Mælitækni I:

Grunnhugtök og einingar

Kafli 1

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

30. ágúst 1999

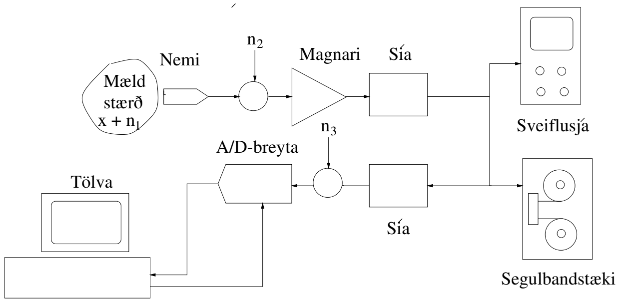
Heimildir:

- Robert B. Northrop, *Introduction to Instrumentation and Measurements*, CRC Press, 1997, kafli 1
- Joseph J. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement*, Prentice Hall, 1996, kafli 1 – 2

Mælitækni

- Mælikerfi eru notuð til að mæla eðlisstærðir eins og t.d. hitastig, þrýsting, rýmd og spennu
- Þau má einnig nota til að staðsetja atburð eða hluti eins og upptök jarðskjálfta eða starfsmenn í byggingu
- Þau má nota til að flokka hluti eins t.d. fiska á færibandi eftir stærð eða þyngd.
- Þau má nota til að telja hluti, eins og t.d. fjölda fiska sem synda framhjá
- Mælitækni er sífellt að þróast og nýjir staðlar, nemar og mælikerfi að koma fram
- Fjallað er um nýjungar í mæliaðferðum, mælitækni og stöðlum í tímaritum á borð við
  - IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement
  - Review of Scientific Instruments
  - Measurement Science and Technology

Mælitækni



- Myndin sýnir dæmigert mælikerfi
- Hinni mældu stærð er breytt á heppilegt form, t.d. spennu, straum eða færslu, með merkjabreyti eða nema
- Útgangsmerki nemans er því næst magnað og síað
- Merkið er þá sent á skjá og/eða skráð
- Merkið má skoða á hliðrænni eða stafrænni sveiflusjá

Mælitækni

- Merkið má senda út á segulband til geymslu eða sírita til skráningar
- Merkinu má breyta á stafrænt form með hliðrænt-stafrænt breytu (ADC) og þar með má lesa það með tölvu
- Oft inniheldur mælitækið A/D-breytu og er tengt tölvu um GPIB eða IEEE-488 samskiptabraut

Mælitækni

Suð blandast hinu mælda merki á þrjá vegu:

- Suð numið með mælda merkinu (umhverfissuð)
- Suð vegna merkjabætikerfis (inngangssuð)
- Suð sem er framkallað við breytingu merkis úr hliðrænu merki í stafrænt merki (quantization suð)

Suð takmarkar upplausn og nákvæmni mælitækja

Skekkjur

Stórar skekkjur í mælingum geta stafað af mannlegum mistökum:

- Aflestur af mælitæki áður en það hefur náð æstæði
- Gæta þess ekki að eyða hliðrun í hliðrænu mælitæki
- Brúa vitlaust af skala hliðræns mælitækis
- Mistök við skráningu mældra gilda
- Misbeiting mælitækja. T.d. þegar hliðrænn mælir á 10 V mælisviði (næmni 20000 Ω á volt) er tengdur við spennulind með hátt Thevenin viðnám (100000 Ω). Verulegt spennufall verður þá yfir innra (Thevenin) viðnámið.

Skekkjur

Kerfisbundnar skekkjur stafa af þáttum eins og:

- Mælitækið er ekki kvarðað eða að það hefur hliðrun. Þetta getur komið til vegna langtímaáhrifa eins og öldrunar rásaeininga eða hitastigsáhrifa.
- Òvissa í aflestri vegna tilviljanakennds suðs. Suðið getur verið umhverfissuð og/eða inngangssuð
- Rek í kerfinu. Það getur stafað af hitastigsbreytingum eins og þegar mælitækið hitnar.

Skekkjur

Við skilgreinum **skekkju** í $n-$tu mælingu sem

$$\mathcal{E}_n \equiv X_n - Y_n$$

og **hlutfallslega skekkju** með

$$\%\mathcal{E} \equiv \left| \frac{\mathcal{E}_n}{Y_n} \right| \times 100$$

þar sem Y_n er raunveruleg, rétt, skilgreind eða reiknuð mælistærð og X_n er $n-$ta mælda stærðin.

Nákvæmni A_n $n-$tu mælingarinnar er skilgreind með

$$A_n \equiv 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100$$

og **hlutfallsleg nákvæmni**

$$\%A_n = 100 - \%\mathcal{E} = A_n \times 100$$

Einingar og tákn

- Einn metri var upphaflega skilgreindur sem 1 tíu-milljónasti af lengdarbaug sem fer um París frá norður pólnum til miðbaugs
- 1 kg var upphaflega skilgreint sem 1000 faldur massi eins rúmsentrimetra af eimuðu vatni
- 1 sekúnda er 1/86400 af meðaldegi
- Ì dag er geislun notuð til að skilgreina metrann og sekúnduna.
- 1 kg er nú skilgreint sem massi tiltekinnar platín-iridín stangar sem varðveitt er á Alþjóðamælistofnunni í París

Þetta eru grunneiningarnar aðrar einingar eru leiddar af þeim

Einingar og tákn

Einingakerfi sem notuð eru

- CGS (centimetri-gramm-sekúnda)
- SI (MKS) (metri - kílógramm - sekúnda)

Sex grunnstærðir SI einingakerfisins eru

Stærð	**Tákn**	**Vídd**	**Eining**	
Lengd	l	L	metri	m
Massi	m	M	kílógram	kg
Tími	t	T	sekúnda	s
Rafstraumur	I	I	amper	A
Hitastig	T	Θ	kelvin	K
Ljósstyrkur			candela	cd

Enska kerfið notar fet (ft), pund (lb) og sekúndu sem grunneiningar fyrir vegalengd, massa og tíma. Ein tomma (inch), einn tólfti úr feti er nú skilgreind sem nákvæmlega 2.54 cm. À sama hátt er eitt pund ákvarðað sem nákvæmlega 0.45359237 kg.

Einingar og tákn

Einingakerfið sem notað er er SI-kerfið

- joule
$$1\ \mathrm{J} = \mathrm{Nm}$$
- watt
$$1\ \mathrm{W} = 1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}$$
- volt
$$1\ \mathrm{V} = 1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}}$$
- ampere
$$1\ \mathrm{A} = 1\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}}$$
- ohm
$$1\ \Omega = 1\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$$
- farad
$$1\ \mathrm{F} = 1\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{V}}$$
- henry
$$1\ \mathrm{H} = 1\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{A}}$$

Staðlar

- **Staðlar** í rafmælingum eru nákvæm viðnám, þéttar, spólur, spennulindir aða straumlindir sem notuð eru til samanburðar þegar stærðir eru mældar.
- T.d. þegar viðnám sem mælt er af nákvæmni með Wheatstone brú er notað staðalviðnám. À sama hátt eru þéttar og spólur mæld nákvæmlega.
- Mælistaðlar flokkast í
  - Alþjóðastaðla
  - Frumstaðla
  - Fylgistaðla
  - Vinnustaðla

Staðlar

- Alþjóðastaðlar eru skilgreindir með alþjóðlegu samkomulagi og eru varðveittir á Alþjóðamælistofnuninni í París
- Alþjóðastaðla má nota í samanburð við frumstaðla
- Frumstaðlar eru varðveittir á stofnunum í hinum ýmsu löndum. Þeirra hlutverk er að gefa samanburð við fylgistaðla
- Fylgistaðlar eru notaðir í iðnaði sem viðmiðanir við kvörðun nákvæms tækjabúnaðar og búta
- Vinnustaðlar eru síðan notaðir sem viðmiðanir við daglegar mælingar á öllum tilraunastofum

Einingar og tákn

- **Heildað meðaltal** er flatarmálið undir ferli falls sem í er deilt með lengd sneiðarinnar sem meðaltalið er tekið yfir

$$\bar{X} = \frac{1}{T}\int_{t_2}^{t_1} X\,\mathrm{d}t$$

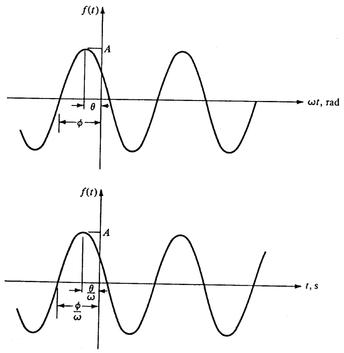
- **Vikt gildi (rms)** er skilgreint sem

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_2}^{t_1} [V(t)]^2 \mathrm{d}t}$$

þar sem

- V_{rms} er virka gildið
- T er tímabilið frá t_1 til t_2
- $V(t)$ er tímaháð spennumerki

Einingar og tákn



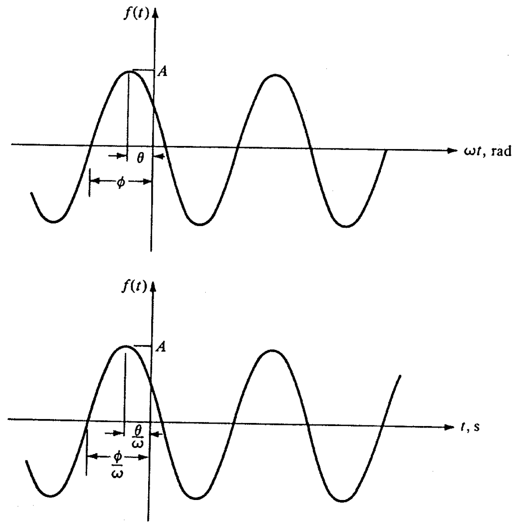
Riðstraumur er sínuslaga á forminu

$$i(t) = I_o \sin(\omega t + \phi)$$

þar sem

- I_o er útslag merkisins
- ω er horntíðni
- t er tími
- ϕ er fasahorn

Einingar og tákn



Venjulega notum við litla stafi til að tákna stærðir sem breytast með tíma (v, i, q), en stóra stafi til að tákna fastar stærðir (V, I, Q)

$$v(t) = V_o \cos \omega t$$

Virkt gildi (rms) straumsins $i(t)$ er

$$\text{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \text{útslag} = 0.7071 \times I_o$$

eða

$$I_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_o$$

Meðalgildi straumsins er

$$I_{ave} = \frac{I_o}{T} \int_0^T \mid \sin(\omega\tau) \mid \mathrm{d}\tau = \frac{2}{\pi} I_o$$

þar sem T er lota merkisins $T = 2\pi/\omega$.

Einingar og tákn

Viðmiðunarstærðin "decibel"

Við mælingar og útreikninga er oft gerður samanburður á stærðum, eða stærðir bornar saman við ákveðið viðmiðunarstig.

Oft er logaritmi hentugur í þessum samanburði

$$A = \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \text{B}$$

þar sem [B] er einingin bel.

Oftast er þó hentugra að nota decibel [dB]

$$A = 10 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \text{B}$$

og þá er

1 dB $\approx$ 1.26 (26 % aukning)

3 dB $\approx$ tvöföldun

10 dB $\approx$ tíföldun

Einingar og tákn

- Með decibel (dB) lýsum við hlutfalli tveggja stærða
- Fyrir spennumögnun er

$$\text{dB} = 20 \log \left(\frac{V_1}{V_2} \right)$$

þannig að ef $V_{in} = 0.5$ V og $V_o = 6$ V þá er

$$\text{dB} = 20 \log \left(\frac{V_o}{V_{in}} \right) = 20 \log(12) = 21.6$$

- Fyrir aflmögnun er

$$\text{dB} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$