

2011

Meritve

Vprašanja in odgovori za 2. kolokvij 07.12.2011



FERI

**Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko**

Gregor Nikolič

31.10.2011



Kazalo vsebine

1	29. V kateri veličini pretvarjamo z AD pretvorniki analogno enosmerno napetost v digitalno obliko?	3
2	30. Skicirajte blokovno shemo in časovni potek signalov digitalnega principa merjenja časa (ali digitalnega principa merjenja frekvence).	3
3	31. Z blokovno shemo in časovnim potekom signalov pojasnite AD pretvorbo u/t z enojno žagasto napetostjo (ali u/t z dvojnimi naklonom).....	5
4	32. Z blokovno shemo in časovnim potekom signalov pojasnite AD pretvorbo u/f	8
5	33. Kateri so načini pretvorbe digitalnega v analogni signal (DA pretvorba)?	9
6	34. Določite vrednost izhodne napetosti U_{izh} iz položaja stikal v 3 bitnem $R-2R$ DA-pretvorniku.	9
7	52. Skicirajte Braunovo elektronko in kratko pojasnite vlogo posameznih elektrod v njej. ...	10
8	53. Od česa je odvisna občutljivost Braunove elektronke?	11
9	54. Skicirajte sliko na zaslonu osciloskopa pri $y-t$ delovanju, če je priključena napetost sinusne oblike frekvence f , žagasta napetost pa ima frekvenco $2f$ (razmerje frekvenc je lahko tudi drugačno).	12
10	55. Skicirajte sliko na zaslonu osciloskopa pri njegovem $x-y$ delovanju, če sta na oba vhoda priključeni sinusni napetosti enake frekvence s fazno premaknitvijo 0° , 45° , 90°	13
11	56. Kdaj se uporabi vzorčevalni osciloskop, kdaj pa digitalni?	14
12	57. Kakšna je razlika med vzorčenjem pri vzorčevalnem in pri digitalnem osciloskopu?	15
13	65. Kako vežemo ampermeter v merilno vezje, kakšne spremembe vnaša v vezje in kako izračunamo pogrešek merilne metode zaradi njegovega vpliva?	15
14	66. Kako vežemo voltmeter v merilno vezje, kakšne spremembe vnaša v vezje in kako izračunamo pogrešek merilne metode zaradi njegovega vpliva?	17
15	67. Narišite vezavi, ki ju lahko sestavimo, če merimo ohmsko upornost R z $U-I$ metodo?	18
16	68. Kako bi na osnovi pogreška merilne metode za $U-I$ metodo merjenja upornosti R izbrali ustrežnejšo vezavo. (Numeričen primer)?	18
17	69. Katero vezavo bi uporabili za zelo velike upornosti in katero za zelo majhne, če bi merili R z $U-I$ metodo?	19
18	70. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti R_x , če za napajanje uporabite tokovni vir s konstantnim tokom I_0 in zapišite enačbo, ki podaja zvezo med izmerjeno napetostjo U_v in R_x	20
19	71. Narišite vezalni načrt za merjenje velike ohmske upornosti R_x z $U-I$ metodo in z enačbo izrazite pogrešek merilne metode za izbrano vezavo.	20
20	72. Narišite vezalni načrt za merjenje majhne ohmske upornosti R_x z $U-I$ metodo in z enačbo izrazite pogrešek merilne metode za izbrano vezavo.	21
21	73. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti z napetostno primerjalno metodo. Za kakšne upornosti R_x (velike, majhne) je ta metoda primerna?	22
22	74. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti s tokovno primerjalno metodo. Za kakšne upornosti R_x (velike, majhne) je ta metoda primerna?	22



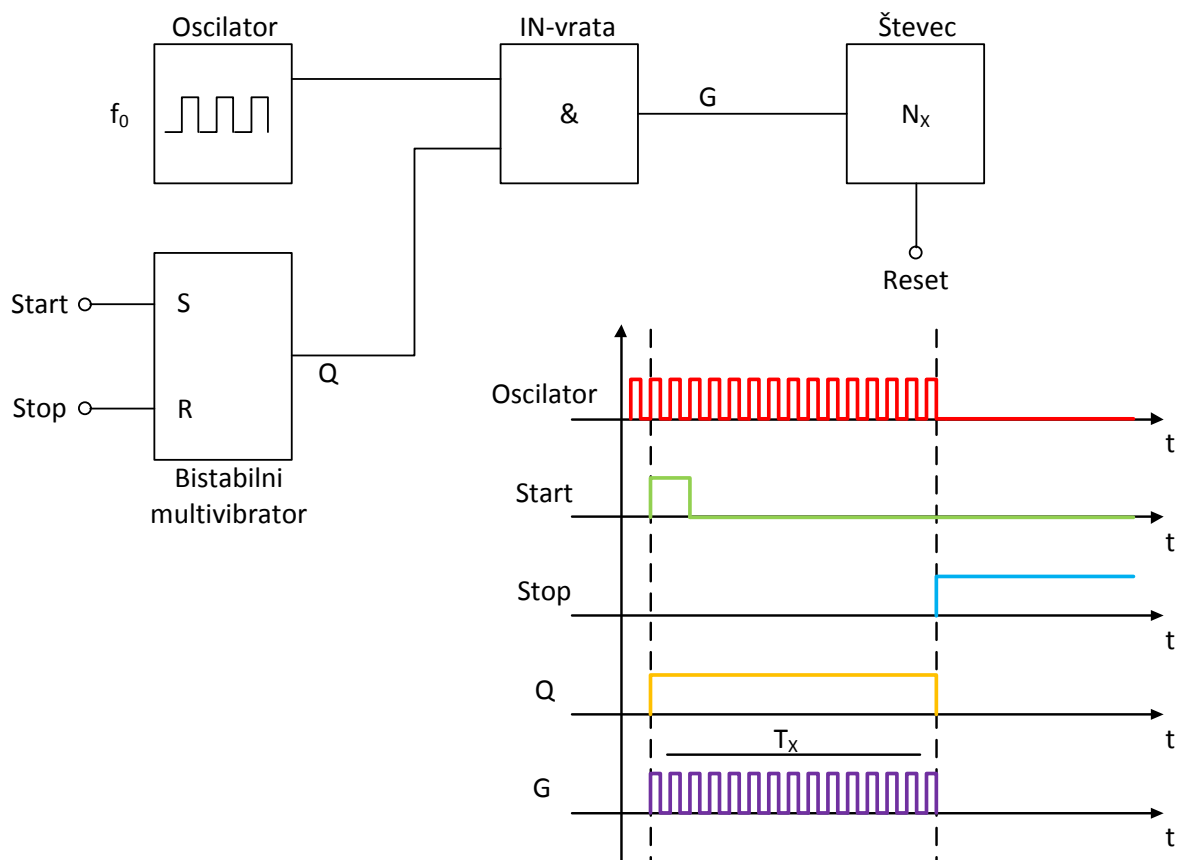
23	75. Narišite vezalni načrt za merjenje induktivnosti tuljave brez železnega jedra in z enačbo izrazite L_x v odvisnosti od izmerjenih veličin.....	23
23	76. Narišite vezalni načrt za merjenje induktivnosti tuljave z železnim jedrom in z	23
24	77. Zakaj, za določanje katere veličine, merimo delovno moč P , ko določamo induktivnost tuljave z železnim jedrom?	24
24	78. Za kakšno vrsto (kakovost) kondenzatorjev je primerna metoda za določanje kapacitivnosti z merjenjem U , I , in f ?	24
24	79. Skicirajte vezavo za merjenje kapacitivnosti elektrolitskih kondenzatorjev.....	24
25	80. Skicirajte vezavo resonančne metode za določanje kapacitivnosti. Z enačbo izrazite C_x ..	25
26	81. Skicirajte vezavo resonančne metode za določanje $tg\delta$ kondenzatorja. Z enačbo izrazite $tg\delta$.	26
26	82. Skicirajte vezje z voltmetrom, ampermetrom, frekvencometrom in vatmetrom za merjenje moči enofaznega porabnika, brez merilnih transformatorjev.	26
26	83. V kakšnih napetostnih in tokovnih razmerah bi uporabili $U-I$ in v kakšnih $I-U$ vezavo za merjenje moči porabnika?.....	26
27	84. Kako lahko merite delovno moč v trifaznem štirivodnem sistemu (vezje, enačba, razlaga)?	27
27	85. Kako lahko merite jalovo moč v trifaznem trivodnem sistemu (vezje, enačba, razlaga)?.....	27
28	86. Katero vezavo vatmetrov bi izbrali za merjenje moči v trifaznem nesimetrično obremenjenem sistemu?	28
28	87. Skicirajte kazalčni diagram napetosti in tokov za Aronovo vezavo za $R-L$ (ali $R-C$) breme s $\varphi=75^\circ$ ter ugotovite, kako kažeta vatmetra s tokovnima vejama v fazah 1 in 3 (pozitivno, negativno, nič).	28
28	88. Na katero napetost morate priključiti vatmeter s tokovno vejo v fazi 2, da bo meril jalovo moč te faze? Skicirajte vezje in izrazite jalovo moč Q_2 z izmerjeno vrednostjo P_w ?.....	28

1 29. V kateri veličini pretvarjamo z AD pretvorniki analogno enosmerno napetost v digitalno obliko?

Pri merjenjih večkrat uporabljamo analogno digitalni (AD) pretvornik, kateri nam pretvarja iz analognega signala v digitalni signal. Vhodna veličina AD pretvornika je neka napetost u , ki jo nato pretvorimo v digitalno veličino; čas ali frekvenco. Torej veličina katero pretvarjamo je napetost u .

2 30. Skicirajte blokovno shemo in časovni potek signalov digitalnega principa merjenja časa (ali digitalnega principa merjenja frekvence).

Digitalni princip merjenja časa:



Na en vhod IN vrat pripeljemo neko znano in točno določeno frekvenco f_0 . Na drugi vhod IN vrat pripeljemo izhod bistabilnega multivibratorja (BM) Q . Izhod IN vrat povežemo s števcem impulzov, kateri nam bo štel pretečene impulze. Ko damo na priključek Start BM pozitiven impulz se postavi izhod BM Q na logično 1 kar odpre IN vrata. Na števec sedaj prihajajo impulzi z znano frekvenco oscilatorja tako dolgo, dokler ne pošljemo pozitivnega impulza na vhod Stop BM, sedaj se izhod BM Q postavi na logično stanje 0, kar zapre IN vrata in s tem tudi več na števec ne prihajajo nobeni impulzi.

Za izračun časa, ki je pretekel imamo sedaj slednje podatke;

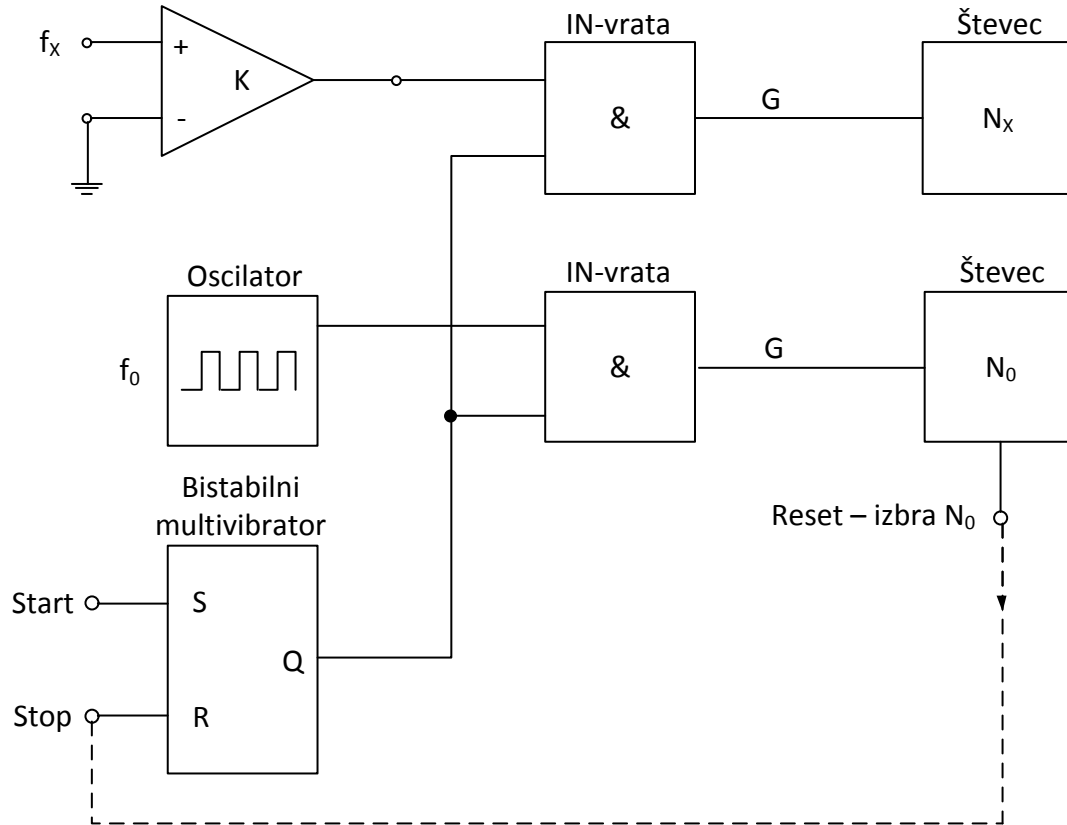
$$\begin{aligned} & \text{frekvenco oscilatorja} - f_0 \\ & \text{število impulzov, ki jih je zabeležil števec} - N_x \end{aligned}$$

S temi podatki lahko izračunamo čas:

$$N_x = f_0 * T_x \Rightarrow T_x = \frac{N_x}{f_0}$$

V prilogi A1 je priložen simulacijski primer.

Digitalni princip merjenja frekvence:



Na (+) vhod komparatorja pripeljemo nek signal katerega želimo izvedeti neznano frekvenco. Komparator primerja ta signal s potencialom zemlje (GND), tako vsakič ko je vhodni signal manjši od tega potenciala (gre skozi nič) je izhod komparatorja logična nič (0 – GND), kadar preide vhodni signal na višji potencial od zemlje je izhod komparatorja logična ena (1 – VDD). Izhod komparatorja povežemo z vhodom prvih IN vrat. Na vhod drugih IN vrat pripeljemo nek pravokotni signal znane frekvence. Ostala prosta priključka IN vrat povežemo z izhodom (Q) bistabilnega multivibratorja. Ko za trenutek postavimo priključek Start (S) bistabilnega multivibratorja na logično 1 se izhod (Q) le tega postavi na logično 1. Tako pričneta števec šteti impulze vsak svojega signala tako dolgo, dokler drug števec ne doseže vrednosti N_0 katero smo predhodno določili. Ko števec doseže določeno vrednost N_0 , pošlje logično stanje 1 na vhod Stop (R) bistabilnega multivibratorja, kateri s svojim izhodom (Q), ki se postavi na logično stanje 0 ustavi štetje impulzov obeh signalov. Tako smo pridobili podatke s katerimi lahko izračunamo neznano frekvenco f_x :

$$\begin{aligned} N_x & - \text{število impulzov neznanega signala} \\ N_0 & - \text{število meje štetja impulzov} \\ f_0 & - \text{znana frekvenca} \end{aligned}$$

Najprej izračunamo čas štetja impulzov T :

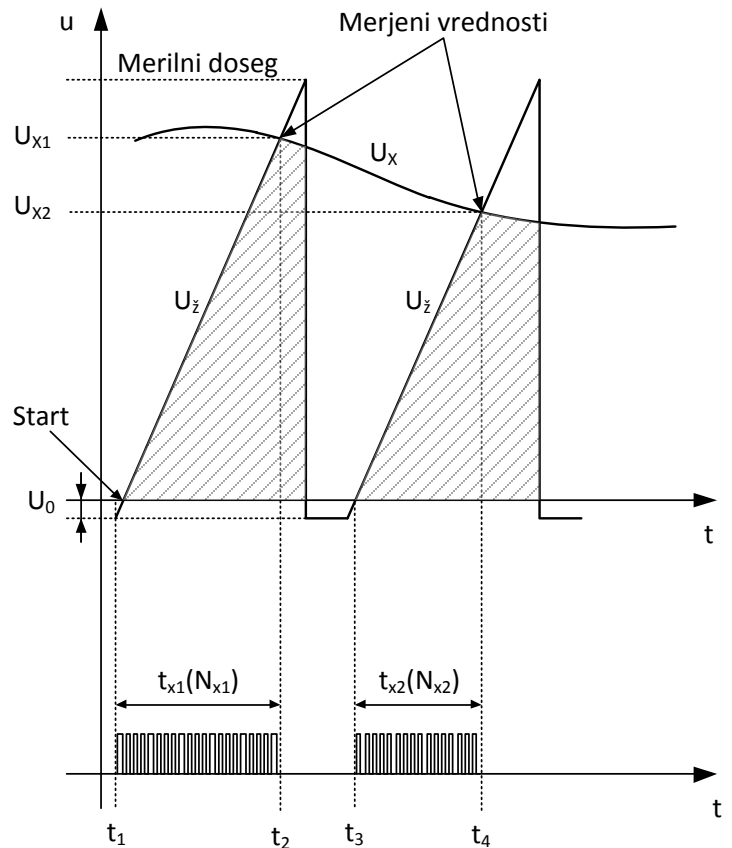
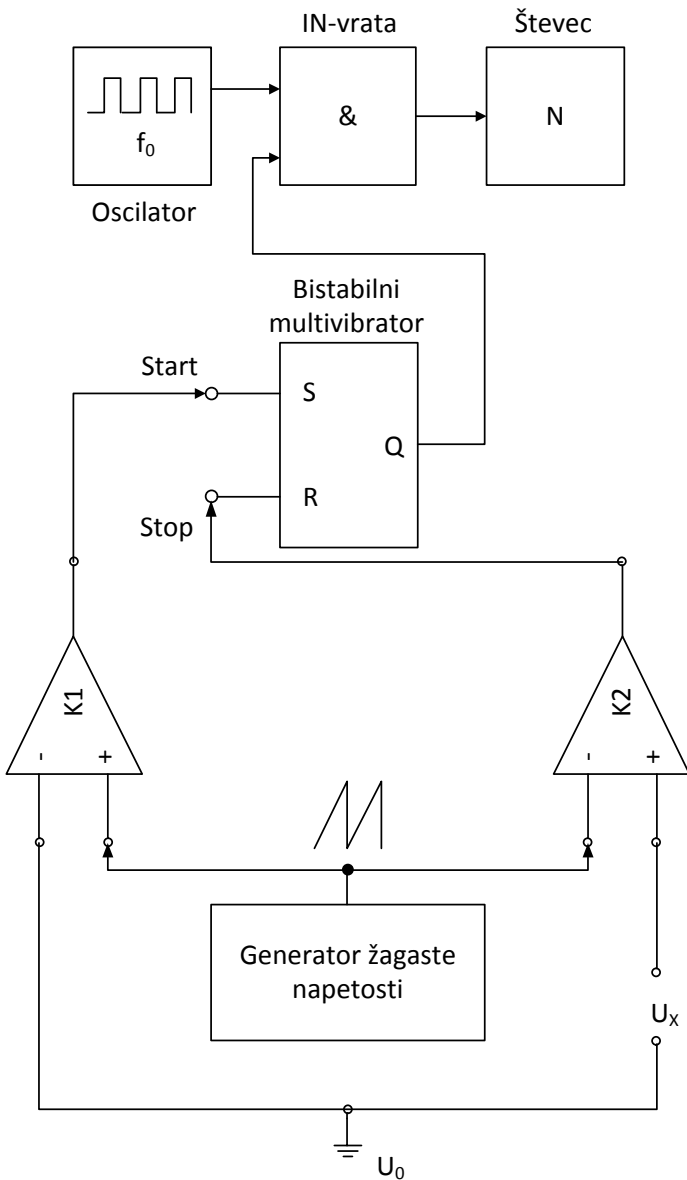
$$T = \frac{N_0}{f_0}$$

Nato neznano frekvenco:

$$f_x = \frac{N_x}{T} = \frac{f_0}{N_0} N_x$$

3 31. Z blokovno shemo in časovnim potekom signalov pojasnite AD pretvorbo u/t z enojno žagasto napetostjo (ali u/t z dvojnimi naklonom).

AD pretvorba u/t z enojno žagasto napetostjo



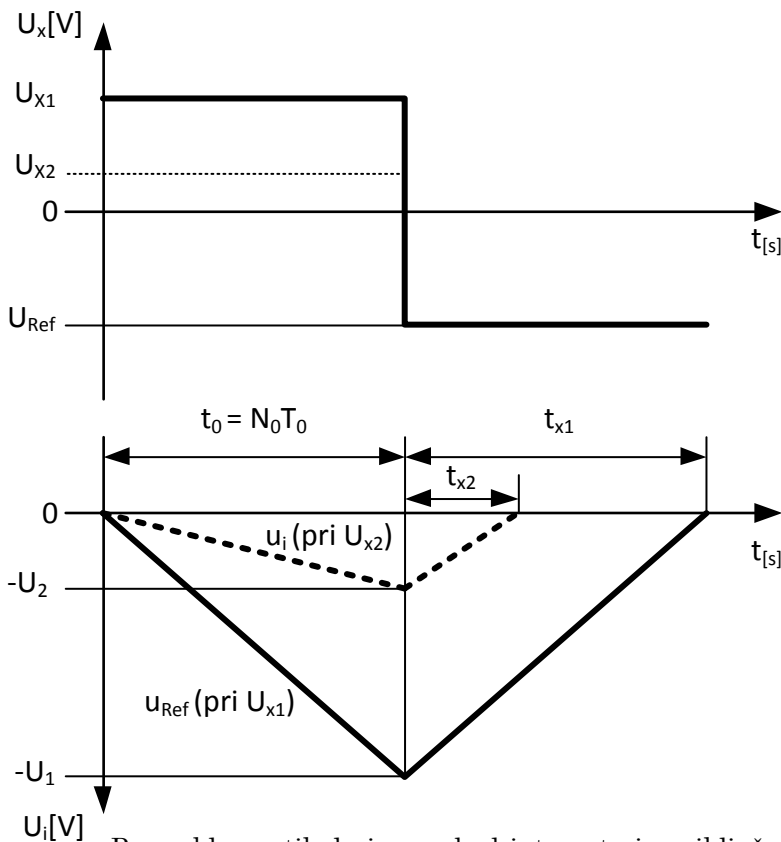
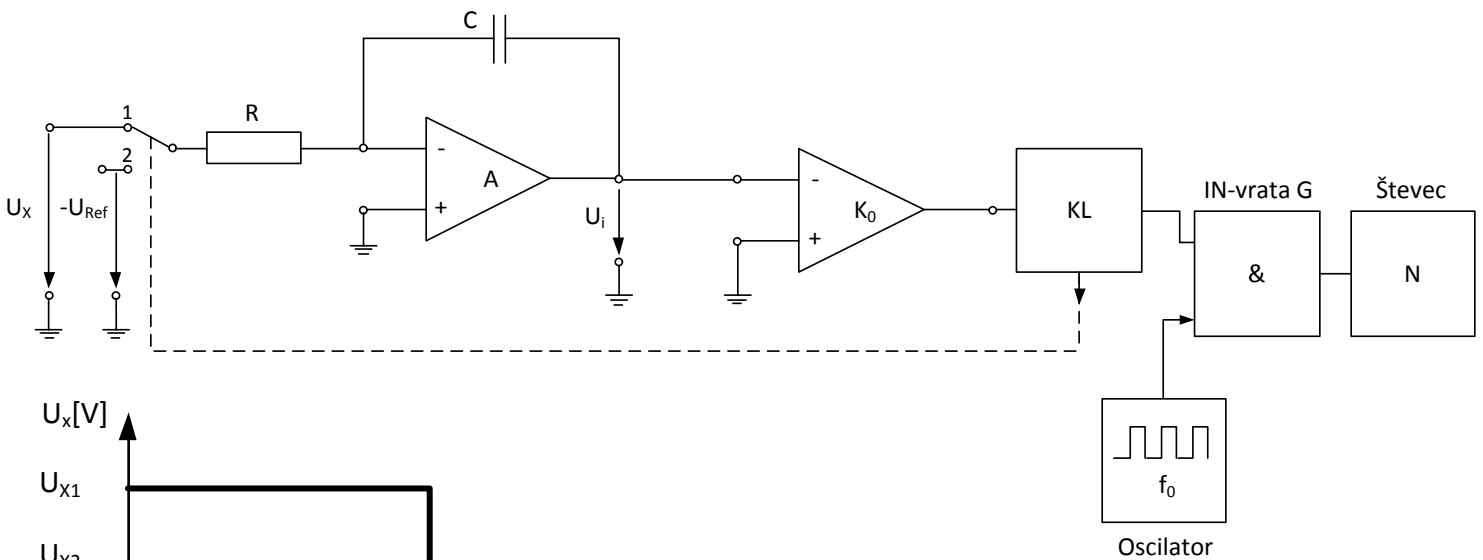
Pri tej AD pretvorbi imamo generator žagaste napetosti, katera je priključena na komparatorja K_1 in K_2 , na vsakega na različna priključka, v tem primeru je na K_1 na priključek (+) ter na K_2 na priključek (-). Na drug priključek komparatorja je priključena neka minimalna negativna napetost U_0 , katera je zgolj za detekcijo prehoda skozi nič (0). Na drug priključek komparatorja K_2 je priključen nek analogen signal, katerega želimo pretvoriti v digitalnega. Izhod komparatorja K_1 je povezan z vhodnim priključkom Start (S) bistabilnega multivibratorja (BM) ter izhod komparatorja K_2 je povezan z vhodnim priključkom Stop (R) BM. Ko je prešel žagasti signal skozi ničlo napetosti ($U_z > U_0$) je komparator K_1 preklopil svoje izhodno stanje na logično 1, saj je



napetost na (+) sponki večja od napetosti na (-) sponki, tako se je logično stanje 1 komparatorja K_1 preneslo na vhodni priključek BM Start in s tem se je tudi izhod BM Q postavil na logično stanje 1. Takoj v tem trenutku so se IN vrata odprla in števec je pričel šteti impulze zelo točno znane frekvence f_0 . Ko žagasta napetost preseže napetost analognega signala U_x bo komparator K_2 zaznal, da je signal na priključku (-) večji od signala na priključku (+) ($U_z > U_x$) bo preklopil svoje izhodno stanje na logično 1 in s tem preklopil izhodno stanje BM iz 1 na 0, kar bo povzročilo zaporo IN vrat in s tem štetje impulzov.

Po kratkem intervalu žagaste napetosti odčitamo stanje števca, kateri se nato resetira in postopek se ponovi. Če se je napetost U_x med tem spremenila, se bodo tudi temu primerno spremenilo število pulzov naslednje meritve v naslednjem intervalu. Meritev se ponavlja na kratkih intervalih, kateri so pa odvisni od frekvence generatorja žagaste napetosti.

AD pretvorba u/t z dvojnimi naklonom



Pretvorba se prične takoj, ko krmilna logika KL preklopi stikalo v pozicijo 1 in s tem priključi napetost U_x na vhod integratorja. KL hkrati odpre še vrata G in s tem omogoči štetje impulzov oscilatorja. V primeru pozitivne napetosti U_x bo na izhodu integratorja napetost padala (integrator obrne predznak) od vrednosti 0V proti negativnim vrednostim napetosti. Strmina upadanja je konstantna in je proporcionalna (sorazmerna) velikosti neznane napetosti U_x . V primeru števca, ki šteje do maksimalno 100 impulzov, se bo števec po preteku 100tih impulzov oz. času t_0 ($t_0 = N_0 T_0$) resetiral in s tem bo tudi krmilna logika preklopila stikalo S v pozicijo 2.

Po preklopu stikala je na vhod integratorja priključena referenčna napetost, ki je po predznaku negativna, zato napetost na izhodu integratorja raste proti pozitivnim vrednostim napetosti s strmino, ki je proporcionalna referenčni napetosti U_{Ref} . V trenutku, ko izhodna napetost integratorja doseže napetost 0V, komparator spremeni izhodno logično stanje in na izhodu BM



vrata (IN) G. Število prešteti impulzov N , ki jih je preštel števec v času t_{x1} oz. t_{x2} je proporcionalno velikost vhodne napetosti U_x . Sledijo izračuni napetosti U_1 , ko je stikalo S v poziciji 1 ter ko je v poziciji 2.

$$U_1 = \frac{N_0 * T_0}{R * C} * \bar{U}_{x1}$$

Pri čem je \bar{U}_{x1} povprečna vrednost neznane napetosti v času integriranja t_0 .

$$U_1 = \frac{t_{x1}}{R * C} * U_{Ref}$$

Iz obeh enačb izračunamo čas t_{x1} ;

$$t_{x1} = \frac{N_0 * T_0}{U_{Ref}} * \bar{U}_{x1}$$

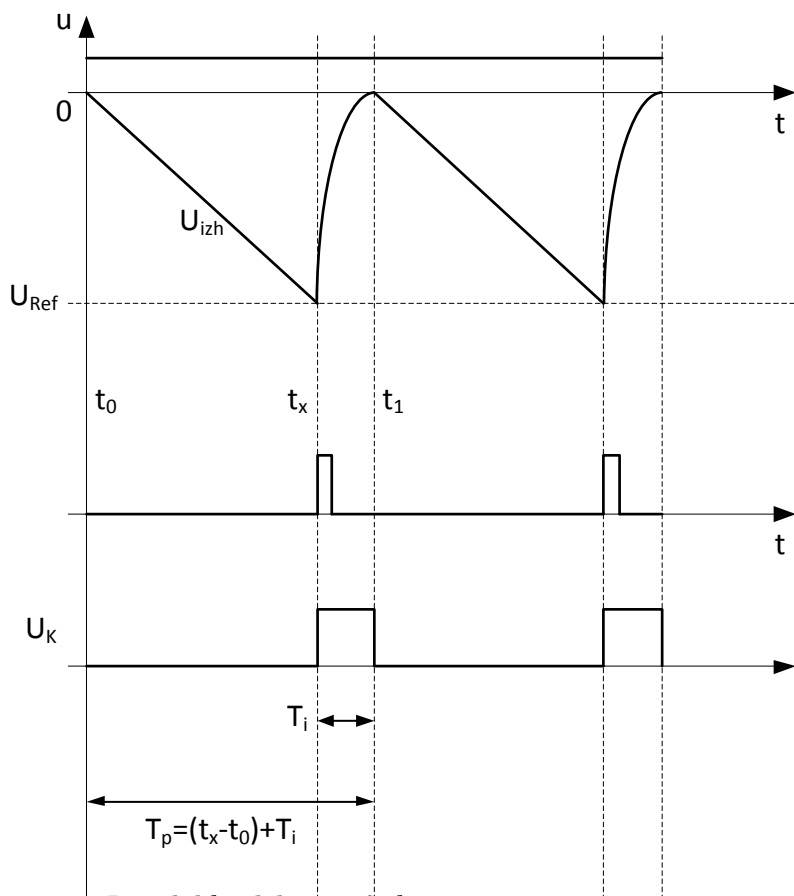
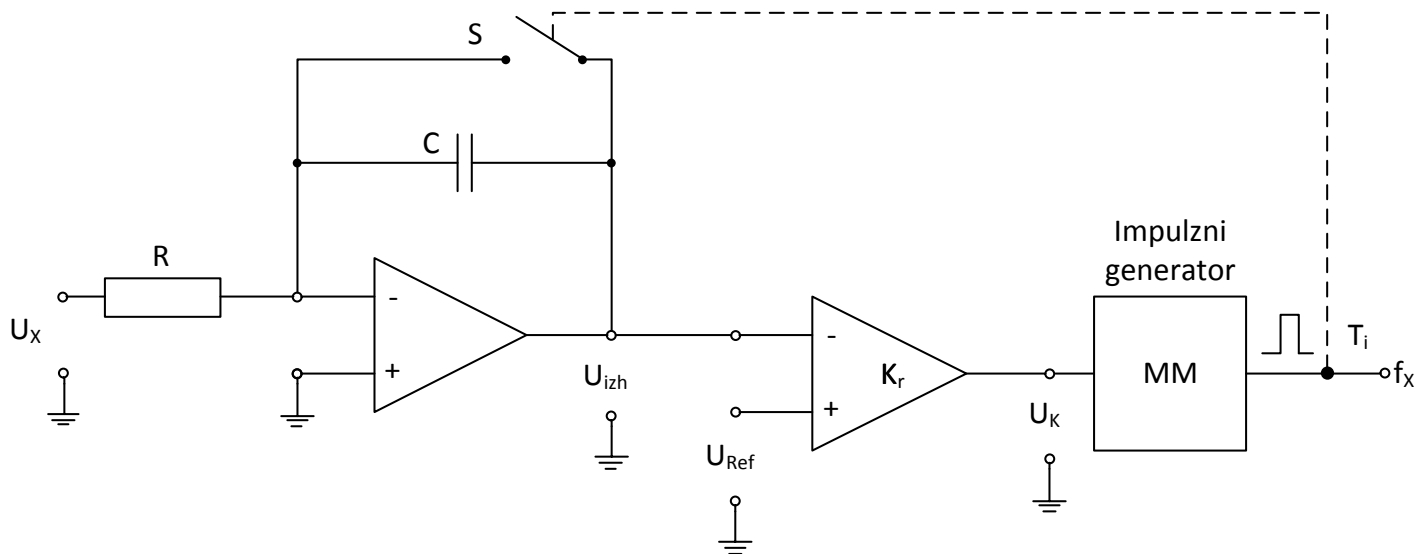
Število impulzov, ki jih pa števec prešteje v času t_{x1} pa je;

$$N = \frac{t_{x1}}{T_0}$$

Iz zadnjih dveh enačb izpeljemo formulo;

$$N = \frac{N_0}{U_{Ref}} * \bar{U}_{x1}$$

4 32. Z blokovno shemo in časovnim potekom signalov pojasnite AD pretvorbo u/f .



Iz T_p lahko določimo frekvenco f_x ;

$$f_x = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{(t_x - t_0) + T_i}$$

V času t_x pa je

Vezje predstavlja napetostno frekvenčni pretvornik, kateri daje na izhodu pravokotne impulze katerih frekvenca je proporcionalna merjeni napetosti.

Ko izhodna napetost integratorja U_{izh} doseže referenčno napetost U_{Ref} bo komparator preklopil svoje izhodno stanje na logično 1, kar bo povzročilo, da bo impulzni generator na izhodu generiral kratek impulz za čas T_i . Ta impulz za ta čas vključi stikalo S katero povzroči, da se kondenzator integratorja izprazni in s tem se tudi izhodna napetost integratorja postavi na 0V. En tak dogodek traja čas T_p od t_0 do t_1 in je;

$$T_p = (t_x - t_0) + T_i$$



$$u_{izh} = u_r = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^{t_x} u_x dt = -\frac{1}{RC} \bar{u}_x (t_x - t_0)$$

Iz tega izračunamo

$$(t_x - t_0) = -\frac{u_r}{u_x} RC$$

Če enačbe združimo, dobimo, da je frekvenca

$$f_x = \frac{1}{-\frac{u_r RC}{\bar{u}_x} + T_i} = \frac{\bar{u}_x}{-u_r RC + \bar{u}_x T_i}$$

5 33. Kateri so načini pretvorbe digitalnega v analogni signal (DA pretvorba)?

Digitalen signal lahko pretvarjamo v analogni oz. zvezni signal z R-2R uporovno lestvico, katera digitalen signal, torej neko binarno število N pretvori v analogni napetost U_{izh} , poznamo pa še vrsto drugih postopkov, kot so; paralelni postopek, utežnostni postopek, števniki postopek. Nekoliko več se uporablja števniki postopek, najpogosteje pa utežnostni postopek ($R-2R$).

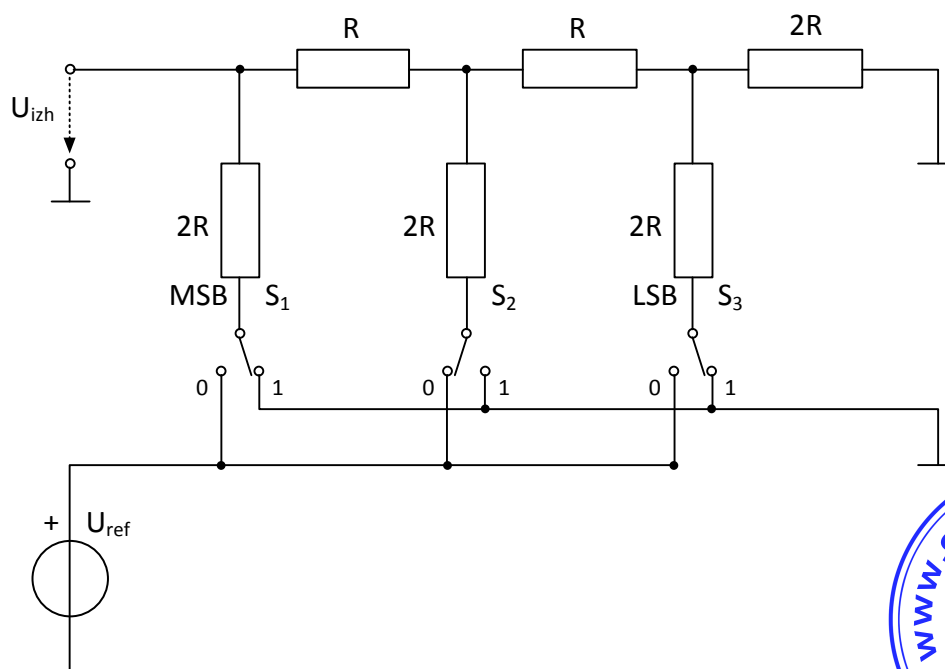
6 34. Določite vrednost izhodne napetosti U_{izh} iz položaja stikal v 3 bitnem R-2R DA-pretvorniku.

$$S_1 = 1$$

$$S_2 = 0$$

$$S_3 = 1$$

Shema D/A pretvornika v poziciji stikal 101;



Izračun izhodne napetosti U_{izh} :

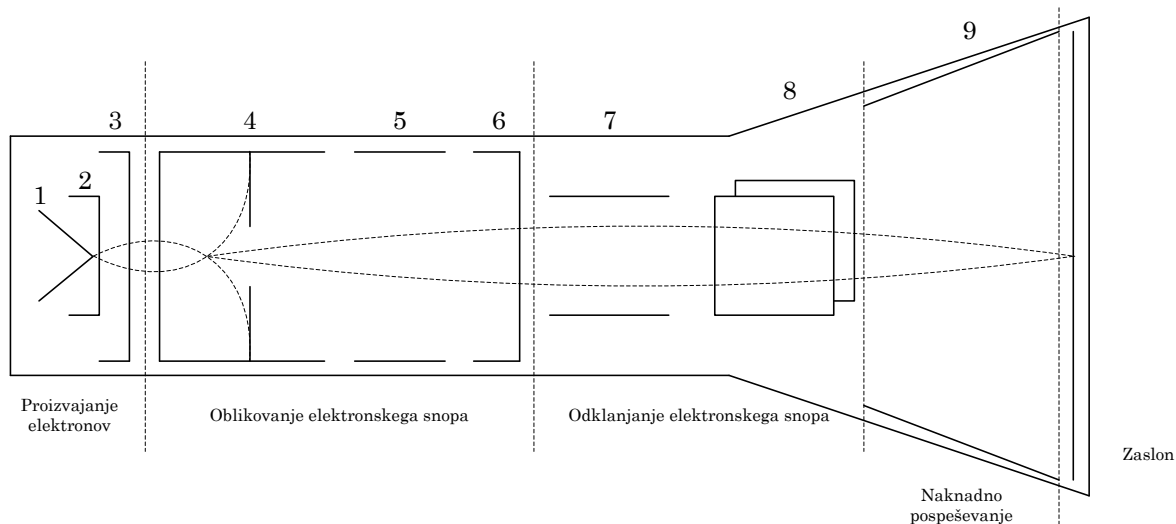
Pri R-2R uporovni lestvici velja, da je izhodna napetost enaka:

$$U_{izh} = U_{ref} \frac{N}{N_{max}}$$

Pri čemer je N decimalna vrednosti binarne postavitve stikal na primer trenutna postavitev 101 je decimalna vrednost 5, ter N_{max} je enaka 2^n . Ker imamo 3 bitni D/A pretvornik, znaša $N_{max} = 2^3 = 8$. Sledi izračun izhodne napetosti:

$$U_{izh} = \frac{24 V * 5}{8} = 15 V$$

7 52. Skicirajte Braunovo elektronko in kratko pojasnite vlogo posameznih elektrod v njej.



V notranjosti steklene cevi, ki je v smeri zaslona razširjena se nahaja katoda (2), katero indirektno ogreva vlakno (1). Katodo objema tako imenovan Wehneltov (Vineltov) cilindar (3), elektroda, ki ima glede na anodo negativen potencial, od velikosti tega potenciala je odvisen pretok elektronov, ki pride skozi režo Wehneltovega cilindra, zato z njim spreminjamo svetlost točke, ki se prikazuje na zaslonu. Če ustvarimo na cilindru dovolj velik negativen potencial, lahko popolnoma zapremo pretok elektronov. Anode (4), (5) in (6) so glede na potencial Whneltovega cilindra na pozitivnem potencialu in so namenjene oblikovanju ozkega snopa elektronov, tako da je svetlobna točka na zaslonu čim manjša, tako s spreminjanjem potenciala na anodi (5) spreminjamo ostrino slike, od potenciala na anodi (6) pa je odvisna hitrost elektronov. Elektroni se nato na svoji poti znajdejo v elektrostatičnem polju vertikalnega (7) in horizontalnega (8) odklonskega sistema kjer jih nato ob prehodu teh sistemov še dodatno naknadno pospešujemo pomočjo grafitnih plošč (9) ter zelo visoke napetosti (tudi nekaj kV). Elektrone pospešujemo zato, da ob zelo hitrem premiku točke na zaslonu puščajo dobro vidno sled (opazovanje napetosti visokih frekvenc).

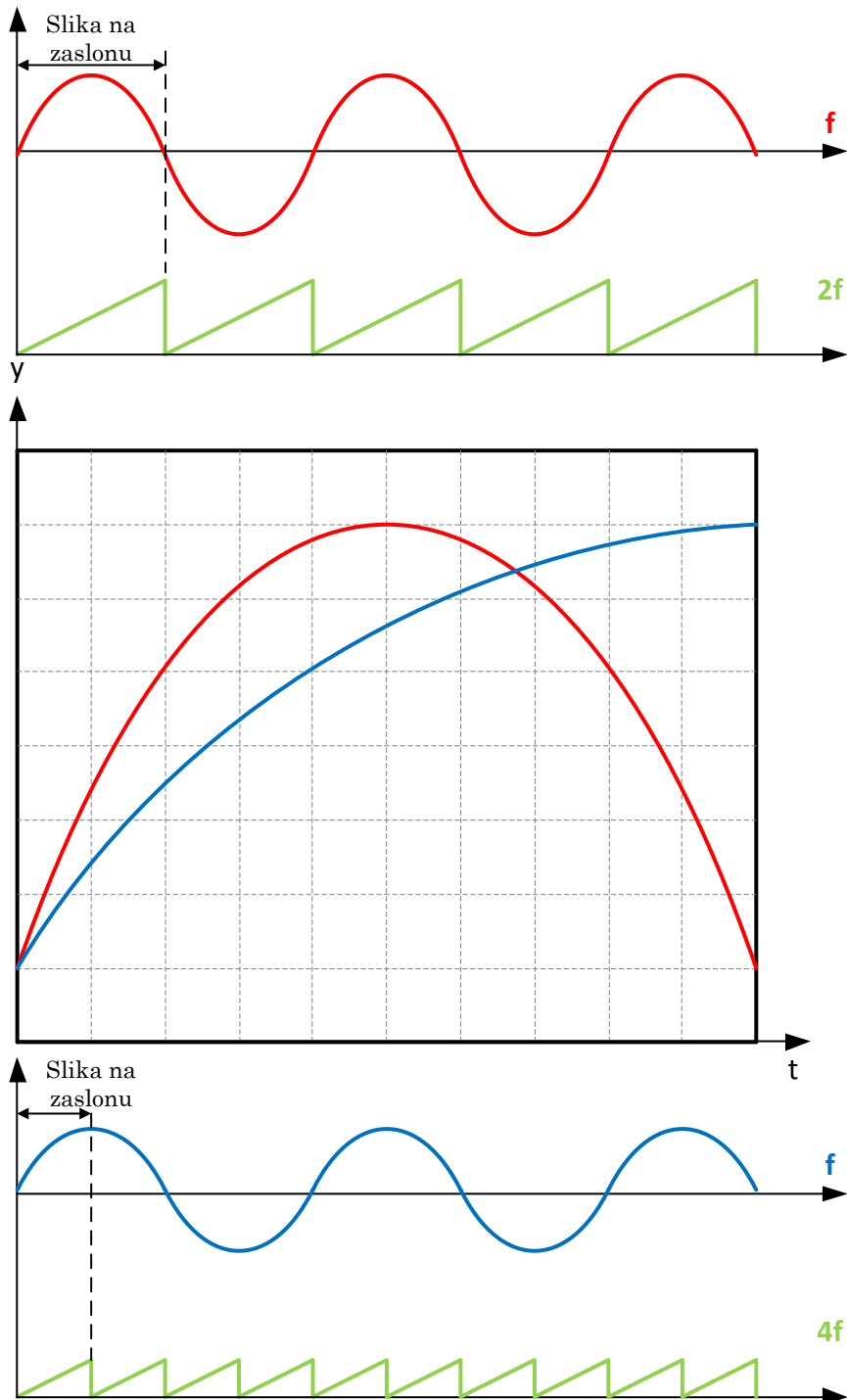
8 53. Od česa je odvisna občutljivost Braunove elektronke?

Na občutljivost Braunove elektronke vpliva anodna napetost (U_a), razdalja odklonskih plošč od sredine priklopa le teh do zaslona (L) (x oz. y), dolžina odklonskih plošč (l) ter razdalja med odklonskima ploščama (d). Izračun občutljivosti;

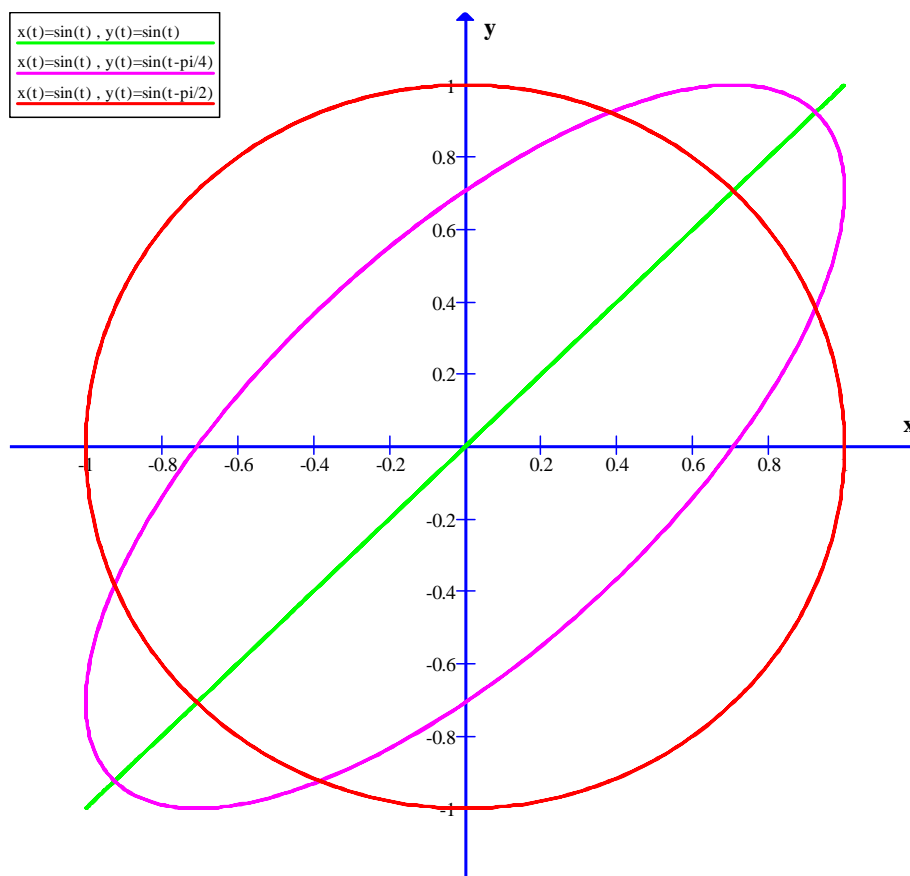
$$o_y = \frac{y}{u_y} = \frac{lL}{2dU_a} \left[\frac{mm}{V} \right]$$
$$o_x = \frac{x}{u_x} = \frac{lL}{2dU_a} \left[\frac{mm}{V} \right]$$

Če povečujemo anodno napetost, se občutljivost Braunove elektronke povečuje, kar je razvidno že iz same enačbe.

9 54. Skicirajte sliko na zaslonu osciloskopa pri $y-t$ delovanju, če je priključena napetost sinusne oblike frekvence f , žagasta napetost pa ima frekvenco $2f$ (razmerje frekvenc je lahko tudi drugačno).

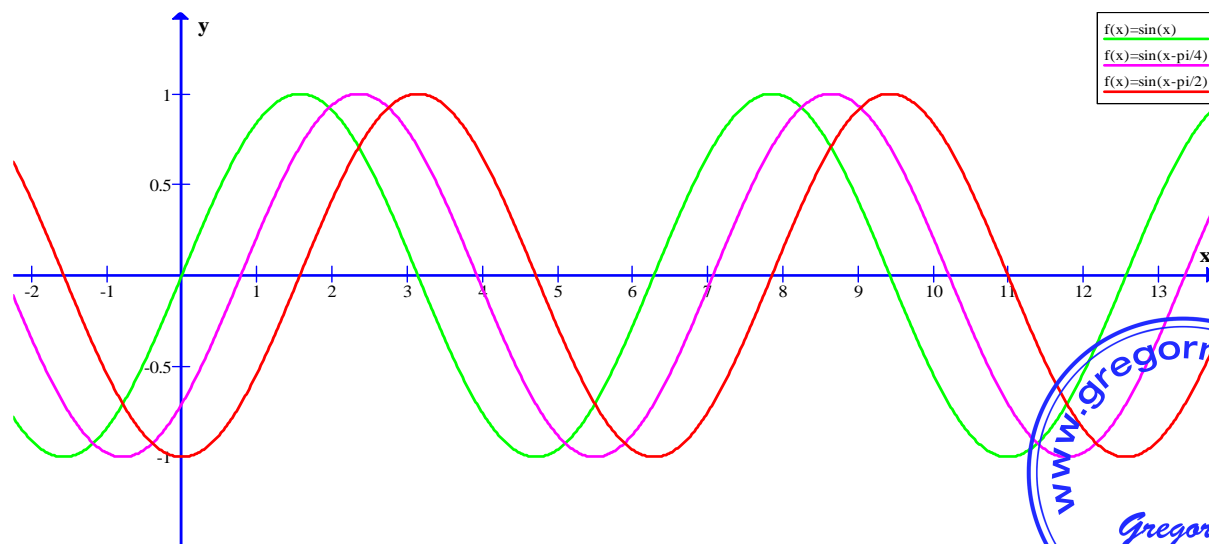


10 55. Skicirajte sliko na zaslonu osciloskopa pri njegovem x - y delovanju, če sta na oba vhoda priključeni sinusni napetosti enake frekvence s fazno premaknitvijo 0° , 45° , 90° .



Zelen signal predstavlja sinusna signala, ki sta v fazi, pri izrisovanju na zaslon v x - y delovanju se na zaslonu izriše premica. V tem primeru se signal, ki ga rišemo na x os ne spreminja, signal, ki se spreminja (fazna zamaknitev) pa se izrisuje na y os. Vijolični signal predstavlja sinusni signal na x osi ter sinusni signal na y osi, ki je za 45° zamaknjen. Rdeč signal pa predstavlja sinusni signal z zamaknjenim signalom za 90° .

Oglejmo si vse tri signale v delovanju y - t :



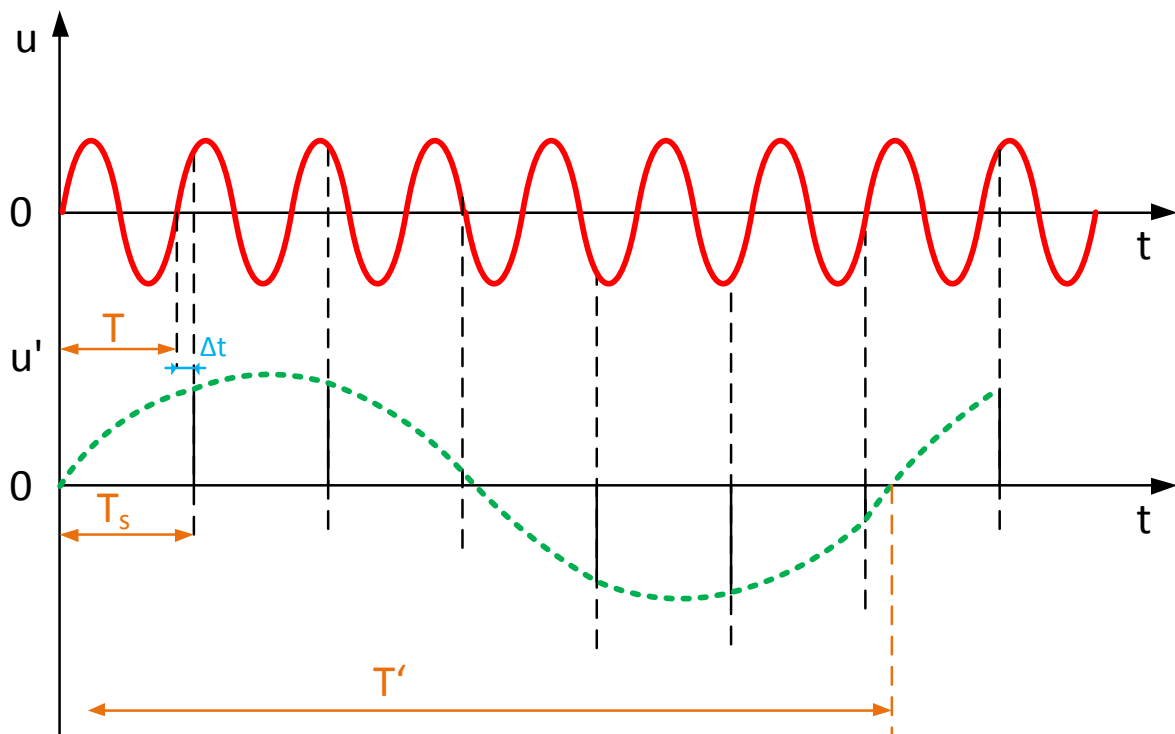
11 56. Kdaj se uporabi vzorčevalni osciloskop, kdaj pa digitalni?

Z običajnimi osciloskopi merimo običajno frekvence ranga 500 MHz. Za višje frekvence uporabljamo vzorčevalni osciloskop, kateri, kot že samo ime pove vzorči frekvenco merjenega signala. Pri takšnem osciloskopu imamo možnost nastavljanja časa oz. periodo jemanja vzorcev T_s – čas sample – čas vzorca, ki je za nek interval Δt večji od periode T opazovanega signala. Sledi, da je čas vzorčenja opazovanega signala:

$$T_s = \Delta t + T$$

Čim manjši je interval Δt tem bolj kakovostno zajemamo opazovan oz. merjen signal.

Princip vzorčenja izgleda tako, kot ga prikazuje naslednja slika:



Za izris ene periode rekonstruirane slike signala, ki jo dobimo na zaslonu, potrebujemo N vzorcev;

$$N = \frac{T}{\Delta t}$$

Njena perioda je T'

$$T' = N * T_s = N * (T + \Delta t)$$

Frekvenca signala, ki ga opazujemo na zaslonu, pa je:

$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{N + 1} * f$$



12 57. Kakšna je razlika med vzorčenjem pri vzorčevalnem in pri digitalnem osciloskopu?

Pri digitalnem osciloskopu gre za dejansko vzorčenje vhodnega signala, gre za AD pretvorbo signala z resolucijo digitalnih osciloskopov, ki so po navadi 2^8 vzorcev oz 256 vzorcev, rečemo tudi za imajo 8 bitni AD pretvornik, nekateri imajo tudi 9 bitne AD pretvornike. Signal, ki nam ga prikaže takšen osciloskop je dejanski signal in lahko odčitamo dejanske vrednosti, kar pa ne velja za vzorčevalni osciloskop.

Vzorčevalni osciloskop vzorči merjen signal s periodo, ki je za interval Δt večja od periode merjenega signala, tako znaša perioda signala, ki ga izrisuje vzorčevalni osciloskop:

$$T_s = T + \Delta t$$

Za izris ene periode, potrebujemo N število vzorcev, tako je čas ene periode rekonstruiranega signala T' enaka:

$$T' = N \cdot T_s = N \cdot (T + \Delta t)$$

Frekvenca izrisanega signala na zaslonu znaša:

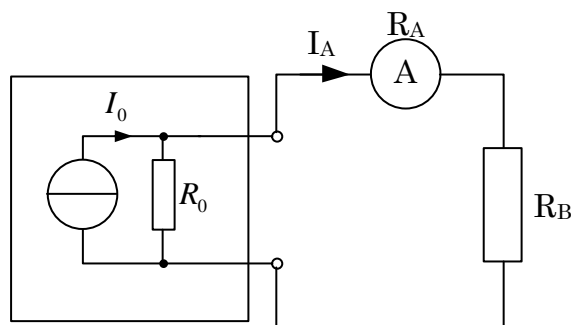
$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{N+1} \cdot f$$

Število vzorcev dobimo iz časa periode merjenega signala ter intervala, ki ga prištevamo, saj potrebujemo število vzorcev N toliko, koliko število intervalov »gre« v eno periodo merjenega signala, po tem številu vzorcev se prične slika na osciloskopu periodično ponavljati, tukaj je smotrno omeniti, da z vzorčevalnim osciloskopom lahko merimo le periodične signale.

$$N = \frac{T}{\Delta t}$$

13 65. Kako vežemo ampermeter v merilno vezje, kakšne spremembe vnaša v vezje in kako izračunamo pogrešek merilne metode zaradi njegovega vpliva?

Ampermeter se veže v merilno vezje zaporedno k merjencu, da bo tok, ki teče skozi merjenec tudi tekel skozi ampermeter, kateri se bo ustrezno odklonil oz. prikazal meritve. Shema vezja z ampermetrom:



Zaradi neidealnosti ampermetra ima ampermeter neko majhno notranjo upornost, zato se vnašajo pogreški pri merjenju, saj se na ampermetru pojavi nek padec napetosti oz. pripomore s svojo upornostjo k nadomestni upornosti, zato se vnašajo pogreški. Tako je tok, ki teče skozi breme enak:

$$U = I_0 \cdot R_0 = I_A \cdot (R_A + R_B)$$

$$I_{R0} \cdot R_0 = I_A \cdot (R_A + R_B)$$

$$I_{R0} = I_A - I_0$$

$$(I_0 - I_A) \cdot R_0 = I_A R_A + I_A R_B$$

$$R_0 I_0 - R_0 I_A = I_A R_A + I_A R_B$$

$$R_0 I_0 = I_A R_A + I_A R_B + R_0 I_A$$

$$R_0 I_0 = I_A (R_A + R_B + R_0)$$

$$I_A = \frac{R_0 I_0}{R_A + R_B + R_0}$$

Pogrešek računamo, tako da od izmerjene vrednosti I_A odštejemo pravo vrednost I ter izračunamo kvocient s pravo vrednostjo:

Prava vrednosti I je tista vrednosti toka, ko še nismo vključili v vezje ampermetra:

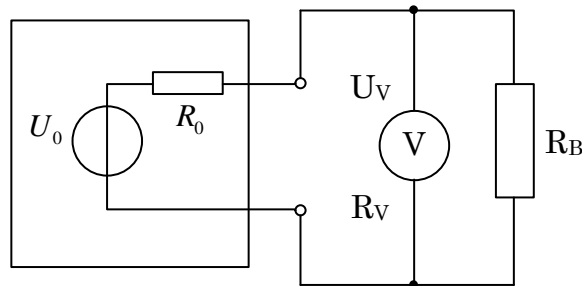
$$I = \frac{U}{R} = \frac{I_0 \cdot R_0}{R_0 + R_B}$$

$$e_I = \frac{I_A - I}{I} = \frac{\frac{R_0 I_0}{R_A + R_B + R_0} - \frac{I_0 \cdot R_0}{R_0 + R_B}}{\frac{I_0 \cdot R_0}{R_0 + R_B}} = \frac{\frac{R_0}{R_A + R_B + R_0} - \frac{R_0}{R_0 + R_B}}{\frac{R_0}{R_0 + R_B}} = \frac{R_0 \cdot (R_0 + R_B) - R_0 \cdot (R_A + R_B + R_0)}{(R_A + R_B + R_0) \cdot (R_0 + R_B)} \cdot \frac{R_0 + R_B}{R_0}$$

$$e_I = \frac{R_0 \cdot ((R_0 + R_B) - (R_A + R_B + R_0))}{(R_A + R_B + R_0) \cdot (R_0 + R_B)} = \frac{(R_0 + R_B - R_A - R_B - R_0) \cdot (R_0 + R_B)}{(R_A + R_B + R_0) \cdot (R_0 + R_B)} = \frac{R_0 + R_B - R_A - R_B - R_0}{R_A + R_B + R_0}$$

$$e_I = \frac{-R_A}{R_A + R_B + R_0}$$

14 66. Kako vežemo voltmeter v merilno vezje, kakšne spremembe vnaša v vezje in kako izračunamo pogrešek merilne metode zaradi njegovega vpliva?



Ker je voltmeter neidealni, ima svojo notranjo upornost zelo veliko a vendar ne neskončno, tako del toka teče v voltmeter, zato če vzamemo, da je napetost voltmetra enaka napetosti izvora naredimo sistematski pogrešek. Če vzamemo, da je napetost, ki jo prikazuje voltmeter enaka napetosti izvora naredimo sistematični pogrešek. Pogrešek izračunamo tako, da od izmerjene vrednosti odštejemo pravo in izračunamo kvocient s pravo vrednostjo:

Če najprej še izračunamo pravo vrednost U , ko v vezju še ni voltmetra ter napetost voltmetra:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0 + R_B} \quad U = I_0 \cdot R_B$$

$$U = \frac{U_0 \cdot R_B}{R_0 + R_B}$$

$$U_{R_0} = I_0 \cdot R_0$$

$$U_V = \frac{I_0 \cdot R_B \cdot R_V}{R_B + R_V}$$

$$U_0 = U_{R_0} + U_V = \frac{I_0 \cdot R_B \cdot R_V}{R_B + R_V} + I_0 \cdot R_0 = \frac{I_0 \cdot R_B \cdot R_V + I_0 \cdot R_0 \cdot R_B + I_0 \cdot R_0 \cdot R_V}{R_B + R_V} = \frac{I_0 \cdot (R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V)}{R_B + R_V}$$

$$I_0 = \frac{U_0 \cdot (R_B + R_V)}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V}$$

$$U_V = \frac{\frac{U_0 \cdot (R_B + R_V)}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} \cdot R_B \cdot R_V}{R_B + R_V} = \frac{U_0 \cdot R_B \cdot R_V}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V}$$



$$e_U = \frac{U_V - U}{U} = \frac{\frac{U_0 \cdot R_B \cdot R_V}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} - \frac{U_0 \cdot R_B}{R_0 + R_B}}{\frac{U_0 \cdot R_B}{R_0 + R_B}} = \left(\frac{U_0 \cdot R_B \cdot R_V}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} - \frac{U_0 \cdot R_B}{R_0 + R_B} \right) \cdot \frac{R_0 + R_B}{U_0 \cdot R_B}$$

$$e_U = \frac{(U_0 \cdot R_B \cdot R_V) \cdot (R_0 + R_B) - (U_0 \cdot R_B) \cdot (R_0 + R_B)}{(R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V) \cdot (U_0 \cdot R_B)} = \frac{(U_0 \cdot R_B \cdot R_V) \cdot (R_0 + R_B)}{(R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V) \cdot (U_0 \cdot R_B)} - \frac{1}{1}$$

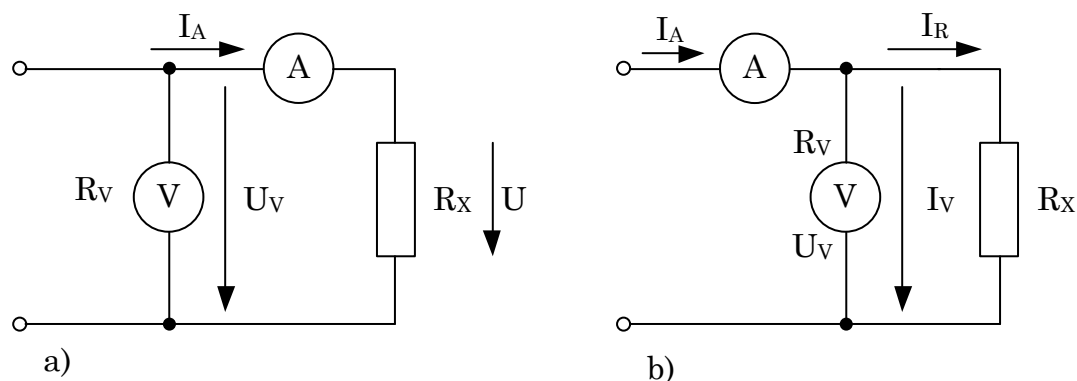
$$e_U = \frac{R_V \cdot (R_0 + R_B)}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} - \frac{1}{1} = \frac{R_V \cdot R_0 + R_V \cdot R_B}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} - \frac{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V}$$

$$e_U = \frac{R_V \cdot R_0 + R_V \cdot R_B - (R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V)}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V} = \frac{-R_0 \cdot R_B}{R_B \cdot R_V + R_0 \cdot R_B + R_0 \cdot R_V}$$

15 67. Narišite vezavi, ki ju lahko sestavimo, če merimo ohmsko upornost R z U - I metodo?

Za merjenje ohmske upornosti uporabljamo t.i. U - I vezavi. Vezavi sta dve, U kjer merimo pravilno napetosti in je napaka pri merjenju toka ter I kjer merimo pravilno tok ter je napaka pri merjenju napetosti.

Sheme vezav:



16 68. Kako bi na osnovi pogoška merilne metode za U - I metodo merjenja upornosti R izbrali ustreznejšo vezavo. (Numeričen primer)?

$R_x \approx 1000 \Omega$

$R_A = 5 \Omega$

$R_V = 5000 \Omega$

Če opravimo izračune pogreškov za U in I metodo, ter se na podlagi njih odločimo za metodo, pri kateri je pogrešek manjši;

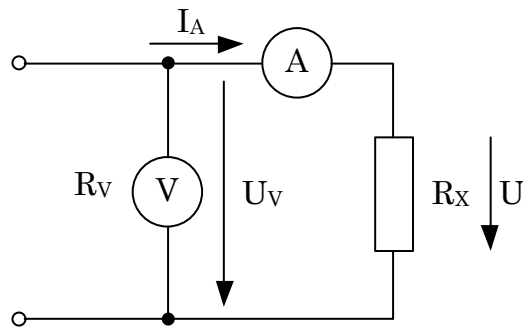
$$e_{RI} = \frac{R_A}{R_x} = \frac{5 \Omega}{1000 \Omega} = 0,005$$



$$e_{RU} = -\frac{R_X}{R_X + R_V} = \frac{1000 \Omega}{1000 \Omega + 5000 \Omega} = -\frac{1}{6} \approx -0,167$$

Ker je pogrešek pri metodi e_{RI} manjši, se odločimo za to (I) metodo:

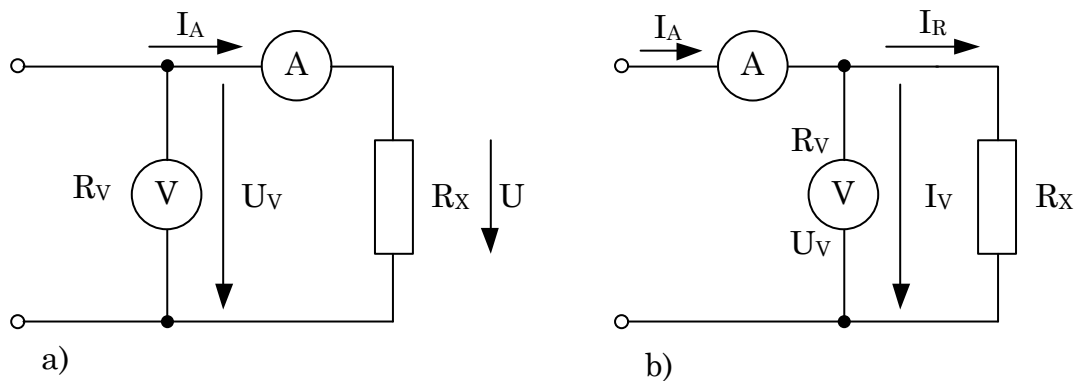
Shema meritve:



17 69. Katero vezavo bi uporabili za zelo velike upornosti in katero za zelo majhne, če bi merili R z U - I metodo?

Za merjenje ohmske upornosti uporabljamo t.i. U - I vezavi. Vezavi sta dve, U kjer merimo pravilno napetosti in je napaka pri merjenju toka ter I kjer merimo pravilno tok ter je napaka pri merjenju napetosti.

Sheme vezav:

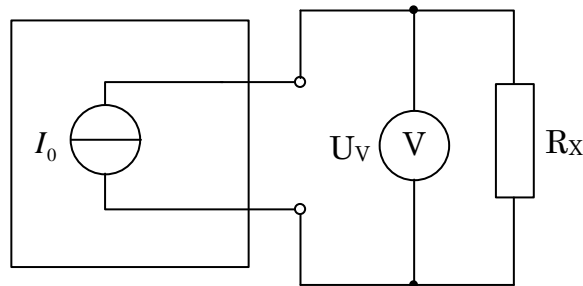


Vezavo a) imenujemo I vezava, saj ampermeter meri tok, ki teče skozi neznano upornost. Voltmeter nam v tem primeru kaže napačno vrednost, saj meri napetost na ampermetru in na neznanu upornosti. Takšno vezavo uporabljamo za zelo velika bremena saj le v tem primeru je vpliv upornosti ampermetra zanemarljiv.

Vezavo b) imenujemo U vezava, saj nam voltmeter meri napetost neposredno na neznanu upornosti vendar imamo v tem primeru tokovno napako, saj nam ampermeter meri tok, ki teče skozi voltmeter in neznano upornost. Takšno vezavo pa uporabljamo za merjenje majhnih upornosti, saj le takrat zagotovimo, da bo tekla v voltmeter zanemarljiv tok, ter skoraj celoten tok skozi neznano upornost.



18 70. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti R_x , če za napajanje uporabite tokovni vir s konstantnim tokom I_0 in zapišite enačbo, ki podaja zvezo med izmerjeno napetostjo U_V in R_x .



$$U_V = \frac{I_0 \cdot R_x \cdot R_V}{R_x + R_V}$$

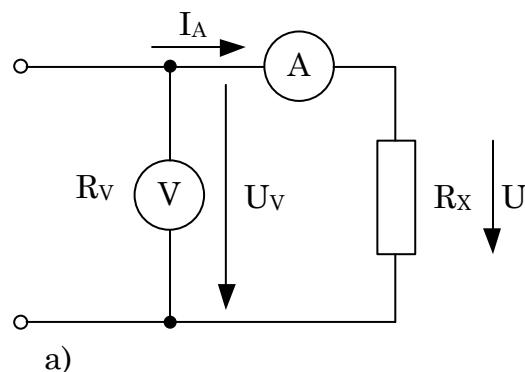
Ob upoštevanju, da je $R_V \gg R_x$ lahko zapišemo:

$$U_V = \frac{I_0 \cdot R_x \cdot R_V}{R_x + R_V} = I_0 \cdot R_x \frac{1}{1 + \frac{R_x}{R_V}} \approx I_0 \cdot R_x$$

Enačbo lahko poenostavimo ravno zaradi upoštevanja pogoja, da je $R_V \gg R_x$.

19 71. Narišite vezalni načrt za merjenje velike ohmske upornosti R_x z U - I metodo in z enačbo izrazite pogrešek merilne metode za izbrano vezavo.

Vezalni načrt:



Najprej izračunamo upornost kot produkt toka in napetosti odčitanih iz instrumentov:

$$R = \frac{U_V}{I_A} = \frac{I_A \cdot (R_A + R_x)}{I_A} = R_A + R_x$$

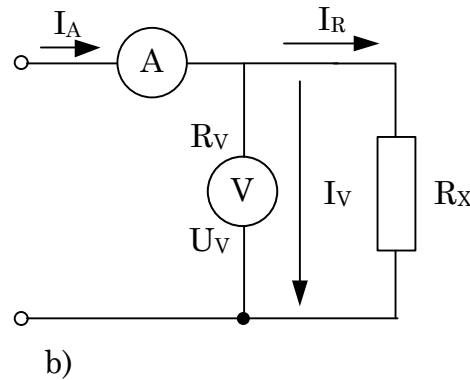
Če rečemo, da je izračunana upornost iz produkta toka in napetosti odčitanih vrednosti iz instrumentov enaka neznani upornosti, smo naredili sistematski pogrešek:



$$e_{I-\text{vezava}} = \frac{R - R_X}{R_X} = \frac{R_A + R_X - R_X}{R_X} = \frac{R_A}{R_X}$$

20 72. Narišite vezalni načrt za merjenje majhne ohmske upornosti R_X z U - I metodo in z enačbo izrazite pogrešek merilne metode za izbrano vezavo.

Vezalni načrt:



Najprej izračunamo upornost kot produkt toka in napetosti odčitanih iz instrumentov:

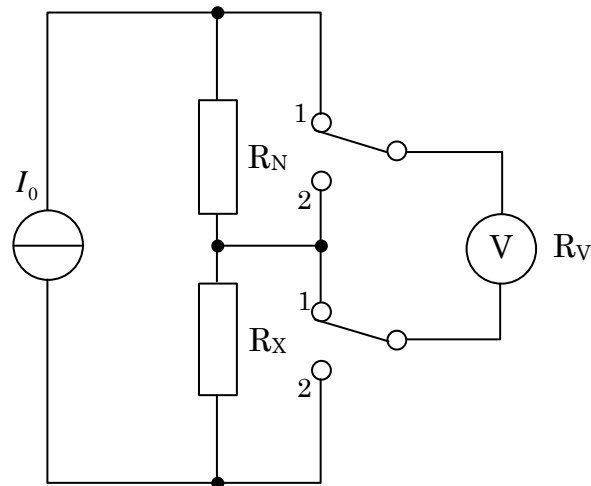
$$R = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_V}{U_V} \cdot \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V} = \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V}$$

Če smo rekli, da je neznana upornost izračunana kot produkt toka in napetosti odčitanih iz instrumentov, smo naredili sistematski pogrešek:

$$e_{U-\text{vezava}} = \frac{R - R_X}{R_X} = \frac{\frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V} - R_X}{R_X} = \frac{\frac{R_X \cdot R_V - R_X \cdot (R_X + R_V)}{R_X + R_V}}{R_X} = \frac{R_X \cdot R_V - R_X \cdot (R_X + R_V)}{R_X \cdot (R_X + R_V)}$$

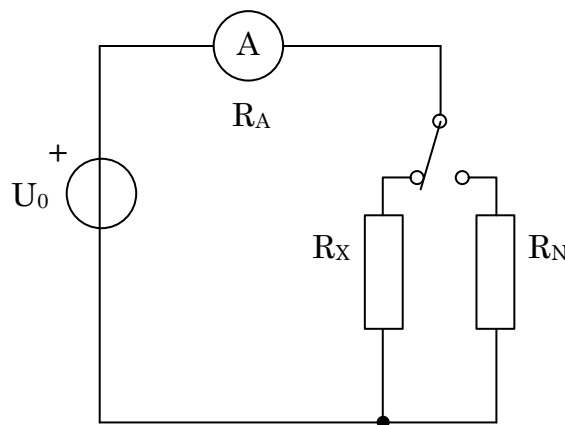
$$e_{U-\text{vezava}} = \frac{R_X \cdot (R_V - (R_X + R_V))}{R_X \cdot (R_X + R_V)} = \frac{R_V - R_X - R_V}{R_X + R_V} = \frac{-R_X}{R_X + R_V}$$

21 73. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti z napetostno primerjalno metodo. Za kakšne upornosti R_x (velike, majhne) je ta metoda primerna?



Ta metoda je primerna za merjenje majhnih upornosti zaradi vpliva upornosti voltmetra. Ob upoštevanju, da je $R_x \ll R_V$ zagotovimo, da bo tok, ki bo tekel skozi voltmeter zanemarljivo majhen, tako se bo na voltmetru pojavil zanemarljivo majhen padec napetosti.

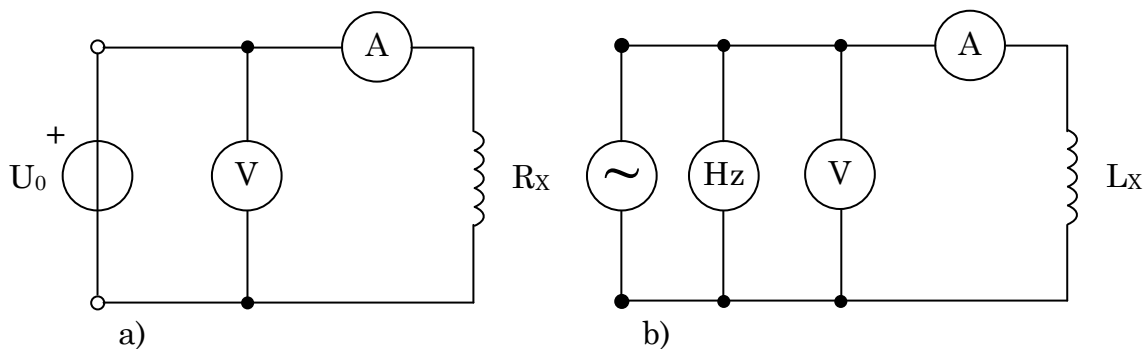
22 74. Narišite vezalni načrt za merjenje ohmske upornosti s tokovno primerjalno metodo. Za kakšne upornosti R_x (velike, majhne) je ta metoda primerna?



Ta metoda je uporabna za merjenje velikih upornosti, saj le v tem primeru zagotovimo, da se bo na ampermetru pojavil zanemarljivo majhen padec napetosti in ne bo bistveno vplival na meritev.

23 75. Narišite vezalni načrt za merjenje induktivnosti tuljave brez železnega jedra in z enačbo izrazite L_x v odvisnosti od izmerjenih veličin.

Ker realno tuljavo poleg induktivnosti še spremlja neka ohmska upornost (upornost žice), potrebujemo za izračun induktivnosti dve meritvi. S podatki prve meritve moramo izračunati upornost v enosmernih razmerah ter nato še impedanco tuljave v izmeničnih razmerah, kot prikazujeta to naslednji shemi:



V primeru meritve a) izmerimo tok ter napetost in izračunamo upornost:

$$R_X + R_A = \frac{U_a}{I_a}$$

Nato v primeru meritve b) ponovno izmerimo tok ter napetost in izračunamo impedanco:

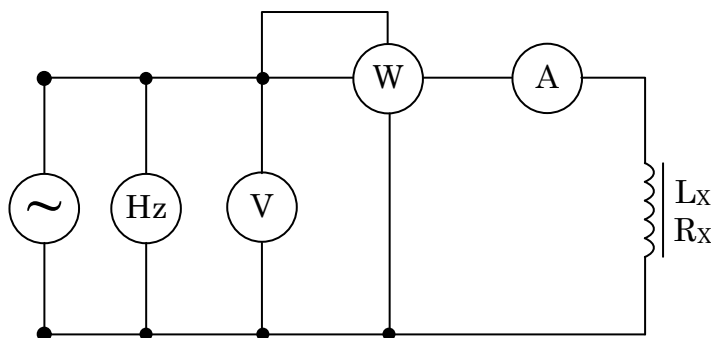
$$Z = \frac{U_b}{I_b} = \sqrt{(R_X + R_A)^2 + \omega^2 \cdot (L_X + L_A)^2}$$

Sledi izračun neznane induktivnosti L_X :

$$L_X = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_b}{I_b}\right)^2 - \left(\frac{U_a}{I_a}\right)^2} - L_A$$

Meritev lahko izvajamo z enim nadomestnim vezjem, kjer vpeljemo stikalo in s stikalom preklapljam, katero meritev želimo opraviti.

76. Narišite vezalni načrt za merjenje induktivnosti tuljave z železnim jedrom in z enačbo izrazite L_x v odvisnosti od izmerjenih veličin.



$$L_X = \frac{\sqrt{(U_V \cdot I_A)^2 - P_W^2}}{\omega \sqrt{I_A^2}} - (L_A + L_W)$$

24 77. Zakaj, za določanje katere veličine, merimo delovno moč P , ko določamo induktivnost tuljave z železnim jedrom?

Zaradi ohmskih izgub, ki nastajajo pri magnetenju materiala z izmeničnim tokom izračunamo induktivnost iz jalove moči, ki jo merimo posredno, z meritvijo navidezne in delovne moči na tuljavi. Ob upoštevanju induktivnosti tokovne veje vatmetra in induktivnosti ampermetra sledi izračun induktivnosti:

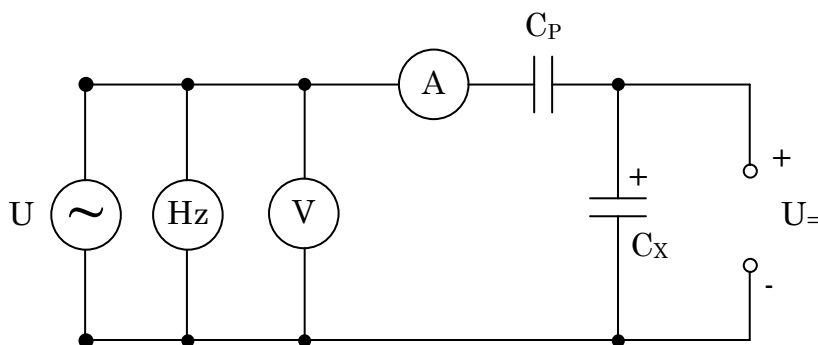
$$L_X = \frac{\sqrt{(U_V \cdot I_A)^2 - P_W^2}}{\omega \cdot I_A^2} - (L_A + L_W)$$

25 78. Za kakšno vrsto (kakovost) kondenzatorjev je primerna metoda za določanje kapacitivnosti z merjenjem U , I , in f ?

Metoda pri kateri merimo U , I in f , je primerna za merjenje elektrolitskih kondenzatorjev, pri katerih moramo paziti še na pravilno polariteto, zato pri takšni meritvi nanj priključimo še enosmerno napetost. Takšna meritev je primerna za merjenje zelo kakovostnih kondenzatorjev ($\text{tg} \delta < 0,01$), saj nam meritev ne daje visoke točnosti, za visoko točnost uporabljamo mostična vezja.

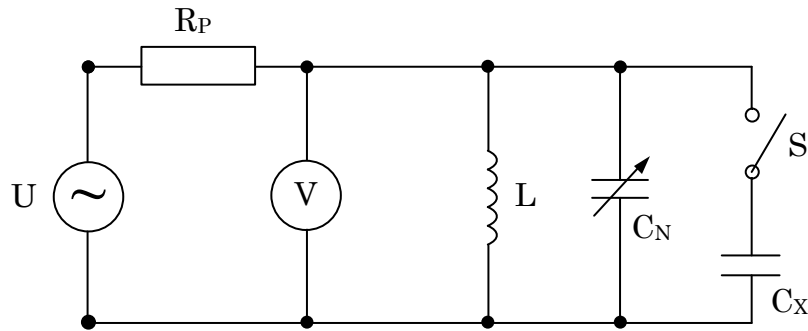
26 79. Skicirajte vezavo za merjenje kapacitivnosti elektrolitskih kondenzatorjev.

Skica vezave merjenja kapacitivnosti elektrolitskega kondenzatorja:



Pri meritvi kapacitivnosti moramo biti pozorni na pravilno polariteto elektrolitskega kondenzatorja, zato pri meritvi priključimo na kondenzator enosmerno napetost U_{-} , katera mora biti višja od amplitude izmeničnega signala U . Paziti moramo, da ne presežemo nazivno napetost kondenzatorja. Nazivna napetost kondenzatorja mora biti večja od vsote enosmerne in izmeničnega signala.

27 80. Skicirajte vezavo resonančne metode za določanje kapacitivnosti. Z enačbo izrazite C_x .



Resonančna frekvenca nihajnega kroga $L \parallel C_N$:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Če enačbo obrnemo in izrazimo še L in C :

$$L = \frac{1}{4 \cdot C \cdot \pi^2 \cdot f^2}$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot L \cdot \pi^2 \cdot f^2}$$

Izračun neznanne kapacitivnosti C_x pa je:

$$C_x = C_1 - C_2$$

Pri čemer je C_1 :

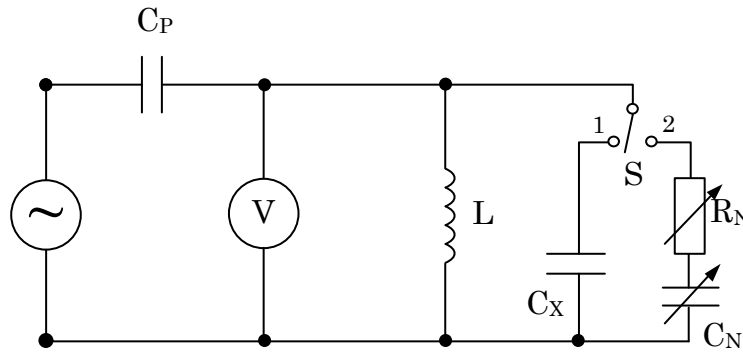
Odčitek kapacitivnosti iz dekade (etalona), ko je stikalo S razklenjeno ter je vezje v resonanci in odčitamo najvišjo napetost, ki jo prikazuje voltmeter.

ter C_2 :

Odčitek kapacitivnosti iz dekade, ko je stikalo S sklenjeno ter je vezje v resonanci in odčitamo najvišjo napetost, ki jo prikazuje voltmeter.

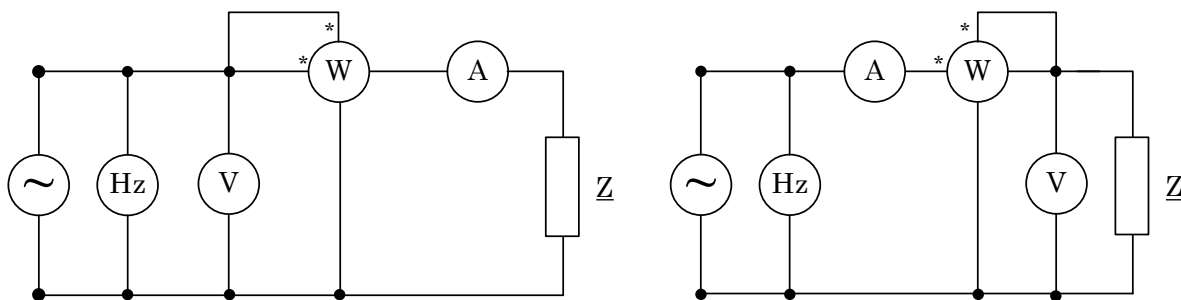


28 81. Skicirajte vezavo resonančne metode za določanje $tg\delta$ kondenzatorja. Z enačbo izrazite $tg\delta$.



$$tg\delta_X = \omega_0 \cdot R_X \cdot C_X = \omega_0 \cdot R_N \cdot C_N$$

29 82. Skicirajte vezje z voltmetrom, ampermetrom, frekvencometrom in vatmetrom za merjenje moči enofaznega porabnika, brez merilnih transformatorjev.

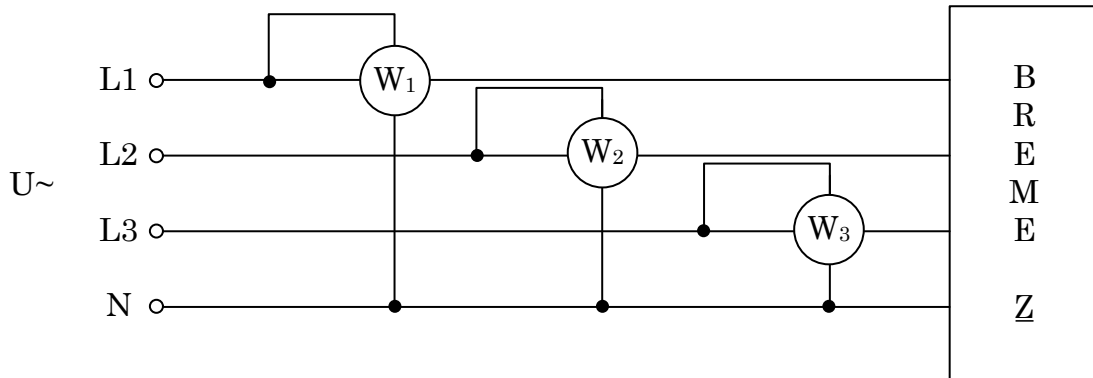


30 83. V kakšnih napetostnih in tokovnih razmerah bi uporabili $U-I$ in v kakšnih $I-U$ vezavo za merjenje moči porabnika?

Pri meritvi $U-I$ metodi merjenja je pogrešek merilne metode majhen, tem manjši je tok in tem večja je napetost, zato bi to vezavo uporabili pri majhnih tokovih in velikih napetostih. Pri meritvi $I-U$ je razlaga ravno obratna in bi jo uporabili ob velikih tokovih in majhnih napetostih.

31 84. Kako lahko merite delovno moč v trifaznem štirivodnem sistemu (vezje, enačba, razlaga)?

Ker je v trifaznem sistemu s štirimi vodi vsaka faza največkrat različno obremenjena, lahko merimo moč sistema le s tremi vatmetri. Posamezen vatmeter je priključen na posamezno fazo ter konec napetostne sponke na nevtralni vodnik.



Enačba za izračun skupne moči sistema je:

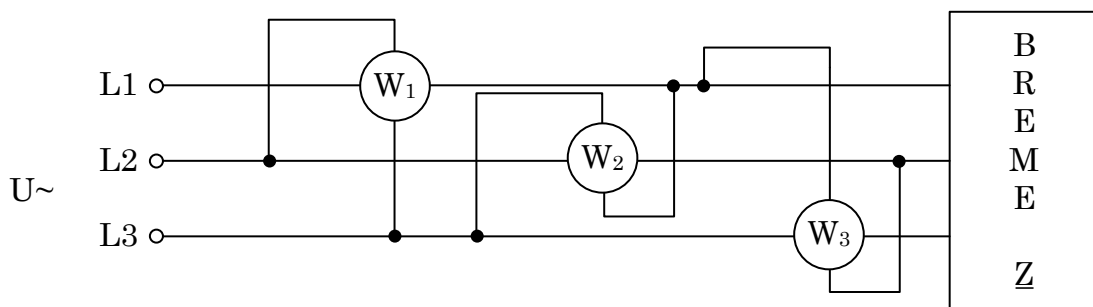
$$P = P_{W_1} + P_{W_2} + P_{W_3}$$

Če je sistem simetrično obremenjen, izmerimo moč na eni fazi ter izračunamo moč sistema:

$$P = 3 \cdot P_w$$

32 85. Kako lahko merite jalovo moč v trifaznem trivodnem sistemu (vezje, enačba, razlaga)?

Jalovo moč lahko merimo s tremi vatmetri tako, da njihove napetostne veje vežemo v ustrezne medfazne napetosti.



Jalovo moč pa izračunamo:

$$Q_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} P_{W_1}$$

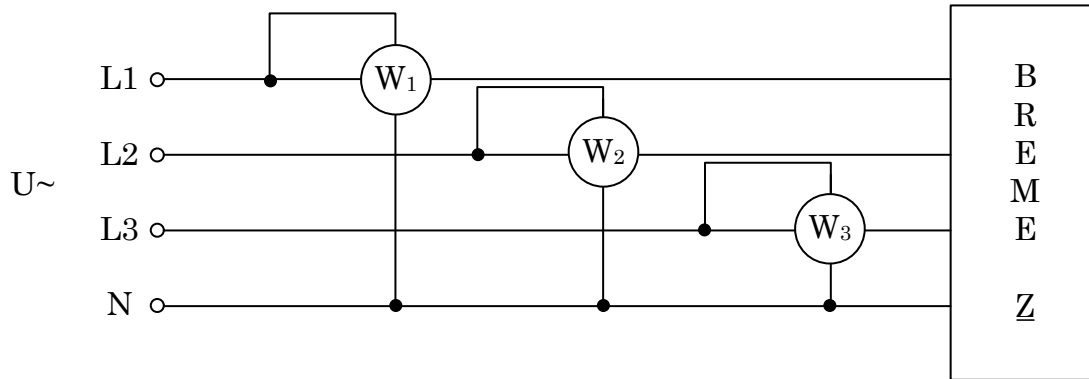
$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_{W_1} + P_{W_2} + P_{W_3})$$

Če je sistem enakomerno obremenjen, lahko uporabimo tudi Aronovo vezavo.



33 86. Katero vezavo vatmetrov bi izbrali za merjenje moči v trifaznem nesimetrično obremenjenem sistemu?

V nesimetrično obremenjenih sistemih, moramo meriti moč vsake veje, zato bi uporabili vezavo s tremi vatmetri.

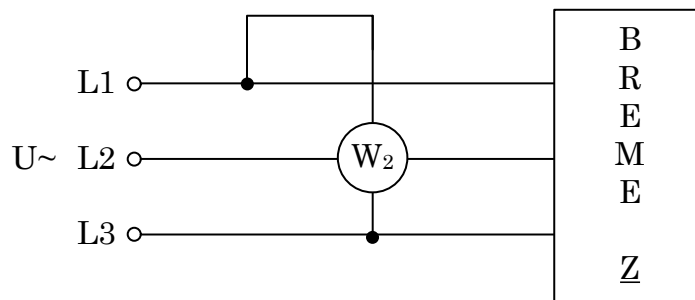


Enačba za izračun skupne moči sistema je:

$$P = P_{W_1} + P_{W_2} + P_{W_3}$$

34 87. Skicirajte kazalčni diagram napetosti in tokov za Aronovo vezavo za $R-L$ (ali $R-C$) breme s $\varphi=75^\circ$ ter ugotovite, kako kažeta vatmetra s tokovnimi vejama v fazah 1 in 3 (pozitivno, negativno, nič).

35 88. Na katero napetost morate priključiti vatmeter s tokovno vejo v fazi 2, da bo meril jalovo moč te faze? Skicirajte vezje in izrazite jalovo moč Q_2 z izmerjeno vrednostjo P_w ?



Začetek napetostne veje vatmetra vežemo na prvo fazo ter konec na tretjo fazo. Izračun jalove moči se glasi:

$$Q_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} P_w$$

Metoda izračuna je uporabna tudi v sistemu s štirimi vodniki.