

2012

Meritve

Vprašanja in odgovori za 3. kolokvij 16.01.2012



FERI

**Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko**

Gregor Nikolič

16.1.2012



Kazalo vsebine

1	35. Navedite nekaj temeljnih razlogov za uporabo merilnih transformatorjev.	3
2	36. Skicirajte vezavo z virom napajanja in porabnikom, kateremu merite napetost z voltmetrom in napetostnim merilnim transformatorjem (tok z ampermetrom in tokovnim merilnim transformatorjem).....	3
3	37. V kateri skupini so razdeljeni pretvorniki neelektričnih v električne veličine?	3
4	38. S katerimi pretvorniki lahko pretvorite temperaturo (mehansko silo) v električno veličino?	4
5	39. Skicirajte graf poteka prehodnega pojava $\alpha = f(t)$ za periodično dušen sistem ($0 < s < 1$) analognega merilnega instrumenta, če se na primer merjeni tok poveča z 0 na 1 A.	4
6	40. Kateri električni veličini je proporcionalen mehanski moment in odklon merilnega instrumenta z vrtljivo tuljavico? Zapišite tudi enačbo za M1.....	4
7	41. Razširitev tokovnega (ali napetostnega) merilnega območja instrumenta z vrtljivo tuljavico (izračun).	5
8	42. Katero vrednost toka v resnici izmeri instrument z vrtljivo tuljavico in polprevodniškim usmernikom in katero želite najpogosteje ugotoviti pri merjenju izmeničnega toka (maks., sr., ef.)? 5	
9	43. Kakšen je osnovni potek skale instrumenta z vrtljivim železom (lin., kvadr.)? Prikažite z odklonsko enačbo.	6
10	44. Katero vrednost toka izmeri instrument z vrtljivim železom kadar merite enosmerni in katero, kadar merite izmenični tok (maks., sr., ef.)?.....	6
11	45. Z enačbo za skupno mejo pogreška e_p prikažite, kako vplivata pogreška merilnih transformatorjev na mejo pogreška pri merjenju delovne moči enofaznega porabnika z vatmetrom?	6
12	46. Katere so osnovne izvedbe analognih elektronskih voltmetrov glede na namen uporabe in vrsto merilnega ojačevalnika?	6
13	47. Z analognim elektronskim voltmetrom želite izmeriti višjo (ali nižjo) enosmerno (ali izmenično) napetost. Kakšen ojačevalnik (enosmerni, izmenični) naj ima elektronski voltmeter?..	7
14	48. Skicirajte vezje (chopper) za pretvorbo enosmernega v izmenični signal.....	7
15	49. Katere so prednosti digitalnih pred analognimi merilnimi instrumenti?	7
16	50. Iz katerih komponent je sestavljen digitalni voltmeter? Narišite, kako so povezane med sabo.....	8
17	51. Z blokovno shemo prikažite princip delovanja digitalnega števca električne energije.....	8
18	58. Za katera merjenja se uporablja ravnovesni in za katera odklonski merilni mostič?	9
19	59. Kateri parametri vplivajo na pogrešek merilnega mostiča?	9
20	60. Katera pogoja morata biti izpolnjena, da je izmenični merilni mostič v ravnovesju?.....	9
21	61. Katere veličine lahko izmerite z izmeničnim merilnim mostičem za realni kondenzator (ali realno tuljavo)?	10
22	62. Navedite izrazito lastnost oziroma prednost kompenzacijskega merilnega vezja.....	10
23	63. Kateri parametri vplivajo na pogrešek kompenzatorja?	10

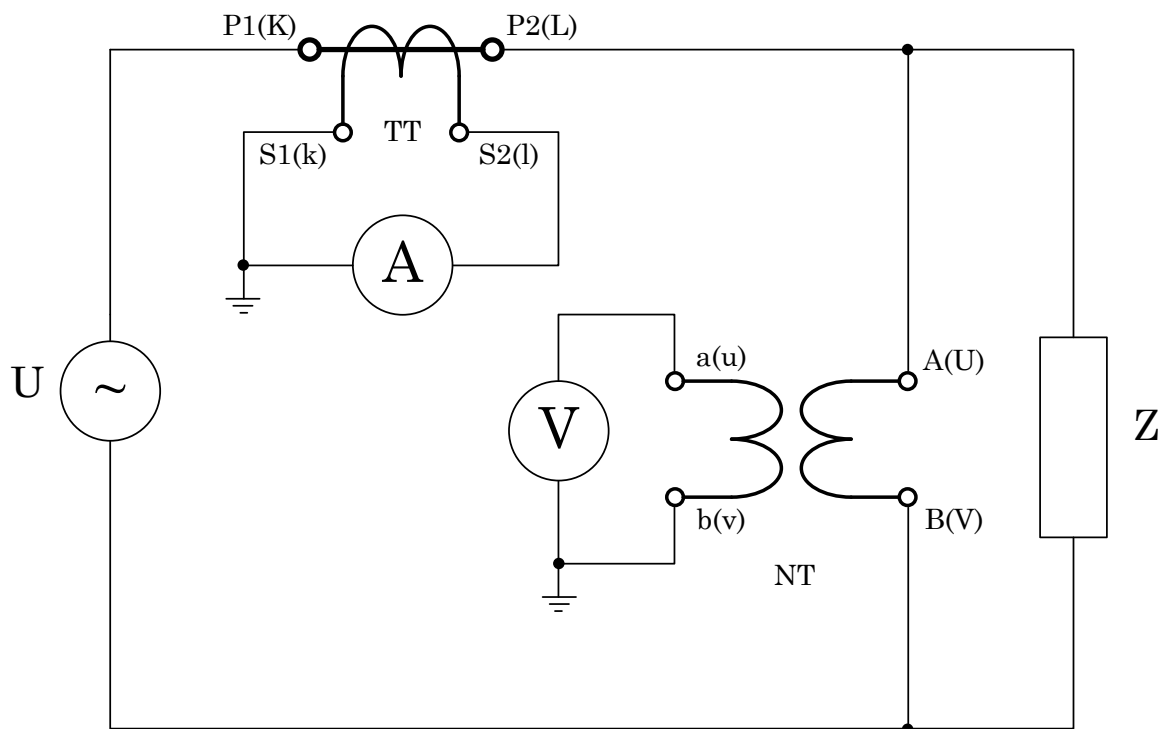
24	64. Katere pogoje je treba izpolniti, da je doseženo kompenzirano stanje izmeničnega kompenzacijskega vezja?	10
25	89. V čem se razlikujeta statična in dinamična (komutacijska) magnetilna krivulja?	10
26	90. Kako bi posneli magnetilno krivuljo z enosmernim tokom?	11
27	91. Kako bi posneli magnetilno krivuljo z izmeničnim tokom?	11
28	92. Kako bi izmerili izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu?	11
29	93. Od katerih električnih in magnetnih veličin so odvisne izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu?	11
30	94. Z odvisnostjo od katere veličine bi si pomagali, da bi ločili izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu na histerezne izgube P_H in izgube P_V zaradi vrtilnih tokov?	12



1 35. Navedite nekaj temeljnih razlogov za uporabo merilnih transformatorjev.

Merilne transformatorje uporabljamo za merjenje veličin, velikosti, ki presegajo merilna območja instrumentov s katerimi merimo želene veličine. Pri meritvi z merilnimi transformatorji nato upoštevamo prestavo merilnega transformatorja, da dobimo realno vrednost merjene veličine. Z njimi dosežemo galvansko ločitev instrumenta od merjene veličine, s katero zaščitimo instrument pred neželenimi velikimi spremembami merjene veličine na primarni strani transformatorja.

2 36. Skicirajte vezavo z virom napajanja in porabnikom, kateremu merite napetost z voltmetrom in napetostnim merilnim transformatorjem (tok z ampermetrom in tokovnim merilnim transformatorjem).



3 37. V kateri skupini so razdeljeni pretvorniki neelektričnih v električne veličine?

Pretvorniki neelektričnih veličin v električne veličine so razdeljeni v skupino pasivnih in aktivnih pretvornikov. Pri pasivnih pretvornikih neelektrična veličina povzroči spremembo ohmske upornosti, induktivnosti, kapacitivnosti ali katero drugo lastnost elementa, pri aktivnih pretvornikih pa se neelektrična veličina pretvori v električno napetost na osnovi indukcijskega, termoelektričnega, piezoelektričnega, fotoelektričnega ali kakšnega drugega delovanja, ki jo izmerimo in z znano fizikalno zvezo določimo podatke za neelektrično veličino.

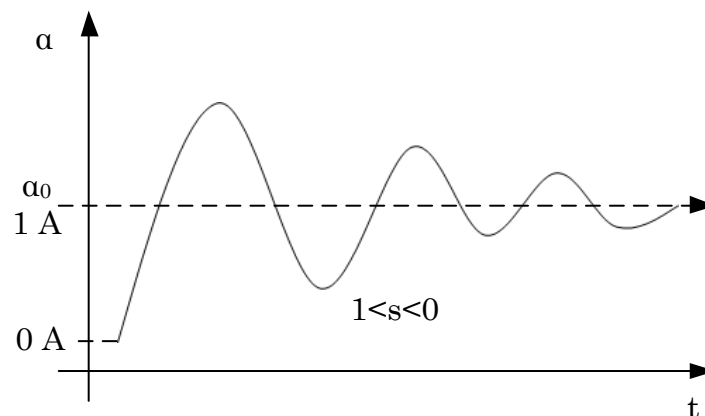


4 38. S katerimi pretvorniki lahko pretvorite temperaturo (mehansko silo) v električno veličino?

Temperaturo lahko pretvarjamo z uporovni elementi. Poznamo upore z N (negativnim) in P (pozitivnim) tipom temperaturnega koeficienta, torej NTK in PTK upore, katerim se ustrezno glede na spremembo temperature spreminja upornost. Upornost se lahko spreminja kovinskim ali polprevodniškim materialom. Mehansko silo bi lahko izmerili z merilnimi lističi na katerih se ob obremenitvi pojavi natezna napetost, piezo efekt, ob obremenitvi se na materialu pojavi inducirana napetost.

5 39. Skicirajte graf poteka prehodnega pojava $\alpha = f(t)$ za periodično dušen sistem ($0 < s < 1$) analognega merilnega instrumenta, če se na primer merjeni tok poveča z 0 na 1 A.

Pri tem prehodnem pojavu, se kazalec instrumenta počasi umirja – se iznihava.



6 40. Kateri električni veličini je proporcionalen mehanski moment in odklon merilnega instrumenta z vrtljivo tuljavico? Zapišite tudi enačbo za M_1 .

Mehanski moment je proporcionalen produktu toka skozi tuljavico in magnetnega pretoka. Sledi, da je:

$$M_1 = 2F \frac{b}{2} = iNaBb = iN\phi = i\phi_0$$

Odklon merilnega instrumenta z vrtljivo tuljavico, pa je proporcionalen kvocientu mehanskega momenta in konstanto vzmeti. Sledi, da je:

$$\alpha = \frac{\phi_0 i}{D} = \frac{M_1}{D}$$

7 41. Razširitev tokovnega (ali napetostnega) merilnega območja instrumenta z vrtljivo tuljavico (izračun).

Ampermetru razširimo merilno območje z vzporedno vezanim uporom, tako se po Kirchhoffovem zakonu tok razdeli na soupor in ampermeter. Če imamo podan tok merilnega območja I_A , upornost ampermetra R_A , tok katerega želimo meriti I , lahko izračunamo potreben soupor za razširitev merilnega območja ampermetra:

$$R_S = \frac{I_A \cdot R_A}{I - I_A}$$

Voltmetru razširimo merilno območje z zaporedno vezanim uporom, na katerem se pojavi ustrezen padec napetosti za doseg merilnega območja napetosti, katero želimo meriti. Če imamo podan tok skozi voltmeter I_V , upornost voltmetra R_V , napetost merilnega območja U_V ter napetost katero želimo meriti U , lahko izračunamo potreben predupor. Sledi, da je:

$$R_P = \frac{U - U_V}{I_V} = \frac{U - I_V \cdot R_V}{I_V}$$

8 42. Katero vrednost toka v resnici izmeri instrument z vrtljivo tuljavico in polprevodniškim usmernikom in katero želite najpogosteje ugotoviti pri merjenju izmeničnega toka (maks., sr., ef.)?

Ker instrument meri le enosmerne tokove, moramo izmenični signal usmeriti, to lahko storimo s polvalnim ali polnovalnim usmernikom. Zaradi mehanske vztrajnosti merilni instrument zavzame srednjo vrednost usmerjenega toka. Za sinusno obliko velja:

$$I_{sr} = \frac{\sqrt{2} \cdot I_{ef}}{\pi}$$

Pri izmeničnih veličinah, najpogosteje želimo izvedeti efektivne vrednosti, zato mora biti skala instrumenta izpisana za efektivne vrednosti. Praksa je ta, da je skala instrumenta prirejena za sinusne veličine, kar pa pomeni, da z takšnim instrumentom ne moremo meriti signale drugih oblik.

9 43. Kakšen je osnovni potek skale instrumenta z vrtljivim železom (lin., kvadr.)? Prikažite z odklonsko enačbo.

Instrument z vrtljivim železom deluje na principu dveh lističev (mirujoč in gibljiv listič), ki se nahajata v tuljavi skozi katero teče nek tok, ki ga merimo. Lističa se v magnetnem polju namagnetita istosmiselno, kar povzroči odboj (saj se istoimenska pola odbijata) in se gibljiv listič in s tem povezan kazalec odklonita. Merjeni tok je tako proporcionalen odklonu. Odklonska enačba instrumenta je:

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{I_{ef}^2}{D} \frac{\partial L}{\partial \alpha}$$

Z oblikovanjem lističev se skuša doseči, da je izraz $I_{ef} \frac{\partial L}{\partial \alpha}$ konstanten, potem je skala, ki je v principu kvadratična, linearizirana, le na začetku ostane skala nekoliko nelinearna.

10 44. Katero vrednost toka izmeri instrument z vrtljivim železom kadar merite enosmerni in katero, kadar merite izmenični tok (maks., sr., ef.)?

Instrument z vrtljivim železom ne glede na obliko izmeničnega toka meri efektivno vrednost toka I_{ef} . Tak instrument uporabljamo za merjenje enosmernih in izmeničnih tokov ter napetosti.

11 45. Z enačbo za skupno mejo pogreška e_p prikažite, kako vplivata pogreška merilnih transformatorjev na mejo pogreška pri merjenju delovne moči enofaznega porabnika z vatmetrom?

Na mejo pogreška vplivata mejni relativni pogrešek Watt-metra e_W , mejni relativni kotni pogrešek tokovnega transformatorja e_ξ in mejni relativni pogrešek prestave tokovnega transformatorja e_{TT} .

$$e_p = \pm (|e_{TT}| + |e_\xi| + |e_W|)$$

12 46. Katere so osnovne izvedbe analognih elektronskih voltmetrov glede na namen uporabe in vrsto merilnega ojačevalnika?

Osnovne izvedbe analognih elektronskih voltmetrov so:

- Enosmerni elektronski voltmeter z enosmernim ojačevalnikom
- Enosmerni elektronski voltmeter z izmeničnim ojačevalnikom
- Izmenični elektronski voltmeter
 - Z enosmernim ojačevalnikom
 - Z izmeničnim ojačevalnikom

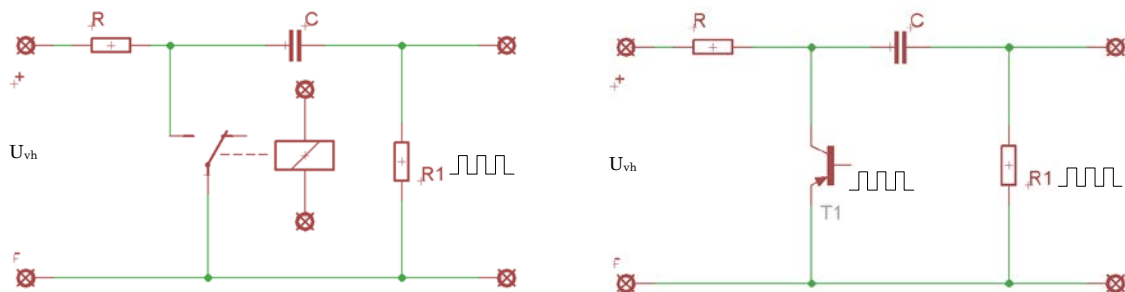


13 47. Z analognim elektronskim voltmetrom želite izmeriti višjo (ali nižjo) enosmerno (ali izmenično) napetost. Kakšen ojačevalnik (enosmerni, izmenični) naj ima elektronski voltmeter?

Pri merjenju z elektronskim voltmetrom:

- 1) Visoka enosmerna napetost;
 - a. Enosmerni elektronski voltmeter
 - b. Enosmerni ojačevalnik
- 2) Nizka enosmerna napetost;
 - a. Enosmerni elektronski voltmeter
 - b. Izmenični ojačevalnik
- 3) Visoka izmenična napetost;
 - a. Izmenični elektronski voltmeter
 - b. Enosmerni ojačevalnik
- 4) Nizka izmenična napetost
 - a. Izmenični elektronski voltmeter
 - b. Izmenični ojačevalnik

14 48. Skicirajte vezje (chopper) za pretvorbo enosmerne v izmenični signal.



15 49. Katere so prednosti digitalnih pred analognimi merilnimi instrumenti?

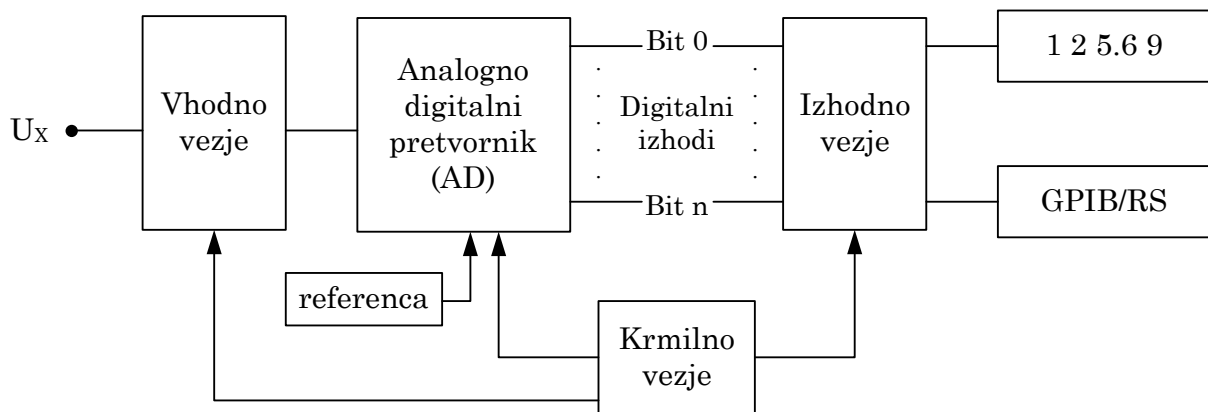
Digitalni merilni instrumenti imajo v primerjavi z analognimi kar nekaj prednosti. Te so:

- velika točnost,
- dobra ponovljivost,
- velika občutljivost,
- visoka hitrost merjenj,
- enostavnejše in hitrejšje odčitavanje merilnih rezultatov,
- enostavnejša avtomatizacija merjenj,
- enostavna obdelava, prenos in prikaz merilnih rezultatov.

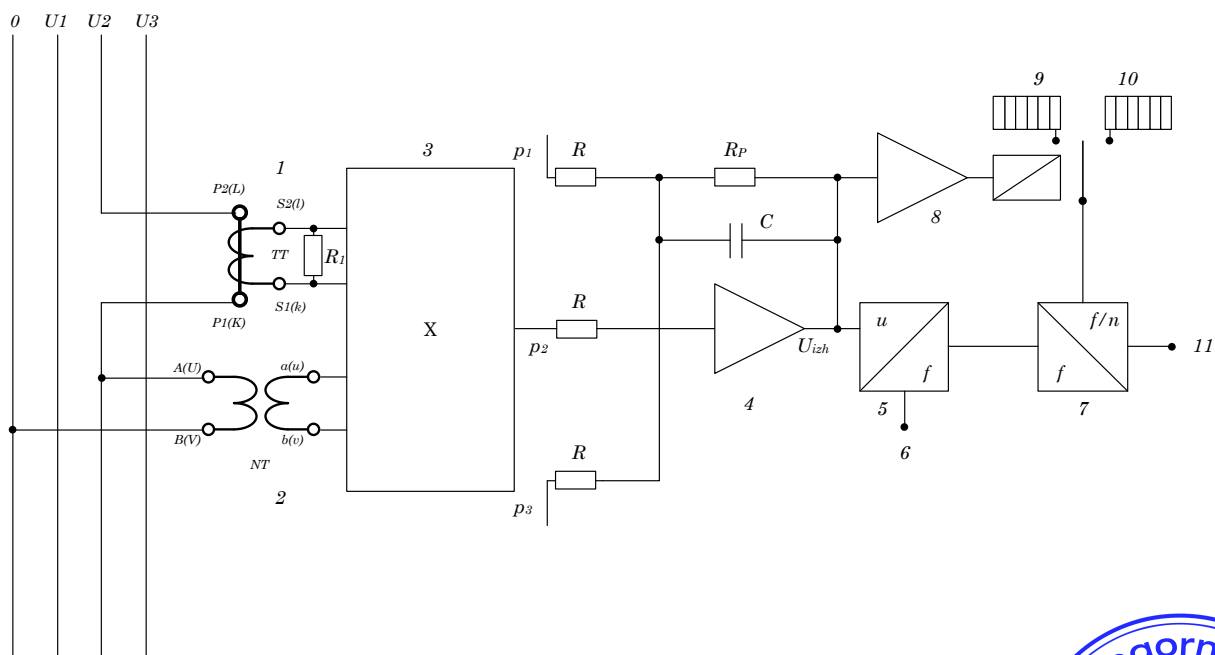
16 50. Iz katerih komponent je sestavljen digitalni voltmeter? Narišite, kako so povezane med sabo.

Digitalni voltmeter je sestavljen iz;

- vhodnega vezja,
- analognog digitalnega (AD) pretvornika,
- referenca (povezana na AD pretvornik),
- krmilno vezje (povezano z vhodnim, DA pretvornikom in izhodnim vezjem),
- izhodno vezje,
- številčni prikaz,
- GPIB/RS povezava.



17 51. Z blokovno shemo prikažite princip delovanja digitalnega števca električne energije.



- 1 - TT – tokovno merilni transformator
- 2 - NT – napetostni merilni transformator
- 3 - Impulzni množilnik
- 4 - Integrator in seštevalnik
- 5 - Pretvornik napetosti v frekvenco
- 6 - Kontrola impulzov

- 7 - Delilnik frekvence
- 8 - Ojačevalnik signala za tarini preklap
- 9 - štetje in prikazovanje
- 10 - štetje in prikazovanje
- 11 - Odcep za daljinski prenos



18 58. Za katera merjenja se uporablja ravnovesni in za katera odklonski merilni mostič?

- Ravnovesni oz. Wheatsonov mostič se uporablja za merjenje neznane upornosti. Poznamo dve osnovni izvedbi mostiča in sicer; točneje, kjer je razmerje dveh uporov konstantno, ravnovesje mostiča pa dosežemo s tretjim nastavljivim uporom, uporovno dekada, četrti upor je nam neznan upor oz. merjenec (Indekse uporov lahko določimo sami ali jih razberemo iz nastale situacije). Drugi tip merilnega mostiča je manj točen, pri katerem pa je zraven merjenega upora en upor stalen, ravnovesje mostiča pa dosežemo s spreminjanjem razmerja drugih dveh uporov (npr. kalibrirana uporovna žica).
- Odklonskih merilnih mostičev za razliko od ravnovesnih ne uravnovešamo. Vrednost, ki jo prikazuje indikator je sorazmerna z merjeno veličino. Te mostiče uporabljamo za zvezno merjenje spremenljivih uporov (uporovni lističi, termometri, ipd). Zelo pogosto se tega tipa mostiči uporabljajo za merjenje neelektričnih veličin, torej za pretvorbo neelektrične veličine v električno.

19 59. Kateri parametri vplivajo na pogrešek merilnega mostiča?

Merilnemu mostiču lahko določimo tudi občutljivost, kar je eden izmed zelo pomembnih podatkov, saj je z njo tesno povezana najmanjša možna zaznava spremembe merjene upornosti, s tem pa je tudi določena meja pogreška. Meja pogreška je tudi odvisna od merjene upornosti, tako je potrebno glede na njeno vrednost določiti ostale elemente mostiča. Spodnja meja mostiča je omejena z vplivi upornosti povezav, zgornja pa z občutljivostjo ničelnih indikatorjev.

20 60. Katera pogoja morata biti izpolnjena, da je izmenični merilni mostič v ravnovesju?

Pri izmeničnih merilnih mostičih je za dosego ravnovesja nujno potrebno izpolniti dva ravnovesna pogoja in sicer; doseči moramo ravnovesje po vrednostih in po faznih kotih. V ravnovesju je $I_5 = 0$, sledi:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4} \Rightarrow \underline{Z_1 Z_4} = \underline{Z_2 Z_3}$$

Če izrazimo impedance z realnimi in imaginarnimi komponentami, dobimo:

$$(R_1 + jX_1) \cdot (R_4 + jX_4) = (R_2 + jX_2) \cdot (R_3 + jX_3)$$

Sledita ravnovesni enačbi:

$$\begin{aligned} R_1 R_4 - X_1 X_4 &= R_2 R_3 - X_2 X_3 \\ R_1 X_4 + R_4 X_1 &= R_2 X_3 + R_3 X_2 \end{aligned}$$

Če impedance izrazimo v eksponentni obliki, je ravnovesna enačba:

$$Z_1 \cdot e^{j\varphi_1} \cdot Z_4 \cdot e^{j\varphi_4} = Z_2 \cdot e^{j\varphi_2} \cdot Z_3 \cdot e^{j\varphi_3}$$

Sledita ravnovesni enačbi:



$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$$

21 61. Katere veličine lahko izmerite z izmeničnim merilnim mostičem za realni kondenzator (ali realno tuljavo)?

Wienov merilni **mostič** nam omogoča merjenje kapacitivnosti kondenzatorjev in izgubnega kota $\tan \delta x$.

Sheringov merilni **mostič** nam služi predvsem za merjenje kakovostnih transformatorjev oz. njihove izolacije.

Maxwellov merilni **mostič** nam omogoča merjenje induktivnosti tuljave in izgubni faktor $\tan \delta x$.

Maxwell-Wienov merilni **mostič** nam omogoča merjenje karakteristik tuljav in kondenzatorjev. ter

Z **resonančni mostičem** lahko merimo induktivnost, kapacitivnost in tudi frekvenco.

22 62. Navedite izrazito lastnost oziroma prednost kompenzacijskega merilnega vezja.

Najbolj izrazito pomembna lastnost kompenzacijskega vezja je ta, da v stanju kompenzacije s kompenzacijskim vezjem ne obremenjujemo merjenec.

23 63. Kateri parametri vplivajo na pogrešek kompenzatorja?

Na negotovost oz. pogrešek e_k enosmernega kompenzacijskega vezja vplivajo elementi v vezju ter ničelni indikator katerega izberemo.

24 64. Katere pogoje je treba izpolniti, da je doseženo kompenzirano stanje izmeničnega kompenzacijskega vezja?

Pri kompenziranju neznane izmenične napetosti moramo kompenzacijo izvesti z znano napetostjo, ki se z neznanu ujema po vrednosti, obliki, frekvenci in fazi.

25 89. V čem se razlikujeta statična in dinamična (komutacijska) magnetilna krivulja?

- a) Pri snemanju statične magnetilne krivulje materiala uporabljamo balistični galvanometer (merilnik elektrine Q , Coulomb meter). Na material na primer oblike obroča, toroida namestimo dve navitji. Na eno navitje priključimo balistični galvanometer, s katerim merimo količino nabrane elektrine Q s pomočjo katere izračunamo magnetno poljsko jakost. Skozi drugo navitje s pomočjo enosmernega vira poženemo tok, katerega nastavljam s pomočjo stikal preko uporov, katerega merimo z ampermetrom. Tok skozi meritev zvišujemo. S pomočjo meritve toka, število ovoji in srednjo dolžino silnic izračunamo magnetno poljsko jakost H . Če bi želeli videti potek magnetilne krivulje, bi

opravilo mnogo meritev in izračunov točk magnetne poljske jakosti in gostote magnetnega pretoka, s pomočjo katerih bi izrisali grafični potek krivulje.

- b) Pri snemanju dinamične magnetilne krivulje uporabljamo ponovno dve navitji. Na prvo navitje priključimo izmenično napajanje, ampermeter s katerim merimo tok skozi zaporedno priključen upor navitju. Tok skozi ta upor je proporcionalen magnetilnemu toku s katerim lahko izračunamo magnetno poljsko jakost. Na drugo navitje (t.i. indukcijsko navitje) je priključen zaporedni RC člen. Z osciloskopom v x-y delovanju merimo na x odklonski plošči padec napetosti na upor na prvem navitju, kateri je ne pozabimo proporcionalen magnetni poljski jakosti, na y odklonski plošči pa merimo napetost na kondenzatorju, katera predstavlja gostoto magnetnega pretoka.

Če povzamemo, je razlika med snemanjem statične in dinamične magnetilne krivulje v merjenju veličin in načinu prikaza. Pri statični merimo tok skozi prvo navitje in na drugem navitju količino nabrane energije, z nezmožnostjo direktnega prikaza magnetilne krivulje, pri dinamični meritvi pa merimo padec napetosti na upor na primarnem navitju ter na sekundarnem navitju napetost na kondenzatorju z direktnim prikazom magnetilne krivulje na osciloskopu ali drugem podobnem inštrumentu z zmožnostjo x-y delovanja. Tukaj je vredno omeniti tudi, da je dinamična meritev histerezne zanke netočna in primerna predvsem za hitra kontrolna merjenja.

26 90. Kako bi posneli magnetilno krivuljo z enosmernim tokom?

Z enosmernim tokom, bi posneli magnetilno krivuljo s pomočjo snemanja statične magnetilne krivulje, kjer uporabljamo enosmerni vir napetosti in merimo tok skozi prvo navitje, ter na drugem (t.i. indukcijskem) navitju nabrano količino elektrine.

27 91. Kako bi posneli magnetilno krivuljo z izmeničnim tokom?

Z izmeničnim tokom, bi posneli magnetilno krivuljo s pomočjo snemanja dinamične magnetilne krivulje, pri kateri uporabljamo izmenični vir napetosti in merimo padec napetosti na zaporedno veznemu upor prve tuljave ter na drugi tuljavi inducirano napetost na kondenzatorju zaporednega RC člena.

28 92. Kako bi izmerili izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu?

S pomočjo Epstein-ovega aparata, Watt-metra, Volt-metra in Amper-metra bi izmerili moč, ki se troši na vzorcu feromagnetnega materiala katerega merimo izgube.

29 93. Od katerih električnih in magnetnih veličin so odvisne izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu?

Izgube v feromagnetnem materialu pri frekvenci $f = 0$ predstavlja le ohmska upornost vodnika (histerezne izgube). Če frekvenco povečujemo se pričnejo poleg ohmskih izgub pojavljati še izgube izmenične komponente in sicer izguba zaradi vrtničnih tokov v materialu, ki se pa veča kvadratično s frekvenco.



30 94. Z odvisnostjo od katere veličine bi si pomagali, da bi ločili izgube P_{Fe} v feromagnetnem materialu na histerezne izgube P_H in izgube P_V zaradi vrtničnih tokov?

Izgube v feromagnetnem materialu lahko ločimo na P_H histerezne in P_V izgube vrtničnih tokov. Ločili bi ju na način, da bi; izmerili izgube pri različnih frekvencah in pri enaki magnetni gostoti in faktorju oblike ter izračunali izgube po enačbi:

$$P_{Fe} = P_H + P_V = k_H \cdot f + k_V \cdot f^2$$

Nato bi enačbo izrazili v obliki:

$$\frac{P_{Fe}}{f} = k_H + k_V \cdot f$$

Razmerje $\frac{P_{Fe}}{f}$ bi vnesli v diagram v odvisnosti od frekvence in z ekstrapoliranjem¹ na $f = 0$ Hz ugotovili vrednost koeficienta k_H , koeficient k_V pa bi ugotovili iz naklona premice.

$$k_V = \frac{a}{b}$$

¹ ekstrapolacija -e ž (á) knjiž. prenos vrednosti podatkov, spoznanj iz znanega dela česa v neznani del