

Sensorer - Kajsa Dahlén NB VT13

Prober

Används under spänningsmätningar till att förbinda mätobjekt med oscilloskopet. Lämplig när man vill:

- * mäta i högimpediva kretsar
- * belasta mätobjekten så lite som möjligt
- * mäta höga spänningsamplituder
- * mäta högfrekventa förlopp
- * studera snabba flanker
- * uppnå bättre fysisk åtkomlighet

Består utav probhuvud, koaxialkabel och BNC-kontakt.

1:1-prob utan dämpning vanligast för lågfrekventa signaler. Hög frekvens ger hög belastning på mätobjekt.
10:1-prob dämpar insignal $\times 10$.

En prob kan kompenseras för att trimma in rätt värde för kompenseringskapacitansen i probspetsen. Denna behöver anpassas efter just det oscilloskop som används. Denna kapacitans kompenseras för inverkan ifrån kapacitanserna i ingångsförstärkaren.



Digitala osc

Digitala oscilloskop ersätter analoga vid långsamma eller transienta förlopp. Insignalen digitaliseras och lagras, sedan spelas den upp på skärmen.

<u>Digital</u>	<u>Analog</u>
+	-
Vissa långsamma/transienta förlopp Bättre noggrannhet Enklare kommunikation m. datorer Nya tillgängligheter	Vikningsfenomen kvantisering snabba förlopp (AM, jitter)
	+ Inignal i realtid Snabbare inställning Bättre bild av snabba signaler
	-

Kvantisering - Osäkerheten beror på att A/D-omvandlarens ändliga upplösning gör att resultatet kan hamna lite "innet". Ju fler bitar, desto mindre kvantiseringsosäkerhet.

Vikningsbegreppet - För låg samplingsfrekvens i förhållande till insignalens frekvensinnehåll kan vi få falsk kurvåtergivning. Sampla fler, eller lågpassfiltrera så att inga frekvenser högre än halva samplingsfrekvensen slippas igenom.

Sampling

Ju mer högfrekventa signaler, desto tätare samples krävs för god återgivning. Samplen motsvarar punkter på insignalen.

Nyquist samplingskriterium: > 2 samples/period av den högsta förekommande frekvensen för att kunna återge kurvform.

Realtidssampling används för engångsförlopp. Spelar in vid tillgång. Sekvensiell sampling — II — repetitiva förlopp, signalens mätpunkter samplas i flera följande cykler. Varje nytt sample tas i olika cykler, dock brukar denna metod ta lång tid. Slumpmässig sampling används också för repetitiva, men ett slumpmässigt antal samples tas i varje pass.

Minne

Inspelnings-, bildskärms-, vågforms- och inställningsminne, varav de två sista ej är flyktiga.

$$T_s = \frac{T_i}{N} = \frac{10 \cdot TB}{N}$$

T_s = tid mellan samples (samplingsfrekvens)

T_i = inspelningstid

TB = tidbasinställning (ms/ruta)

N = minnesstorlek i punkter

Minnesdjup: Består utav minnena på föregående sida, och är vad den effektiva samplingshastigheten är beroende av.

Bandbredd

"Den insignalfrekvens då den avlästa amplituden sjunkit med 3 dB ~~meddelad~~".

Stigtid: ideal ingångspuls har stigtid 0 s, men beror på ingångsförstärkarens inflytande på ~~meddelad~~ insignalen.

- Tumregler:
- Bandbredd bör överstiga 5 ggr insignalen (sinus) vid amplitudmätning
 - Stigtid bör understiga 5 ggr pulssignalens stigtid. Detta för att kunna ge noggranna mätningar

Triggning

Anger när en signal skall börja spelas in och läggs på en viss spänningsnivå.

Flanktriggning: inväntar bestämd signalflank på best. nivå

Pulslängd: 2 triggerpunkter före/efter flank, pulslängd mellan den mäts och startas om mindre än förinställt värde.

Logik -: kravet är en särskild komb. av triggningarna.

Tidsfördröjda: fördröjningstid efter triggning.

Händelse fördjupt: bestämt antal triggningar efter huvudtriggning.

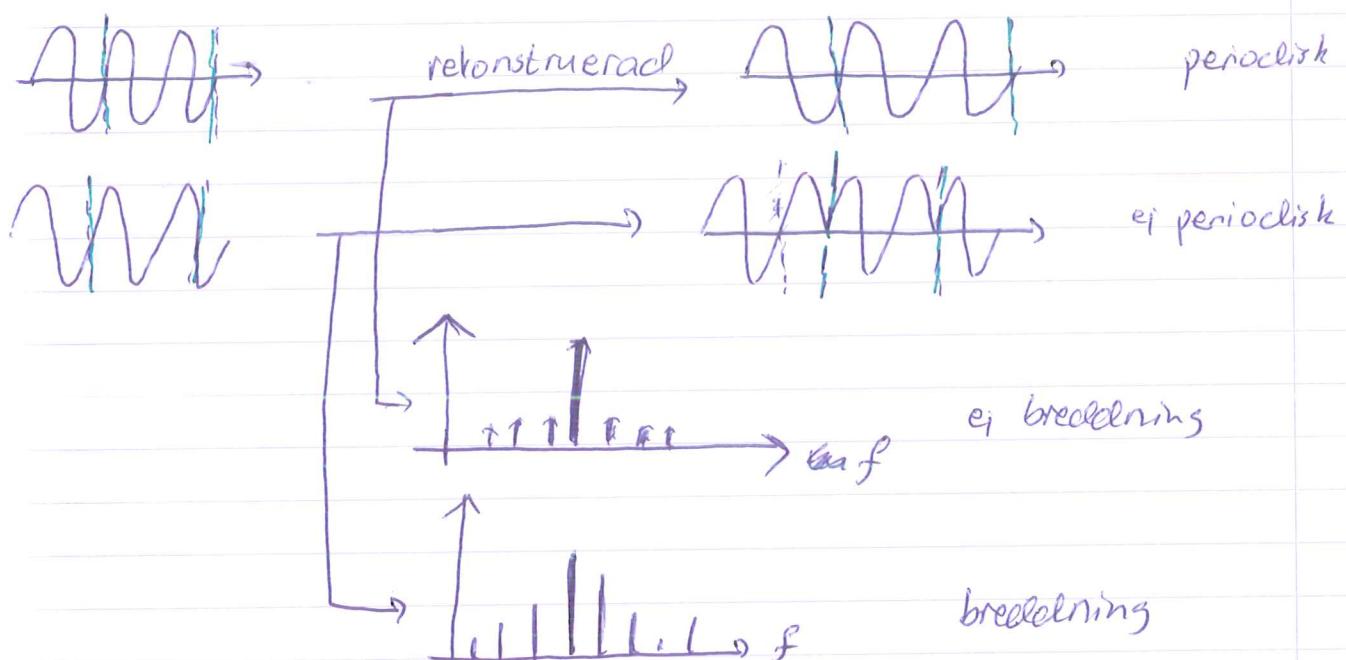
Man kan i signalbehandling genomföra beräkningar på parametrar och pulsparameter-mätningar, multiplicera kurvor för att visa effektitutvecklingen i en belastning samt understryka brus genom medelvärdesbildning.

FFT - Frekvensanalys

Beräknar en signals frekvenspektrum, samplar och A/D-omvandlar den analoga signalen till en kontinuerlig ström av digitala värden. Antalet samples måste vara (i tidsdomänen) en helsiffer av 2.
N punkter i tidsdomänen → spektrum med $N/2$ linjer.

Förutsätter en periodisk insignal, och krävs periodicitet inom samplingstids fönstret för att slippa breddningseffekten.

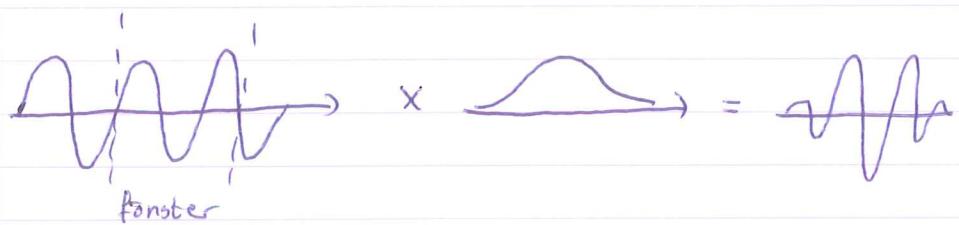
Breddning - Vid rekonstruktion av signalen inom tidsfönstret tror FFT-processorn att signalen är diskontinuerlig om ej periodisk i intervallet. Den ursprungliga rep. frekvensens skarpa pik i spektrat kommer då breddas med "falska" omkringliggande frekvenser.



Fönsterfunktioner

De digitala samplen "viktas" genom att varje sample multipliceras med en viss faktor i fönsterfunktionen.

Hanningfönster:  - bästa valet för frekvensavläsning.



Rektangulärt fönster är bättre för periodiska signaler, brus samt transienter (som hunnit klinga ut innan fönstret)

Flattkopfönstret är bäst för amplitudnoggranna mätningar.

Spänning och ström

En multimeter mäter spänning, resistans och ström (dvs voltmeter som kan mäta även Ω).

Nos en voltmeter A/D- omvandlas en spänning till en digital signal.

Digital voltmeter:

- + högre upplösning och noggrannhet
- + lättet att kommunicera med datorer
- följer spänningsförändringar sämre än en analog

Handhållna voltmetrar har medelmättig prestanda och är sämre än bänkinstrumenten.

En multimeter mäter alltid likspänning-helvågsriktnings.

A/D-omvandling

Olika metoder:

1. Parallel A/D-omvandling

Uin jämförs med ett antal noggranna spänningsnivåer och komparatorer. Omslagsspänningarna skapas ur stabil Uref och en spänningsdelarekedi. Detta är den snabbaste metoden men ger begränsad upplösning och är dyr.

2. Integrerande A/D-omvandling

Omvandlingen sker i två faser. Först laddar U_{in} upp en kondensator i en integrator under T_{ref} .

Därefter får U_{ref} med motsatt polaritet mot U_{in} ladda ur kondensatoren under tiden T_x som mäts som ett digitalt räknevärdet. Ger god noggrannhet och hög upplösning till relativt låg kostnad.

T_{ref} med multipel av 160 ms ger bra undertryck av 50 Hz.

3. Deltapulsmodulation

Variation av (2): Se bild sid. 142.

Enbart U_{ref} def. dess noggrannhet, inte klockpulsoscillatoren.

4. Approximativ omvandling

Bygger på en serie intelligenta "gissningar". Approximationerna D/A-omvandlas och jämförs i en analog komparator med insignalen U_{in} . Medelsnabb metod, viss läckström i kondensatoren ger spänningsvariationer i switchen som kan yttra sig som över-/underslängor på OP-förstärkarens ingång.

5. Spänning/frekvensomvandling

Direkt omvandling spänning → frekvens. En UFC gör detta, och dess pulser mäts under en exakt tid. Värdelet utgör ett mått på inspänningens storlek. Billig och långsam men ger hög upplösning med hög tid.

Metod	Snabbhet	Upplösning	Omvandlar momentan/medelvärde
Parallel	mkt hög	läg	momentan
Integrerande	långsam	mkt hög	medelvärde
Deltapuls	medium	hög	medelvärde
Approximation	hög	medium	momentan
Spänning/frekvens	långsam	mkt hög	medelvärde

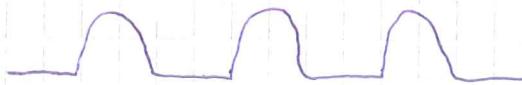
Alla metoder bygger på att den analogas inspanningen jämförs med en inbyggd känd spänningssreferens. Upplösningen begränsas mest ytterst utav denna. Ingångssleget dämpar/förstärker signal passande till A/D-omvandlingen.

Mätning av växelspanning

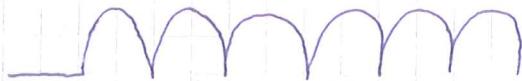
Det krävs av växelspanning, lik- och växelström samt resistans att de omvandlas till likspänning innan de kan A/D-omvandlas.

Likriktnaren omvandlar vanligen, och DC-spänningen som omvandlats är ett mätt på inspanningens likriktade medelvärde \bar{U} .

Halvvägslikriktning ersätter alla negativa haluperioder med nivån 0.



Halvvägsriktingen vändar ist på alla negativa haluperioder.



Effektivvärdet U_{RMS} el. U_{EFF} är ett mätt på signalens effektkinnehåll. "Det likspänningsvärdet som ger samma genomsnittliga effektutveckling i t ex en resistor som växelspanningen."

$$\text{Formfaktorn} = \frac{U_{EFF}}{\bar{U}} \quad \text{Toppfaktorn} = \frac{U_P}{U_{EFF}}$$

Man kan också genomföra en AC/DC-omvandling genom att mäta toppvärdet U_P ha en toppvärdeskänande krets.

För sinusspänning: Förhållandet mellan toppvärdet och effektivvärdet är $\frac{1}{\sqrt{2}}$ vilket ger effektivvärdet om sinussignalen inte är "ren" kan resultaten bli felaktiga. Fördel är att man kan mäta spänning på mkt högfrekventa signaler.

Man kan mäta det sanna effektivvärdet med termisk jämförelse (temp. skillnad mellan resistorer värmats med U_x vs. U_{pc}), analog beräkning (beräknar i maskinuvaran) samt digital sampling (AC/DC + A/D).

Vi vill ha hög ingångsimpedans när vi mäter spänning (dvs låg ström) vilket ger en liten spänningssdelning.

"Det är typen
balansering
på nivå"

"Med ens
vi bortlämnar"

Mätning av strömmar

När man mäter ström kan man välja resistans efter mätområde, men bör vara liten för att inte påverka kretsen. För låg resistans ger dock dålig upplösning i strömmätningen. Vanligen kring $0,1 - 100 \Omega$.

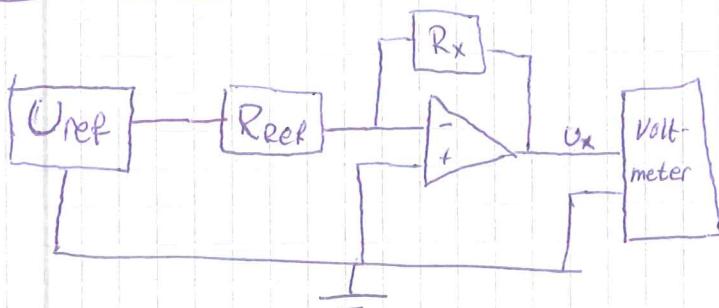
För höga strömmar (ca 10 el 100-tals A) finns särskilda strömprobar.

Mätning av resistans

Konstantströmmetoden

Konstant ström från strömgenerator i multimeter passerar en resistans och ~~och~~ mha Ohms lag (och spänningsmätning) kan resistansen beräknas

Kvotmetoden



Kvoten mellan R_x och R_{ref} beräknas.

U_x kan då skrivas som:

$$U_x = -U_{ref} \cdot \frac{R_x}{R_{ref}} = K_1 \cdot R_x$$

K_1 finns i inbyggda mikroprocessorn,

Tvårådsmätning: Standard. Två anslutningskontakter från instrument till mätobjekt.

Fungerar bra $> 10 \Omega$, under ger problem med kontaktresistansen.

Fyrtrådsmätning: Driva ström genom hela slingan men endast mäta strömmen över mätobjekt för att slippa kontaktresistans. Separata uttag för ström och spänning.
Spänningkontakter innanför strömkontakterna!

Konventionell frekvensräkning:

På kontinuerliga signalen. Inspanning skall ha symmetrisk kurvform och vara störningsfri. Multimeter räknar antalet ingångsperioder under 1 sekund

12 001 pulser på 1 s ger 12 001 Hz.

Tid och frekvensRäknare (frekvensräknare från elektrisk signal)

± 1 -felet beror på att man egentligen vill mäta tid efter ett helt antal perioder, inte antalet perioder per tid vilket troligen inte resulterar i ett helt antal.

Konventionell mätare mäter antalet ingångscykler N (pulser) under en viss mättid, vilket ger ± 1 -felet

Högre frekvens \rightarrow fler pulser \rightarrow högre upplösning

Absoluta upplösningen är 1 Hz för 1 s mättid (1 cykel/s)

Relativa upplösningen beror på insignalens frekvens ("antal siffror")

"Konventionell frekvensmätning ger dålig relativ upplösning för låga frekvenser och bra relativ för höga."

Reciprok mätare mäter ej under fast tid, utan ett helt antal perioder vilket ger en konstant upplösning. Ju längre mätning vi tar, desto bättre upplösning, och tiden T_n mäts genom att räkna antalet klockpulser. Det finns ingen exakt grindtid på ex. 1 s utan ist. en synkroniseringslogik med ingångssignalen men inte med klockpulserna \Rightarrow ibland får vi delar som ej räknas eller en extra \Rightarrow osäkerhet ± 1 klockpuls, vilket blir den absoluta upplösningen.

Relativ upplösning är alltid \pm siffror!

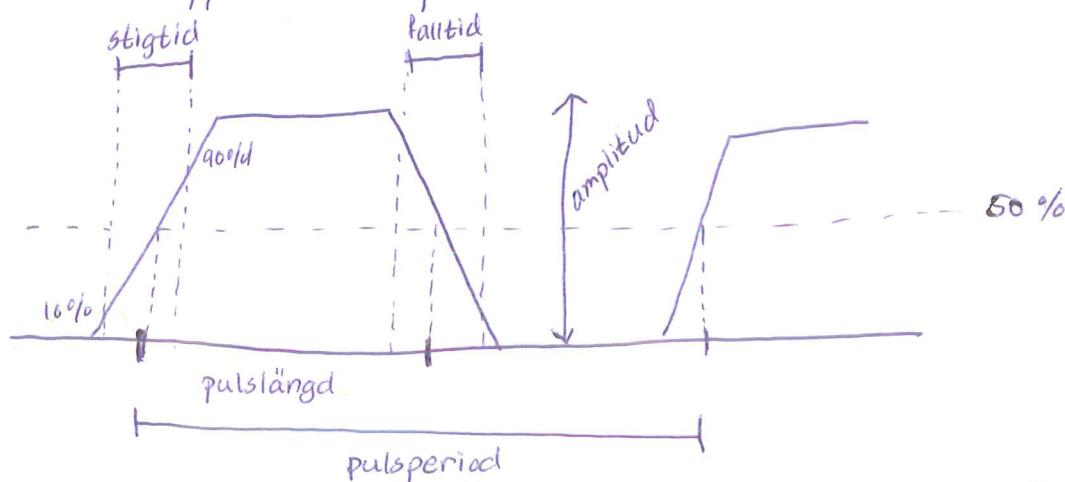
10 MHz tidbasoscillator \Rightarrow periodtid 100 ns
1 s mättid

$$100 \text{ ns}/1 \text{ s} = 10^{-7} \text{ oavsett insignal}$$

"Reciprok frekvensmätning ger hög relativ upplösning för såväl låga som höga frekvenser."

Tidintervallmätning:

Mätning av tiden från en starthändelse på en ingångskanal till en stopphändelse på en annan kanal.



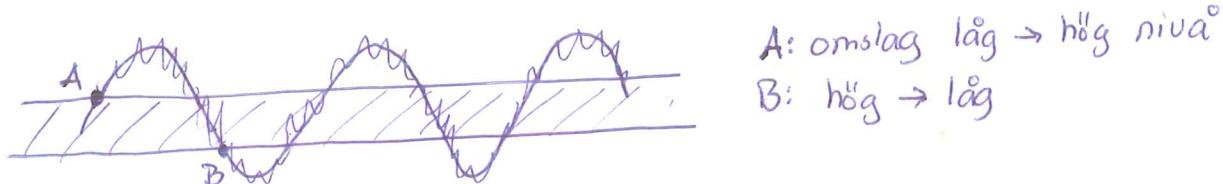
För att förbättra upplösningen under en tidintervallmätning:

- ökad klockfrekvens (tidbasosc. $10\text{ MHz} \rightarrow 100\text{ MHz}$)
- medelvärdesbildning i maskinvaran (mätning upprepas)
- — || — i programvaran
- interpolation

Fasta AC-kopplingar är vanligast för frekvensmätare, förstärkaren görs enklare och driftsäkrare om DC utesluts. Dock är DC-koppling vanligt vid tidintervallmätning.

Hysteresband

Skillnaden mellan låg och hög nivå (flanker) där utgångens omslag sker. Detta för att undvika brus som ger triggning / omslag.



Smalt hysteresband \Rightarrow hög känslighet för näcknaringång och för brus

Brett — || — \Rightarrow minskar bruskänslighet och känslighet vilket medför brusundertryckning.

Mätosäkerhet / fel vid frekvensmätning

- * I reciproka finns en osäkerhet då man ej vet var i klockpulscykeln som mätningen startar/stoppas.
- * Brett hysteresband förskjuter triggerpunkt uppåt på pos. flanken och neråt på neg. Beroende på flankens brant kan skillnaden från verlig pulslängd bli större.

Osäkerhetsfaktoren:

1. Mätprocessens upplösning
2. Triggerfel pga brus
3. Tidbasoscillatorns osäkerhet
4. Triggerpunktens inställningsosäkerhet
5. Skillnader mellan ingångskanaler

hysteresbandet
kan
ändras

En tidbasoscillator har som uppgift att skicka ut pulser med t ex exakt en sekund som period. Detta är den klocka som tiden mäts under.

Koppling	Frekvens	Tidintervall
Hysteresband	AC	DC
Triggernivå	Brett (variabel)	Smalt (hystereskomp.)
	3 fasta (+, 0, -)	Variabel

Beräkna total osäkerhet:

1. Konjugerat uppmätt värde med förutsägbara osäkerheter
2. Dessa kvadratsumeras
3. Roten dras ur dem (med absolutbeloppet)
4. Multiplisera värdelet med 2.

Dominerande osäkerhet:

vid korta intervall - upplösningen

vid långa intervall - tidbasosäkerheten v_{TB}

Impedans

Se kort "mätning av resistans" i "spänning och ström!"

Impedans mäts som resistans, induktans och kapacitans.

Komponenttyp	Egenskap	Fasvridning $I - U$	Komplex impedans
Resistor	Resistans	0°	R
Spole	Induktans	$+90^\circ$	$j\omega L = j2\pi f L$
Kondensator	Kapacitans	-90°	$\frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi f C}$

Generell impedans $Z = R + jX$

\uparrow
OBBLIGATORIUM
ej fasvridnings

$$\arg(Z) = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)$$

$$|Z| = \frac{U}{I}$$

Kondensator: $C = \epsilon \frac{A}{d}$

En ideal spole har sin reaktans $X_L = \omega L$ men ingen serie resistans R_s . Förhållandet mellan dessa kallas för Godhetstalet Q .

$$Q = \frac{X_L}{R_s} = \frac{\omega L}{R_s}$$

$$Q = \tan(\varphi), \quad \varphi \equiv \text{fasvinkeln}$$

D är förlustfaktorn $\frac{1}{Q}$, ideal spole har D=0

Förlustvinkel \equiv hur mycket verkliga impedansens fasvinkel avviker från ideala. Det finns i princip alltid en viss inne resistans i spolen som gör att vinkeln $\neq 0$.

För att mäta dessa impedanser krävs sk. RCL-mätare.

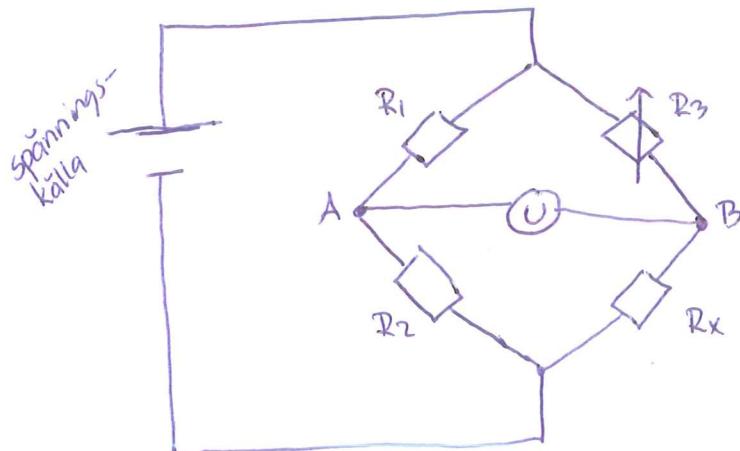
Det finns huvudsakligen två principer för dessa mätningar:

- Bryggmetoden
- Spänning/ström-metoden

Bryggmetoden

De noggrannaste mätningarna görs med mätbryggor. I allmänhet går det ut på att koppla en okänd komponent i en mätbrygga med tre kända komponenter, varav en varieras i impedans tills bryggan är i balans och den okända impedansen kan beräknas ifrån de kända värdena.

Wheatstonebrygga

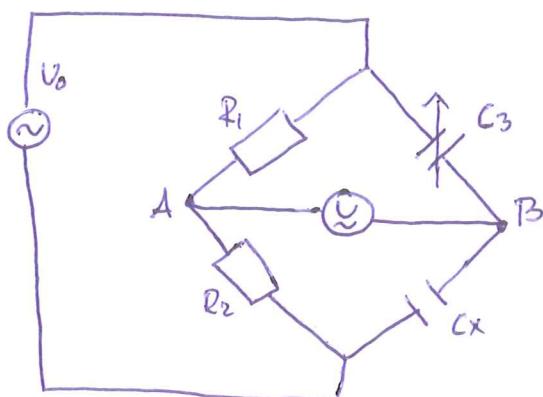


Balanserad då $A=B$, variera R_3 tills det inte flyter någon ström ~~eller~~ genom voltmetern

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

Kräver endast av voltmetern att den skall kunna avgöra om det flyter ström eller ej, vilket gör den oberoende av voltmeterns osäkerhet.

Kapacitansmätbrygga



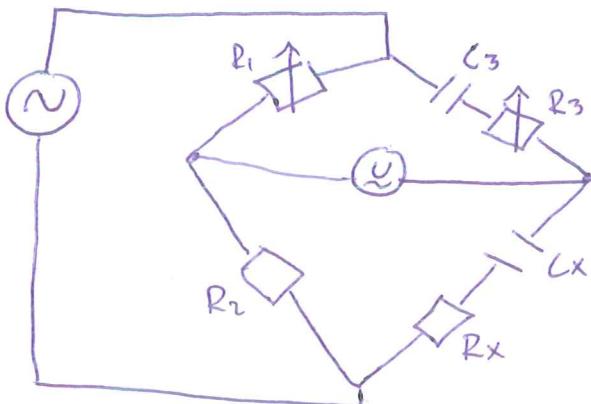
I balans gäller:

$$\frac{C_x}{C_3} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{Med } R_1=R_2 \Rightarrow C_x = C_3$$

Dock ej en användbar teori i praktiken då vi får förlusten

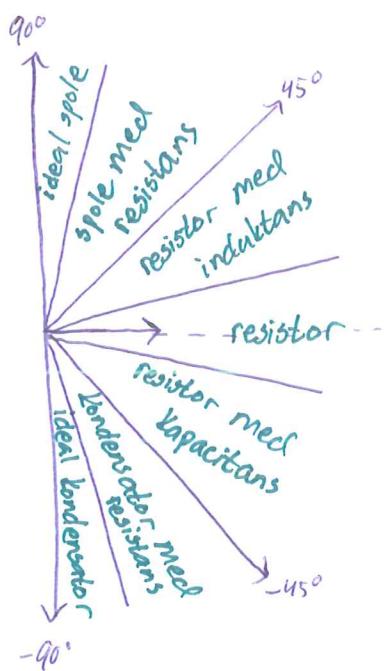
Hur skall man då göra? Justera R_1 och R_3 växelvis till man får balans. I princip balanseras R_x och C_x var för sig.

Exempel!



Spänning/ström-metoden

Går i korta drag ut på att utsätta en okänd komponent för en känd spänning och mäta upp resulterande ström samt fasvinkel och sedan beräkna $R/C/L$.



Fasvinkeln mellan ström och spänning avgör vilken typ av komponent som testas.

Impedansmätare (generellt)

Anslut okänd komponent till växelspänningsskälla med känt f och mät spänningsfall, ström och fasvinkel. I moderna mätare mäts U och φ i en krets kallad "faskänslig likriktare". Princippet då är att jämföra sinusinspänningen U_{in} med fyrkantsvågen U_{ref} med samma frekvens.

Utspanningen \bar{U}_{ut} från likriktaren är ett mätt på fasskillnaden mellan U_{ref} och U_{in}

(Önskas mer detaljer, se sid. 409–417 i läroboken)

Osäkerheter i RCL-mätningen

- Offsetspänning i PSR och i A/D
 - en extra delmätning med kortslutet ingång till PSR-kretsen subtraheras från de riktiga värlet elimineras osäkerheten.
- Inställd frekvens
 - syntetisera frekvens ur en kristalloscillator
- Förstärkningsfaktorn R i I/U-omvandlaren
 - använd precisionskomponenter
- Medelvärdesbildningen av PSR-utsignalen
(medelvärde över helt antal perioder eller ej)
 - lågpassfilter (men ger långa mätider då lång tidskonstant krävs.)
 - låt A/D-omvandlaren göra medelvärdesbildningen
- Lineartetsfel i PSR och A/D
(krävs konstant skalfaktor K oavsett f , \hat{U} , φ)
 - noggrann design

Givare

Mekaniska givare

- trykgivare
- flödesgivare
- accelerometer

En givare omvandlar ett "svart" värde till en elektrisk signal.

Tryckgivare

Rörelse överförs till en visare.

I bönjan användes ett halvslängt rör → bourbonrör (böjt)

Tryck som kan mätas:

- absolut tryck (relativt växuum)
- gaugetryck (relativt omgivande tryck)
- differentiellt tryck (mellan två tryck → oberoende av mätaren)

Tryckgivare påverkar inte det som händer i systemet.

Flödesgivare

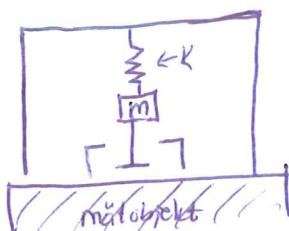
Måste kopplas in i systemet och kan därför störa flödet.

Flöden som kan mätas:

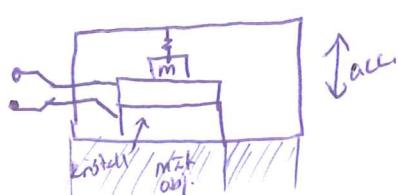
- Volymflöde m^3/s , $\mu\text{l}/\text{min}$ (Omvandla till tryck via venturiör med strypning eller mha obstruktionsmätaren.)
- Massflöde kg/s (kan mätas genom Corioliskraft el. med varmträdsanemometer som mäter förflyttning av värmeenergi, som inte bromsar flödet alls)

Accelerometer (signal prop. mot acc. givaren utsättis för)

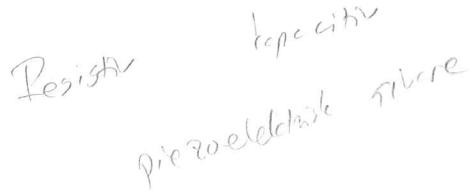
Kan använda sig av gravitationen och värmeöverföring.



Mätning av acceleration och vibration



Piezoelektrisk accelerometer, ger en spänning vid acc. som kan mätes



Kemiska och biologiska givare / mikrosensorer

Mikrosensorer - varför?

- små ◦ kisel elektronik med elektronik
- snabba
- polymerteknik ◦ laminärt flöde
(kemiskt system)
- avancerade sensorer / multisensorchips
- ingen materialutmatning i kisel
- ingen / liten hysteres
- små volgmer - billigt / låg konsumtion
- korta diff. längder
- HST - high sample throughput

nachdelar?

Kemiska givare

- Resistiva, kapacitiva samt mekaniska och kalometriska
- metali-oxid gassensoren
- Fält effekttransistorer
- elektrokemiska (potentiometriska, amperometriska)
- akustiska vägsensorer

Användningsområden:

- medicinsk diagnostik
- Implanterbara biosensorer
- monitörering i processindustrin
- miljöanalys
- farmaceutisk screening
- forskning

De kapacitiva givarna kan användas till att mäta specifika gaser, pH, humiditet.

Biologiskt

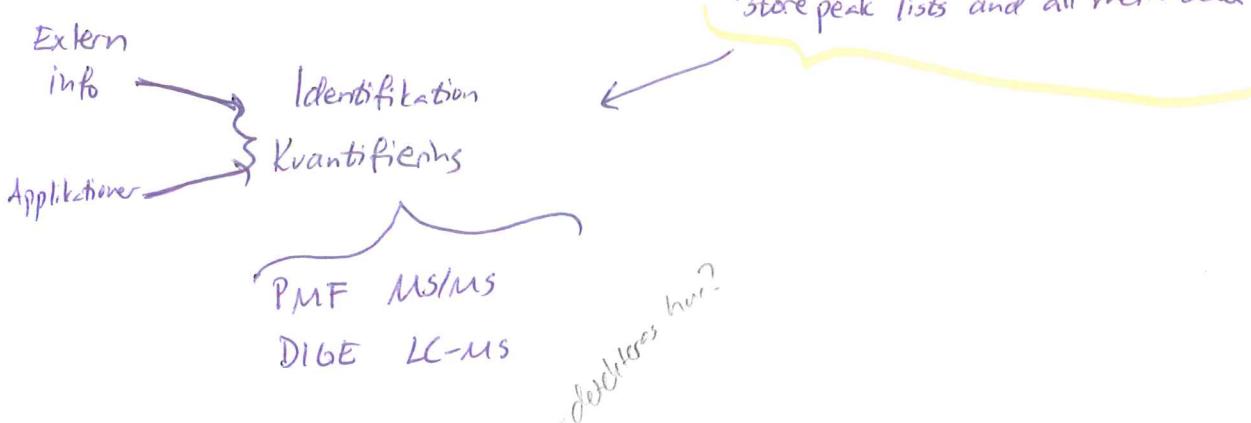
Proteomics och biochip

Proteom - den mängd olika proteiner som finns i en organism

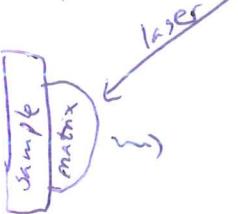
Mass spektrometri - off-line MALDI / on-line ESI analys beroende på tillämpnings. Lite lika känsligt som antikroppsanalys. Ger svar på vilken analyt som upptäckts.

Proteomics-analys

Peptid/protein → Nedbrytning och el → 2D gelbild-förnärv, lesning
Separation



MALDI - TOF MS - Matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry

Mäter tiden det tar för joner att nå detektören efter att ett prov utsätts för lasern (beror på dess storlek)
Bra upplösning, joner separeras. Matrixprotein ges till suplemolekyler som ioniseras

Tillåter analys av biomolekyler (stora organiska molekyler att analyseras som annars brukar vara för ömtälliga).

Fluorescens

Ämne som absorberat ljus etc återemitterar ljus.

FRET beskriver en energiövergångsmekanism mellan två kromoforer och är bra för att överlämna en reaktion.

Kvantprickar används som etiketter på antikroppar.

Mikrofluidik

När vi jobbar i liten skala upptkommer ett **laminärt flöde**, dvs vätskor flyter parallellt utan att blandas och inga turbulenser finns. Laminärt flöde tenderar att upptomma vid lägre velocitet. Turbulent flöde gör att vätskorna blandas och vrids runt, kan vara beroende av tex ett hinder i flödet.

Tiden det tar att diffundera genom en kanal är \propto med bredden²

När man skalar ner blir ytspänning och viskositet viktigare än hinder för fluidiken.

mixning
jump
dina flöden
blob-in-detector

