



Energian mittaus

Yleisesti

Sähkön kulutusmittari, jollainen on lähes jokaisen asunnon pääkeskuksessa sulakkeiden ohella, mittaa sähkötehoa, mutta kertoo sen ajalla ja antaa tulokseksi tietyllä aikavälillä kulutetun sähköenergian. Energian yksikkö on Ws (wat-tisekunti). Se on kuitenkin niin pieni yksikkö, että jokapäiväisessä käytännön mittauksissa käytetään yksikköä kWh (kilowattitunti). Tehtävämme oli mit-taamalla testata yksivaiheista kWh-mittaria ja selvittää suoriutuiko mittari VDE-normien mukaisista tarkastuksista.

Työn suoritus

Kilowattituntimittari tarkastetaan wattimittarin ja sekuntikellon avulla siten, että luetaan kWh-mittarin ankkurin n kierrokseen kulunut aika t . Wattimittarin osoit-taessa tehoa P , on laskennallisesti selvitettävissä tuona aikana tehty työ watti-mittarin mukaan:

$$W = Pt$$

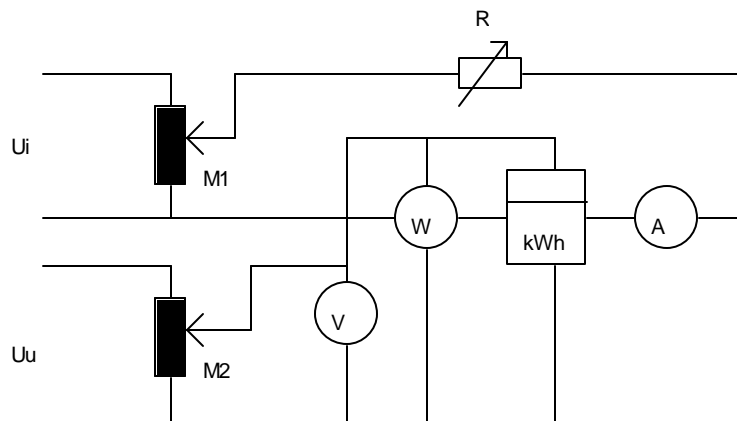
ja kWh-mittarin mukaan

$W \approx cn$ jossa c on kWh-mittarin vakio eli mittarin yhtä ankkurikierrosta vastaava sähkötyö.

Mittarivakio c on leimattu mittarin arvokilpeen tai se saadaan määritetyksi, kun tunnetaan mittarin 1 kWh:ta vastaava ankkurin kierrosluku n

$$c = 1/n \text{ kWh}$$

Vaihtosähkön teho on riippuvainen virran ja jännitteen välisestä vaihesiirtokulmas-ta, joten mittarin tarkistus tulee suorittaa erisuuruksilla tehokertoimen $\cos \varphi$ ar-voilla. Työssä käytetään φ -arvoja $\pm 0^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$ ja 90° . Vaihesiirtokulma saadaan käyttämällä kolmivaiheverkkoa. Kytkenässä (kuva1) kWh-mittarin jän-nitepiirin jännite otetaan kaikissa mittauksissa väliltä R...S. Vaihesiirto saadaan muuttamalla virtapiirin kytkentää. Eli muuttamalla säätömuuntajan M1 kytkentää. Muuntajan M2 avulla säädetään kWh-mittarin jännite mittarin nimellisjännitteen suuruiseksi. Muuntajan M1 avulla säädetään kWh-mittarin läpikulkevan virran suuruus.



kuva1: kWh-mittarin tarkistuskytkenä

Mittauksen numero, vaihesiirtokulma, käytettävä kytkentä sekä kuormitusvirta-arvot

1-5	$\varphi=0$	Ui ja Uu otetaan samoista vaiheista R ja S , $I=1/20, 1/4, 1/2, 1/1, 5/4 \times I_n$		
6	$\varphi=30$	Ui otetaan väliltä R ja 0	Uu väliltä R ja S	$I=I_n$
7	$\varphi=-30$	Ui otetaan väliltä S ja 0	Uu väliltä R ja S	$I=I_n$
8	$\varphi=60$	Ui otetaan väliltä R ja T	Uu väliltä R ja S	$I=I_n$
9	$\varphi=-60$	Ui otetaan väliltä T ja S	Uu väliltä R ja S	$I=I_n$
10	$\varphi=90$	Ui otetaan väliltä T ja 0	Uu väliltä R ja S	$I=I_n$

Mittaustulokset

Tutkittava mittari:

Valmet YH6S

3750 r / kWh $\Rightarrow c = 960\text{Ws/r}$

220 V

2 (6) A

50 Hz

Taulukko1: Tulokset

Mittaus	j	I/A	P/W	t/s	r	W/Ws	W' /Ws	F/%
1	0	0.1	25	313	8	7825	7680	-1.9
2	0	0.5	110	301	34	33110	32640	-1.4
3	0	1.0	225	302	70	67950	67200	-1.1
4	0	2.0	450	300	140	135000	134400	-0.4
5	0	2.5	560	180	106	100800	101760	+1.0
6	+30	2.0	380	182	74	69160	71040	+2.7
7	-30	2.0	385	182	75	70070	72020	+2.8
8	+60	2.0	220	180	40	39600	38400	-3.0
9	-60	2.0	225	184	42	41400	40320	-2.6
10	+90	2.0	20	198	3	3960	2880	-27.3

Laskuesimerkit:

$$W = Pt = 25\text{W} \times 313\text{s} = 7825\text{Ws}$$

$$W' = cr = 960\text{Ws/r} \times 8r = 7680\text{Ws}$$

$$F = 100 \times (W' - W) / W = 100 \times (7680\text{Ws} - 7825\text{Ws}) / 7825\text{Ws} \approx -1.9 \%$$

Käyntiinlähtövirtakoe:

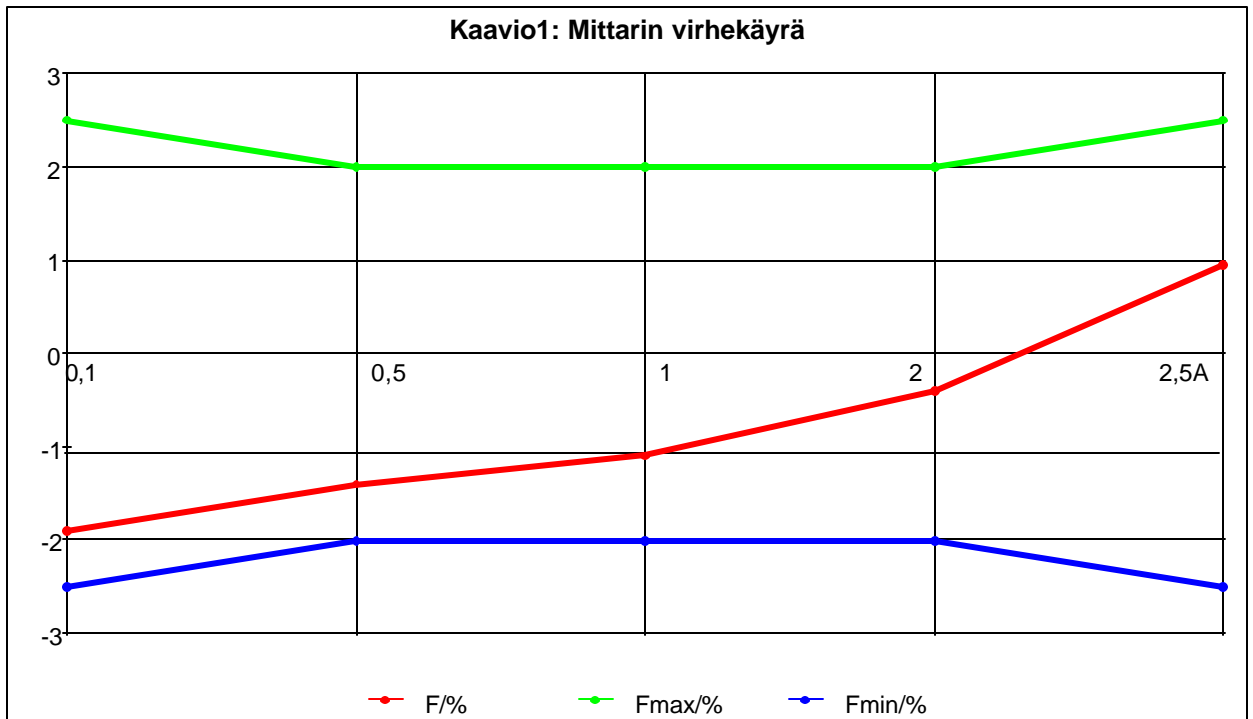
Testattavalle mittarille suoritettiin VDE-normin mukainen käyntiinlähtövirtakoe. Normien mukaan käyntiinlähtövirran on oltava pienempi kuin 0.5% nimellisvirrasta. Mittari alkoi pyöriä, kun virta oli 4mA. Sallittu virtamäärä olisi tutkittavalle mittarille ollut 10mA. Mittari läpäisi testin tältä osin.

Tyhjäkäyntikoe:

Mittarille tehtiin myös tyhjäkäyntikoe, jossa VDE-normien mukaan mittari ei saa virrattomana pyöriä yhtä täyttä kierrosta. Lisäksi punaisen merkkiviivan on pysähdyttävä niin, että se jää näkyviin kotelon ikkunasta. Mittari läpäisi kokeen.

Vastaukset

1. Mittarin virhekäyrä ($\varphi=0$)



2. VDE:n vaatimukset

Mittari täytti VDE:n vaatimukset kun $\cos\varphi = 1$. $\cos\varphi$ arvolla 0.5 eli $\varphi = 60^\circ$, $I=2A$ rajavirhearvot ylittyivät. Sallitut arvot olisivat olleet $\pm 2\%$, mitattu arvo oli -3.0% . Mittari läpäisi tyhjäkäynti- ja käynnistysvirtakokeen.

3. Mittarin toimintaperiaate ja rakenne

Kilowattituntimittari on käytännössä luokiteltava *määrämittariksi*. Rakenteeltaan mittari on *induktiomittari*. Mittari muodostuu virtakelasta, jonka läpi kulkee mitattavan piirin virta sekä jännitekelasta, jonka päissä vallitsee mitattavan piirin jännite. Kun keloissa kulkee vaihtovirta, alumiinilevyn kohdistuu vaihteleva magneetikenttä joka muodostaa siihen pyörrevirtoja. Levyn indusoituvat pyörrevirrat synnyttävät siihen kohdistuvat pyörittävän ja myöskin liikettä vastustavan voiman. Koska sähkövääntömomentti halutaan suoraan verrannolliseksi tehoon on jännite- ja virtavuon välille keinotekoisesti aiheutettu 90° vaihesiirtokulma asentamalla jännite- ja virta raudat toisiaan vastaan kohtisuoraan kulmaan.

Jos teho vaihtelee, vaihtelee myös pyörimisnopeus, mutta aikavälillä $t_1..t_2$ pyörrevirtalevyn kokonaiskierrosmäärä N on suoraan verrannollinen kulutettuun energiaan W . Laskulaitteisto pyörittää numerolaskijaa ja pyörijän kokonaiskierrosmäärän avulla lasketaan kulutetun energian määrä. Pyörijän akseliin kiinnitetyn simpukkapyörän käyttämä laskulaitteisto on hammaspyörästö, jonka välityssuhteita sovittamalla kalibroidaan laskija ilmoittamaan energian haluttuina yksikköinä. Pyörimisnopeuden hienosäätö tapahtuu jarrumagneetin etäisyyttä pyörijän akseliin nähden hienosäätöruuvilla asettamalla.

Jotta estettäisiin pyörintä virrattomana, on pyörijän akselille asetettu ferromagneettista ainetta oleva liuska, joka tarttuu jänniteraudan hajakenttään siten, että pyörijän punainen merkki jää tyhjäkäynnin aikana etuikkunan kohdalle.

kWh-mittarin virhelähteitä ovat virta- ja jännitekelojen vaimennus sekä kitkan ja hankauksien aiheuttamat virheet. Vaimennuksia voidaan kompensoida sivuvaikutuksilla.

4.

Jotta voitaisiin käyttää nimellisjännitteeltään 127V:n mittaria 220V:n jännitteellä on käytettävä jännitemuuntajaa.

5.

Vastausta ei löytynyt

6.

Kilowattituntimittaria voidaan säätää säätämällä jarrumagneetin paikkaa. Täten voidaan vaikuttaa alumiinilevyn pyörimisnopeuteen. Lisäksi on mahdollista siirtää jännitekelan kulmaa virtakelan suhteen.

7-

15 watin lampun poltto ei onnistu ilmaiseksi, koska lamppu ottaa virtaa $15W/220V = 68mA$ ja mittari lähtee pyörimään jo $4mA$:n virralla.

8.

Loistehomittarissa on jännitekäämille tulevaa sähkövirran vaihetta siirretty 90° astetta virtakäämiin nähden. Rakenteellisesti tämä näkyy siinä, että päätötehomittarin jännitekäämi on tehty ohuesta langasta ja näin se on saatu hyvin induktiiviseksi. Tapauksessa 13.1.6 (Mittaus 10) jossa todellinen vaihesiirto kulma on lähellä 90° astetta wattimittari ilmoittaa vain piirin päätötehon ja loistehon osuus jää rekisteröimättä.

9.

KytKentä tulisi toteuttaa niin, että jännitepiiri kytkettäisiin välille $L1..N$. Vaihesiirtokulma saataisiin muuttamalla virtapiirin kytkentää esim. $L2..N$, $L3..N$

© Jarkko Turpeinen

Liitteet: Mittauspöytäkirja
Lähteet: TEK Tekniikan tietokeskus 7, WSOY
Matti Tapaninen: Sähkömittaustekniikka, WSOY
Suomen Sähköurakoitsijaliitto: Sähköasennukset 2