A. Suorassa mittauksessa mitattava virta kulkee kilowattituntimittarin kautta. Kun pääsulakekoko ylittää 63 A, pienjännitekohteessa käytetään virtamuuntajamittausta. Mittaus vaatii jännite- ja virtamuuntajat, kun sähkökäyttäjät ostaa sähkönsä suurjännitteellä. (Kauppi ym., 2013, s. 19.)

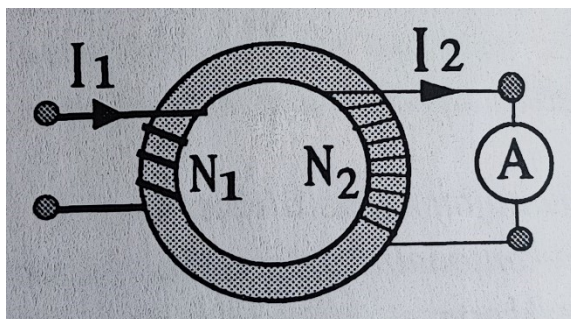
4.2.1 Virtamuuntaja

Yleensä virtamuuntajan ensiökäämin kierrosmäärä on pienempi kuin toision kierrosmäärä. Tämä johtuu siitä, että virtamuuntajalla mitataan toisiokäämiin liitetyn pienille virroille tarkoitetun mittalaitteen avulla ensiökäämissä kulkevia suuria virtoja. Toisiovirta on tavallisimmin 5 A, mutta 2 A tai 1 A ovat myös mahdollisia. Ensiövirta voi olla esimerkiksi 5–6000 A. Kuvassa 5 on esitetty Phoenix Contact -virtamuuntaja.



Kuva 5. Phoenix Contact -virtamuuntaja (Phoenix Contact, n.d.)

On tärkeää huomioida, että virtamuuntajan toisiota ei saa jättää auki virran kulkiessa ensiöpiirissä. Tällöin toisiokäämiin voi indusoitua erittäin suuri jännite, joka voi aiheuttaa virtamuuntajan kuumentumisen ja tuhoutumisen. Lisäksi suuri jännite voi olla hengenvaarallinen. Siksi toision navat on aina oikosuljettava, jos piiristä poistetaan rele tai jokin muu koje. (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 83–85.)



Kuva 6. Virtamuuntajan periaate (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 84).

Virtamuuntajiin pätevä muuntosuhteen kaava (1):

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (1)$$

jossa

I_1 = ensiövirta

N_1 = ensiön kierrosluku

I_2 = toisiovirta

N_2 = toision kierrosluku

Tässä opinnäytetyössä muuntosuhteella tarkoitetaan virtojen suhdetta muuntajan ensiö- ja toisiokäämeissä. Jos esimerkiksi ensiöpuolen virta on 400 A ja toisiopuolen virta on 5 A, tällöin muuntosuhde on 80.

4.2.2 Jännitemuuntaja

Jännitemuuntajan tehtävä on yleensä suuren ensiöjännitteen muuntaminen pienemmäksi toisiojännitteeksi. Jännitemuuntajan ensiön kierrosluku on suuri ja toision pieni. Jännitemuuntajia on sekä yksi-, että kolmivaiheisia.

Jännitemuuntajiin pätee seuraava muuntosuhteen kaava (2), joka ei ota huomioon epätarkkuutta aiheuttavaa häviötä:

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2)$$

jossa

U_1 = ensiöjännite

N_1 = ensiön kierrosluku

U_2 = toisiojännite

N_2 = toision kierrosluku

Tarkkuusluokat jännitemuuntajilla ovat 0,1; 0,2; 0,5; 1 ja 3. Nämä kuvaavat virhettä prosentteina. Suomessa mittamuuntajina toimivien jännitemuuntajien standardisoidut nimellistoisiojännitteet ovat 100 V tai 200 V. Ensiöjännite voi olla esimerkiksi 400 V, 6 kV, 10 kV, 20 kV jne. (Lindeman & Sahinoja, 2000, s. 82–83.)

4.3 Sähköenergian mittaukseen liittyvä lainsäädäntö ja standardisointi

Sähköenergian mittausta ohjataan laeilla, asetuksilla, EU:n direktiiveillä, sekä eurooppalaisilla ja kansainvälisillä standardeilla. Keskeisimpiä näistä ovat muun muassa mittauslaitelaki ja -direktiivi sekä sähkömarkkinalaki. (Energiateollisuus, 2022, s. 7–8; Kauppi ym., 2013, s. 17–18.) Näistä esimerkiksi mittauslaitelain tarkoituksena mittauslaitteiden toiminnan, mittausmenetelmien ja mittaustulosten luotettavuuden turvaaminen. Laissa säädetään vaatimuksista ja niiden varmentamiseen liittyvistä toimenpiteistä, joita asetetaan mittauslaitteille ja -menetelmille (Mittauslaitelaki 707/2011, 1 luku 1–2 §).

Lisäksi maakohtaiset vapaan sähkökaupan toteutukset, myyntiehdot, mittausohjeet ja sähkön hinta vaikuttavat sähköenergian mittaamiseen. Sähköenergiamittareiden on täytettävä suomalaiset ja kansainväliset standardit. (Kauppi ym., 2013, s. 17–18.) Sähköenergian mittauksessa yleisohjeena toimivat esimerkiksi vaihtosähköenergian mittaukseen liittyvät standardit SFS 2537, SFS 2538, SFS 3381, SFS 3382 (ST 21.34, 2015, s. 2; Turku Energia, n.d.). Näistä esimerkiksi standardi SFS 3381 käsittelee vaihtosähköenergian mittauslaitteistoja, kuten mittareita ja mittamuuntajia sekä mittauspuihin kuuluvia johtoja, riviliittimiä, merkintöjä ja suojalaitteita.

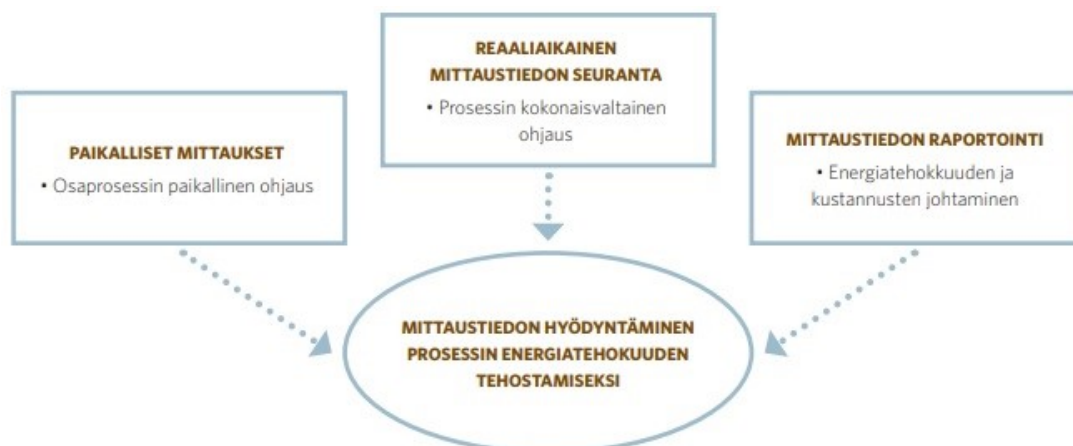
5 ENERGIAN MITTAUS- JA SEURANTAJÄRJESTELMÄ

5.1 Toimivan mittaus- ja seurantajärjestelmän perusteet

Lähtökohtana energiankäytön tehostamiselle on tuotannon mittarointi. Tyypillisiä mittauksia teollisuudessa ovat esimerkiksi sähköteho-, paine-, höyry-, kaasu- ja lämpötilamittaukset. Energiankäytön tehostamisessa tarvitaan koko organisaation panosta, jotta pystytään pienentämään kustannuksia ja parantamaan kannattavuutta. Kaikkea ei ole mahdollista tai kannattavaa mitata, eikä kaikkea kannata mitata yhtä tarkasti. Organisaation onkin määriteltävä, mikä on järkevä mittaustarkkuus. Yrityksen on määriteltävä tasot, joilla energiatehokkuutta seurataan. Nämä voivat olla esimerkiksi tehdas-, osasto-, linja- ja laitetasolla. Lisäksi järjestelmästä saatavan tiedon ja tiedon tarkkuuden tarpeet vaihtelevat yrityksen eri käyttäjäryhmien välillä. Esimerkiksi tuotannon johto saattaa tarvita järjestelmästä erilaista dataa, kuin kunnossapitohenkilökunta. Jotta haluttua dataa olisi mahdollista ja helppoa seurata, olisikin kiinnitettävä erityistä huomiota esitystavan selkeyteen. (Motiva, 2014, s. 3-7.)

Käytännössä mittaustietojen keräämiseen on kolme tapaa: reaaliaikaisesti toimiva mittaustiedon keruujärjestelmä, mittareiden liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään ja mittaustietojen kerääminen manuaalisesti. Manuaalista mittaustietojen keräystapaa on suosittu yleisesti ennen kaukomittausjärjestelmien kehittymistä. Edelleen olisi tärkeää, että häiriötilanteiden sattuessa olisi mahdollista kerätä mittaustiedot manuaalisesti. Mittarien sijoitus tulisi myös huomioida niin, että mittarien manuaalinen luenta on mahdollista turvallisesti. (ST 21.34, 2015, s. 7.)

Prosessin energiatehokkuuden tehostamiseksi on tärkeää panostaa paikallisten mitausten, mittaustiedon seurannan ja raportoinnin toimivuuteen (kuva 7). Myös mittaustiedon analysointi kuuluu tärkeänä osana prosessiin, tällä tavalla päästään käsiksi ongelmiin ja korjaaviin toimenpiteisiin. (Motiva, 2014, s. 4.) Analysointi auttaa puuttamaan muun muassa kulutuksen poikkeavuuksiin, havainnollistamaan energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksia tai vertailemaan kiinteistön kulutusta kiinteistön muihin toimintoihin, kuten esimerkiksi yrityksen liikevaihtoon (ST 21.34, 2015, s. 8).

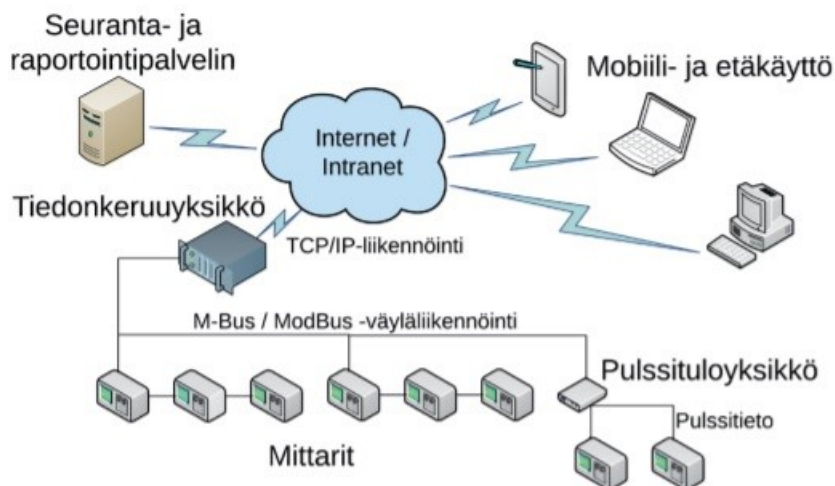


Kuva 7. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä (Motiva, 2014, s. 4.)

Mittalaitteiden kalibrointi ja kunnossapito on tärkeä osa järjestelmän ylläpitoa. Kun mittaus- ja seurantajärjestelmä on oikein toteutettu ja ylläpidetty, voidaan reagoida nopeasti muutoksiin ja hallita paremmin prosessin energiatehokkuutta. Jos mittausjärjestelmä on epäluotettava, tämä ei kannusta järjestelmän käyttäjiä energiatehokkuuden tarkkailuun. (Motiva, 2014, s.10.)

5.2 Esimerkki mittaustiedon keruujärjestelmän toimintaperiaatteesta

Yleensä energian mittaustiedon keruujärjestelmä sisältää kolme tasoa: mittalaitteet, tiedonkeruuyksikkö sekä mittaustietojen seuranta- ja raportointijärjestelmä. Kuvassa 8 nähdään esimerkki yksinkertaistetusta tiedonkeruujärjestelmästä. Mittalaitteina toimivat mittarit, jotka voivat olla joko pulssi- tai väyläliitännäisiä. Tiedonkeruuyksiköiden tarkoitus on liittää mittalaitteet sekä seuranta- ja raportointijärjestelmä samaksi kokonaisuudeksi. Mittaustiedon välittäminen tapahtuu joko pulssitulojen tai väyläliikennöinnin avulla. Lisäksi tiedonkeruuyksikköön on mahdollista liittää pulssituloyksiköitä. Pulssituloyksiköt siirtävät kulutustiedot pulssiliitännäisiltä mittalaitteilta väyläliikennöinnin avulla tiedonkeruuyksikölle. Tiedonkeruuyksiköiden mitoituksessa huomioidaan yleensä laajennusvara järjestelmän tulevia laajennuksia varten.



Kuva 8. Mittaustiedon keruujärjestelmä (ST-kortisto, 2015, s. 7.)

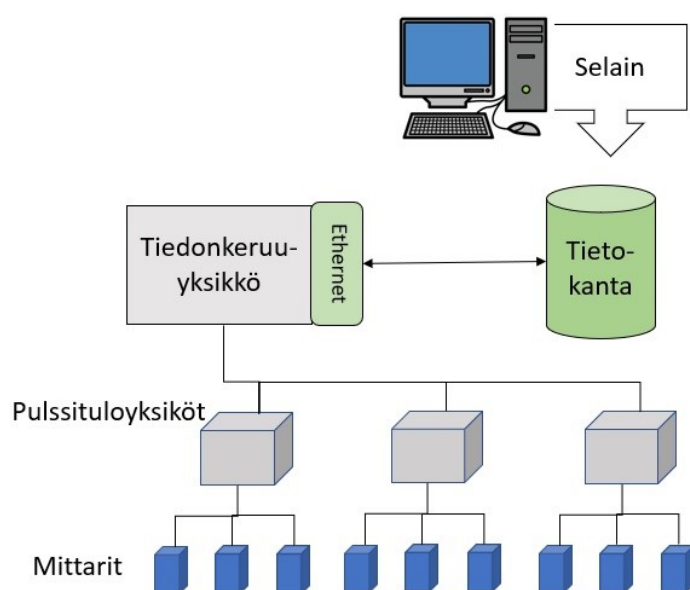
Tiedonkeruuyksikkö liitetään yleensä tietoliikenneyhteyden avulla seuranta- ja raportointijärjestelmään. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi sisäistä tietoverkkoa pitkin, langattomasti 3G/4G-yhteydellä tai ADSL-yhteydellä. Seurantajärjestelmä voi olla ulkopuoliselta yritykseltä ostettu palvelu tai paikallisesti sijaitseva ohjelmisto. Huolellinen dokumentointi on tärkeä osa toimivaa mittausjärjestelmää. Dokumentaatioissa pitäisi olla vähintään tiedot järjestelmän komponenteista, kaapeloinneista, liikennöintitavoista ja järjestelmän rakenteesta laajennuksia ajatellen. Hyvän dokumentoinnin tulee olla myös käytettävissä esimerkiksi järjestelmän tiedonkeruuyksiköiden luona. (ST 21.34, 2015, s. 6-8.)

Käytettäessä pulssilaskentatuloja, pulssiliitännäisen mittarin kosketinlähtö antaa jokaista tiettyä kulutusmäärää kohden sykkyksen eli pulssin. Pulssit summataan pulssituloyksikköön ja skaalataan kertoimen avulla todelliseen kulutusyksikköön, esimerkiksi 1 pulssi = 1 kWh. (Härkönen ym., 2018, s. 74.) Vaihtoehtoisena tiedonsiirtomenetelmänä voidaan käyttää väyläratkaisua. Kenttäväylä on tiedonsiirtoverkko, jota käytetään tiedonsiirtoon laitteiden ja järjestelmien välille (Liedes ym., 2022, s. 9). Kenttäväylään voidaan liittää esimerkiksi erilaisia älykkäitä mittauslaitteita, ohjelmoitavia logiikoita ja valvomoita. Yleisesti käytettyjä väyläratkaisuja ovat muun muassa M-Bus, Modbus, LonWorks, KNX, BACnet ja DALI (Liedes ym., 2022, luku 6.2). Väyläratkaisu on luotettavampi tiedonsiirtotapa kuin pulssimittaus. Tämän takia mahdollisuuksien mukaan kulutusmittarit olisi hyvä liittää seurantajärjestelmään väylien avulla. (Härkönen ym., 2018, s. 237.)

Kumulatiivisen lukeman säilymisen varmistamiseksi, olisi väyläliitännäiset mittarit sekä pulssienkeruulaitteet hyvä varustella paristoilla. Tällöin vältetään häiriöt, jotka voivat vääristää kokonaiskulutusta, jos keruujärjestelmästä puuttuu tuntitasoinen mitaustieto. Lisäksi tulisi varmistaa, että mittausjärjestelmän uudelleenkäynnistämisestä ei tule vääristymiä kokonaiskulutukseen. (ST 21.34, 2015, s. 6.)

5.3 Aurubiksen energianseurantajärjestelmä

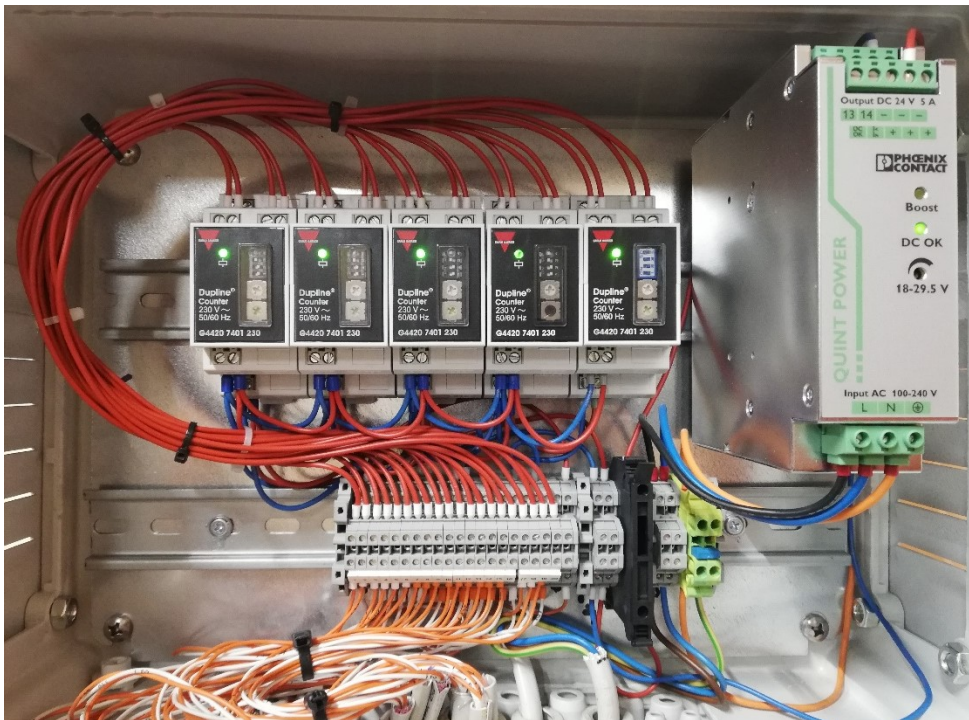
Kuva 9 kertoo pääperiaatteen siitä, miten valssaamon energiaseurantajärjestelmä rakentuu. Yksinkertaistettuna järjestelmä sisältää mittarit, pulssituloyksiköt, tiedonkeruuyksikön, tietokannan, sekä varsinaisen raportointijärjestelmän, josta kulutustietoja seurataan. Valssaamorakennuksessa sijaitsevista sähköjakelukojeistoissa sijaitsevat pulssiliitännäiset mittarit lähettävät pulssitiedon pulssituloyksiköille.



Kuva 9. Valssaamon energiaseurantajärjestelmä (Heidi Sandberg).

Kuvan 10 pulssituloyksiköissä on viisi pulssilaskuria, jotka laskevat mittareilta tulevat pulssit. Pulssituloyksiköt kommunikoivat keskenään Dupline-väylien välityksellä. Pulssituloyksiköiltä tiedot siirtyvät väylän kautta yhteiselle tiedonkeruuyksikölle.

Tiedonkeruuyksiköltä on ethernet-yhteys tietokantaan. Lopussa on selain eli itse seuranta- ja raportointijärjestelmä, josta käyttäjät näkevät energiankulutustiedot.



Kuva 10. Pulssituloyksikkö, jossa on viisi pulssilaskuria ja virtalähde (Heidi Sandberg).

Valssaamorakennuksessa suurin osa alamittareista ovat kuvan 11 mukaisia Carlo Gavazzin EM21 72D -energiamittareita. Mittari on kolmivaiheinen ja se voidaan asentaa DIN-kiskoon tai paneeliasennuksena. Mittarissa on LCD-näyttö, ja mittarin konfigurointiparametreja voidaan selata ja asettaa mittarilla. Mittarin kytkentäohje ja tekniset tiedot ovat liitteessä 4.



Kuva 11. Carlo Gavazzi EM21 72D -energiamittari (Sähkönumerot.fi-tuotetietopalvelu, n.d.).

Dupline on Carlo Gavazzin kehittämä väyläratkaisu, jolla pystytään lähettämään digitaalisia ja analogisia signaaleja useita kilometrejä. Signaalien siirto tapahtuu 2-johtimisen kaapelin avulla, eikä johtimille ole asetettu vaatimuksia. Lisäksi Dupline-väylän topologia on vapaa, jolloin sitä voidaan haaroittaa vapaasti. (Carlo Gavazzi Automation, n.d.) Topologialla tarkoitetaan fyysistä tai loogista verkon rakennetta (Liedes ym., 2022, luku 3.1).

5.4 Energianhallintajärjestelmästandardi ISO 50001

SFS-EN ISO 50001 -energianhallintajärjestelmästandardi auttaa yrityksiä energiahallintajärjestelmän suunnittelemisessa. Standardin vaatimuksia noudattamalla pystytään muun muassa kehittämään tehokkaampia tapoja energiankäytölle, parantamaan jatkuvasti yrityksen energianhallintaa, asettamaan energiatehokkuustavoitteita ja mittaamaan tuloksia. Standardin avulla yritykset voivat päättää itse tavoitteista ja aikatauluista niiden toteuttamiseksi lakisääteisten raja-arvojen puitteissa.

Energianmittausjärjestelmällä, joka on rakennettu ISO 50001 -standardin mukaisesti, tulisi pysyä seuraamaan ja mittaamaan energiatehokkuutta. Yritys voi itse määrittellä sopivan mittarin energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuden tasoa voi kuvata esimerkiksi energiankulutuksen ja tuotettujen tuotteiden suhdearvolla. Kohdekohtaista energiankulutusta tulisi pystyä mittaamaan ISO 50001-standardin mukaisella energianmittausjärjestelmällä ja sillä tulisi pystyä havaitsemaan merkittävimmät

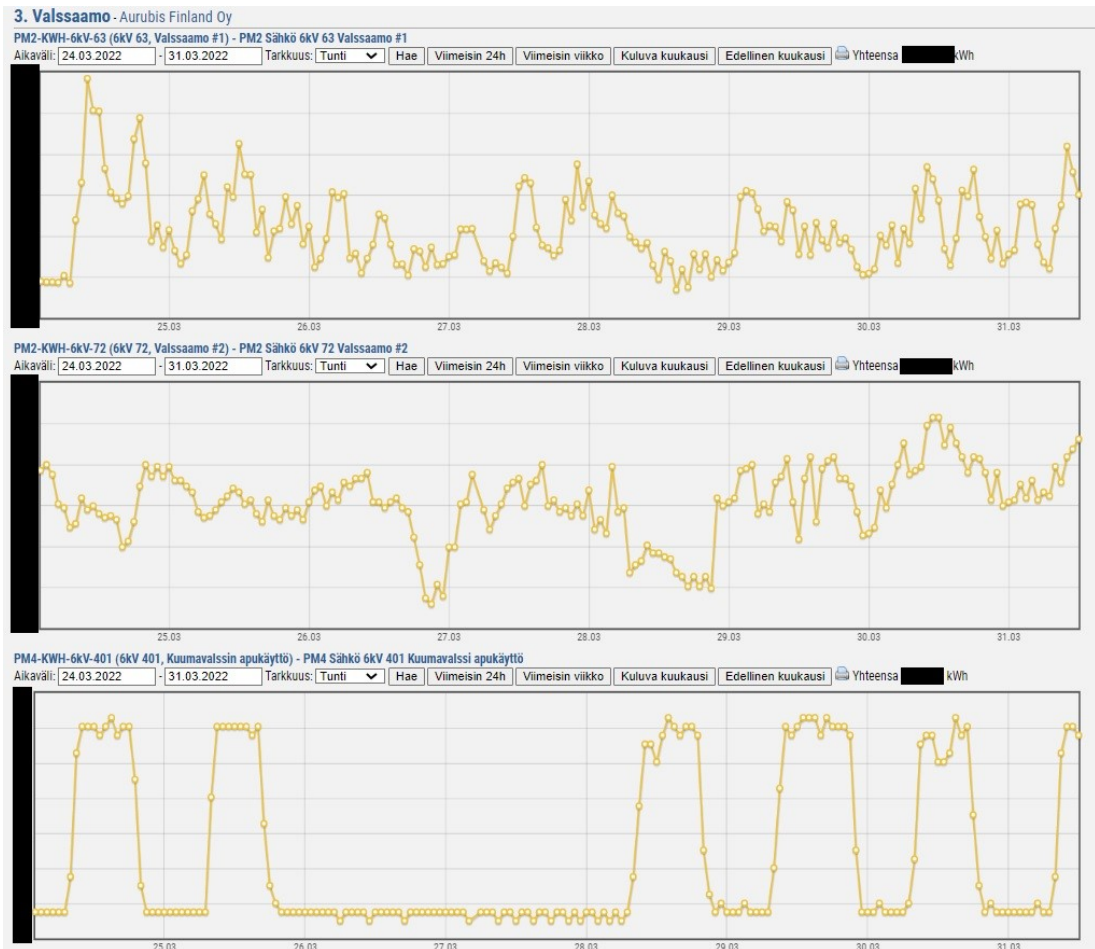
energiankulutuspiisteet. Yrityksen tulee määrittää oikeanlaiset menetelmät seurantaan ja mittaukseen, joilla saavutetaan todelliset tulokset. (SFS-EN ISO 50001:2018, 2018.)

6 MITTAUS- JA SEURANTAJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

6.1 Lähtötilanne

Tämän opinnäytetyön käytännön osuus aloitettiin kartoittamalla sähkönkulutuksen seurantajärjestelmän lähtötilanne. Kartoituksessa kävi ilmi, että käytössä olevasta seurantaohjelmasta ei näy valssaamon sähköenergian kulutustietoja koneittain, vaan kulutustiedot näkyvät mittareittain (Kuva 12). Joidenkin koneiden kulutustiedot tulivat monelta eri mittarilta. Pääasiassa näkymä oli kaikkien osapuolten näkökulmista melko epäselvä ja tämä vaikeutti kulutustietojen analysointia.

Kuva 12 on kuvankaappaus käytössä olevasta seurantajärjestelmän näkymästä ja kuvassa nähdään osa järjestelmän mittausten esitystavasta. Jokaisen mittauspisteen kulutuskaaviot ovat allekkain. Tämä tarkoittaa sitä, että kulutustietoja pitää selata ja etsiä oikeat mittauspisteet listasta. Järkevämpi ratkaisu olisi kuitenkin, että kulutustiedot saataisiin näkymään sekä konekohtaisesti, että sähköjakelun näkökulmasta. Lisäksi todettiin, että mittauspisteet pitäisi saada nimettyä näkymään järkevästi. Mittauspisteet oli nimetty lähinnä sähkönjakelun näkökulmasta, mikä vaikeutti omalta osaltaan mitauskäyrien tulkintaa.



Kuva 12. Näkymä seurantaohjelmassa (Aurubis Finland Oy sisäinen seurantajärjestelmä, 2022.)

Keskeisenä ongelmana oli myös, että sähkölaskussa olevien mittausten ja järjestelmässä näkyvien mittausten kilowattituntimäärät eivät täsmänneet ja näissä ilmeni paikotellen suurakin eroja. Laskuun tulivat tiedot eri mittausjärjestelmästä, Siemensin Simatic S5-logiikasta. Lisäksi epäiltiin, että seurantajärjestelmän mittareiden ohjelmointiparametrit sekä skaalaus voisivat olla vääriä ainakin osassa mittareista. Lähtötietoina oli listaus 71 mittarista ja näiden sijainneista.

Mittarilistauksen läpi käyminen oli ensimmäinen selvittävä asia. Sen paikkansapitävyys piti tarkistaa ja lisäksi piti selvittää, ovatko mittareihin asetetut parametrit oikein. Mittarilistausta, sähkölaskua ja seurantaohjelmaa vertailtaessa kävi ilmi, että ohjelmasta puuttui kokonaan kaksi olennaista sähkömittausta. Lisäksi listassa ja ohjelmassa näkyi kolme mittaria, jotka eivät olleet käytössä. Haasteen toivat myös vanhat Enermet-mittarit, joiden lukemat sähkölaskuun nähden eivät olleet yhdenmukaisia.

6.2 Energiamittareiden lukeminen ja skaalauksen korjaus

Projektin käytännön osuus aloitettiin energiamittarien luennalla. Mittareiden kilowattituntilukemat kerättiin kahden vuorokauden ajalta. Niiden arvoja vertailtiin energia-seurantaohjelman raportteihin, ja vertailussa huomattiin, että 15 mittarin lukemat eivät vastaa seurantaohjelman raporttien arvoja. Mittareita järjestelmässä on kolmelta eri valmistajalta: Carlo Gavazzi, Hager ja Enermet.

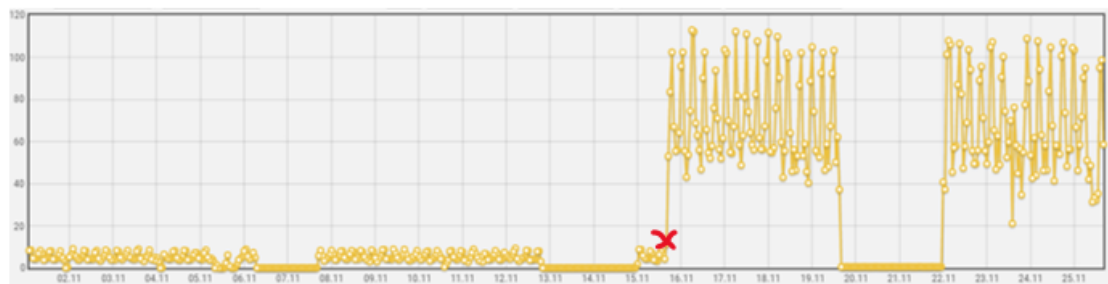
Taulukko 1. Esimerkki eräiden mittauspisteiden kWh-lukemista mittarilla ja seurantaohjelman raportissa aikavälillä X.

Mittauspiste	Mittarilukema [kWh]	Raportin lukema [kWh]
1	9023	89,83
2	2591	25910
3	900	9017
4	1441,2	14446
5	2,56	25
6	3589	35971
7	181,89	1821
8	326	3266
9	585,1	5869
10	2,53	25
11	99,23	213
12	1205,7	12078
13	723,8	7260
14	625,2	6276

Kuten taulukosta 1 voidaan havaita, arvoissa on skaalausvirhettä (vertaa esimerkiksi mittauspiste 2: 2591 kWh vs. 25910 kWh). Mittausten skaalaus piti korjata järjestelmään. Koska luettavia mittareita oli paljon, lopuksi tehtiin vielä yksi mittarien luentakierros oikeiden asetusten ja mittarilukemien varmistamiseksi. Lisäksi taulukosta 1 nähdään muun muassa, että mittauspisteessä 11 mittarilukema ja raportin lukema eivät vastaa toisiaan. Tämä johtui siitä, että pulssin arvo mittarilla oli ohjelmoitu niin, että lukema vääristyi. Lukemat ovat suuntaa antavia, koska kaikkia mittareita ei pystytty lukemaan täysin minuutin tarkkuudella samalta aikaväliltä, kuin raportin lukemat. Esimerkiksi paljon kuluttavien mittauspisteiden kohdalla lukema voi kasvaa merkittävästi muutamassa minuutissa. Lisäksi myös pulssimittaus saattaa aiheuttaa vääristymää mittarilukeman ja raportin lukemien välillä.

6.3 Mittarien ohjelmointiparametrien tarkistus ja korjaus

Koska mittarilukemissa oli poikkeamaa vertailtaessa niitä seurantaohjelman raportteihin sekä sähkölaskuun, tehtiin kentällä toimenpiteitä asian korjaamiseksi. Jokaisen mittarin ohjelmointiparametrit tarkistettiin. Tässä toimenpiteessä todettiin yhteensä kahdeksan mittarin parametrien olevan vääriä ja ne muutettiin oikeiksi. Näissä mittareissa oli joko virtamuuntajan muuntosuhde, tai pulssin arvo (kWh/pulssi) väärin. Kuvasssa 13 nähdään esimerkki siitä, miten mittarin uudelleen konfigurointi voi vaikuttaa kulutuskäyrään.



Kuva 13. Esimerkki erään koneen kulutuskäyrän muutoksesta energianseurantaohjelmassa. Virtamuuntajan muuntosuhdetta muutettu mittariasetuksiin punaisen rastin kohdalla. (Aurubis Finland Oy sisäinen seurantajärjestelmä, 2022.)

Kun mittarien ohjelmointiparametrit oli saatu korjattua, korjatuista mittareista luettiin uudet mittarilukemat. Mittarilukemia vertailtiin jälleen seurantaohjelman arvoihin. Raportti otettiin seurantaohjelmasta luonnollisesti samalta aikaväliltä, jolloin mittarien luenta tapahtui.

6.4 Uuden näkymän suunnittelu seurantaohjelmaan

Seurantaohjelmassa olevaan mittarinäkymään on koottu kaikki mittauspisteet allekkain. Tämä ei kuitenkaan ole käytännön kannalta hyvä ratkaisu, koska koneilla voi olla monta eri mittauspistettä. Tavoitteena oli rakentaa seurantajärjestelmä, josta nähdään kulutustiedot sekä konekohtaisesti, että mittaustiedot sähkönjakelun näkökulmasta.

Uuden mittarinäkymän kuvaamiseksi tehtiin puukaaviot (liitteet 2 ja 3). Liitteet 2 ja 3 ovat muokattu toimeksiantajan pyynnöstä. Uuden mittarinäkymän suunnittelussa

haasteena oli, miten saada näkymä selkeäksi sekä sähköalan ammattilaisten, että muiden järjestelmää lukevien kannalta.

7 TULOKSET

Tämän projektin aikana tehtiin erilaisia toimenpiteitä seurantajärjestelmän parantamiseksi. Kaikki seurantajärjestelmään liittyvät mittarit käytiin useasti läpi ja niiden ohjelmointiparametrit tarkastettiin ja osa mittareista konfiguroitiin uudelleen. Mittarilistaus tarkastettiin ja siinä olevat virheet korjattiin. Mittauspisteistä tehtiin uusi päivitetty listaus. Liite listauksesta on jätetty pois toimeksiantajan pyynnöstä. Seurantajärjestelmän raporttien ja mittarilukemien vertailussa kävi ilmi, että joidenkin mittausten skaalaus piti korjata järjestelmään (Taulukko 2).

Taulukko 2. Satunnaisten mittauspisteiden kWh-lukemat skaalauksen jälkeen aikavälillä X.

Mittauspiste	Mittarilukema [kWh]	Raportin lukema [kWh]
1	8579	8720
2	2906	2927,3
3	898	904,7
4	1198,6	1209,6
5	473,68	478,3
6	3352	3386,4
7	167,13	171
8	328,8	334,3
9	542,3	545,9
10	243,77	245,7
11	98,45	99,6
12	1286,9	1287,2
13	706,3	709
14	785,1	787,3

Erään valssaamon sähköjakelukojeiston mittareissa oli myös ongelmana, että niiden lukemat eivät täsmänneet sähkölaskun lukemien kanssa. Näiden mittarien lukemat olivat epärealistisen pieniä. Mittareiden tiedonsiirron todettiin kuitenkin välittyvän

seurantajärjestelmään, koska mittarilukema ja seurantajärjestelmän raportin lukema vastasivat toisiaan. Näiden mittauspisteiden tapauksessa päätettiin, että niiden virtamuuntajat sekä energiamittarit vaihdetaan uusiin, jotta lukemat saadaan realistiseksi. Tästä tehtiin tarjouspyyntö ja näillä näkymin uusien virtamuuntajien ja energiamittarien vaihto tullaan tekemään tulevana kesänä. Mittareita ja seurantaohjelmaa vertailtaessa huomattiin myös, että seurantaohjelmasta puuttuu kaksi täysin oleellista mittausta ja ne tullaan lisäämään järjestelmään.

Seurantaohjelmaan suunnitelluista muutoksista tehtiin puukaaviot uuden näkymän kuvaamiseksi ohjelmassa (Liitteet 2 ja 3). Puukaaviot toimivat ehdotuksina mittausten näkymän rakentumisesta ohjelmassa. Lisäksi laadittiin manuaalin rinnalle selkeä ohje ohjelmointiparametrien tarkastuksesta Carlo Gavazzin mittareilla kunnossapitoa varten (Liite 1).

Opinnäytetyön loppusuoralla pidettiin palaveri seurantajärjestelmään liittyen Aurubis Finland Oy:n ja KP-ServicePartner Oy:n välillä. Palaverissa käsiteltiin tulevaa mittarinäkymää uudessa seurantajärjestelmässä perehtyen suunnitelmakaavioihin, jotka on tehty tämän opinnäytetyöprojektin aikana (liitteet 2 ja 3) ja näkymän rakenteellista hierarkiaa. Lisäksi käsiteltiin lisättäviä mittauspisteitä, sekä vaihdettavia virtamuuntajia ja energiamittareita. Keskusteltiin myös, että erään kojeiston vaihdettavien mittarien ja virtamuuntajien tilalle tulisi mahdollisesti Janitza UMG 96 RM-E-energiamittarit sekä ABB:n virtamuuntajat. Lopuksi palaverissa kartoitettiin yhteisesti, millä aikataululla muutoksia tullaan tekemään.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli alun perin suunnitella energianseurantaohjelmaan mittarinäkymä, joka palvelee kaikkia järjestelmän käyttäjiä. Seurantaohjelman näkymä oli rakennettu mittareittain, lähinnä kunnossapidon näkökulmasta, kun taas osa järjestelmän käyttäjistä kaipasivat konekohtaisia kulutustietoja. Järjestelmään huomattiin kuitenkin liittyvän muitakin keskeisiä ongelmia, kuten mittarien väärät lukemat, osa mittareista ei ollut ollenkaan toiminnassa tai koko järjestelmästä merkittävien mittarien puuttuminen. Näistä seikoista johtuen työn aiheeksi muodostui koko seurantajärjestelmän kehittäminen. Aihetta oli kuitenkin pakko rajata sen laajuuden vuoksi, joten tarkastelunäkökulmaksi valittiin ainoastaan sähköenergian mittausta valssaamora-kennuksessa.

Keskeisinä tuloksina saatiin korjattua mittariparametrit ja lukemien skaalaus oikeaksi järjestelmään. Mittarilistaus päivitettiin ja ohjeet mittarien ohjelmoinnista laadittiin, jotta kunnossapidon olisi helpompi reagoida mahdollisiin muutoksiin tai ongelmilanteisiin. Järjestelmän kannalta tehtiin merkittäviä päätöksiä. Osa mittareista havaittiin näyttävän väärää lukemia. Nämä mittarit eivät olleet digitaalisia, joten ne eivät olleet uudelleen ohjelmoitavissa. Kyseisten mittauspisteiden kohdalla päätettiin, että virtamuuntajat ja energiamittarit vaihdetaan uusiin. Tämä toimenpide tehdään kuitenkin tulevaisuudessa, joten projekti jäi niiltä osin kesken. Lisäksi seurantajärjestelmää varten suunniteltiin uusi, kaikkia osapuolia paremmin palveleva näkymä mittauksille. Kun tämä suunnitelma toteutetaan, eli tässä tapauksessa ohjelmoidaan järjestelmään, kulutustietojen seuranta helpottuu.

Projektin haasteina olivat järjestelmään liittyvän dokumentaation puuttuminen ja mittareiden suuri määrä, sekä uuden mittarinäkymän suunnittelu kaikkien käyttäjien kannalta loogisesti. On myös huomioitava, että pulssimittauksen ongelmana on sen epätarkkuus, joten mittauksissa saattaa joskus esiintyä ristiriitaisuuksia mittarilukeman ja seurantaohjelman raporttien välillä. Optimalisempi vaihtoehto mittaustarkkuuden varmistamiseksi olisi väyläliikennöinti. Lisäksi alun perin oli tiedossa, että projektin aikataulu saattaa venyä muun muassa muiden projektien samanaikaisuuden takia. Kuitenkin opinnäytetyöni osuus tässä projektissa saatettiin päätökseen toukokuussa

2022. Kehitysprojekti jatkui tästä eteenpäin muun muassa mittarien vaihdolla ja ohjelmoinnilla.

Jatkokehitysehdotuksena olisi tulevaisuudessa kehittää järjestelmää myös vedenkulutuksen, kaukolämmön, paineilman, nestekaasun, typen ja vedyn kannalta, sillä työ oli rajattu ainoastaan sähköenergian mittausten ja kulutuksen seurantaan. Järjestelmälle olisi myös hyvä nimittää vastuhenkilö, joka olisi tietoinen järjestelmän toiminnasta, sekä siihen vaikuttavista asioista ja muutoksista. Opinnäytetyön tuloksena tehtyjä puukaavioita mittauksista ja koottua dokumentaatiota olisi myös hyvä ylläpitää ja päivittää tarvittaessa vastuhenkilön toimesta, jotta kaaviot palvelisivat mahdollisimman hyvin jatkossakin järjestelmän ylläpitoa.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyön aihe oli haastava ja erittäin mielenkiintoinen. Projektin aikana opin paljon, sillä työ liittyi energiatekniikan lisäksi myös vahvasti sähkötekniikkaan. Hienoa oli, että työn aikana pääsi tekemään toimenpiteitä myös kentällä.

LÄHTEET

Aurubis AG. (2021). Group profile. Haettu 13.10.2021 osoitteesta https://www.aurubis.com/en/about-us/group/group_profile

Aurubis Finland Oy. (n.d.). Tietoa meistä. Haettu 13.10.2021 osoitteesta <https://www.aurubis.fi/about-us/>

Aurubis Finland Oy sisäinen seurantajärjestelmä. (2022). Haettu 1.4.2022.

Aurubis Finland Oy sisäinen tietokanta. (n.d.). Haettu 13.10.2021.

Carlo Gavazzi Automation. (n.d.). What is Dupline®? Haettu 6.4.2022 osoitteesta <http://www.dupline.com/scheletro.asp?language=UK&Page=1>

Energiateollisuus. (2022). Sähkön mittauksen periaatteita. https://energia.fi/uutis-huone/materiaalipankki/sahkon_mittauksen_periaatteita_-ohje.html#material-view

Heikkilä, I., Huumo, M., Siitonen, S., Seitsalo, P. & Hyytiä, H. (2008). Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT): Teollisuuden energiatehokkuus. Suomen ympäristö 51/2008. <http://hdl.handle.net/10138/38378>

Heikkinen, V. & Loukola-Ruskeeniemi, K. (2017). Energian kulutus ja sähkön hinta metallinjalostusteollisuudessa. Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-204-0>

Härkönen, P., Liedes, R., Mikkola, J., Piikkilä, V., Pusa, K., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T. & Sulku, J. (2018). Rakennusautomaatiojärjestelmät. ST-käsikirja 17. (6., uudistettu painos). Sähköinfo.

Kauppi, V., Mäkinen, P., Reinikainen, V. & Ylinen, T. (2013). Sähköasennukset 4. Sähköinfo.

Kärkkäinen, S., Koponen, P., Martikainen, A. & Pihala, H. (2006). Sähkön pienkuluttajien etäluettavan mittaroinnin tila ja luomat mahdollisuudet. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti No. VTT-R-09048-06. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/VTT-R-09048-06.pdf>

Liedes, R., Piikkilä, V., Sahala, A., Sahlstén, T., Sulku, J., Bamberg, H., Jussila, T. & Laaksonen, T. (2017). Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. ST-käsikirja 22. Sähköinfo.

Liedes, R., Uusitalo, S., Reinikainen, V., Erkkilä, V. & Koivisto, P. (2022). Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. ST-käsikirja 21. (3., uudistettu painos). Sähköinfo.

Lindeman, K. & Sahinoja, T. (2000). Sähkömittaustekniikan perusteet. WSOY.

Mittauslaitelaki 707/2011. Haettu 31.3.2022 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707>

Motiva. (2014). Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta. https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden_mittaus- ja_seurantajarjestel-man_hankinta.pdf

Motiva. (2018). Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä. https://www.motiva.fi/files/15389/Energiatehokkuuden_oheshyodyt_yrityksissa.pdf

Motiva. (2020). Energiatehokkuussopimukset. Haettu 2.11.2021 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/energiatehokkuussopimukset>

Motiva. (2021). Ohjauskeinot. Haettu 19.10.2021 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot>

Phoenix Contact. (n.d.). Phoenix Contact -virtamuuntaja [kuva]. Haettu 3.5.2022 osoitteesta <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/>

SFS-EN ISO 50001:2018. (2018). Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja soveltamisohjeita. <https://online.sfs.fi/>

ST 21.34. (2015). Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Sähkönumerot.fi-tuotetietopalvelu. (n.d.). Carlo Gavazzi EM21 72D -energiamittari [kuva]. Haettu 26.1.2022 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/6706039>

Sähkönumerot.fi-tuotetietopalvelu. (n.d.). Schneider Electric MID Acti 9 - iEM3110 -energiamittari [kuva]. Haettu 3.5.2022 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/6616636/?group=40>

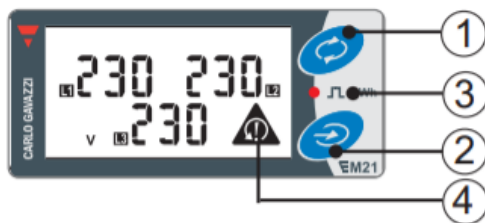
Tilastokeskus. (2021). Energian loppukulutus sektoreittain [tilasto]. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehk/stat-fin_ehk_pxt_12vk.px/

Turku Energia. (n.d.). Sähköenergian mittaus, mittarointi ja mittauslaitteet. Haettu 2.3.2022 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/sahkoverkot/sahkoliittyma-ja-sahkon-mittaus/ohjeet-sahkoammattilaisille/sahkon-mittauksen-tekniset-ohjeet/sahkoenergian-mittaus-mittarointi-ja-mittauslaitteet/>

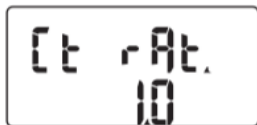
Wallin, P. (1991). Sähköttaustekniikan perusteet. Otatieto.

Ohjelmointiparametrien tarkastusohje Carlo Gavazzin energiamittareilla

Carlo Gavazzin mittarin mittaustietoja selataan painikkeella 1 ja informaationsivuja painikkeella 2. Muuntosuhteen ja pulssin arvon (kWh/pulssi) tarkistus tapahtuu informaationsivuja selaamalla. Informaationsivuja selataan, kunnes mittarin näytölle tulee teksti ”Ct rAt.”. Tämä tarkoittaa virtamuuntajan muuntosuhdetta.

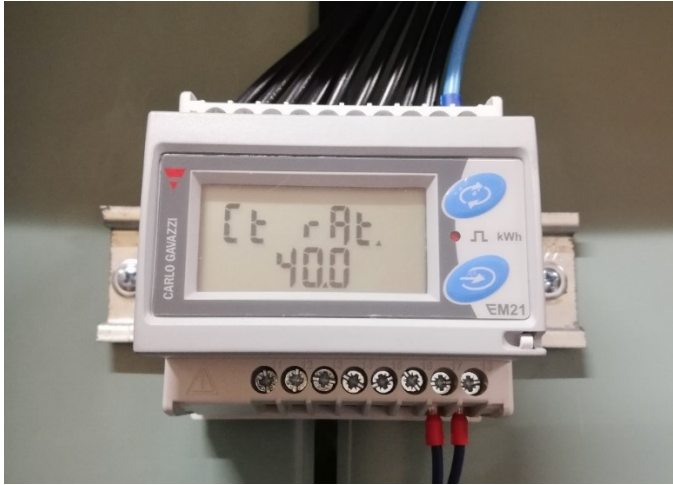


Carlo Gavazzi EM21 72D etupaneeli ja painikkeet



Virtamuuntajan muuntosuhde

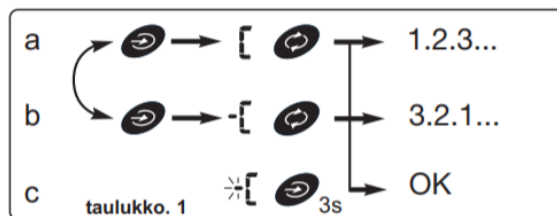
Esimerkkinä tästä on tilanne, jossa virtamuuntajan ensiöpuolen virta on 200 A ja toisiopuolen virta on 5 A, niin mittarin näytölle asetetaan ($200 / 5 = 40$) muuntosuhteen arvoksi 40.



Virtamuuntajan muuntosuhteen arvoksi asetetaan 40, kun ensiöpuolen virta on 200 A ja toisiopuolen virta on 5 A

Huom! Hagerin kilowattituntimittarissa virtamuuntajan arvo asetetaan puolestaan ensiöpuolen virran mukaan. Tällöin mittariin asetetaan edellisen esimerkin arvojen mukaan arvoksi 200.

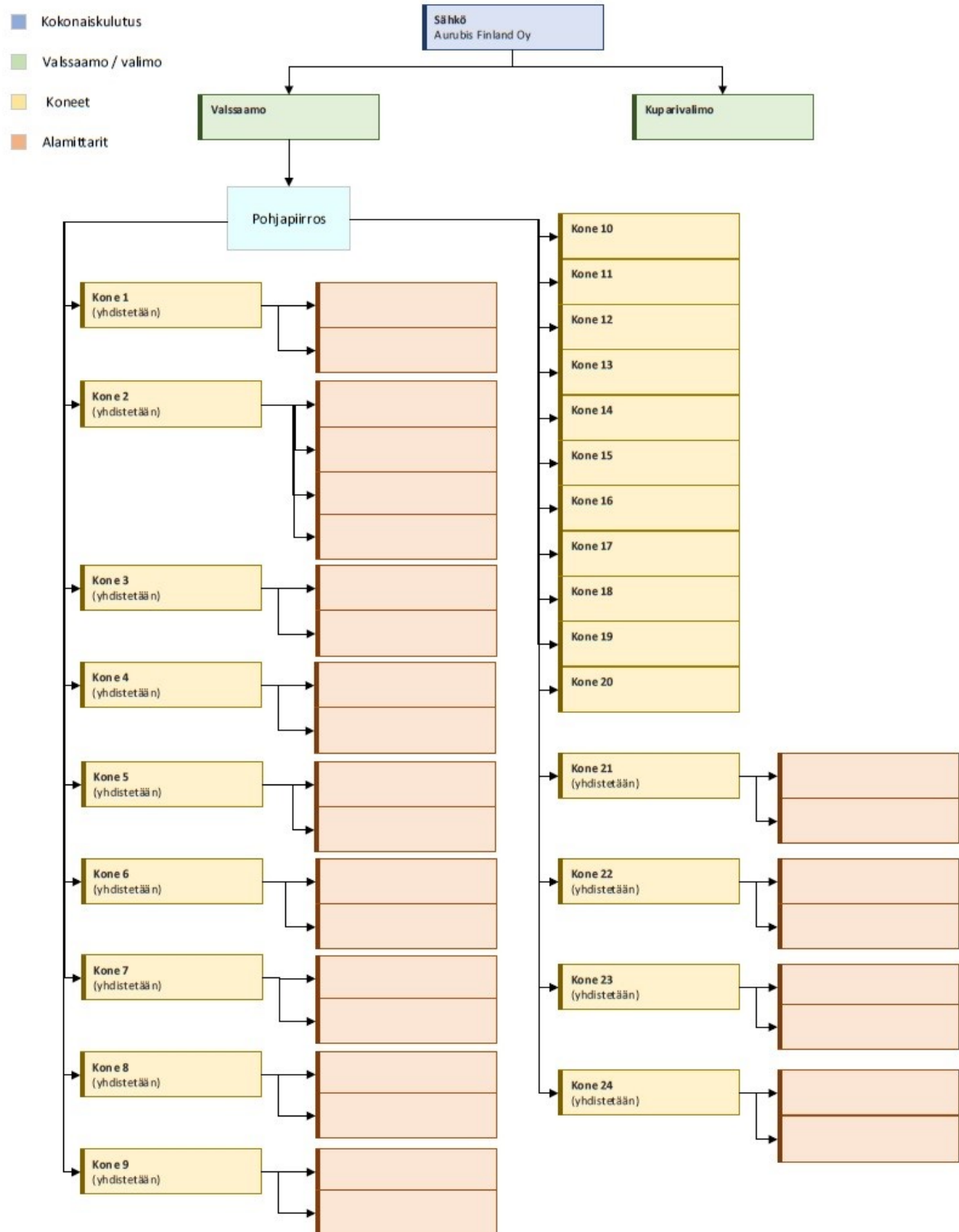
Virtamuuntajan muuntosuhteen muuttaminen tapahtuu menemällä mittarin ohjelmointitilaan painamalla painiketta 2 vähintään 3 sekunnin ajan. Valikoita selataan painikkeella 1 ja tällä voi myös suurentaa tai pienentää asetusten lukuarvoja. Alavalikoita selataan painikkeella 2, ja sillä vaihdetaan myös arvomuutoksen tila joko positiiviseksi tai negatiiviseksi.



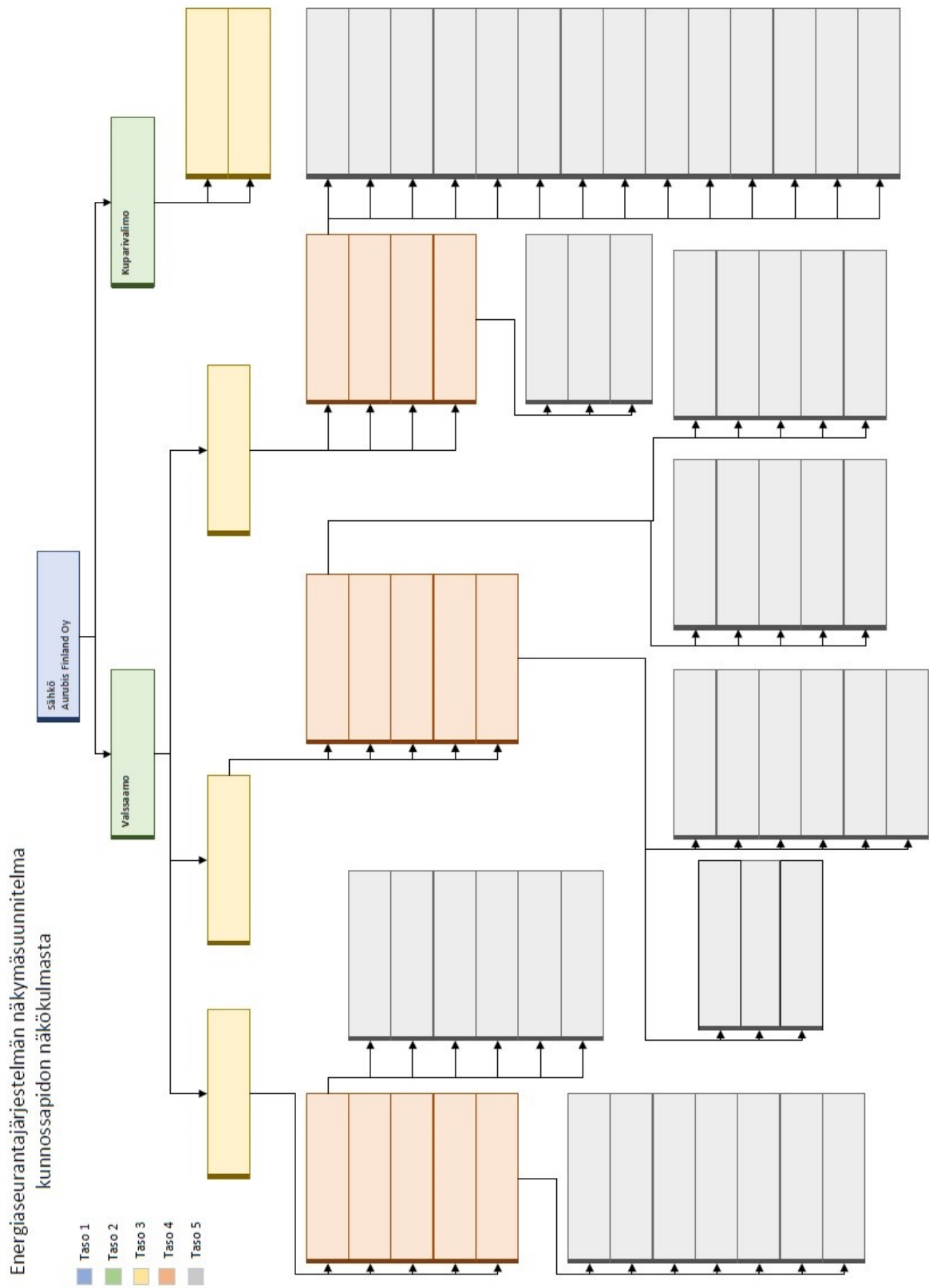
Painiketta 2 painettaessa näytön alariville ilmestyy kirjan ”C”. Tällöin on mahdollisuus kasvattaa arvoa painikkeella 1. Painamalla uudelleen painiketta 2 näytön alariville ilmestyy ”-C”. Tällöin on mahdollisuus vähentää arvoa painikkeella 1. Kun valittu arvo on oikea, se vahvistetaan painikkeella 2 (noin 3 sekuntia), kunnes – merkki poistuu C:n edestä. Tällöin valittu arvo on vahvistettu.

(Muokattu)

Energiaseurantajärjestelmän näkymäsunnitelma koneittain



(Muokattu)



MEASURING MODE
MITTAUSTILA



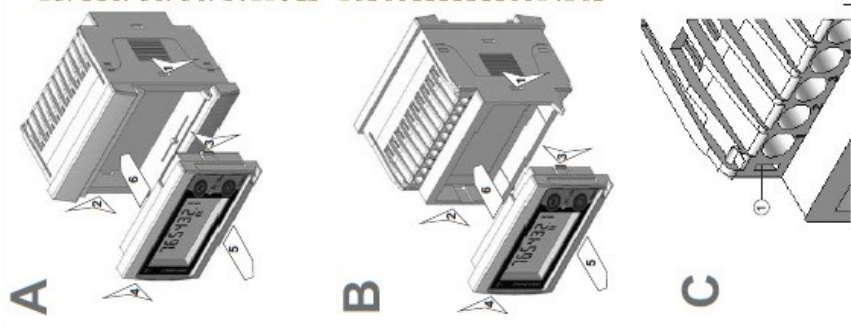
SOVELLUS :	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Measuring pages. Mittaustilat	1234567	1234567	1234567	PF 098	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98	0.98 L PF 98
Information pages. Informaatiotilat	2008	0001	SYS 3Pn	10	10	Pulse 0.10	2					

Available variables only with RS-485.
Saatavana vain RS-485 kanssa.

V/L-N vs. V/L-L sys. W, sys. V/L/L1, V/L2, V/L3, vs. L1, vs. L2, vs. L3, W/L1, W/L2, W/L3.

	In case of wrong phase sequence. Väärin vaihejärjestyksen arvoitus.
	Phase to phase voltage. Väli- tai vaihe- jännite. L1-2, L2-3, L3-1.
	System voltage. Verkon / järjestelmä jännite.

Year of production (Y, 2008) and firmware release (rAO). Valmistusvuosi (Y, 2008) ja ohjelmaversio (rAO).	Wh per pulse (LED). KWh / pulssi (LED).	Type of system (SYS 3Pn) and type of connection (4 wires). Verkon tyyppi (SYS 3Pn) ja kytkentä (4-johdin).	Current transformer ratio. Virtamuuntajan muuntosuhde.	Voltage transformer ratio. Jännitemuuntajan muuntosuhde.	Pulse output kWh per pulse. Pulsien määrä: kWh / pulssi.	Serial communication address. Sarjajärjestelmän osoite.
2008 rAO	0001 LED	SYS 3Pn 4w	10 10	10 10	Pulse 0.10	Addr 2



ENGLISH

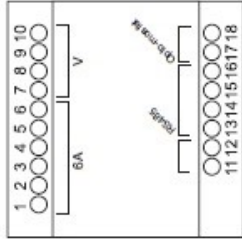
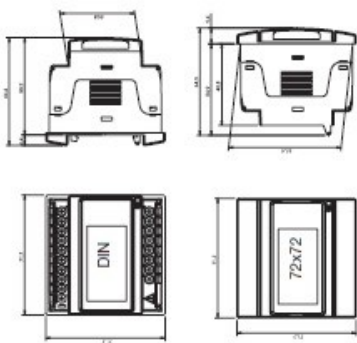
Transforming the instrument from DIN guide fitting to panel fitting and vice versa.
To remove the display unit, by means of a screwdriver of suitable dimensions, operate on slots (1 and 2) on the sides of the instrument, pressing the fastening tabs (3 and 4), then carefully remove (5) the display unit.
To transform the instrument from panel fitting to DIN guide, rotate the measurement base from A to B.
To transform the instrument from DIN guide fitting to panel, rotate the measurement base from B to A.
To insert the display unit, gently push it (6) in its seat, as shown in the images, until you hear the "click" of the elastic tabs (3 and 4) which signal the correct fitting in the slot (1 and 2).
If Green LED, Fig. C is not connected, that is, without power, if the LED flashes, it shows that the instrument is connected to the serial network and is communicating.

SUOMI

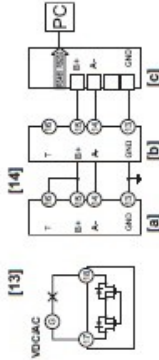
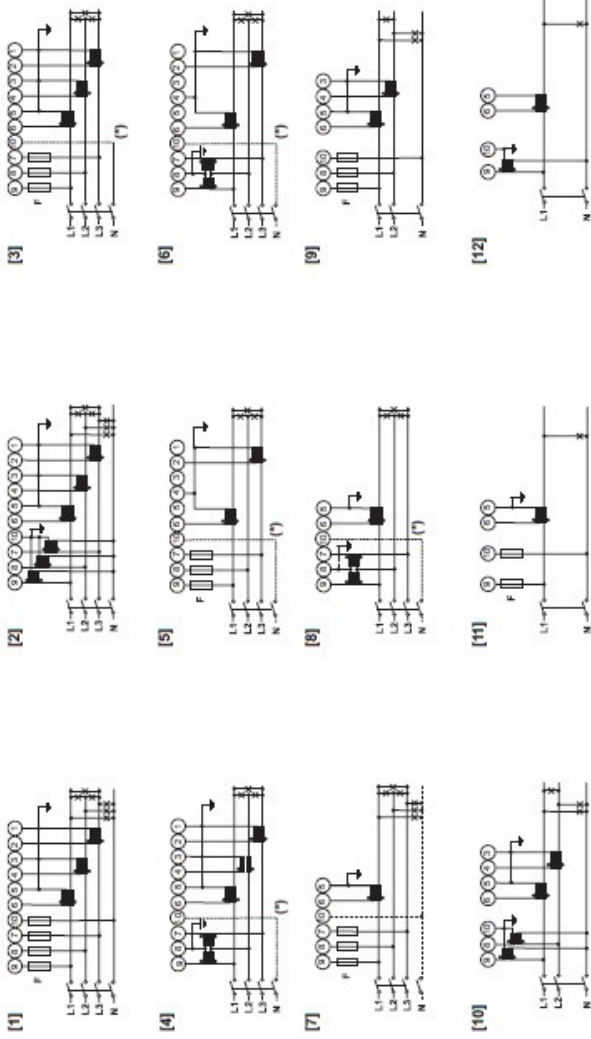
Laitteen muuttaminen DIN-kiikossaennuksesta kansisäennukseen ja päinvastoin.
Näytön irrotus tapahtuu laiton avulla olevin kotohin (1 ja 2) sopivalla ruuvimeisselillä. Paha kinnitysajopä (3 ja 4) ruuvimeisselillä ja vedä (5) samankaltaiset kiinnitysvarot ulos.
Muutosta kansisäennuksesta DIN-kiikossaennukseen, käännä mittaus pohja asemasta B asemoon A.
Muutosta DIN-kiikossaennuksesta kansisäennukseen, käännä mittaus pohja asemasta A asemoon B.
Näytön asennus, paina (6) varovasti näyttö paikalleen, kunnes kuuluu on estävy, kunnes kuuluu "klik" äänen kinnityssopien (3 ja 4) asetuksessa kondoleen aukkoihin (1 ja 2). Tämä taitea näyttö oikein asettaman päätellen.
Vihreä LED, Kuv. C ei ole kytketty, ilman näyttöä, värähtä LED näyttöä, että laitteessa on yhteys. Jos LED välkkii, se tarkoittaa että laitteessa on sarjajärjestelmä kytkettyin sarjajärjestelmään ja se toimii.

CARLO GAVAZZI
 Automattien Compensatori
 0407 700 000 (P.N.) 0303671 220608
 0407 700 000 (P.N.) 0303671 220608

EM21 72D 3-vaiheinen energilämmitin* TULOT/ALABÖR



F=315mA



ENGLISH

- 6A System type selection 3Pn**
 [1]- 3-ph, 4-wire, unbalanced load, 3-CT connection.
 [2]- 3-ph, 4-wire, unbalanced load, 3-CT and 3-VI/PT connections.
6A System type selection 3P
 [3]- 3-ph, 3-wire, unbalanced load, 3-CT connection.
 [4]- 3-ph, 3-wire, unbalanced load, 3-CT and 2-VI/PT connections.
 [5]- 3-ph, 3-wire, unbalanced load, 2-CT connections (ACON).
6A System type selection 3P1
 [6]- 3-ph, 3-wire, unbalanced load, 2-VI/PT and 2-CT connections (ACON).
6A System type selection 3P1
 [7]- 3-ph, 3-wire, balanced load, 1-CT connection (if the neutral wire (L1 and N) is available the voltage connection can be realized to only 2-wire (L1 and N)).
 [8]- 3-ph, 3-wire, balanced load, 1-CT and 2-VI/PT connection.
6A System type selection 2P
 [9]- 2-ph, 3-wire, 2-CT connection.
 [10]- 2-ph, 3-wire, 2-CT and 2-VI/PT connections.
6A System type selection 1P
 [11]- 1-ph, 2-wire, 1-CT connection.
 [12]- 1-ph, 2-wire, 1-CT and 1-VI/PT connection.
 Static output and serial port
 [13]- Opto-isolated static output
 [14]- RS485 connection wires [a]- last instrument, [b]- instrument 1...n, [c]- RS485/RS232 interface.
 (*) NOTE: For a correct power supply of the instrument, the neutral must always be connected.

SUOMI

- 6A Verkon tyylin valinta 3Pn**
 [1]- 3-v, 4-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 3-VI kytkentä.
 [2]- 3-v, 4-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 3-VI ja 3-VI/PT kytkentä.
6A Verkon tyylin valinta 3P
 [3]- 3-v, 3-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 3-VI kytkentä.
 [4]- 3-v, 3-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 3-VI ja 2-VI kytkentä.
 [5]- 3-v, 3-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 2-VI kytkentä (ACON).
6A Verkon tyylin valinta 3P1
 [6]- 3-v, 3-johdin, epäsymmetrinen kuorma, 2-VI ja 2-VI/PT kytkentä (ACON).
6A Verkon tyylin valinta 3P1
 [7]- 3-v, 3-johdin, symmetrinen kuorma, 1-VI kytkentä (jos nolajohdin on kytketty) / symmetrinen kuorma (illemä V, L1 ja N).
 [8]- 3-v, 3-johdin, symmetrinen kuorma, 1-VI ja 2-VI kytkentä.
6A Verkon tyylin valinta 2P
 [9]- 2-v, 3-johdin, 2-VI kytkentä.
 [10]- 2-v, 3-johdin, 2-VI ja 2-VI/PT kytkentä.
6A Verkon tyylin valinta 1P
 [11]- 1-v, 2-johdin, 1-VI kytkentä.
 [12]- 1-v, 2-johdin, 1-VI ja 1-VI/PT kytkentä.
 Staattinen lähtö ja sarjalähtökappale
 [13]- Opto-eristetty staattinen lähtö
 [14]- RS485 - 2-johdus kytkentä
 [a]- viimeinen laite, [b]- muu laite, [c]- RS485/RS232 muunnin.
 (*) HUOM: Nolajohdin täytyy aina olla kytkettyä takamaan laitteiden oikeaa syöttöjännitettä.

ENGLISH

SAFETY PRECAUTIONS



Read carefully the instruction manual. If the instrument is used in a manner not specified by the producer, the protection provided by the instrument may be impaired.

Maintenance: make sure that the connections are correctly carried out in order to avoid any malfunctioning or damage to the instrument. To keep the instrument clean, use a slightly damp cloth; do not use any abrasives or solvents. We recommend to disconnect the instrument before cleaning it.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Rated inputs: System type: 3. Current type: not isolated (shunt inputs). Note: the external current transformers can be connected to earth individually. Current range (by CT): AV5 and AV6: 5(6)A. The "1(6)A" range is available but not in compliance with the MID. Voltage (direct or by VT/PT) AV5: 400VLL; AV6: 120/230VLL. **Accuracy** (Display + RS485) (@25°C ±5°C, R.H. ≤60%, 48 to 62 Hz). AV5 model In: 5A, Imax: 6A; Un: 160 to 260VLLN (277 to 450VLL). AV6 model In: 5A, Imax: 6A; Un: 40 to 144VLLN (70 to 250VLL). Current AV5, AV6 models: from 0.002In to 0.2In: ±(0.5% RDG +3DGT). From 0.2In to Imax: ±(0.5% RDG +1DGT). Phase-neutral voltage in the range Un: ±(0.5% RDG +1DGT). Phase-phase voltage in the range U_a U_b U_c: ±(1% RDG +1DGT). Frequency Range: 45 to 62Hz; resolution: ±1Hz. Active power ±(1%RDG +2DGT). Power Factor ±[0.001+1%(1.000 - "PF RDG")]. Reactive power (2%RDG +2DGT). Energies kWh: class B according to EN50470-1-3 and class 1 according to EN62053-21; kvarh: class 2 according to EN62053-23. In: 5A, Imax: 6A; 0.1 In: 0.5A. Start up current: 10mA. **Energy additional errors:** Influence quantities according to EN62053-21, EN50470-1-3, EN62053-23. **Temperature drift:** ≤200ppm/°C. **Sampling rate:** 1600 samples/s @ 50Hz, 1900 samples/s @ 60Hz. **Display refresh time:** 1 second. **Display:** 2 lines 1st line: 7-DGT, 2nd line: 3-DGT or 1st line: 3-DGT + 3-DGT, 2nd line: 3-DGT. Type LCD, h 7mm. Instantaneous variables read-out 3-DGT. Energies: imported, Total: 6+1DGT (or 7 DGT). Overload status EEE indication when the value being measured is exceeding the "Continuous inputs overload" (maximum measurement capacity). Max. and Min. indication: Max. instantaneous variables: 999; energies: 999 999.9 or 9 999 999 (positive only). The negative energy is neither metered nor subtracted. Min. instantaneous variables: 0; energies 0.0. **LEDs.** Red LED (Energy consumption) 0.001 kWh by pulse if CT ratio x VT ratio is <7; 0.01 kWh by pulse if CT ratio x VT ratio is ? 7.0 < 70.0; 0.1 kWh by pulse if CT ratio x VT ratio is ? 70.0 < 700.0; 1 kWh by pulse if CT ratio x VT ratio is ? 700.0; Max frequency: 16Hz, according to EN50470-3. Green LED (on the terminal blocks side) for power on (steady) and communication status: RX-TX (in case of RS485 option only) blinking. **Measurements:** Method TRMS measurements of distorted wave forms. Coupling type: by means of external CT's. **Crest factor** In 5A ≤3 (15A max. peak). **Current Overloads:** continuous 6A, @ 50Hz. For 500ms 120A, @ 50Hz. **Voltage Overloads:** continuous 1.2 Un. For 500ms 2 Un. **Current input impedance** 5(6)A < 0.3VA. **Voltage input impedance:** self-power supply power consumption: <2VA. **Frequency :** 45 to 65 Hz. **Key-pad:** two push buttons for variable selection and programming of the instrument working parameters. **Pulse output** Number of outputs 1. Type programmable from 0.01 to 9.99 kWh per pulses. Output connectable to the energy meters (kWh). Pulse duration ≥100ms < 120ms (ON), ≥120ms (OFF), according to EN62052-31. Output Static: opto-mosfet. Load V_{ON} 2.5 VAC/DC max. 70 mA, V_{OFF} 260 VAC/DC max. Insulation by means of optocouplers, 4000 VRMS output to measuring inputs. **RS485** type Multidrop, bidirectional (static and dynamic variables). Connections 2-wire. Max. distance 1000m, termination directly on the instrument. Addresses 247, selectable by means of the front keypad. Protocol MODBUS/JBUS (RTU). Data: Dynamic (reading only) single phase and system values. Static (reading and writing). All the configuration parameters. Data format 1 start bit, 8 data bit, no parity, 1 stop bit. Baud-rate 9600 bits/s. Driver input capability 1/5 unit load. Maximum 160 transceivers on the same bus. Insulation by means of optocouplers, 4000 VRMS output to measuring input. **Transformer ratio:** VT (PT) 1.0 to 99.9 / 100 to 999 / 1.00k to 6.00k CT 1.0 to 99.9 / 100 to 999 / 1.00k to 9.99k / 10.0k to 60.0k. The maximum power being measured cannot exceed 210 MW calculated as maximum input voltage and current. The maximum VT by CT ratio is 48.600. For MID complaint applications the maximum power being measured is 25 MW. **Operating temperature** -25°C to +55°C (-13°F to 131°F) (R.H. from 0 to 90% non-condensing @ 40°C) according to EN62053-21 and EN62053-23. **Storage temperature** -30°C to +70°C (-22°F to 158°F) (R.H. <90% non-condensing @ 40°C) according to EN62053-21 and EN62053-23. **Installation category** Cat. III (IEC60664, EN60664). **Insulation (for 1 minute)** 4000 VRMS between measuring inputs and digital output. **Dielectric strength** 4000 VRMS for 1 minute. **Noise rejection** CMRR 100 dB, 48 to 62 Hz. **EMC** According to EN62052-11. Electrostatic discharges 15kV air discharge; Immunity to irradiated test with current: 10V/m from 80 to 2000MHz; Electromagnetic fields test without any current: 30V/m from 80 to 2000MHz; Burst on current and voltage measuring inputs circuit: 4kV. Immunity to conducted disturbances 10V/m from 150KHz to 80MHz. Surge on current and voltage measuring inputs circuit: 6kV; Radio frequency suppression according to CISPR 22. **Standard compliance:** safety IEC60664, IEC61010-1 EN60664, EN61010-1 EN62052-11. Metrology EN62053-21, EN62053-23, MID "annex MI-003". Pulse output DIN43864, IEC62053-31. Approvals: CE. **Connections:** Screw-type. Cable cross-section area: 2,4 x 3,5 mm. Min./Max. screws tightening torque: 0.4 Nm / 0.8 Nm. **Housing:** dimensions (WxHxD) 72 x 72 x 65 mm. Material Noryl PA66, self-extinguishing: UL 94 V-0. Mounting: panel and DIN-rail. **Protection degree:** front IP50. Screw terminals: IP20. **Weight:** approx. 400 g (packing included). **Self power supply** 18 to 260VAC (48-62Hz) (VL1-N). **Power consumption:** ≤20VA/1W

SUOMI

TURVALLISUUSOHJEET



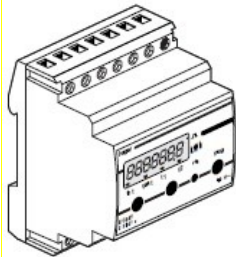
Lue ohjekirja huolellisesti. Jos laitetta käytetään valmistajan ilmoittamien teknisten tietojen vastaisesti, sen suojaus voi heikentyä.

Huolto: varmista, että kaikki kytkennät on tehty oikein virhetointintojen ja laitteen vikaantumisen välttämiseksi. Käytä laitetta puhdistatessasi kostutettua liinaa; älä käytä hankaavia aineita tai liuottimia. Katkaise laitteen syöttöjännite aina ennen puhdistusta.

TEKNISEET TIEDOT

Nimellistulot: Verkon tyyppi: 3. Virtatulon tyyppi: ei eristetty (shuntit tulot). Huom: kaikki ulkoiset virtamuuntajat voidaan maadoittaa erikseen. Virta alue (VM): AV5 ja AV6: 5(6)A. "1(6)A" alue on saatavissa, mutta se ei täytä MID direktiiviä. Jännite (suoraan tai JM) AV5: 400VLL; AV6: 120/230VLL. **Tarkkuus** (Näyttö + RS485) (@25°C ±5°C, suht.kost. ≤60%, 48 - 62 Hz). AV5 malli In: 5A, Imax: 6A; Un: 160 - 260VLLN (277 - 450VLL). AV6 malli In: 5A, Imax: 6A; Un: 40 - 144VLLN (70 - 250VLL). Virta AV5, AV6 mallit: 0.002In - 0.2In: ±(0.5% lukem. +3num). 0.2In - Imax: ±(0.5% lukem +1num). Vaihe-nolla jännite alueella Un: ±(0.5% lukem. +1num). Vaihe-vaihe jännite alueella Un: ±(1% lukem +1num). Taajuusalue: 45 - 62Hz; erottelu: ±1Hz. Päätoteho ±(1%lukem. +2num). Tehokerroin ±[0.001+1%(1.000 - "tehokerroin lukema")]. Loisteho (2%lukem +2num). Energia kWh: luokka B EN50470-1-3 mukaan ja luokka 1 EN62053-21 mukaan; kvarh: luokka 2 EN62053-23 mukaan. In: 5A, Imax: 6A; 0.1 In: 0.5A. Käynnistysvirta: 10mA. **Energian lisävirheet:** Häiriösuuret EN62053-21, EN50470-1-3 ja EN62053-23 mukaan. **Lämpötilaryömintä:** ≤200ppm/°C. **Näytteenottoaajuus:** 1600 näytettä/s @ 50Hz, 1900 näytettä/s @ 60Hz. **Näytön virkistysaika:** 1 sekunti. **Näyttö:** 2 riviä 1.rivi: 7-num, 2.rivi: 3-num tai 1.rivi 3-num + 3-num, 2.rivi: 3-num. LCD-tyypinen, h 7mm. **Hetkellissuureiden näyttö** 3-num. **Energia:** tuoto, Kokonais: 6+1num (tai 7 num). Ylikuormitustila EEE-näyttö, kun mitattava arvo ylittää maksimi mittauskapasiteetin. Näyttöalue: Suurin hetkellissuurearvo: 999; energiat: 999 999.9 tai 9 999 999 (vain positiivinen). Negatiivista energiaa ei mitata eikä myöskään vähennetä. Pienin hetkellissuurearvo: 0; energiat 0.0. **LEDit.** Punainen LED (energian kulutus) 0.001 kWh /pulssi jos VM kerr x JM kerr. on <7; 0.01 kWh / pulssi jos VM kerr. x JM kerr. on ≥ 7.0 < 70.0; 0.1 kWh jos VM kerr. x JM kerr on ≥ 70.0 < 700.0; 1 kWh jos VM kerr. x JM kerr. on ≥ 700.0; Max taajuus: 16Hz, EN50470-3 mukaan. **Vihreä LED** (liitinnuuvien vieressä) syöttö päällä (valmius) ja kommunikointitila: RX-TX (vain RS485 option kanssa) vilkkuu. **Mittaukset:** TRMS mittaukset säröytyneestä siniaallosta. Kytkennäpa: ulkoisilla virtamuuntajilla. **Huippukerroin** In 5A ≤3 (15A max. huippu). **Ylikuormitusvirrat:** jatkuva 1.2 Un, @ 50Hz. 500ms ajan 120A, @ 50Hz. **Ylijännitteet:** jatkuva 1.2 Un, 500ms ajan 2 Un. **Virtatulon impedanssi** 5(6)A < 0.3VA. **Jännitettulon impedanssi:** sisäisen jännitelähteen tehonkulutus: <2VA. **Taajuus :** 45 - 65 Hz. **Painikkeisto:** kaksi painonappia suureiden valintaan ja käytettävien parametrien ohjelmointiin. **Pulsilähtö** Lähtöjen määrä 1. Ohjelmoitavissa 0.01 - 9.99 kWh / pulssi. Lähtö on kytkettävissä energiamittaukseen (kWh). Pulssin kesto ≥100ms < 120ms (ON), ≥120ms (OFF), EN62052-31 mukaan. Staattinen lähtö: opto-mosfet. Kuorma V_{ON} 2.5 VAC/DC max. 70 mA, V_{OFF} 260 VAC/DC max. Eristys optokytkimillä, 4000 VRMS lähdön ja mittaustulosten välillä. **RS485** monipisteyteys, kaksisuuntainen (staattiset ja dynaamiset suuret). Kytkentä: 2-johdin. Max. pituus 1000m, päätevastus suoraan viimeisellä laitteella. Osoitteet 247, valittavissa etupaneelin painikkeistolta. Protokolla MODBUS/JBUS (RTU). Data: Dynaaminen (vain luku) 1-vaiheiset ja järjestelmäsuureet. Staattinen (luku ja kirjoitus). Kaikki konfigurointiparametrit. Tiedon muoro 1 aloitusbitti, 8 databittiä, ei pariteettia, 1 lopetusbitti. Tiedonsiirtonopeus 9600 bittiä/s. Ohjaintulon suorituskyky 1/5 laitteen kuomasta. Korkeintaan 160 lähetin-vastaanotinta samassa väylässä. Eristys optokytkimillä, 4000 VRMS lähdön ja mittaustulosten välillä. **Muuntajien kertoimet:** JM 1.0 - 99.9 / 100 - 999 / 1.00k - 6.00k, VM 1.0 - 99.9 / 100 - 999 / 1.00k - 9.99k / 10.0k - 60.0k. Suurin mitattava teho ei saa ylittää 210 MW laskettuna tulovirran ja jännitteen mukaan. Suurin mahdollinen muunto-suhteiden tulo on 48600. MID vaatimusten mukaisissa sovelluksissa suurin mitattava teho on 25 MW. **Käyttölämpötila:** -25°C - +55°C (-13°F - 131°F) (suht.kost. 0 - 90% ei kondensoituvaa @ 40°C) EN62053-21 ja EN62053-23 mukaan. **Varastointilämpötila** -30°C - +70°C (-22°F - 158°F) (suht.kost. <90% ei kondensoituvaa @ 40°C) EN62053-21 ja EN62053-23 mukaan. **Asennuskategoria** Kat. III (IEC60664, EN60664). **Eristys (1 minuutin ajan)** 4000 VRMS mittaustulon ja ditaalisen lähdön välillä. **Sähkölujuus** 4000 VRMS 1 minuutin ajan. **Kohinan vaimennus** CMRR 100 dB, 48 - 62 Hz. **EMC** EN62052-11 mukaan. Sähköiset purkaukset 15kV ilmapurkaus; Immuneiteetti säteilylle testattu virralla: 10V/m, 80 - 2000MHz; Sähkömagneettisen kentän testi ilman virtaa: 30V/m, 80 - 2000MHz; Purkaus virran ja jännitteen tulopireissä: 4kV. Immuneiteetti johtuville häiriöille 10V/m, 150KHz - 80MHz. Syöksy virran ja jännitteen tulopireissä: 6kV; Radiotaajuuksien häiriöiden torjunta CISPR 22 mukaan. **Standardit:** turvallisuus IEC60664, IEC61010-1 EN60664, EN61010-1 EN62052-11. Mittaustekniikka EN62053-21, EN62053-23, MID "Iite MI-003". Pulsilähtö DIN43864, IEC62053-31. Hyväksynnät: CE. **Liittimet:** Ruuviliittimet. Kaapelin poikkipinta-alue: 2,4 x 3,5 mm. Min./Max. ruuvien kiristysmomentti: 0.4 Nm / 0.8 Nm. **Kotelointi:** mitat (LxKxS) 72 x 72 x 65 mm. Materiaali Noryl PA66, itsestään sammuva; UL 94 V-0. Asennus: kansi ja DIN-kisko. **Suojausluokka:** IP50 edestä. Ruuviliittimet: IP20. **Paino:** noin 400 g (pakkauksineen). **Syöttöjännite** 18 - 260VAC (48-62Hz) (VL1-N). **Tehonkulutus:** ≤20VA/1W

hager



User instruction

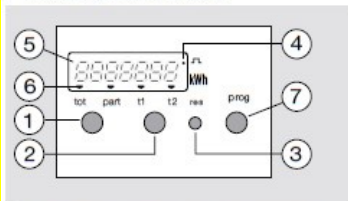
three phase
kWh meter 50 to 1500
1 and 2 tariff level

EC 320, EC 321

Operating principle

This kilowatt hour meter measures the active electrical energy used in an electrical installation. This device has a total counter, a resettable partial counter and a calibrated pulse output. In case of two tariff levels, the EC 321 will count separately the energy used in tariff 1 and in tariff 2.

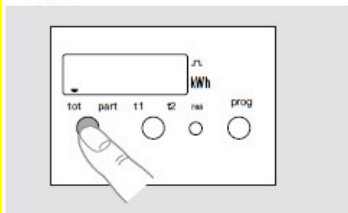
Product presentation:



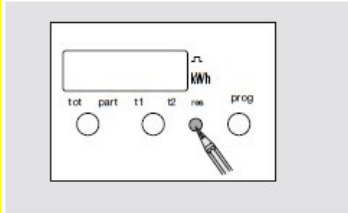
- ① tot./part. to select display of total or of partial consumption.
- ② t1/t2 to select display of tariff 1 or 2.
- ③ res to reset the partial counter.
- ④ LED blinking each 10 Wh.
- ⑤ 7 digits display.
- ⑥ indicator of operating mode.
- ⑦ prog to set the counter (to give the ratio of the CT and the type of network).

Total or partial counter

1. Automatically, the device will display the partial consumption.
2. To display the total consumption (since the first installation of the counter), press key ①.



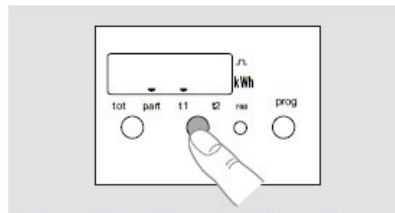
3. To switch back to the partial consumption, press key ①.
4. To reset the partial counter, press the key ③ with the tip of a pen during 3 seconds.



Tariff 1 and tariff 2 (EC 321)

The counter will split the consumption (total and partial) in the corresponding tariff (1 or 2).

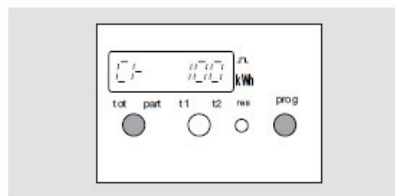
5. Automatically, the counter will display the energy used in the tariff in progress.
6. To display the partial or the total consumption in tariff 1 or in tariff 2, or the total tariff 1 + tariff 2, press successively key ②. The indicator ⑥ will indicate to which tariff corresponds the consumption displayed. ex : partial consumption on tariff 1.



7. To reset the partial counter (tariff 1 and 2) see point 4.

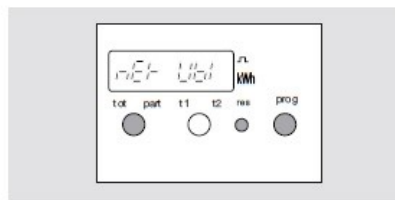
To set the C.T. calibre.

8. Press key ⑦ during 3 seconds, the counter will display the calibre in memory (CT primary current, 100A pre-registered).
9. Press successively key ① to scroll the different calibres (50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 600, 800, 1000, 1250 or 1500). The display will blink.
10. To register the calibre, press key ⑦.
11. To switch back to the consumption display, press key ⑦ during 3 seconds.



To set the circuit type.

12. Press key ⑦ during 3 seconds, then press key ③. The type of the circuit will be displayed :
 - net Ubl : unbalanced circuit (3 CT : I1,I2,I3)
 - net bl : balanced circuit (1 CT : I1)
 - net Ubl unbalanced circuit is pre-registered.
13. To select and register, see points 9 to 11.



Technical specifications

Voltage input :
 - working voltage : 400 V ~ ± 20 %
 - frequency : 50/60 Hz ± 2 Hz
 - consumption : ≤ 2 VA

Current input :
 - measure with current transformer
 - primary current : 50 A to 1500 A
 - secondary current : 5 A
 - consumption : ≤ 1 VA for phase

Electrical characteristics :

- IP 30 in the enclosure
 - insulation class : II
 - consumption : ≤ 5 VA

Accuracy : IEC 1036 class 2 (2 %)

Functional characteristics :

- direct reading : unit = 0.1 kWh
 - display capacity : 999 999.9 kWh kWh ⑤
 - instant consumption : blinking LED 10 Wh ④
 - savings of measures are made regularly and in case of power failure.

Impulse transmitter :

- relays reed
 - 1 pulse : 100 Wh
 - pulse duration : 60 ms ± 3 ms
 - external supply 100 Vdc max.
 - operating current : 0,3 A max.

Tariff level input :

- supply : 230 V ~ ± 20 %
 - tariff level 1 : 0 Vac
 - tariff level 2 : 230 Vac

Environment :

- working temperature : -5 °C to +45 °C
 - storage temperature : -20 °C to +70 °C
 - relativ humidity : 85% without condensation

Connection capacity :

flexible : 1 to 6 mm² rigid : 1.5 to 10 mm²
Size : 4 II of 17.5 mm

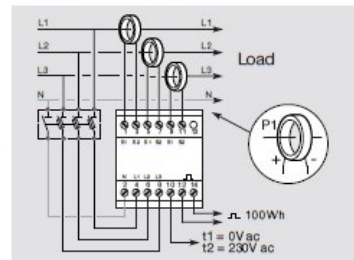
Installation :

For a connection with flexible wire, use ferrules.

Electrical connection :

According to the type of network, different connections are possible :

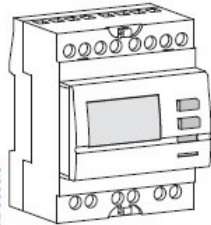
- 4 wires (3 phases+neutral) with 3 CT or 1 CT
- 3 wires (3 phases) with 3 CT or 1 CT
- 2 wires (2 phases - L1 & L2) with 2 CT.



Warranty

A warranty period of 24 months is offered on hager products, from date of manufacture, relating to any material of manufacturing defect. If any product is found to be defective it must be returned via the installer and supplier (wholesaler). The warranty is withdrawn if :
 - after inspection by hager quality control dept the device is found to have been installed in a manner which is contrary to IEE wiring regulations and accepted practice within the industry at the time of installation.
 - the procedure for the return of goods has not been followed. Explanation of defect must be included when returning goods.

:hager



6E 5069.c

- (SE) (GB)
- (NO) (PT)

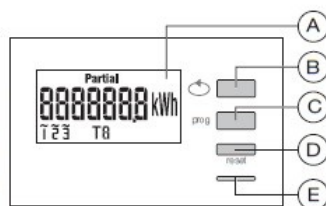
Three phase kWh meter,
measure via CT 50 to 6000 A

User instructions

Operating principle

This kilowatt hour meter measures the active and reactive electrical energy used in an electrical installation. This device has a digital LCD to display energy used and power. This device has a total counter and a partial resettable counter. In case of two tariff levels, the EC372 will count separately the energy used in tariff 1 and in tariff 2.

EC370, EC372



Product presentation

- (A) LCD display.
- (B) Key to scroll readings.
- (C) "Prog" key to set up the CT ratio and the type of network.
- (D) Reset to reset the partial counter.
- (E) Metrological LED (1 Wh = 10 impulses).

Meter setup

The following settings have to be made before the meter can be put to use:

- CT ratio.
- Type of network (single or three-phase).
- Type of three-phase installation (balanced or unbalanced).

1. Press the Prog key during 3 sec. to enter the set-up mode.
2. The CT ratio setting is displayed (100A). Press the key "Read" repeatedly to scroll the possible CT values (50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 600, 800... 6000A).
3. Press "Prog" to confirm and switch to the next setting.
4. The type of network (1L+N, 2L, 3L, 3L+N) is displayed. Press the key "Read" repeatedly to scroll the possible values and select the type of network.
5. Press "Prog" to confirm and switch to the next setting.
6. On three-phase installations, the type of installation is displayed as "Balanced/Unbalanced" (B, Unb). Press the key "Read" to scroll the values and select the type of installation.
7. Press "Prog" to confirm.
8. Press the Prog key during 3 sec. to exit the programming mode.

Display of readings

The various datas can be scrolled by pressing the Key "Read".

The Default display will indicate power consumption according to the current tariff.

EC370:

- ① 1st pressure: backlight switches ON.
Total active energy consumption (kWh).
- ② 2nd pressure: partial active energy consumption (kWh).
- ③ 3rd pressure: total reactive energy consumption (kVAR).
- ④ 4th pressure: partial reactive energy consumption (kVAR).
- ⑤ 5th pressure: instant power consumption (kW).

Technical specifications

Metrological characteristics

- Accuracy class B (1%) according to EN50470-3
- Metrological LED:
- 1 impulse = 0.1 Wh x CT ratio. For example in an installation with CT 100/5A, one impuls = 0.1 Wh x 20 = 2Wh.
- Starting current: 10 mA
- Basic current: 5 A
- Max current: 6 A

Technical characteristics

- Consumption: < 0,6 W et 2,8 VA max per phase
- Supply: 230/400 V~ +/- 15%
- Frequency: 50/60 Hz +/- 2 Hz

Note:

In installations set as "unbalanced", install one CT per phase.
In installations set as "balanced", install one CT on phase 1.

EC372:

The EC372 provides detailed display of the total/ partial active energy consumptions according to tariff (T1 or T2) and in total (T).

To reset the partial meter

- Press the scrolling key several times in order to display partial energy.
- Press the reset button during 3 sec.

The partial meters (active and reactive energy) will be set to zero.

Note:

The information T1 T2 on the display indicates that the corresponding phase (1, 2, 3) is under voltage.

Connection test and error displaying

The energymeter must be under voltage and the measured circuit must be loaded. Press the "reading" key during 3s to enter into the connection test mode.

- Err 0 = no error
 - Err 1 = CT phase 1 inverted
 - Err 2 = CT phase 2 inverted
 - Err 3 = CT phase 3 inverted
 - Err 4 = V1 and V2 voltages inverted
 - Err 5 = V2 and V3 voltages inverted
 - Err 6 = V3 and V1 voltages inverted
 - Err 7 = V1 and N inverted
 - Err 8 = V2 and N inverted
 - Err 9 = V3 and N inverted.
- Press the "reading" key during 3s to leave the connection test mode.

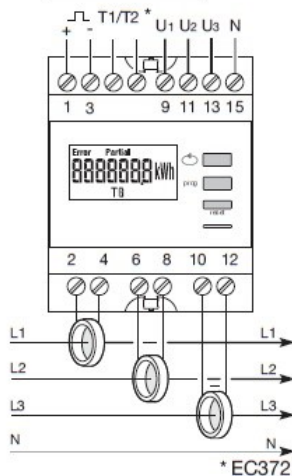
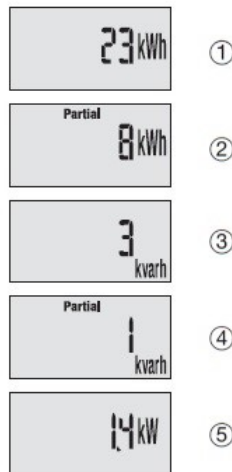
Important

This function can only be used if the installation power factor is between 0.6 and 1.

Note:

The CT connection polarity is not taken into account by the energymeter.
The information Err 1/Err 2/Err 3 is only for information purposes.

Edition 10/10 - IS 877071-C / RECTO-VERSO / S blanc offset 80g/m² / Pantone Black



- Savings of measures are made regularly and in case of power failure in EEPROM
- Characteristic of tariff input EC372: tariff 1 = 0 V, tariff 2 = 230 V~ +/- 15%
- Impulse output characteristics:
 - 1 pulse: 100 Wh
 - Pulse duration: 100 ms
 - External supply: 20 ... 30 V ~

Mechanical characteristics

- Modular casing 4 M (72 mm)
- Protection degree (casing): IP20
- Insulation class: II

Environment

- Storage temperature: -25 °C to +70 °C
- Working temperature: -10 °C to +55 °C
- Connection capacity:
 - flexible : 1 à 6 mm²
 - rigid : 1,5 à 10 mm²