

PLAVAJOČE MERITVE IN ZAŠČITA

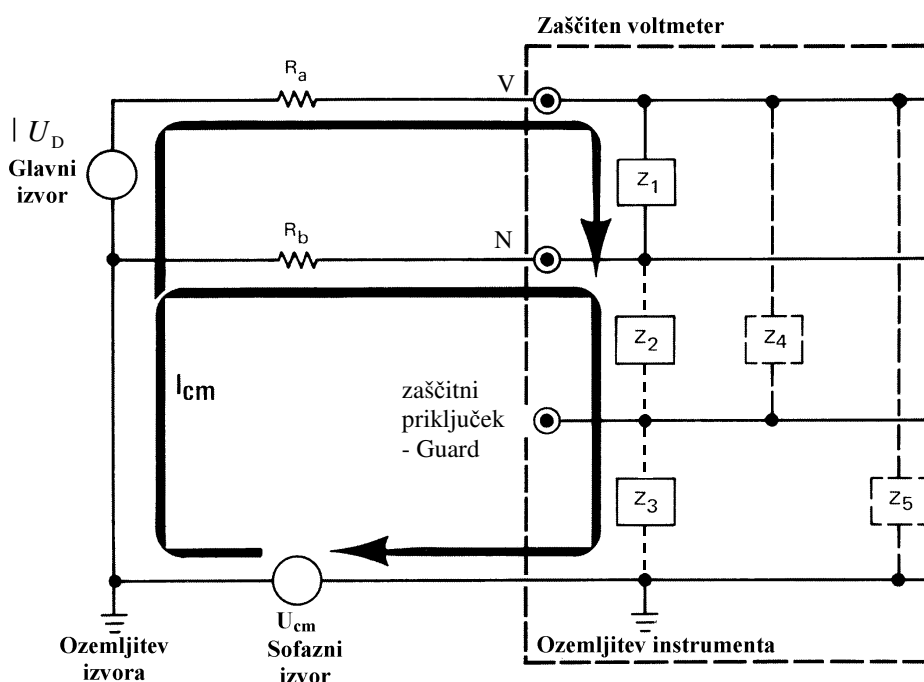
1. KAJ SO PLAVAJOČE MERITVE IN KAJ ZAŠČITA

S plavajočimi meritvami imamo opraviti vedno, kadar potencial mase vira napetosti ni enak masi voltmetra. Tipični primeri so fizično ločeni vir in voltmeter, kjer se zaradi tokov v masi pojavi padec napetosti med maso vira in maso voltmetra, ali pa merjenje napetosti mostiča. Napetost, ki se pojavi med masama, imenujemo sofazno napetost, ker na oba priključka vhoda (V-visok in N-nizek) deluje v isto smer – z isto fazo. Za pravilno meritev napetosti vira voltmeter ne sme reagirati na sofazno napetost. Eden izmed načinov rešitve tega problema je, da merilno vezje voltmetra izoliramo od njegove ozemljitve.

Z zaščito (angl.: guard) dosežemo, da tudi preostali tokovi, ki kljub izolaciji voltmetra ostanejo v merilnih vodnikih, tečejo po zaščitnih vodnikih in tako ne vplivajo na meritev. Za pravilno priključitev zaščite pa je potrebno v celoti razumeti njeno delovanje.

2. DELOVANJE PLAVAJOČEGA VOLTMETRA Z ZAŠČITNIM PRIKLJUČKOM

Plavajoči voltmeter (angl. Floating voltmeter) je tisti, pri katerem je merilni del, ki ga predstavlja vhodna impedanca Z_1 na sliki 1, galvansko ločen od ozemljitvenega priključka ⏏ , ki se običajno nahaja pri omrežnem priključku. Merilni del je ponavadi zaščiten z električnim oklopom, ki oklaplja vhodno merilno stopnjo voltmetra in se električno nahaja med merilnim priključkom N in ozemljitvijo instrumenta. Nekateri voltmetri imajo oklop vezan na dodatni zaščitni priključek (angl. Guard). Električno nadomestno vezje plavajočega voltmetra z zaščitnim priključkom je prikazano na sliki 1.



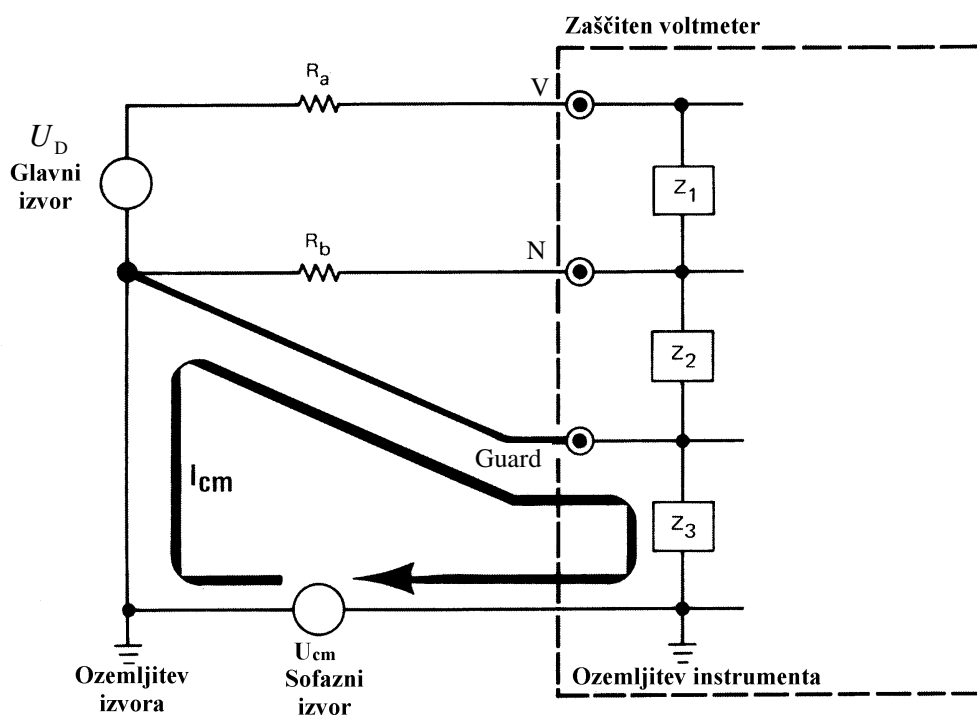
Slika 1. Zaščiten voltmeter z možnimi sofaznimi tokovi

Poglejmo najprej, kaj se dogaja, če merimo plavajočo napetost in zaščitni priključek ni uporabljen. Sofazna napetost $U_s = U_{cm}$ požene tok skozi dve tokovni zanki. Prvo tvorijo impedanice R_b , Z_2 in Z_3 , drugo pa impedanice R_a , Z_1 , Z_2 in Z_3 . Iz slike 1 vidimo, da je impedanca R_b

vezana vzporedno k R_a in Z_1 . Ker je $Z_1 \gg R_b$, teče praktično ves tok I_{cm} skozi R_b , ki na njemu povzroči padec napetosti $U_{b,cm}$. Ker pa je $Z_1 \gg R_a$, se praktično vsa napetost $U_{b,cm}$ pojavi na impedanci Z_1 , kar pomeni, da ta padec napetosti voltmetr tudi meri.

Če želimo odpraviti napako merjenja zaradi padca napetosti $U_{b,cm}$, moramo zmanjšati tok I_{cm} skozi impedanco R_b .

To storimo tako, da priključimo zaščitni priključek voltmetra na nizek potencial merjene napetosti U_D , kot je prikazano na sliki 2.



Slika 2. Pravilna priključitev zaščite premesti sofazni tok mimo upornosti R_b

Pri takšni priključitvi dosežemo, da praktično ves tok I_{cm} teče v zaščitni priključek in ne preko R_b v merilni priključek nizkega potenciala voltmetra (N-nizek = L-low). Če zgornje izvajanje posplošimo, lahko zapišemo dve pravili, ki ju moramo upoštevati za pravilno priključitev zaščitnega vodnika:

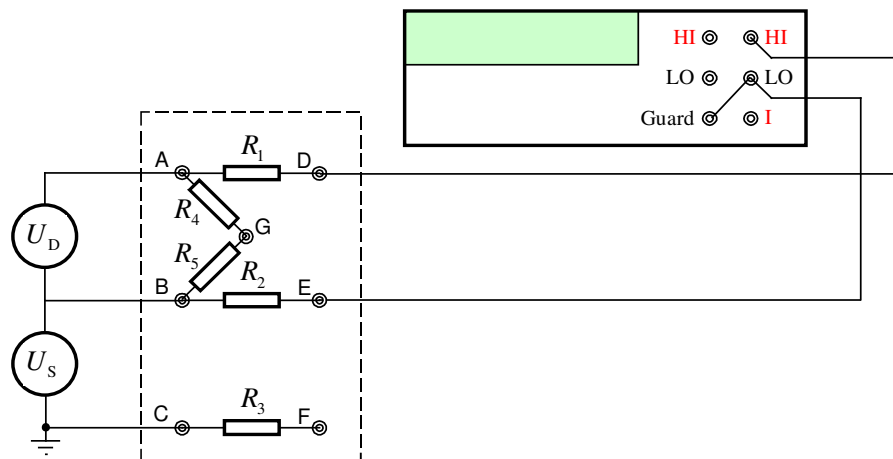
1. zaščito (oklop - Guard) priključimo na mesto, kjer je potencial sofazne napetosti merjenega vira.
2. zaščito priključimo tako, da sofazni tok ne teče skozi nobeno impedanco, ki določa napetost na vhodnih sponkah instrumenta.

Poudariti velja, da pri praktičnih primerih ne moremo vedno upoštevati obeh pravil, včasih pa niti enega samega ne. V takih primerih moramo oceniti najboljšo možno priključitev zaščitnega vodnika, pri čemer je potrebno razumeti tako merilni problem kot tudi princip delovanja zaščitnega voltmetra.

Pri vaji povežemo zaščitni vodnik na simulacijsko vezje na več načinov in opazujemo napako pri merjenju plavajoče napetosti. Pri vsakem rezultatu je potrebno razložiti dobljen rezultat.

3. MERJENJE NAPETOSTI VIRA PRI SOFAZNI NAPETOSTI MED MASAMA

3.1 Merjenje napetosti z zaščitnim voltmetrom HP3458A, kjer je oklop vezan na nizek potencial voltmetra.



Slika 3.1. Merjenje napetosti, kjer je oklop vezan na nizek potencial voltmetra (Guard priklopljen na LO)

Vrednosti elementov v vezju so naslednje:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{k}\Omega,$$

$$R_4 = R_5 = 470\Omega,$$

$$u_{D,pp} = u_{A,pp} = 0,2\text{V},$$

$$u_{S,pp} = u_{B,pp} = 20\text{V};$$

DVM (HP3458A): [ACV], [NPLC] \rightarrow 20 \rightarrow [Enter];

odčitke zaokrožite na 0,01mV.

S tem vezjem in priključitvijo dvokanalnega generatorja (diferenčna napetost $U_D = U_A$ in sofazna napetost $U_S = U_B$) ter ozemljitve po sliki 3.1 merimo napetost U_D , katere efektivna vrednost je enaka:

$$U_D = \frac{u_{D,pp}}{2\sqrt{2}} \doteq 70,7107\text{mV}$$

Napetost $U_S = u_{S,pp} / (2\sqrt{2}) \doteq 7,07107\text{V}$ predstavlja za voltmeter sofazno napetost, ki je približno 100-krat večja kot merjena napetost

Upornosti R_1 in R_2 predstavljajo upornost vodnikov med virom napetosti in voltmetrom.

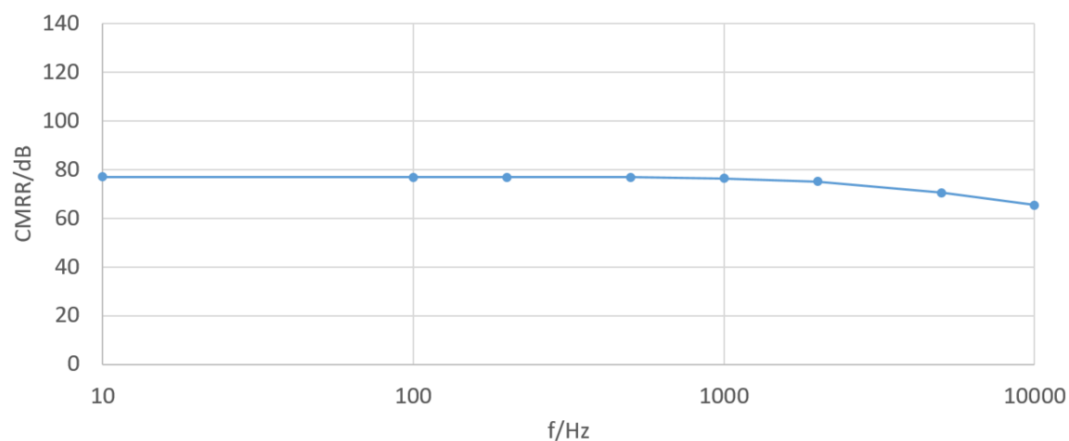
Izmerite napetosti U_{DMM} pri frekvencah 10Hz, 100Hz, 200Hz, ..., 10000Hz. Rezultate vpišite v Tabelo 1. Izračunajte $CMRR$ za vsak rezultat meritve:

$$CMRR/dB = 20 \log_{10} \frac{U_s}{|U_{DMM, D-E}(f) - U_{DMM, A-B}(f)|}$$

Tabela 1:

f/Hz	$U_{DMM, A-B}(f)/mV$	$U_{DMM, D-E}(f)/mV$	$CMRR/dB$
10	70,58	70,47	77,00
100	70,71	70,73	76,99
200	70,7	70,89	76,97
500	70,69	71,87	76,85
1000	70,67	75,27	76,44
2000	70,64	87,53	75,13
5000	70,58	147,02	70,62
10000	70,51	266,28	65,45

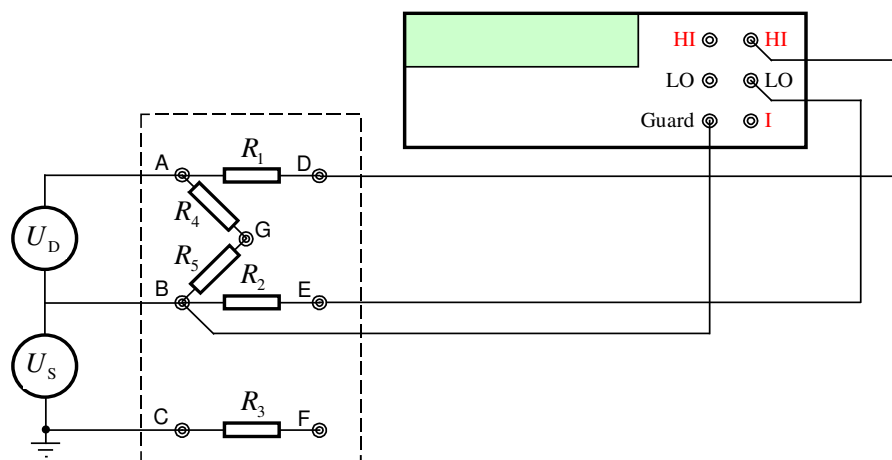
Narišite graf $CMRR$ voltmetra v odvisnosti od frekvence.



Komentar:

Z naraščanjem frekvence je voltmeter manj učinkovit pri zavrnitvi skupnega načina signala, kar je posledica tega, da v vezju ni priključenega zaščitnega vodnika.

3.2 Merjenje napetosti z zaščitnim voltmetrom HP3458A z zaščitnim vodnikom.



Slika 3.2. Merjenje napetosti z zaščitnim vodnikom, kjer je oklop vezan na nizek potencial vira (Guard (tipka open) priključen na točko B)

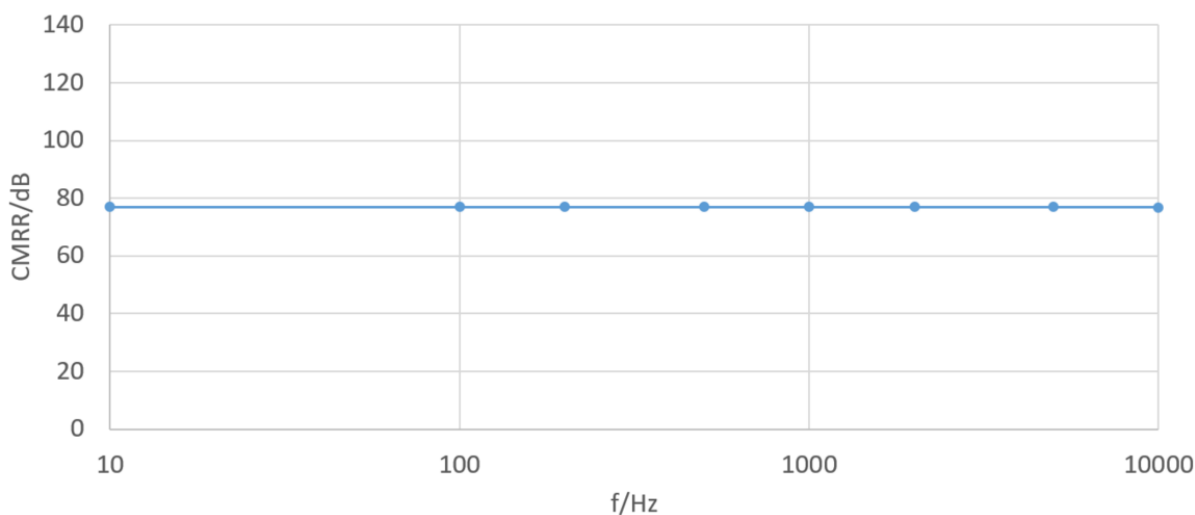
Izmerite napetosti U_{DMM} pri frekvencah 10Hz, 100Hz, 200Hz, ..., 10000Hz. Rezultate vpišite v Tabelo 2. Izračunajte $CMRR$ za vsak rezultat meritve:

$$CMRR/\text{dB} = 20 \log_{10} \left[\frac{U_S}{U_{\text{DMM, D-E}}(f) - U_{\text{DMM, A-B}}(f)} \right]$$

Tabela 2:

f/Hz	$U_{\text{DMM, A-B}}(f)/\text{mV}$	$U_{\text{DMM, D-E}}(f)/\text{mV}$	$CMRR/\text{dB}$
10	70,58	70,45	77,01
100	70,71	70,58	77,01
200	70,70	70,59	77,00
500	70,69	70,65	76,99
1000	70,69	70,63	77,00
2000	70,64	70,69	76,98
5000	70,59	71,09	76,93
10000	70,53	72,37	76,77

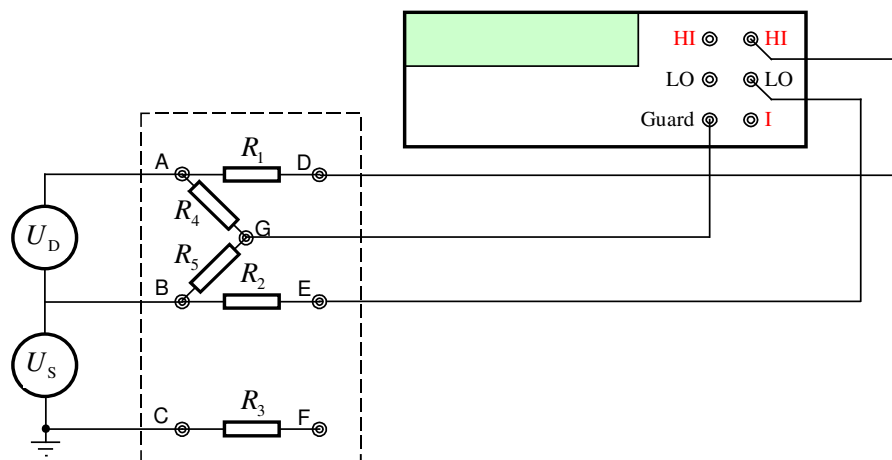
Narišite graf $CMRR$ voltmetra v odvisnosti od frekvence.



Komentar:

Ker smo priključili zaščitni priključek voltmetra smo s tem zmanjšali tok I_{cm} . Zato imamo tudi približno enake rezultate za CMRR pri vseh frekvencah.

3.3 Merjenje napetosti z zaščitnim voltmetrom HP3458A z zaščitnim vodnikom.



Slika 3.3. Merjenje napetosti z zaščitnim vodnikom, kjer je oklop vezan na sredino potencialne razlike $(U_D + U_S)/2$ (Guard (tipka open) priklopljen na točko G)

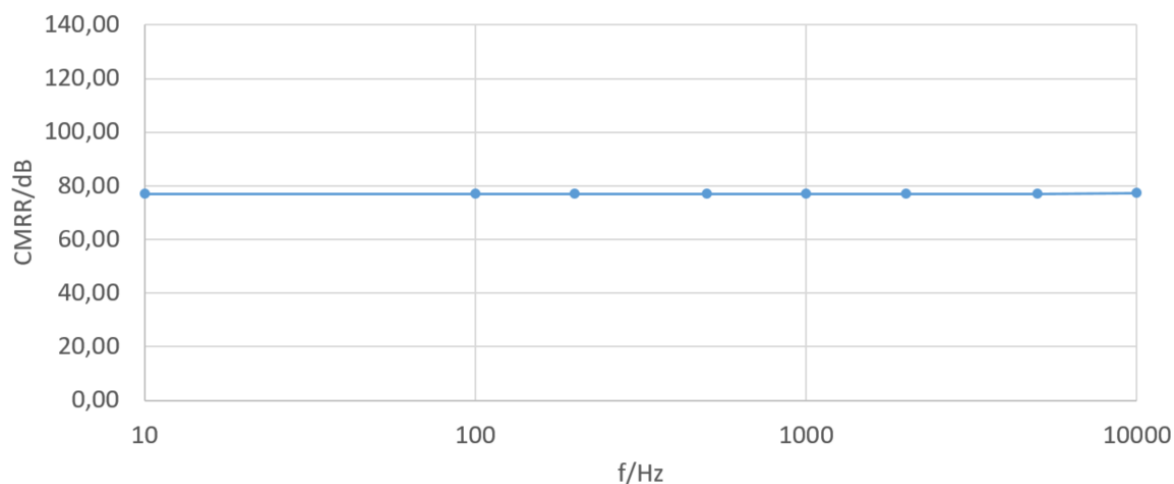
Izmerite napetosti U_{DMM} pri frekvencah 10Hz, 100Hz, 200Hz, ..., 10000Hz. Rezultate vpišite v Tabela 3. Izračunajte $CMRR$ za vsak rezultat meritve:

$$CMRR/dB = 20 \log_{10} \frac{U_S}{|U_{DMM, D-E}(f) - U_{DMM, A-B}(f)|}$$

Tabela 3:

f/Hz	$U_{DMM, A-B}(f)/mV$	$U_{DMM, D-E}(f)/mV$	$CMRR/dB$
10	70,58	70,45	77,01
100	70,71	70,59	77,00
200	70,70	70,59	77,00
500	70,69	70,60	77,00
1000	70,68	70,56	77,00
2000	70,69	70,51	77,01
5000	70,86	70,08	77,09
10000	71,31	68,24	77,37

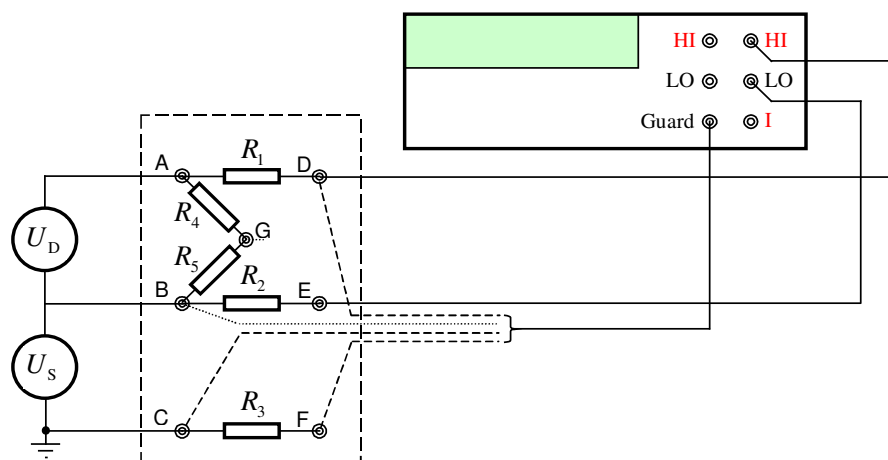
Narišite graf $CMRR$ voltmetra v odvisnosti od frekvence.



Komentar:

Ker smo priključili zaščitni priključek voltmetra smo s tem zmanjšali tok I_{cm} . Zato imamo tudi približno enake rezultate za CMRR pri vseh frekvencah.

3.4 Merjenje napetosti z zaščitnim voltmetrom HP3458A z nepravilno priključenim zaščitnim vodnikom.



Slika 3.4. Merjenje napetosti z zaščitnim vodnikom, priključenim v točke B, D, C in F.

Izmerite napetosti U_{DMM} pri frekvenci $f = 10000\text{Hz}$. Zaščitni vodnik je pri posamezni meritvi priključen v točke B, D, C in F. Rezultate vpišite v tabelo 4. Izračunajte CMRR za vsak rezultat meritve.

$$CMRR/\text{dB} = 20 \log_{10} \frac{U_S}{|U_{\text{DMM, D-E}}(f) - U_{\text{DMM, A-B}}(f)|}$$

Tabela 4:

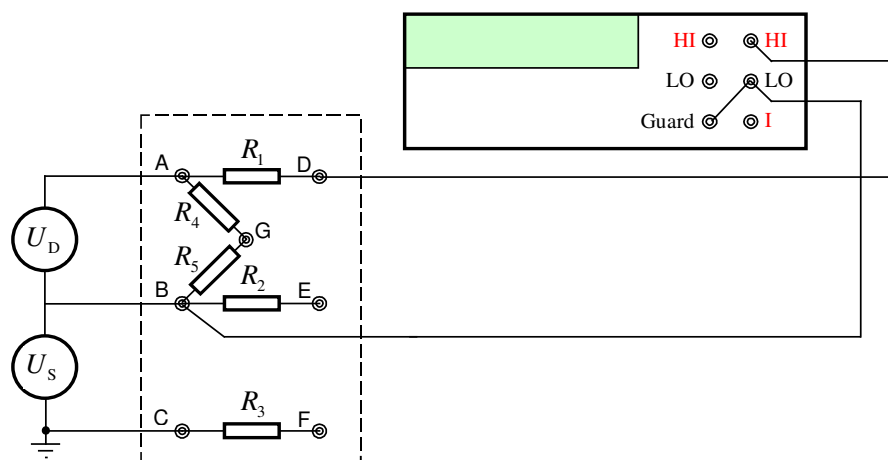
zaščitni vodnik	$U_{\text{DMM, A-B}}(f)/\text{mV}$	$U_{\text{DMM, D-E}}(f)/\text{mV}$	CMRR/dB
B	70,53	72,41	76,76
D	70,52	529,12	59,48
C	72,01	244,25	66,38
F	70,52	528,28	59,50

Komentar:

Za vsako priključitev narišite nadomestno vezje z merjeno in sofazno napetostjo ter komentirajte rezultate.

Ko je zaščitni vodnik priključen na različne točke (B, D, C, F), opazimo različne vrednosti CMRR, kar kaže na različno učinkovitost pri zmanjševanju sofaznega toka skozi merilno vezje. Najboljši rezultat je bil pri točki B, kjer je CMRR najbližji vrednostim pri pravilni priključitvi zaščitnega vodnika. Visoke vrednosti CMRR pri točkah D in F kažejo na neustrezno zaščito in večje vplive sofaznih napetosti.

3.5 Merjenje napetosti z zaščitenim voltmetrom HP3458A, kjer je oklop vezan na nizek potencial voltmetra.



Slika 3.5. Merjenje napetosti, ko je upornost spodnje priključne veje $R_2 = 0\Omega$ in je oklop vezan na nizek potencial voltmetra (Guard priključen na LO)

Izmerite napetosti U_{DMM} pri frekvencah 10Hz, 100Hz, 200Hz, ..., 10000Hz, ko je upornost $R_2 = 0\Omega$. To dosežete tako, da vežete nizek potencial voltmetra v točko nizkega potenciala vira (B). Rezultate vpišite v Tabela 5. Izračunajte $CMRR$ za vsak rezultat meritve:

$$CMRR/\text{dB} = 20\log_{10} \left| \frac{U_S}{U_{\text{DMM,D-B}}(f) - U_{\text{DMM,A-B}}(f)} \right|$$

Tabela 5:

f/Hz	$U_{\text{DMM,A-B}}(f)/\text{mV}$	$U_{\text{DMM,D-B}}(f)/\text{mV}$	$CMRR/\text{dB}$
10	70,58	70,51	77,00
100	70,71	70,64	77,00
200	70,7	70,63	77,00
500	70,69	70,61	77,00
1000	70,67	70,59	77,00
2000	70,64	70,56	77,00
5000	70,58	70,53	77,00
10000	70,52	70,55	76,99

Komentar:

Napišite, v katerih primerih je potrebno uporabiti zaščiteni voltmeter in kaj dosežemo s pravilno priključenim zaščitenim voltmetrom!

Pri merjenju napetosti z nizko vrednostjo upornosti $2R$ in pravilno priključenim zaščitnim vodnikom na nizek potencial voltmetra (LO) so rezultati CMRR konstantni in visoki pri vseh frekvencah. To kaže na učinkovito izolacijo merilnega sistema od sofaznih tokov, kar zagotavlja natančnost in zanesljivost pri merjenju napetosti vira v različnih pogojih.

Seznam uporabljene merilne opreme:

Proizvajalec	Tip	Serijska številka
HP	Multimeter	013532
HP	Universal Source	012823

Datum: 18. IV. 2024

Podpis: