

TŁUMIENIE ZAKŁÓCEŃ W TRAKCIE ICH PRZENIKANIA W OBWÓD POMIAROWY

Cel: **Zapoznać się z rodzajami zakłóceń w obwodach pomiarowych**

Plan wykładu

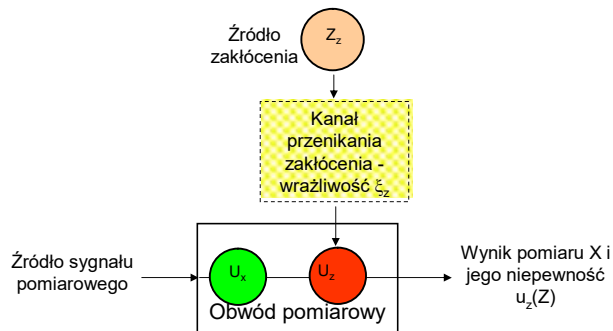
Plan:

- 3.1. Wstęp**
- 3.2. Metody konstrukcyjno-technologiczne zmniejszenia wpływu zakłóceń**
 - 3.2.1. Ekranowanie**
 - 3.2.2. Skręcanie par przewodów**
 - 3.2.3. Prawidłowe uziemienie**
 - 3.2.4. Ekwipotencjalne ekranowanie**
- 3.3. Zabezpieczenie (ekranowanie) ekwipotencjalne**
 - 3.3.1. Niektóre przykłady analizy wpływu zakłóceń wspólnych**
 - 3.3.2. Współczynnik tłumienia zakłócenia wspólnego**
 - 3.3.3. Ekranowanie ekwipotencjalne**

3.1. Wstęp

Zakłócenia, występujące w torze pomiarowym, powodują powstanie dodatkowej niepewności wyników pomiaru. Przy tym wartość na niepewności, spowodowanej zakłóceniami, zależy od wielu czynników. Przy rozpatrywaniu zagadnień wpływu zakłóceń na wyniki pomiaru należy uwzględnić trzy podstawowe składowe (rys. 1):

- **źródło** zakłóceń;
- **kanał przenikania** zakłócenia w tor pomiarowy oraz
- **obwód pomiarowy** wraz z urządzeniami pomiarowymi i **metodą przetwarzania** sygnału pomiarowego.



3.1. Wstęp

W ogólnym podejściu niepewność wyniku pomiaru wielkości od wpływu zakłócenia z zależy od

- jego **intensywności** Z,
- **wrażliwości** $\xi_z = \frac{\partial X}{\partial z}$ obwodu pomiarowego na zakłócenie oraz
- **operatora (algorytmu)** $L\{\xi_z \cdot Z\}$ opracowania sygnału:

$$u(X, z) = L\{\xi_z \cdot Z\} = L\left\{\frac{\partial X}{\partial z} \cdot Z\right\}$$

Dlatego można wyróżnić trzy podstawowe sposoby zwalczania zakłóceń w układach pomiarowych:

1. **Tłumienie zakłóceń w miejscu ich powstania** (tłumienie „źródła”);
2. **Utrudnienie przenikania zakłóceń** w obwód pomiarowy – zmniejszenia wrażliwości obwodu na zakłócenia;
3. **Podwyższenie odporności sygnałów i układów pomiarowych na zakłócenia** – zmniejszenie skutku oddziaływania zakłócenia.

3.2. Konstrukcyjno-technologiczne metody zmniejszenia wpływu zakłóceń

Pierwszy dwie metody są metodami konstrukcyjno-technologicznymi, a trzecia metoda jest powiązana z odpowiednimi odpornym na zakłócenia przetwarzaniem sygnałów pomiarowych.

Podstawowymi konstrukcyjno-technologicznymi metodami zwalczania wpływu zakłóceń są:

- ekranowanie oraz
 - prawidłowe uziemienie,
- a dla zmniejszenia przenikania zakłóceń także wykorzystanie
- skręconych par przewodów linii.

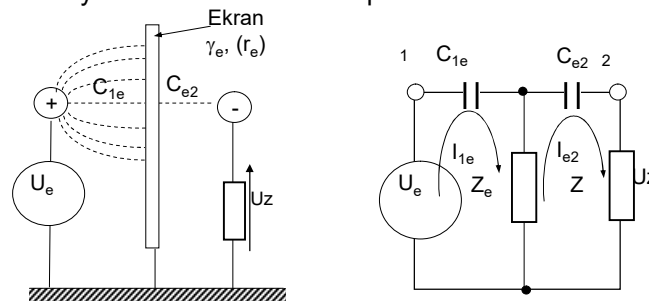
3.2.1. Ekranowanie

W zależności od rodzaju pola elektrostatycznego, magnetostaticznego i elektromagnetycznego rozróżnia się ekrany:

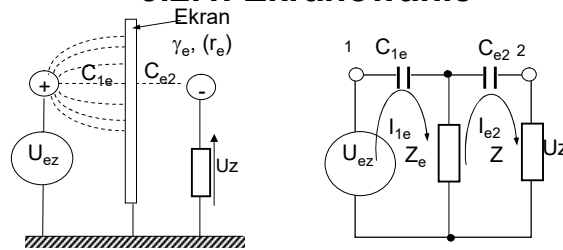
- elektrostatyczne;
- magnetostaticzne;
- elektromagnetyczne.

Ekran elektrostatyczny.

Pole elektrostatyczne indukuje na powierzchni ekranu ładunki elektryczne, na których kończą się linie pola, które spowodowało powstanie tych ładunków. Przez co pole nie wnika za ekran.



3.2.1. Ekranowanie



Skuteczność ekranu zależy od przewodności materiału ekranu. Ona musi być duża (materiał: miedź, aluminium, srebro, złoto, itp.).

Przy obecności ekranu prąd I_{e1} płynący będzie tylko w obwodzie źródło – pojemność pasozytnicza C_{e1} – ekran, powodując napięcie na rezystancji na ekranie (gdzie uwzględniono, że rezystancja ekranu jest w dużym stopniu mniejsza impedancją pojemności C_{e1} ($r_e \ll 1/\omega C_{e1}$)).

Napięcie U_{ez} jest źródłem wtórnego prądu płynącego przez pojemność pasozytnicza C_{e2} do impedancji wejściowej Z , wywołując na niej napięcie zakłócające, gdzie $C_e = C_{e1} \approx C_{e2}$.

Przykładowo, dla $U_s = 230V$, $f = 50Hz$; $C_e = 25pF$ (zwiększenie pojemności wskutek zwiększenia powierzchni ekranu); $r_e = 2,5\Omega$, $|Z| = 1M\Omega$ wartość napięcia zakłócenia wynosi około $U_z \approx 0,035 \mu V$.

Skuteczność ekranowania zależy od przewodności materiału ekranu i jej zmniejszenie powoduje pogorszenie skuteczności ekranowania. Ekran może być jako siatka.

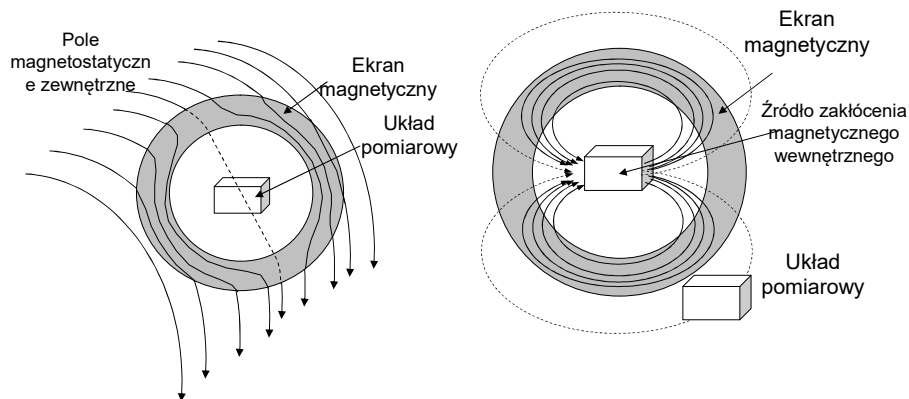
Magnetostatyczne ekranowanie

Linii pola magnetostatycznego trafiając na ekran z materiału ferromagnetycznego wnikają w niego i zbierają się w materiale ekranu malejąc wewnątrz niego.

Ekranowany może być obwód pomiarowy (a) lub źródło zakłócenia (b).

Skuteczność takiego ekranu tym większa im mniejszy opór magnetyczny ekranu (im większa przenikalność magnetyczna i grubość ekranu).

Ekran musi być jednolity, bez dziur.



Ekranowanie elektromagnetyczne

Pole elektromagnetyczne (EMP) zwykle przyjmuje się zmiennym sinusoidalnym, ono powoduje powstanie siły elektromotorycznej (EMS) oraz prądów wirowych w materiale przewodzącym.

Te prądy wywołują pole magnetyczne, które przeciwdziała polu zewnętrznemu. Efektywność ekranu zależy od przewodności i przenikalności magnetycznej materiału, grubości ekranu oraz długości fali (częstotliwości) EMP

Przenikalność EMP, mm	Częstotliwość, Hz	Miedź	Aluminium	Stal
	50	9	11.5	0.91
	100	6.6	8.5	0.66
	1000=1kHz	2.1	2.7	0.20
	10000=10kHz	0.66	0.84	0.08
	100000=1MHz	0.08	0.08	0.008

Grubość ekranu musi być co najmniej równa trzykrotnej głębokości wnikania fali elektromagnetycznej.

Wymiary szczelin i dziur w ekranie też muszą być kilka razy mniejszymi od długości fali elektromagnetycznej. Im większa częstotliwość EMP tym cieńszy wymagany jest ekran.

Rekomendacje

Jeżeli obudowa przyrządu pomiarowego jest zrobiona z tworzywa wtedy jako ekran może się wykorzystywać zewnętrzne przewodzące pokrycia obudowy.

Dla zapewnienia zmniejszenia wpływu pól różnego rodzaju na praktyce często stosuje się wielu warstwowe ekrany z różnych materiałów.

W niektórych przypadkach mogą być ekranowane każdy element układu pomiarowego lub najważniejszy jego podzespoły.

W takich przypadkach ekrany powinny być dołączone do masy lub punktu odniesienia

Rekomendacje [ZwAE]:

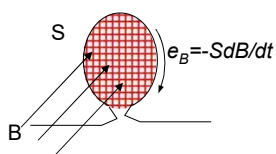
- **Ekran elektrostatyczny**: wysoka przewodność materiału, może być jako siatka.
- **Ekran magnetostatyczny**: wysoka przenikalność materiału, musi być bez dziur lub z niewielkimi dziurami. Dla zwiększenia skuteczności ekran może być kilku warstwowym.
- **Ekran elektromagnetyczny**: efektywność ekranu zależy od przewodności i przenikalności magnetycznej materiału, grubości ekranu oraz długości fali (częstotliwości) EMP. Grubość ekranu musi być co najmniej równa trzykrotnej głębokości wnikania fali elektromagnetycznej.
- Dla zapewnienia zmniejszenia wpływu pól różnego rodzaju na praktyce często stosuje się **wielu warstwowe ekrany** z różnych materiałów.

3.2.2. Tłumienie pola magnetycznego przez skręcanie par przewodów

Pole zmienne magnetyczne o indukcyjności B powoduje powstanie w obwodzie o powierzchni S siły elektro motorycznej

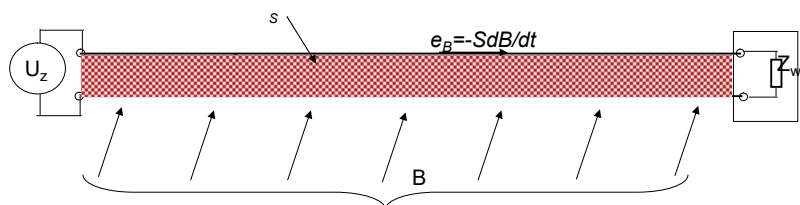
$$e_B = -\frac{d\Phi}{dt} = -S \frac{dB}{dt}$$

gdzie Φ – jest strumień magnetyczny, B – jest gęstość strumienia magnetycznego. To znaczy, że wpływ zmiennego pola magnetycznego jest proporcjonalny do powierzchni obwodu.

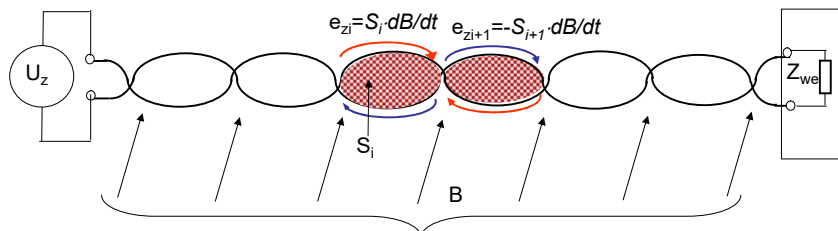


Dla zmniejszenia wpływu takiego pola należy unikać pętli przewodów oraz długich dwu przewodowych kabli.

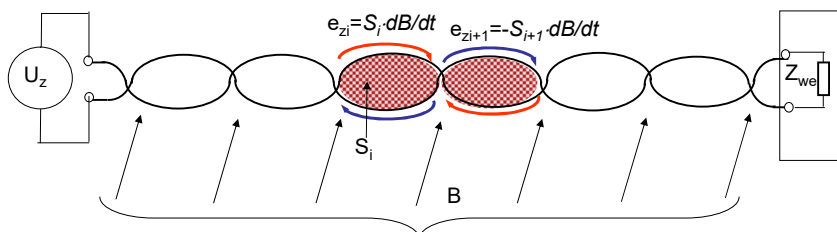
3.2.2. Tłumienie pola magnetycznego przez skręcanie par przewodów



Skutecznym przeciwdziałaniem wpływu pola magnetycznego jest skręcanie par dwu przewodowych kabli



3.2.2. Tłumienie pola magnetycznego przez skręcanie par przewodów



Rekomendacje:

- Unikać długich kabli
- Unikać pętli
- Separować linii zasilania od linii sygnałów pomiarowych
- Wykorzystanie skręconych par przewodów

Efektywność skręcania zależy od jednakowości powierzchni pętli, liczba pętli musi być dużą i parzystą.

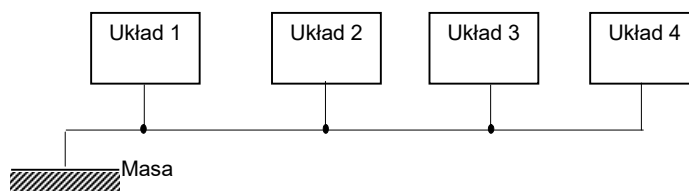
3.2.3. Uziemienie

Dla prawidłowej transmisji, przetwarzania i wykorzystania sygnałów pomiarowych elektrycznych wymagane jest istnienie punktów lub płaszczyzn ekwipotencjalnych (stałych w czasie i niezależnych od przepływających prądów).

Te punkty lub płaszczyzny odniesienia w danym układzie, zespole lub systemie pomiarowym stanowią tzw. masę.

Nazywa się ona również uziemieniami dla sygnałów pomiarowych.

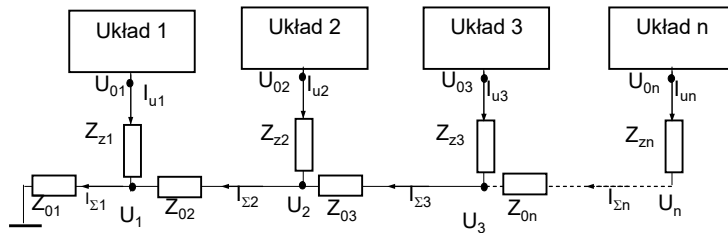
W praktyce płaszczyzny odniesienia posiada niezerową impedancją (rezystywnością) (zależną od materiału, jej długości, szerokości i grubości oraz częstotliwości sygnałów) i dla tego płaszczyzna odniesienia przy obecności przepływających prądów nie jest ekwipotencjalną.



W takiej sytuacji przy dołączeniu źródła sygnału oraz odbiornika do takiej płaszczyzny w dostatecznych odległych punktach pomiędzy tymi punktami powstaje różnica potencjałów, która powoduje błędy transmisji (przetwarzania) sygnału pomiarowego.

3.2.3. Uziemienie

Przykładem powstania nieekwipotencjalności jest uziemienie jedno punktowe szeregowe, układ zastępczy jest pokazany niżej.



Własny potencjał odniesienia pierwszego układu wynosi:

$$U_{01} = U_1 + I_{u1}Z_{z1}$$

gdzie

$$U_1 = I_{\Sigma 1}Z_{01} = (I_{u1} + I_{u2} + I_{u3} + \dots + I_{un})Z_{01}$$

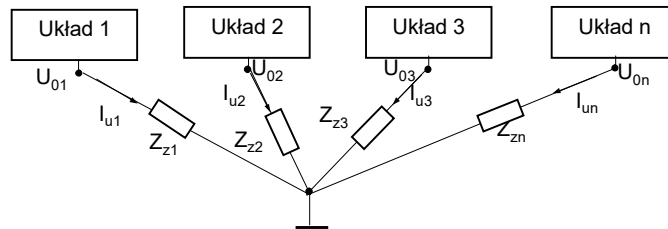
- potencjał punkcie w pierwszym punkcie uziemienia.

Podobnie, własne potencjały odniesienia drugiego i trzeciego punktów wynoszą:

$$U_{02} = U_2 + I_{u2}Z_{z2} \quad U_{03} = U_3 + I_{u3}Z_{z3}$$

3.2.3. Uziemienie

Dla uniknięcia wzajemnych wpływów prądów od różnych układów należy wykorzystać jednopunktowe uziemienie równoległe



Przy takim uziemieniu potencjały odniesienia układów ($U_{01}, U_{02}, U_{03}, \dots, U_{0n}$) są zależny tylko od wartości własnych prądów oraz rezystancji uziemienia ($Z_{z1}, Z_{z2}, Z_{z3}, \dots, Z_{zn}$).

Mogą być stosowane jednopunktowe uziemienia mieszane (szeregowo-równoległe).

3.2.3. Uziemienie

Należy pamiętać że rezystancja uziemienia zależy nie tylko od materiału i wymiarów geometrycznych (szerokość, długość, grubość) jednak także w dużym stopniu od częstotliwości (długości fali) sygnałów w danym obwodzie pomiarowym.

Przy stosunkowo małych (w porównaniu do długości fali) odległościach pomiędzy punktami płaszczyzny ($L/\lambda < 1/20 = 0.05$) wartość impedancji równa się:

$$Z \cong k \cdot R_{DC} L/W, [\Omega/\square],$$

gdzie R_{DC} , $[\Omega/\square]$ - rezystancja powierzchniowa dla prądu stałego;

$k = R_{RF}/R_{DC}$ - współczynnik, wyrażający stosunek rezystancji na prądzie zmiennym oraz stałym.

Przy $L/\lambda = 1/8 = 0,125$ wartość impedancji równa się:

$$Z = 2k \cdot R_{DC} L/W, [\Omega/\square].$$

A przy $L/\lambda > 1/8 = 0,125$ wartość impedancji może mieć znacznie większe wartości.

3.2.3. Uziemienie

Przykładowo, dla płaszczyzny odniesienia (uziemienia) wykonanej z miedzi przy $L \cong 0,5$ m, szerokości $W \cong 5$ mm, częstotliwości $f \cong 100$ kHz ($\lambda \cong 3$ km) obliczamy $[\Omega/\square]$, $L/\lambda = 0.17 \cdot 10^{-3} < 1/20$, dla tego

$$Z \cong R_{RF} L/W = 8.22 \cdot 10^{-5} \cdot 0.5 / 0.005 = 8.22 \text{ m}\Omega$$

Taka sama płaszczyzna wykonana ze stali ($\mu_w \cong 1000$, $\sigma_w \cong 0.1$) ma impedancję o wartości 100 razy większą.

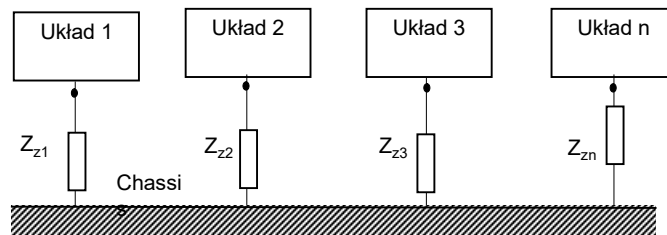
Przy częstotliwości powyżej 10 MHz oraz dużej odległości układów od wspólnego punktu uziemienia może okazać się że niektóre z rezystancji uziemienia ($Z_{z1}, Z_{z2}, Z_{z3}, \dots, Z_{zn}$) są duże (wzrost długości powoduje wzrost wpływu składowej indukcyjnościowej) .

3.2.3. Uziemienie

W takich przypadkach jest rekomendowane uziemienie wielopunktowe.

Przy tym płaszczyzny uziemienia obecnie są wykonywane z cienkiej warstwy srebra lub nawet złota pokrywającej praktycznie w całości elementy konstrukcyjne (tak zwane chassis) układu.

Uziemienie jest wykonywane krótkimi przewodami o małej indukcyjności.



3.2.3. Uziemienie

Dla zapewnienia skuteczności uziemienia w szerokim zakresie częstotliwości wykorzystuje się uziemienie kombinowane: jednopunktowe dla składowych niskoczęstotliwościowych, oraz przez kondensatory (o pomijalnie małych indukcyjnościach wyprowadzeń) wielopunktowe do chassis.

Rekomendacje:

- W realizacjach praktycznych systemów pomiarowych powinny być przewidywane co najmniej **trzy oddzielne systemy uziemienia**:

dla **sygnałów** (obwodów) **analogowych pomiarowych**;

dla **sygnałów** (obwodów) **cyfrowych**;

dla **uziemienia ochronnego**,

które mogą mieć połączenie tylko w jednym punkcie.

3.2.3. Uziemienie

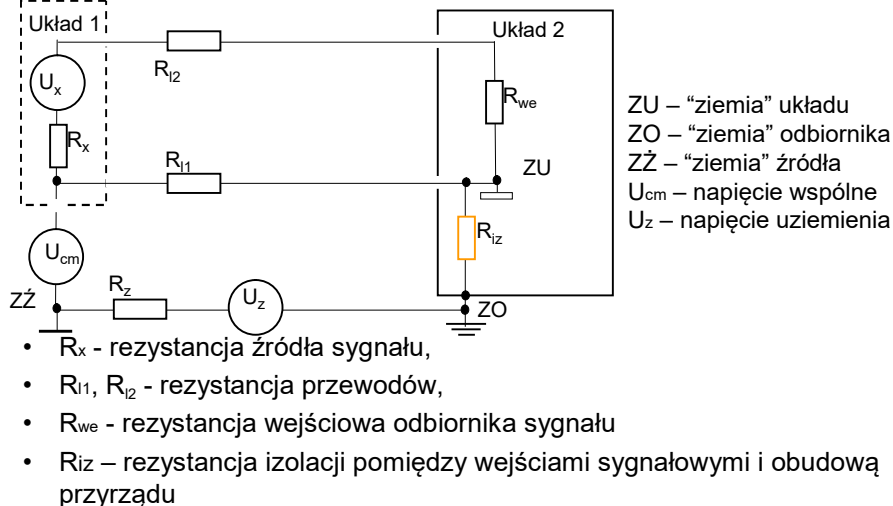
Dla zapewnienia skuteczności uziemienia w szerokim zakresie częstotliwości wykorzystuje się uziemienie kombinowane: jednopunktowe dla składowych niskoczęstotliwościowych, oraz przez kondensatory (o pomijalnie małych indukcyjnościach wyprowadzeń) wielopunktowe do chassis.

Rekomendacje:

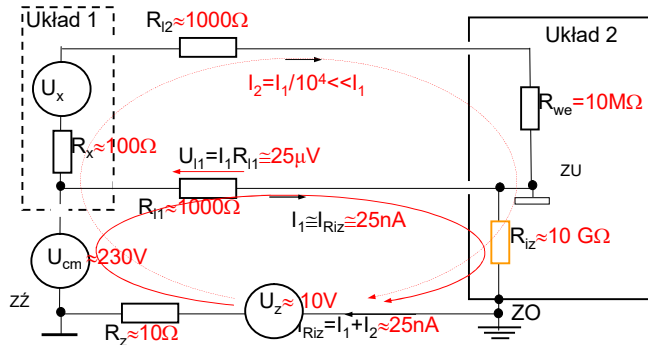
- Rezystancja przewodów oraz warstw uziemiających zależy od ich materiału i parametrów geometrycznych oraz częstotliwości sygnałów.
- W zakresie małych częstotliwości (do ok. 1 MHz) rekomenduje się uziemienie jednopunktowe równoległe.
- W zakresie dużych częstotliwości (powyżej ok. 10 MHz) rekomenduje się uziemienie wielopunktowe krótkimi przewodami do płaszczyzny odniesienia w postaci cienkiej warstwy srebra lub nawet złota pokrywającej praktycznie w całości elementy konstrukcyjne (tak zwane chassis) układu.

3.3. Zabezpieczenie (ekranowanie) ekwipotencjalne

3.3.1. Typowe połączenie obiektu oraz narzędzi pomiarowego



3.3.1. Analiza wpływu zakłócenia wspólnego

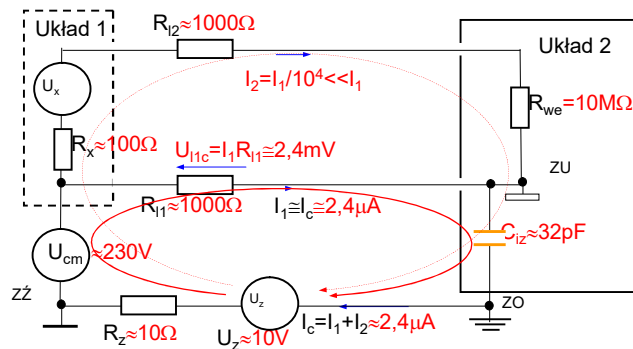


$$I_{R_{iz}} \cong I_1 = \frac{U_{cm} + U_z}{R_{iz} + R_z + R_{11} \parallel R_{2, sum}} \cong \frac{U_{cm} + U_z}{R_{iz}} \quad I_{R_{iz}} \cong (230 + 10)V / 10 G\Omega \approx 25 nA$$

$$U_{11} = 25 nA \cdot 1000 \Omega = 25 \mu V$$

3.3.1. Analiza wpływu zakłócenia wspólnego przez C_{iz}

Jeszcze gorsza sytuacja występuje w skutek działania pojemności pasozytniczej C_{iz} pomiędzy obudową odbiornika a obwodem wspólnym

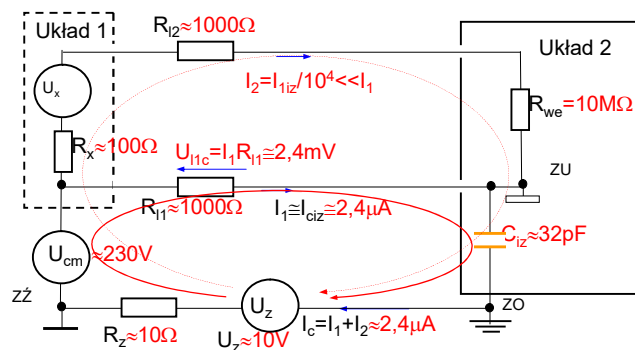


Typowa wartość pojemności wynosi około kilku dziesiąt pikofarad: przyjmijmy $C_{iz} \approx 32 pF$.

Wtedy na częstotliwości sieciowej ($f=50 Hz$) impedancja tej pojemności wynosi

$$Z_{C_{iz}} = 1 / (2\pi f C_{iz}) \cong 1 / (314 \cdot 32 \cdot 10^{-12}) \cong 100 M\Omega$$

3.3.1. Analiza wpływu zakłócenia wspólnego przez C_{iz}



$$I_1 \cong I_{C_{iz}} = \frac{U_{cm} + U_z}{Z_{C_{iz}} + R_z + R_{11} \parallel R_{2sum}} \cong \frac{U_{cm} + U_z}{Z_{C_{iz}}} = (U_{cm} + U_z) 2\pi f C_{iz} \quad I_{11} \cong I_{C_{iz}} \cong 240V \cdot 10^{-8} Sm \approx 2,4 \mu A$$

Wartość napięcia zakłócającego normalnego wynosi

$$U_{11} \approx 2,4 \mu A \cdot 1000 \Omega \approx 2,4 mV.$$

3.2.2. Współczynnik tłumienia zakłócenia wspólnego

Stopień szkodliwości zakłócenia wspólnego zależy od stopnia jego przekształcenia w zakłócenie normalne.

• Stopień takiego przekształcenia charakteryzuje się przez **współczynnik tłumienia zakłócenia wspólnego** (Common Mode Rejection Ratio, **CMRR**).

• **CMRR jest to stosunek wartości maksymalnej zakłócenia wspólnego do wartości maksymalnej spowodowanego nim zakłócenia normalnego obecnie wyrażana w decybeli**

$$CMRR = 20 \lg \left| \frac{U_{cm,max}}{U_{nm,max}(U_{cm})} \right|$$

3.2.2. Współczynnik tłumienia zakłócenia wspólnego

- Współczynniki tłumienia zakłóceń wspólnych są wyrażany tylko przez wartości rezystancji oraz pojemności izolacji (z jednej strony) i rezystancji linii pomiędzy źródłem odbiornikiem sygnału (z innej strony) parametry, a mianowicie:

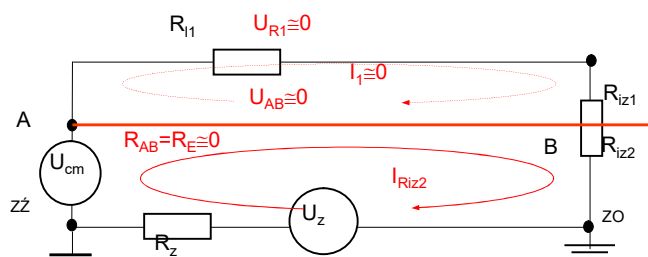
- na prądzie stałym:
$$CMRR_{R_{iz}} = 20 \lg \left[\frac{U_{cm} + U_z}{U_{R_{iz},n}} \right] \approx 20 \lg \left(\frac{R_{iz}}{R_{l1}} \right)$$

- na prądzie przemiennym
$$CMRR_{C_{iz}} = 20 \lg \left[\frac{U_{cm} + U_z}{U_{C_{iz},n}} \right] \approx 20 \lg \left(\frac{1}{2\pi f C_{iz} R_{l1}} \right)$$

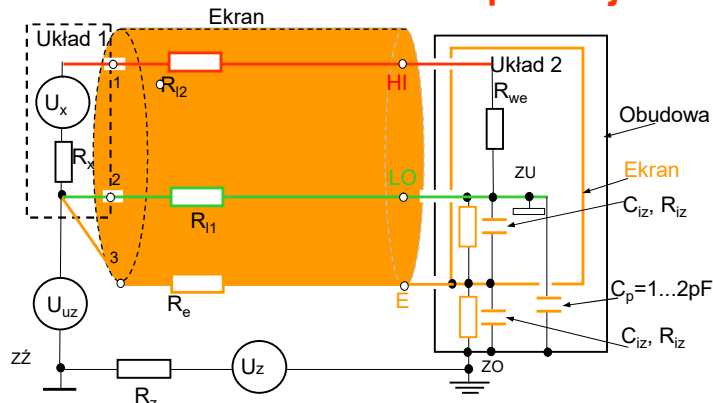
- $CMRR_{R_{iz}} \cong 20 \lg(5 \text{ G}\Omega / 1000 \Omega) = 20 \lg(5 \cdot 10^6) \approx 134 \text{ dB}$ (tłumienie 5 mln razy),
- $CMRR_{C_{iz}} \cong 20 \lg[100 \text{ M}\Omega / 1000 \Omega] = 20 \lg(100000) \approx 100 \text{ dB}$ (tłumienie 100 tys. razy).

3.3.3. Ekranowanie ekwipotencjalne

- Jeżeli za pośrednictwem przewodu z zerową rezystancją ($R_E=0$) połączyć punkt A (punkt oddziaływania zakłócenia wspólnego) z płaszczyzną B (która też ma zerową rezystancję i przecina izolację pomiędzy obudową i nisko potencjalnym wejściem), jak jest pokazano na rys. , wtedy prąd ($I_{R_{iz2}}$) od źródeł zakłócających będzie płynąć w obwodzie utworzonym tymi przewodami i płaszczyzną, omijając obwód z przewodem sygnałowym ($I_{l1}=0$).



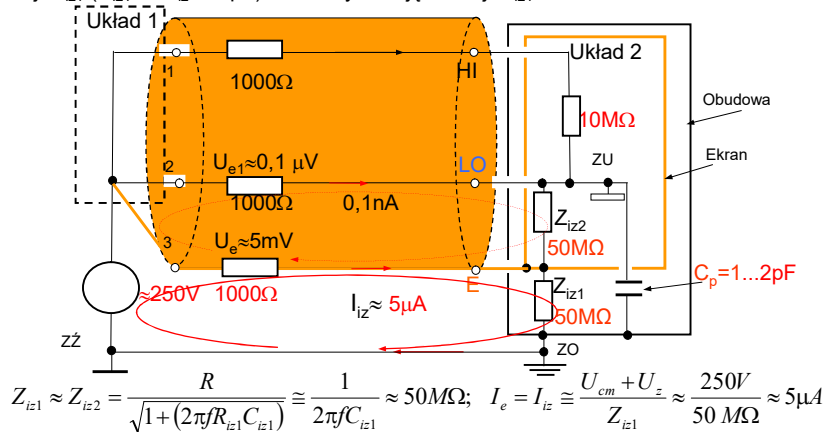
3.3.3. Ekranowanie ekwipotencjalne



- W układzie z ekranowaniem ekwipotencjalnym ma miejsce się dwustopniowe przekształcenie zakłócenia wspólnego w zakłócenie normalne.

3.3.3. Ekranowanie ekwipotencjalne

- Na pierwszym stopniu zakłócenia wspólne powodują prąd zakłócający przez rezystancję ekranu R_e zależny tylko od wartości impedancji połączenia poprzez pojemność izolacji C_{iz1} ($C_{iz1} = 2 \cdot C_{iz} \approx 64 \text{ pF}$) oraz rezystancję izolacji R_{iz1}



$$Z_{iz1} \approx Z_{iz2} = \frac{R}{\sqrt{1 + (2\pi f R_{iz1} C_{iz1})^2}} \approx \frac{1}{2\pi f C_{iz1}} \approx 50 \text{ M}\Omega; \quad I_e = I_{iz} \approx \frac{U_{cm} + U_z}{Z_{iz1}} \approx \frac{250 \text{ V}}{50 \text{ M}\Omega} \approx 5 \mu\text{A}$$

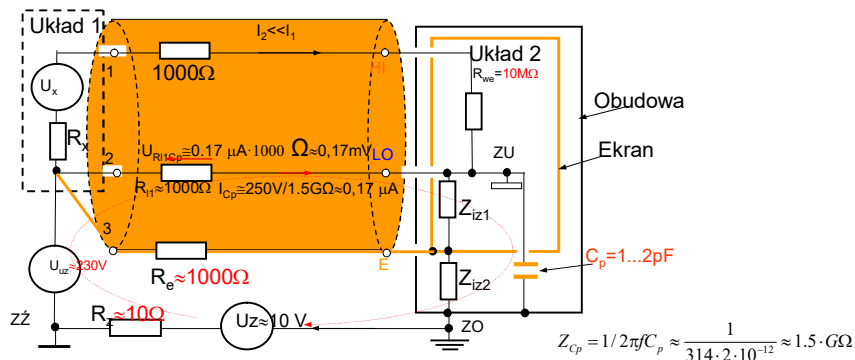
Wartość spadku napięcia na ekranie: $U_e = 5 \mu\text{A} \cdot 1000 \Omega = 5 \text{ mV}$

Wartość prądu przez izolację Z_{iz2} : $I_{iz2} = U_e / Z_{iz2} \approx 5 \text{ mV} / 50 \text{ M}\Omega = 0.1 \text{ nA}$

Wartość spadku napięcia na rezystancji przewodu R_{i1} : $U_{i1} = 0.1 \text{ nA} \cdot 1000 \Omega = 0.1 \mu\text{V}$

3.3.3. Ekranowanie ekwipotencjalne

Jednak w tym przypadku oprócz rezystancji i pojemności izolacji pomiędzy linią sygnałową a ekranem (R_{iz2} , C_{iz2}) oraz pomiędzy ekranem i obwodami źródeł zakłócających (R_{iz1} , C_{iz1}) występuje pasożytnicza (prześciowa) pojemność C_p pomiędzy linią sygnałową a obwodami źródeł zakłócających (obudową).

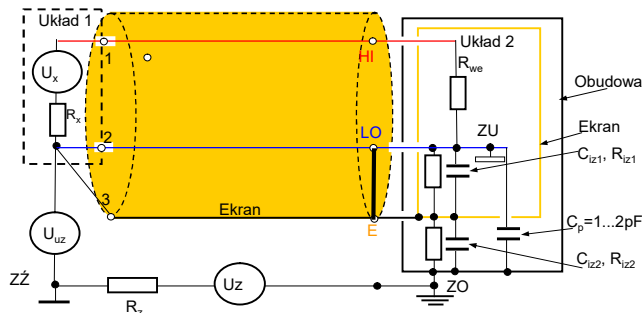


$$CMRR_{C_p} = 20 \lg \left[\frac{(U_{cm} + U_z)}{U_{C_p, n}} \right] = 20 \lg \left(\frac{1}{2\pi f C_p R_{L1}} \right)$$

$$CMRR_{C_p} \approx 20 \lg \left[\frac{1}{(6,28 \cdot 10^{-10} \text{ Sm} \cdot 1000 \Omega)} \right] \approx 125 \text{ dB}$$

Nieprawidłowe połączenie obiektu i miernika

Często podczas pomiarów w celu „uproszczenia” połączeń obiektu badanego i miernika w ostatnim łączą zaciski LO (potencjał niski) oraz E (ekran)



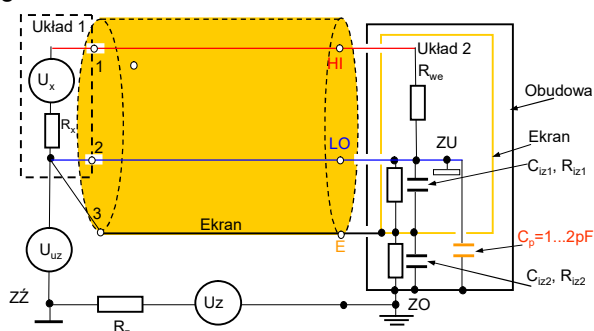
Przy takim połączeniu traci się skuteczność ekranowania ekwipotencjalnego.

Ponieważ wtedy oddziaływanie napięcia wspólnego odbywa się przez izolację C_{iz2} , R_{iz2} zamiast pojemności prześciowej C_p , która w kilku dziesiąt razy jest mniejsza od pojemności C_{iz2} .

Nieprawidłowe połączenie obiektu i miernika

Rekomendacje:

- w celu skutecznego tłumienia zakłóceń wspólnych należy stosować ekranowanie ekwipotencjalne;
- na obiekcie badanym ekran należy podłączać w jak najbliższym punkcie do oddziaływania zakłócenia wspólnego;
- po stronie miernika nie można łączyć zaciski LO (potencjał niski) oraz E (ekran), w wyniku czego traci się skuteczność ekranowania ekwipotencjalnego.



Obliczanie wartości błędu przez ograniczona wartością współczynnika tłumienia zakłócenia wspólnego

Jeżeli wartość maksymalna sygnału wspólnego wynosi $U_{\max, \text{wsp}}$ wtedy przy współczynniku tłumienia CMRR maksymalna wartość napięcia normalnego $U_{\max, \text{norm}}$, w które zostało transformowane napięcie wspólne równa się

$$U_{\max, \text{norm}} = U_{\max, \text{wsp}} \cdot 10^{-\frac{\text{CMRR}}{20}}$$

Na przykład, przy $U_{\max, \text{wsp}} = 230 \text{ V}$ oraz $\text{CMRR} = 100 \text{ dB}$ maksymalna wartość napięcia normalnego $U_{\max, \text{norm}}$, w które zostało transformowane napięcie wspólne równa się

$$U_{\max, \text{norm}} = 230 \text{ V} \cdot 10^{-\frac{100}{20}} = 2,3 \text{ mV}$$

Sumaryczny współczynnik tłumienia zakłócenia (napięcia) wspólnego

Jeżeli karta pomiarowa zapewnia tłumienie napięć wspólnego oraz normalnego (szeregowego) wtedy sumaryczny współczynnik napięcia wspólnego równa się sumie współczynników

CMMR+NMRR

dla którego maksymalna wartość błędu, spowodowanego tym zakłóceniem równa się

$$\Delta_{\max} = U_{\max, \text{wsp}} \cdot 10^{-\frac{\text{CMMR} + \text{NMRR}}{20}}$$

Na przykład, przy $U_{\max, \text{wsp}} = 230 \text{ V}$ oraz CMMR=100 dB i NMRR=40 dB maksymalna wartość błędu, spowodowanego zakłóceniem wspólnym równa się

$$\Delta_{\max} = 230 \text{ V} \cdot 10^{-\frac{100+40}{20}} = 23 \text{ mV}$$