

Mittausten suorittaminen

Teemu Turunen
29.11.2012

Lämmön ja virtaaman mittaaminen

- Tarkasteltavan prosessin lämpötehon määrittämiseen tarvitaan tyypillisesti seuraavat suureet:
 - Virtaavan fluidin tilavuus- tai massavirta [kg/s tai m³/s]
 - Lämpötilaero prosessin yli
- Kun tarkasteluun otetaan mukaan aika, saadaan laskettua lämpöenergian määrä
- Mitattaessa höyryä, lauhdetta tai paineistettua ilmaa, on myös huomioitava/mitattava paine

$$P_{heat} = c m dT$$

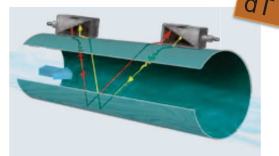
$$E_{heat} = P t$$

Missä
c = fluidin ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgC]
m = fluidin massavirta [kg/s]
dT = lämpötila ero yli prosessin
t = tarkastelu aika

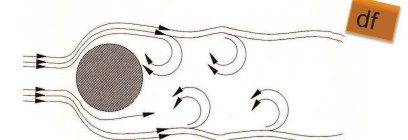
LÄMMÖN JA VIRTAAMAN MITTAAMINEN

Virtausmittausmenetelmien periaatteita

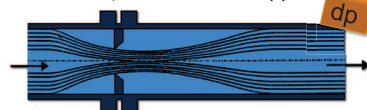
Ultraääni



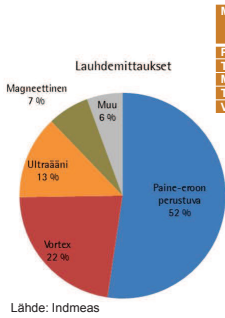
Vortex (= pyörrevana) -mittaus



Paine-ero, esim. kuristuslaippa



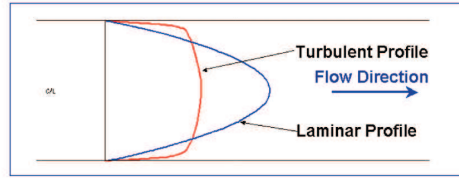
Tyypillisimpiä virtausmittausmenetelmiä nesteelle



Mittaus tapa	Ultraääni	Magneettinen	Paine-ero; virtauskorjattu kuristuslaippa	Vortex
Painehäviö	Pieni	Pieni	Kohtalainen	Kohtalainen
T _{max}	200 ° C	120 ° C	550 ° C	300 ° C
Mittausalue	120:1	50:1	20:1	40:1
Tarkkuus	< +/- 0.5 %	< +/- 0.5 %	< +/- 4 %	< +/- 1 %
Virtaussuunta	Kaksisuuntainen	Kaksisuuntainen	Yksisuuntainen	Yksisuuntainen

Lähde: Konwell

Virtausprofiileista putkissa



$$Re = \frac{V \rho D}{\mu}$$

Re = Reynoldsin luku
 V = keskimääräinen nopeus [m/s]
 ρ = Nesteen tiheys [kg/m³]
 D = putken halkaisija [m]
 μ = dynaaminen viskositeetti [Pa s]

- < 2 000 = Laminaarinen virtaus
- 2 000 – 4 000 = Siirtymävaiheen virtaus
- > 4 000 = Turbulentti virtaus

Tyypillisiä virtausmittausmenetelmiä ilmalle/kaasuille

Mekaaniseen tunnusteluun perustuvat mittalaitteet:

- *Pyöriväsiipiset virtausmittarit*
- *Paine-eroon perustuvat mittalaitteet, esim. Pitot-putki*
- Patopaineeseen perustuvat mittalaitteet
- Rotametrit

Termisiin mittausmenetelmiin perustuvat mittalaitteet:

- *Kuumalanka- ja kuumakalvoanomometrit*

Akustiseen tunnusteluun perustuvat mittalaitteet:

- Ultraäänianturit

Virtaaman ja lämpötehon mittaaminen käytännössä

3. Mittauksen suoritus ja mittaushetken riittävä dokumentointi

- Päämittauksen ja apumittausten suorittaminen
- Ajan, prosessin tilan dokumentointi
 - Esim. näyttökaappaukset
- Mittauspaikan ja mittausolosuhteiden dokumentointi
 - Pl-kaavioon + valokuvat mittauspaikasta

2. Mistä on mahdollista mitata ja millä instrumentilla?

- Soveltuvan mittauspaikan valinta
- Mittausajankohdan valinta
- Mittausinstrumenttien mittausalueen tarkastus
- Apu/turvavälineiden hankinta

1. Mitä kaikkea tarvitsee mitata?

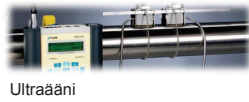
- Olemassa olevan informaation käyttö maksimoitava
- Mitkä kohteet merkitseviä ja mihin mahdollista vaikuttaa

Virtausmittaus instrumentteja auditteihin

Ilmavirtaus



Nestevirtaus



Esimerkki ultraääni mittauksen suorittamisesta



- 1) Lähtötietojen syöttö (putken halkaisija, seinämän paksuus sekä putken materiaali. Mitattava aine on määriteltävä sekä sen lämpötila mitattava)
- 2) Mittayhteen kiinnitys putken pinnalle
- 3) Signaalin vahvuuden testaus
- 4) Mittauksen aloitus

Esimerkki Pitot-virtausmittauksesta

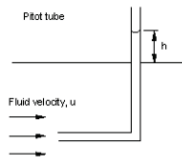
Bernoullin yhtälö

$$p_s + \frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g z_s \approx p_0 + \frac{1}{2}\rho v_0^2 + \rho g z_0$$

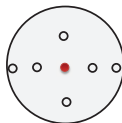
Kun tarkastellaan samaa virtaviivaa, $Z_s=Z_0$ ja $v_0=0$, yksinkertaistuu yhtälömuotoon:

$$\frac{1}{2}\rho v_s^2 = p_0 - p_s \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho}}$$

Kun virtausnopeus on tiedossa, voidaan tilavuusvirta laskea kun virtauskanavan poikkipinta-ala on tiedossa. Jotta päästään tarkastelemaan vertailukelpoista massavirtaa, täytyy selvittää kaasun tiheys. Tiheys puolestaan voidaan laskea, kun kaasun paine ja lämpötila on selvillä



Virtausprofiilin mittauspisteet



Virtaaman arvioiminen venttiilin avauman kautta



Venttiilin avauman kautta on mahdollista arvioida suuruusluokkaisesti virtaavan aineen määrää. Tarvittavia tietoja:

- Paine-ero yli venttiiliin
- Venttiilityyppi
- Venttiilin koko
- Virtaavan aine ja sen lämpötila

Voidaan toteuttaa venttiilikäyrän avulla tai venttiilivalmistajilla on mitoitussovelluksia, joita mahdollista hyödyntää laskennassa

Lämpötilamittaus osana energiankulutusmittausta



Lämpökamera / IR-lämpötilamittari

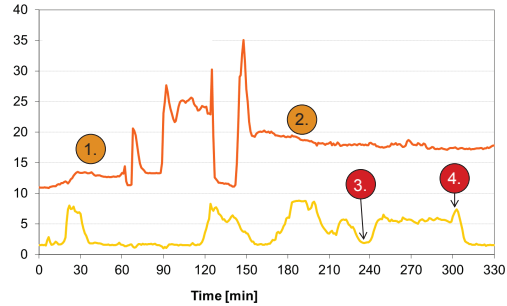


Koskettavat mittaukset putken/kanavan pinnalta



Mittaus suoraan fluidista

Hetkellinen mittaus vs. jatkuvamittaus



Tilanne 1 vs. 2:
Tuotannossa eri lopputuote

Tilanne 3 vs. 4:
Panoistoinen lämmitys

Mittausten dokumentoinnista

- Jotta mittaustulokset olisivat luotettavia, on niiden huolelliseen dokumentointiin kiinnitettävä huomiota mittaustilanteessa
 - Mittauspaikan valokuvaus ja dokumentointi esim. PI-kaavioon tai pohjapiirustukseen
 - Vallitsevien olosuhteiden kirjaaminen (esim. ulkolämpötila, mittausaika,...)
 - Prosessiolosuhteiden kirjaaminen/dokumentointi riittävällä tasolla
 - Näyttökaappaukset
 - Tuotantomäärät

Loggerit vs. mittausjärjestelmä?

Dataloggerit

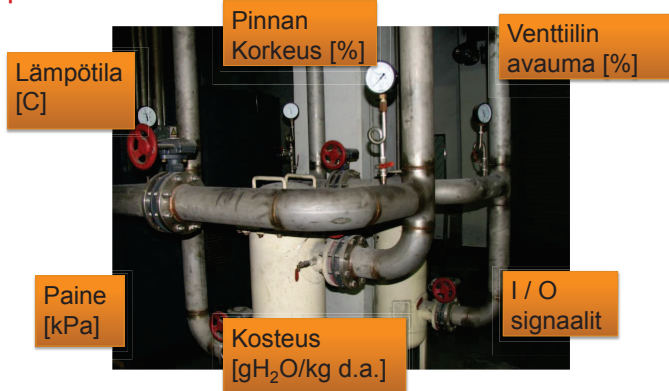
Yksi tai monikanaviaisia. Mahdollisia input signaaleja Pt100, Pulssi, mA, V,...

Edut ja haasteet:
 + Helppo ja halpa asentaa
 - Rajallinen muistikapasiteetti
 +/- Saatavilla monia erilaisia malleja

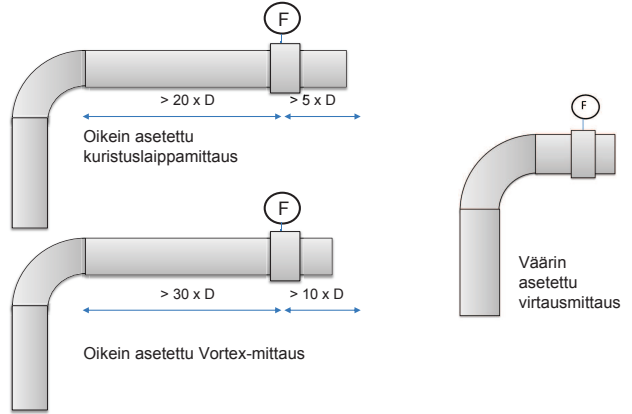
Mittausjärjestelmät

Edut ja haasteet:
 + Mahdollistaa kattavan tiedonkeruun
 + Mahdollista seurata tilannetta etänä
 - Investointikustannus
 - Asennus vie aikaa

Kulutusmittauksia jalostavat mittaukset prosessissa

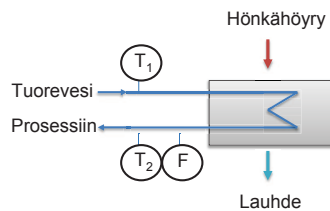


Olemassa olevien virtausmittausten luotettavuus



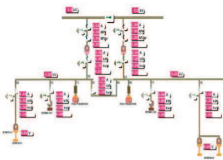
Olemassa olevien mittausten hyödyntäminen

- Tyypillisesti höyrymittausten suorittaminen kentällä vaikeaa, hyödynnettävä olemassa olevia höyrymittauksia tai laskettava höyrynkulutus esimerkiksi lämmönvaihtimen vesipiirin kautta



Mistä muualta energiankulutustietoa saa kohteessa?

Sähkönjakelujärjestelmät



Kulutusraportit sähköyhtiöltä



Prosessin / kiinteistöohjausjärjestelmät



Kulutusraportit esim. voimalaitoksesta

Time	Consumption
00:00	0.50
00:15	0.50
00:30	0.50
00:45	0.50
01:00	0.50
01:15	0.50
01:30	0.50
01:45	0.50
02:00	0.50
02:15	0.50
02:30	0.50
02:45	0.50
03:00	0.50
03:15	0.50
03:30	0.50
03:45	0.50
04:00	0.50
04:15	0.50
04:30	0.50
04:45	0.50
05:00	0.50
05:15	0.50
05:30	0.50
05:45	0.50
06:00	0.50
06:15	0.50
06:30	0.50
06:45	0.50
07:00	0.50
07:15	0.50
07:30	0.50
07:45	0.50
08:00	0.50
08:15	0.50
08:30	0.50
08:45	0.50
09:00	0.50
09:15	0.50
09:30	0.50
09:45	0.50
10:00	0.50
10:15	0.50
10:30	0.50
10:45	0.50
11:00	0.50
11:15	0.50
11:30	0.50
11:45	0.50
12:00	0.50
12:15	0.50
12:30	0.50
12:45	0.50
13:00	0.50
13:15	0.50
13:30	0.50
13:45	0.50
14:00	0.50
14:15	0.50
14:30	0.50
14:45	0.50
15:00	0.50
15:15	0.50
15:30	0.50
15:45	0.50
16:00	0.50
16:15	0.50
16:30	0.50
16:45	0.50
17:00	0.50
17:15	0.50
17:30	0.50
17:45	0.50
18:00	0.50
18:15	0.50
18:30	0.50
18:45	0.50
19:00	0.50
19:15	0.50
19:30	0.50
19:45	0.50
20:00	0.50
20:15	0.50
20:30	0.50
20:45	0.50
21:00	0.50
21:15	0.50
21:30	0.50
21:45	0.50
22:00	0.50
22:15	0.50
22:30	0.50
22:45	0.50
23:00	0.50
23:15	0.50
23:30	0.50
23:45	0.50
00:00	0.50

SÄHKÖMITTAUS

Tehon laskenta

Vaihtovirran pätöteho on näennäistehon reaaliiosa

$$P = UI \cos \phi$$

Loisteho on näennäistehon imaginääriosa

$$Q = UI \sin \phi$$

Näennäisteho

$$S = P + jQ$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 =$$

$$P = U_{V1} I_1 \cos \phi_1 + U_{V2} I_2 \cos \phi_2 + U_{V3} I_3 \cos \phi_3$$

Jos symmetrinen kuorma

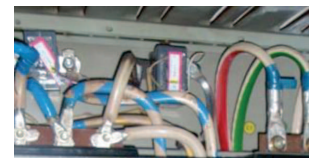
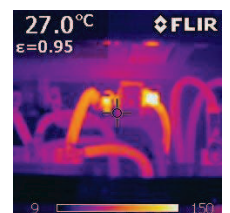
$$P = \sqrt{3} UI \cos \phi$$

Terminologiaa

- Vaihejännite =Vaiheen ja nollan välinen jännite (Suomessa 230 V)
- Pääjännite =Vaiheiden välinen jännite (Suomessa 400 V)
- Pätöteho = Vaihtovirtapiirissä työtä tekevä teho
- Loisteho = Kuvaa vaihtovirtapiirissä jännitteen ja sähkövirran vaihe-erosta johtuvaa näennäistehon ja pätötehon eroavuutta. Eräät laitteet tarvitsevat toimiakseen pätötehon ohella myös loistehoa (moottorit, loisteputket). Loisteho ei tee työtä, mutta kuormittaa siirtoverkkoa
- Näennäisteho = Tehollisen jännitteen ja tehollisen virran tulo. Jos vaihtovirran jännite ja virta ovat samassa vaiheessa, näennäisteho on yhtä suuri kuin pätöteho

Tärkeimmät turvallisuus asiat sähkömittauksissa Top 5 lista

- Hyödynnä tilaajan sähkömiestä mittaauksissa jos mahdollista
- Varmista tiedonkulkua mittauksen aikana
- Varmista mittalaitteen sopivuus jännite ja virta-alueelle
- Käytä mittaamisessa vain yhtä kättä
- Mittaa vain jännitteettömästä piiristä jos mahdollista!

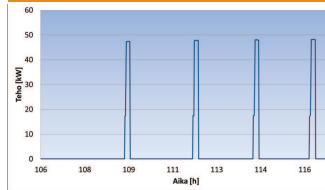


Muuta huomioitavaa sähkömittauksissa

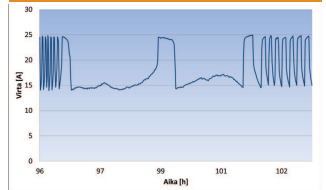
- Mittaus toteutetaan tyypillisesti sähköjakokaapilta (alajakokeskus)
- Taajuusmuuttaja laitteella mittaus sijoitettava taajuusmuuttajan ja säädettävän moottorin väliin
- 3-vaihe vai 1-vaihe mittaus?
 - Jos symmetrinen kuorma, on 1-vaihe mittaus monessa tapauksessa riittävä (varmistettava käsimitarilla)
 - Kun mittaustarkkuudella merkitystä ja tarvitaan tietoa sähkön laadusta käytettävä 3-vaihemittaus
 - 3-vaihe mittauksessa haasteeksi voi muodostua kaikkien mittaustureiden kytkentä



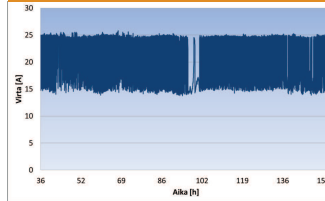
Lämminvesi varaja



Kompressori



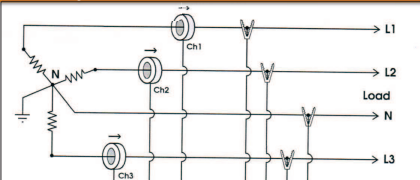
Prosessilaitte



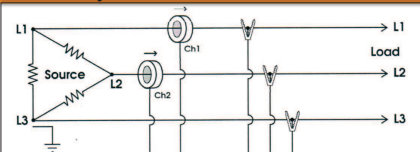
Mitattaessa huomioitava laitteen toiminta

Tehologgerin kytkentä

Tähtikytkentä



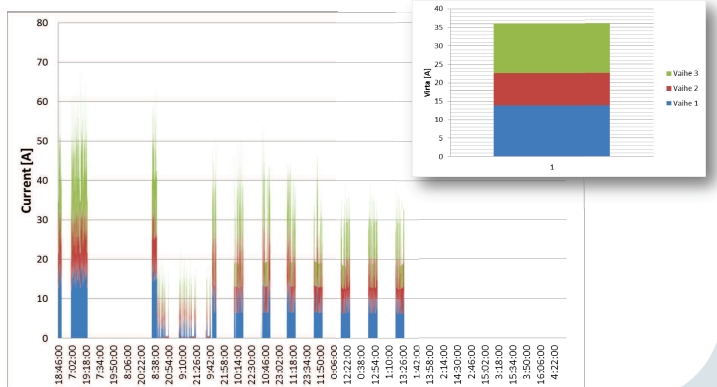
Kolmiokytkentä



Varmista kytkentä tilaajan sähkömieheltä, jos mahdollista

Vaihekohtaisen virran mittaaminen

-Epäsymmetrinen kuorma



Tuntikulutusdatan hyödyntäminen

