

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 58

Zdzisław Kuśmirek

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIÓRNIKÓW SYGNAŁÓW -
- DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

Warszawa - październik 1982

S-9177

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
BIBLIOTEKA NAUKOWA

Nr 5-9177

Zespół Redakcyjny

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stagrowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

inż. Zdzisław Kuśmirek

Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych /Z-12/

Instytut Łączności

04-094 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-383

Praca nr 1.1.06.B.01.01.

Opiniował: prof. dr inż. Jerzy Dudziewicz

Maszynopis dostarczono dnia 3 listopada 1982 r.

W referacie podano definicje i metody pomiarowe związane z symetrią doziemną teletransmisyjnej aparatury pomiarowej zgodne z Zaleceniem 0.121 z Zielonej Księgi CCITT /powtórzonym w kolejnych księgach Pomarańczowej i Żółtej/. Dokonano analizy szczegółowej jednej miary symetrii - tłumienności asymetrii doziemnej wejść odbiorników sygnałów podając relację między "starą" i "nową" /zalecaną/miara symetrii oraz wyniki pomiarów sprawdzających wyprowadzone wzory.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 26.XI.1982 r.
Nakład 40 egz.

Zdzisław Kuśmirek

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIORNIKÓW SYGNAŁÓW -
- DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

S P I S T R E Ś C I

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Zależność między nową i starą miarą symetrii	1
3. Wyniki badań	7
Wykaz literatury	14

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIORNIKÓW SYGNAŁÓW -
- DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

1. Wprowadzenie

Definicje i metody pomiarowe dotyczące symetrii doziemnej teletransmisyjnej aparatury pomiarowej podano w Zaleceniu 0.121 [1] które zostało powtórzone w [2,3] /por. tablica 1/. Natomiast wartości liczbowe dotyczące symetrii wejść odbiorników sygnałów zalecane przez CCITT przedstawiono w tablicy 2.

Zagadnienia te są nadal dyskutowane w XVI Komisji Studiów CCITT. Ze względu na złożoność zagadnienia w niniejszym referacie ograniczono się do analizy jednej miary symetrii, ściślej do jednej jej logarytmicznej postaci - tłumienności asymetrii doziemnej wejść odbiorników-sygnałów. Podano tu zależność między starą i nową miarą asymetrii oraz wyniki badań sprawdzających przyjęte założenia.

2. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY NOWĄ I STARĄ MIARĄ SYMETRII

Układ wejściowy badanego wejścia odbiornika sygnałów /np. miernika poziomu/ można przedstawić w postaci trójkąta impedancji Z_1 , Z_2 , R /por. rys. 1/.

Dotychczas stosowana /stara/ miara symetrii - tłumienność asymetrii

$$A_s = 20 \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| \quad [\text{dB}] \quad /1/$$

stosowana była wówczas, gdy wejścia odbiorników były najczęściej transformatorowe, a więc gdy Z_1 i Z_2 były wielokrotnie większe od rezystancji R odtwarzającej znamionowe obciążenia. Pomiar jej dokonywany był w układzie mostkowym przedstawionym na rys. 2. Wynik pomiaru jest równy z definicji /por. wzór /1// różnicy poziomów napięć na wejściu $/p_1/$ i wyjściu $/p_2/$ mierzona zmniejszona o wartość 6 dB $\cong 20 \lg 2/$.

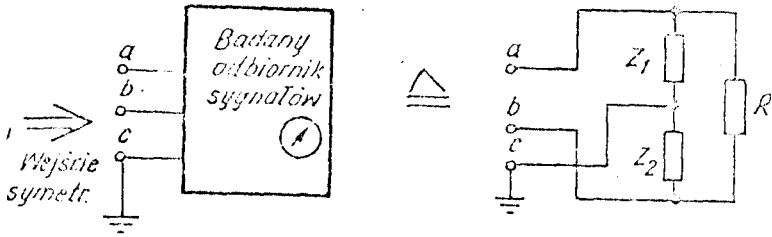
$$A_s = 20 \lg \left| \frac{U_1}{2 U_2} \right| = p_1 - p_2 - 6 \quad [\text{dB}] \quad /2/$$

Zestawienie nazw wielkości, wzorów, układów pomiarowych i interpretacji fizycznej miar symetrii doziemnej odbiorników sygnałów

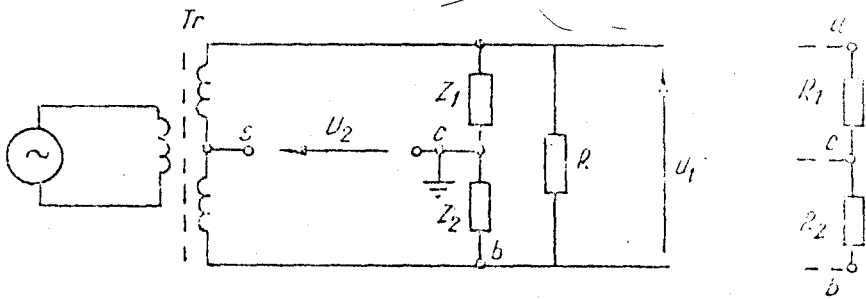
Nazwa wielkości		Wzór obliczeniowy	Układ pomiarowy	Interpretacja fizyczna ocenianych zjawisk
Angielska	Francuska			
impedance balance ratio	rapport d'équilibre d'impédance	$20 \log_{10} \left(\frac{V_1}{V_2} \right) [\text{dB}]$		Niewrażliwość układu wejściowego na napięcia wzdłużne indukowane w obu przewodach dołączonych do wejścia
common mode rejection ratio	rapport d'élimination dans le mode common	$20 \log_{10} \left(\frac{V_1}{V_2} \right) [\text{dB}]$		"Przechwyty" skutecznego układu wejściowego
signal balance ratio	rapport d'équilibre des signaux	$20 \log_{10} \left(\frac{V_1}{V_2} \right) [\text{dB}]$		Jednoczesne oddziaływanie obu wyżej podanych zjawisk na wejściu.

Wymagania CCITT /tom IV - Suplement 3.1/ na impedancję wejściową narzędzi do pomiaru poziomu

	Obwody telefoniczne	Obwody radiofoniczne	Grupy pierwotne i wtórne oraz systemy o 12; 60; 120; 300 i 600 kanałach	Grupy trójne, czwórne oraz systemy nośne o 900 i 1200 kanałach
Zakres częstotliwości	200 Hz - 4 kHz	30 Hz - 20 kHz	4 - 1400 kHz	60 kHz - 17 MHz
Impedancja wejściowa:				
- wejście znormowane	600 Ω /sym./	600 Ω /sym./	75 Ω /asym./ lub 150 Ω , lub 600 Ω /sym. lub asym./	50 Ω lub 75 Ω /asym./
- wejście wysokoomowe co najmniej	20 x 10 ³ Ω /sym./	20 x 10 ³ Ω /sym./	nie zaleca się wykonywania pomiarów na wejściu wysokoomowym	
- tłumienność niedopasowania impedancji wejścia znormowanego względem wartości znamionowej	≥ 30 dB /35 dnp/	30 dB /35 dnp/	≥ 30 dB /35 dnp/	30 dB /35 dnp/
- tłumienność asymetrii względem ziemi dla wejść jak wyżej	≥ 40 dB /46 dnp/	≥ 60 dB /70 dnp/	≥ 40 dB /46 dnp/	-



Rys. 1. Symetryczne wejście badanego odbiornika sygnałów i jego układ zastępczy



Rys. 2. Układ do pomiaru "starej" miary asymetrii

Wynik pomiaru tłumienności asymetrii /por. wzory /1/ i /2// można wykonywać w inny sposób:

a/ zwierając zaciski a i c lub b i c doprowadza się wskazanie miernika poziomu do wartości $p_2' = 0$ dB,

b/ rozwierając ww. zaciski otrzymuje się wskazanie miernika poziomu p_2'' , wówczas tłumienność asymetrii $A_s = -p_2''$ /eliminuje się straty wprowadzona przez transformator Tr por. rys. 2/.

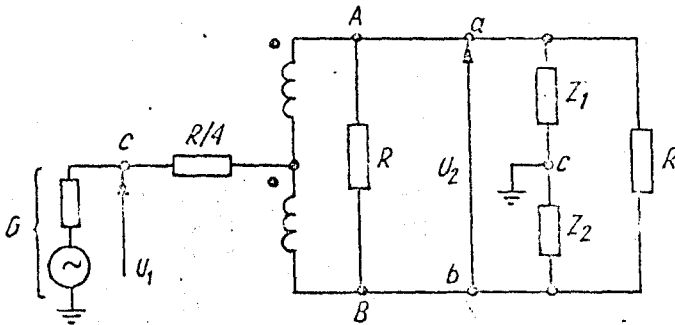
Stosowane obecnie mostkowe układy do pomiaru tłumienności asymetrii są wykonywane w postaci samodzielnych przystawek, np. MINA - 1 /ZOTAP/, ETM - 7 /Elektronika - WRL/ lub też specjalnych wkładek wbudowanych w standardowe mierniki poziomu, np. MU 211 /FMW Leipzig - NRD/.

Nowa miara symetrii, zwana dalej /por. tabl. 1/ symetrią impedancyjną, powinna być mierzona zgodnie z Zaleceniem 0.121 [1,2,3,4] w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 3.

Jej wartość /tłumienność asymetrii impedancyjnej/ oblicza się z następującej zależności:

$$A_i = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \quad [\text{dB}]$$

131



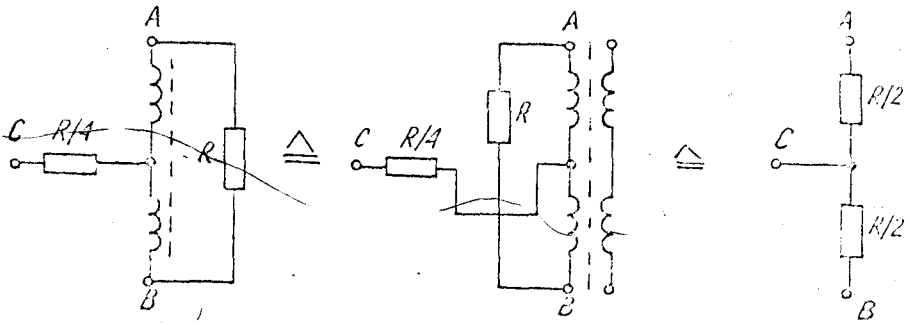
Rys. 3. Układ do pomiaru "nowej" miary asymetrii /wg zaleceń 0.121 CCITT/

Napięcia U_1 i U_2 powinny być mierzone, podobnie jak w układzie na rys. 2, woltmierzem /miernikiem poziomu napięcia/ o wielkiej impedancji wejściowej $\gg R$ w taki sposób, aby jego dotychczas nie zmieniało symetrii badanego wejścia. Jest to dość kłopotliwe i dlatego konieczne staje się zastosowanie transformatorowego wzorca symetrii, którego schemat i równoważne układy zastępcze /przy założeniu odpowiednio wielkiej indukcyjności uzwojenia AB przedstawiono na rys. 4.

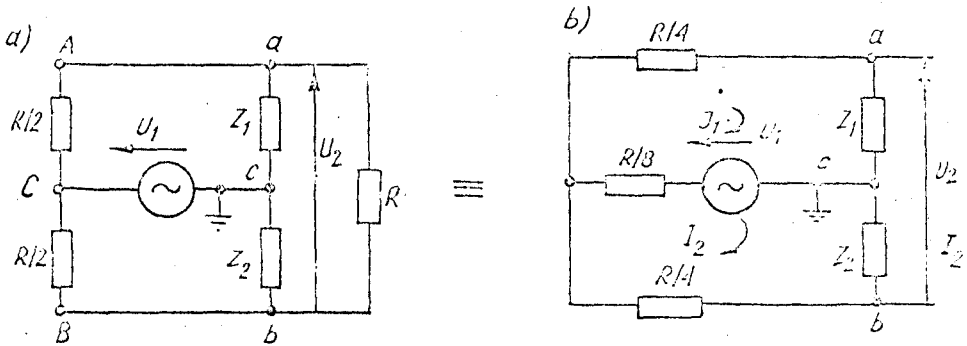
Przekształcając układ pomiarowy z rys. 3 w równoważny mostek /por. rys. 4 i rys. 5a/ a następnie po zamianie trójkąta impedancji abc /R, R/2, R/2/ w gwiazdę otrzymuje się uproszczony układ mostka /por. rys. 5b/.

Rozwiązując układ równań /4/ tego mostka

$$\left. \begin{aligned} I_1 \left(\frac{3}{8} + Z_1 \right) + I_2 \left(-\frac{R}{8} \right) &= U_1 \\ I_1 \left(-\frac{R}{8} \right) + I_2 \left(\frac{3}{8} R + Z_2 \right) &= -U_1 \\ I_1 Z_1 + I_2 Z_2 &= U_2 \end{aligned} \right\} \quad /4/$$



Rys. 4. Transformatorowy wzorec symetrii i jego równoważne układy zastępcze



Rys. 5. Układ do pomiaru asymetrii: a/ równoważny mostek zastępujący mostek z rys. 3, b/ uproszczony układ mostka

otrzymuje się zależność następującą:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R^2 + 3R/Z_1 + Z_2/ + 8Z_1Z_2}{2R/Z_2 - Z_1/} \quad 15/$$

skąd tłumienność asymetrii impedancyjnej wejścia odbiornika sygnałów

$$A_i = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right| = 20 \lg \left| \frac{R^2 + 3R/Z_1 + Z_2/ + 8Z_1Z_2}{2R/Z_2 - Z_1/} \right| \quad 16/$$

Przyjmując $Z_1 \approx Z_2 = Z$, oraz oznaczając $\frac{Z_2 - Z_1}{R} = \sigma$ i $(Z/R) = z$ otrzymuje się

$$A_i \approx 20 \lg \left[\frac{|1 + 6z + 8z^2|}{4|z|} \cdot \frac{2|z|}{\sigma} \right] = A_s + 20 \lg \frac{|1 + 6z + 8z^2|}{4|z|} \quad [\text{dB}]$$

Z powyższej relacji wynika zależność między nową A_i i starą A_s miarą symetrii. Różnica między tymi miarami - ściśle między tłumiennościami asymetrii wynosi

$$A_i - A_s = 20 \lg \left| \frac{3}{2} + 2z + \frac{1}{4z} \right| \quad [\text{dB}]$$

Jest ona co najmniej równa 3,5 dB /dla $|z| \approx 0,35$ i $\varphi = \pm 90^\circ$).

W praktyce /por. rys. 6a i 6b/ $z \gg 1$, dlatego też nowa miara tłumienności asymetrii jest większa od starej o kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt decybeli dla tego samego wejścia odbiornika /miernika poziomu/. Maksymalne różnice występują zwykle dla małych częstotliwości.

3. WYNIKI BADAŃ

W celu potwierdzenia podanych wyżej zależności przeprowadzono badania układów pomiarowych /por. rys. 2 i 3/ wykorzystując do ich budowy dostępne transformatory liniowe bądź transformatory symetryzująco - ekranujące jako wzorce symetrii ABC /rys. 4/.

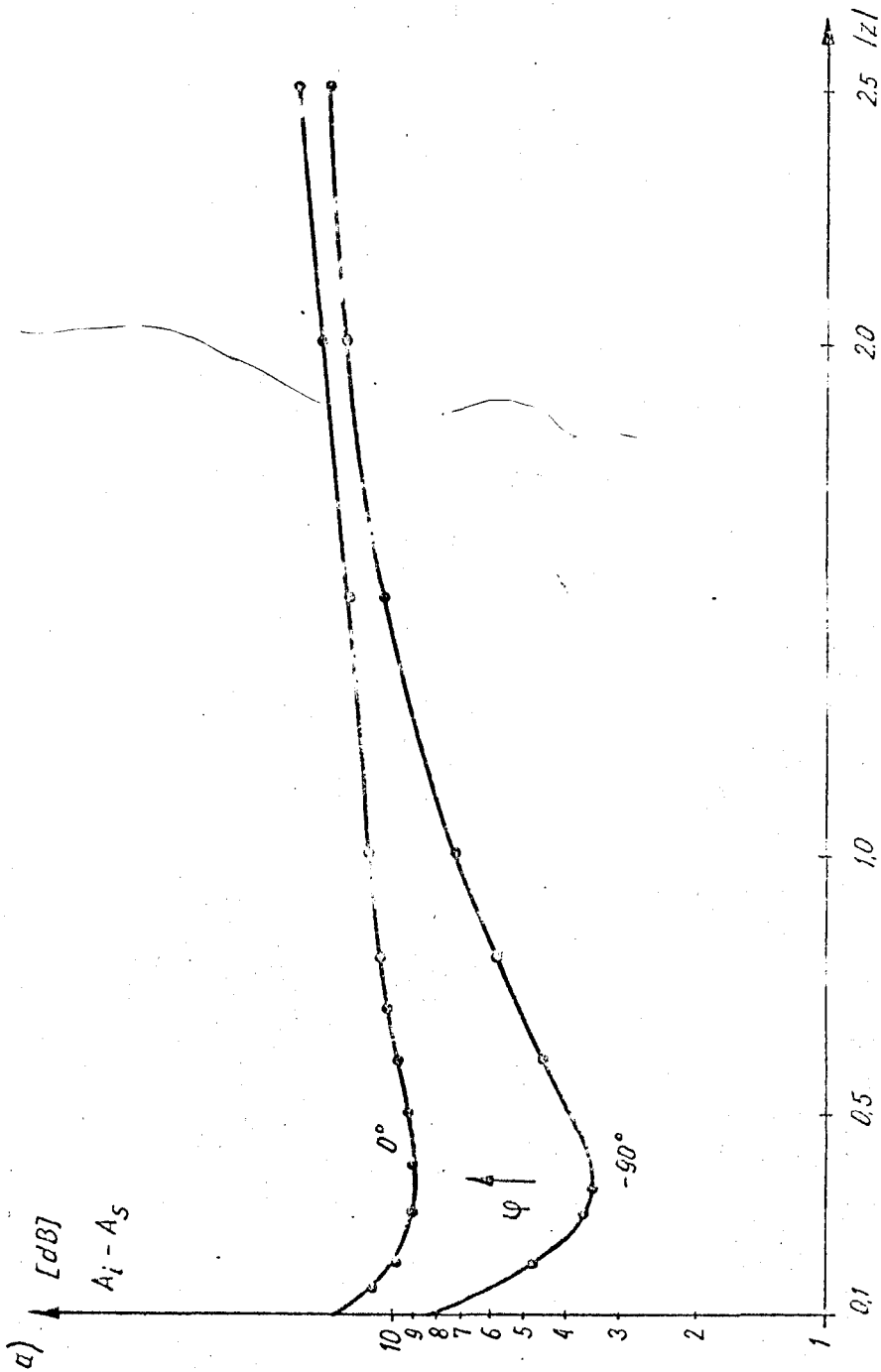
Do badań zastosowano:

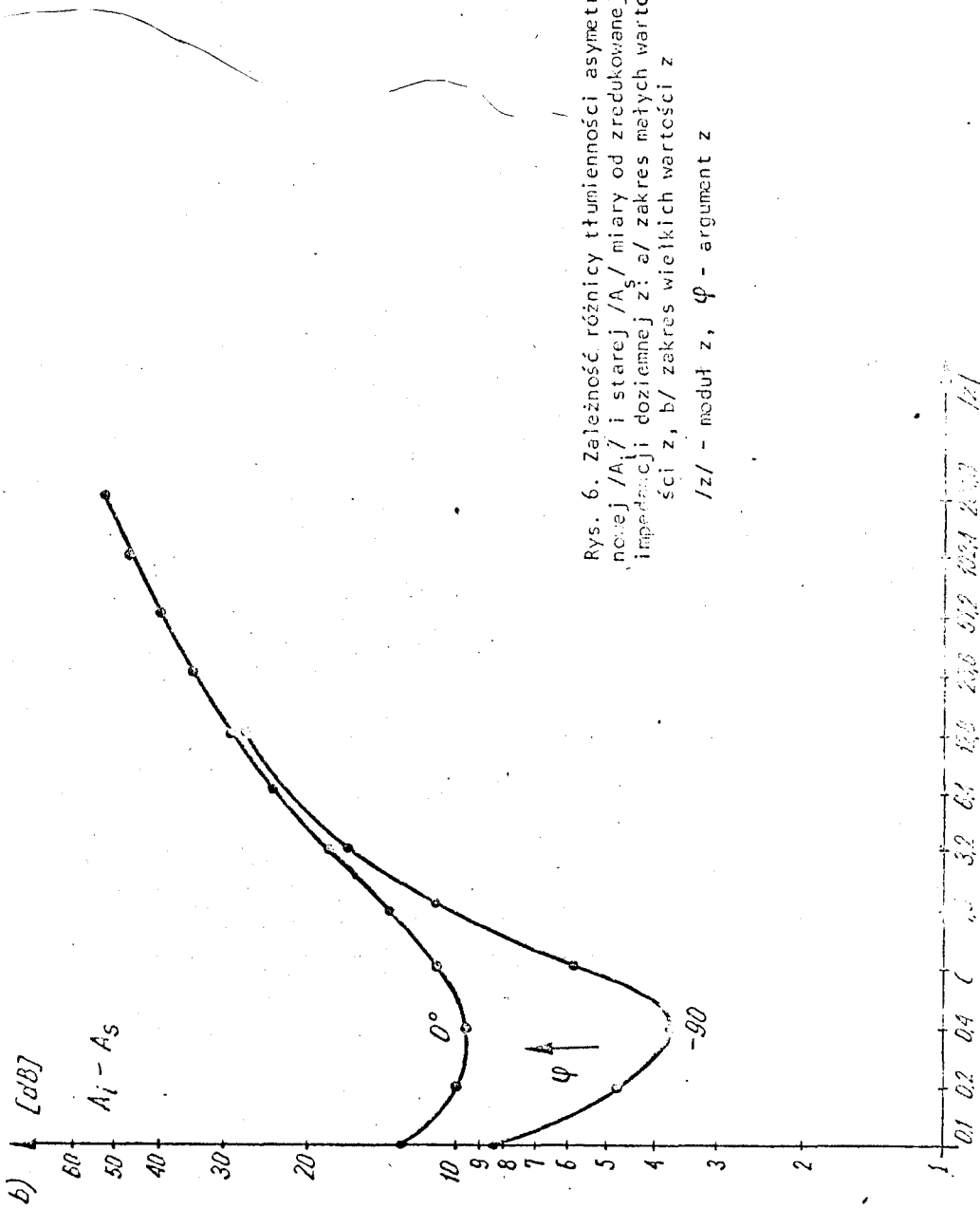
- a/ transformator liniowy typu T0 TrL - 531 /PZT/ o przekładni oporowej $135\Omega / 175\Omega$,
- b/ transformator symetryzująco - ekranujący typu ZYE 1005 /Ericsson/ o przekładni oporowej $600\Omega / 60\Omega$.

Symetrię obu transformatorów zmierzono w typowym układzie do pomiaru tłumienności asymetrii transformatora liniowego /por. s. 315 [4]/ z zastosowaniem symetrycznego dławika z zakończenia czwórki kablowej typu B 327 /Siemens/ jako indukcyjnego wzorca symetrii $A_s \gg 100 \text{ dB}$.

Wartość tak zmierzonej tłumienności asymetrii, w zakresie częstotliwości 20 Hz - 20 kHz, wynosiła:

- $\gg 77 \text{ dB}$ dla transformatora PZT,





Rys. 6. Zależność różnicy tłumienności asymetrii nowej / A_i / i starej / A_s / miary od zredukowanej impedancji doziemnej z : a/ zakres małych wartości z , b/ zakres wielkich wartości z
 $|z|$ - moduł z , φ - argument z

0.1 0.2 0.4 C 1 3.2 6.1 10 20 50 100 200 1000 10000 100000

- ≥ 79 dB dla transformatora Ericssona.

W związku z tym, że tłumienność asymetrii indukcyjnego wzorca symetrii jest większa o 20 dB od wartości zmierzonej, błąd pomiaru jest mniejszy od ± 1 dB.

Założono więc, że transformatory te mogą służyć jako kontrolne transformatorowe wzorce symetrii przy budowie układów pomiarowych przedstawionych na rys. 2 i 3.

Zastępując badany trójkąt abc /por. rys. 2/ trójkątem oporowym R_1, R_2 można symulować jego asymetrię własną A_w /przez zmianę rezystancji/.

$$A_w = 20 \lg \frac{R_1 + R_2}{|R_1 - R_2|} \quad [\text{dB}] \quad /9/$$

W rzeczywistym układzie pomiarowym rezystory R_1 i R_2 to rezystory dekadowe nastawiane w taki sposób, aby ich rezystancja wypadkowa $(R_1 + R_2)$ była w przybliżeniu równa rezystancji R z błędem mniejszym od $\pm 1\%$ względem znamionowej rezystancji równej:

- 150 Ω dla transformatora liniowego PZT,
- 600 Ω dla transformatora symetryzującego /Ericsson/.

Zastosowanie dekadowych wzorców rezystancji klasy 0,05 i ekranowanych przewodów łączących w badanych układach pomiarowych pozwala na przyjęcie za poprawną wartość tłumienności A_w obliczoną z wartości znamionowych R_1 i R_2 w zakresie częstotliwości akustycznych, z błędem $\leq \pm 0,3$ dB w zakresie $A_w \in 20 - 50$ dB.

Kryterium oceny przydatności transformatorów z wyprowadzonym środkiem symetrii jako wzorców symetrii jest spełnienie przez nie następującej nierówności:

$$A_s - 1 \leq A_s \leq A_w + 1 \quad [\text{dB}] \quad /10/$$

gdzie:

A_w - obliczona wartość tłumienności asymetrii oporowego trójkąta R_1, R_2 wstawionego do układu pomiarowego wg rys. 2 w gałąź abc /wg wzoru /9//,

A_s - wynik pomiaru asymetrii zgodnie z algorytmem wyznaczonym wzorem /2/.

T a b l i c a 3

Wyniki pomiarów asymetrii pary rezystorów R_1, R_2 w układzie pomiarowym wykonanym wg rys. 2 z transformatorem PZT $/R = 150\Omega/$

R_1	R_2	A_w	$A_s^{x/}$	$\Delta A = A_s - A_w$
Ω	Ω	dB	dB	dB
75,20	74,90	53,99	51,80/54,73	-2,19/+0,74
75,50	74,60	44,44	43,78/45,00	-0,56/+0,66
75,80	74,40	40,61	40,24/40,99	-0,37/+0,38
76,60	73,70	34,29	34,15/34,51	-0,14/+0,22
77,50	72,90	30,10	30,06/30,28	-0,04/+0,18
79,80	70,30	23,97	24,01/24,13	+0,04/+0,16
83,00	68,00	20,06	20,11/20,17	+0,05/+0,13

T a b l i c a 4

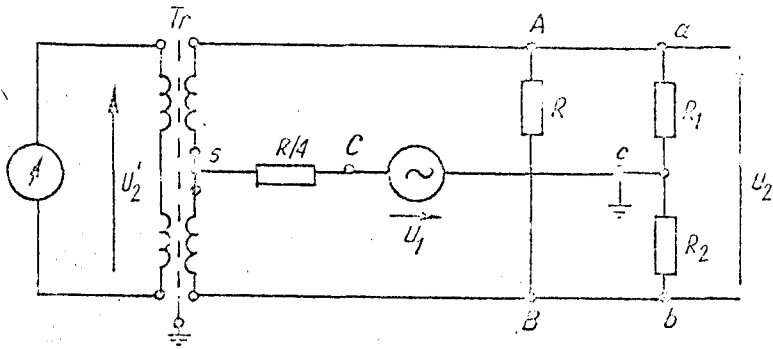
Wyniki pomiarów asymetrii pary rezystorów R_1, R_2 w układzie pomiarowym wg rys. 2 z transformatorem Ericssona $/R = 600\Omega/$

R_1	R_2	A_w	$A_s^{x/}$	$\Delta A = A_s - A_w$
Ω	Ω	dB	dB	dB
299,8	300,2	63,52	62,90/62,80	-0,62/-0,72
299,3	300,6	53,28	53,29/53,20	-0,08/+0,01
297,9	302,1	43,10	43,11/43,13	+0,01/+0,03
293,0	307,0	32,64	32,69/32,69	+0,05/+0,05
278,0	322,1	22,68	22,73/22,75	+0,05/+0,07
230,0	370,0	12,64	12,67/12,68	+0,03/+0,04

x/A_s - dwa wyniki pomiarów przed i po zamianie miejscami rezystorów R_1 i R_2 .

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach 3 i 4. Potwierdzają one słuszność ww. nierówności i poprawność założeń dotyczących zastosowania transformatorów z wyprowadzonym środkiem symetrii do budowy układów do pomiaru asymetrii.

W celu eksperymentalnego sprawdzenia poprawności relacji między nową i starą miarą asymetrii /por. p.2/ przeprowadzono badania nowego układu pomiarowego /mierzącego nową miarę asymetrii/ przedstawionego na rys.7.



Rys. 7. Układ do badania asymetrii impedancyjnej pary rezystorów R_1, R_2

Zmierzono tłumienność asymetrii impedancyjnej A_{im} pary rezystorów R_1, R_2 o wartościach tłumienności asymetrii A_w jak w układzie poprzednim /por. tabl. 3 i 4/. Jako wzorców symetrii użyto uzwojeń wtórnych z wyprowadzonym środkiem: transformatora Ericssona 600Ω oraz transformatora PZT 135Ω . Po stronie uzwojenia pierwotnego 160Ω i 175Ω dołączono miernik poziomu napięcia U_2' . Zmierzone napięcie U_2' różni się od napięcia U_2 z powodu przekładni transformatorów, różnej od jedności, co należy uwzględnić przy wykonywaniu pomiarów.

Wyniki pomiarów A_{im} przy 1 kHz i obliczeń A_w wg zależności // tłumienności asymetrii impedancyjnej trójkąta oporowego abc R_1, R_2 zestawiono w tablicach 5 i 6.

Z badań tych wynika, że błąd pomiaru tłumienności asymetrii /wg nowej miary/ trójkąta oporowego w układzie przedstawionym na rys. 7 dla transformatora Ericssona jest znacznie mniejszy od ± 1 dB i od 3 dB dla transformatora PZT. W związku z powyższym, została potwierdzona relacja między starą i nową miarą asymetrii oraz wyższość transformatorów symetryzująco-ekranujących nad transformatorami liniowymi do budowy układów do pomiarów asymetrii.

Znaczenie relacji /por. wzór // jest istotne z uwagi na fakt, że dotychczas wymagana przez CCITT wartość asymetrii wejściowej aparatury

T a b l i c a 5

Wyniki pomiarów asymetrii impedancyjnej pary rezystorów o tłumienności A_w /por. wzór 9/ w układzie pomiarowym wg rys. 7 z transformatorem PZT / $R = 150\Omega$ /

A_w	$A_{i0}^{x/}$	$A_{im}^{xx/}$	$\Delta A = A_{i0} - A_{im}$
dB	dB	dB	dB
53,99	62,78	61,50/56,46	+1,28/+6,32
44,44	53,23	52,81/50,40	+0,42/+2,83
40,61	49,40	48,20/46,60	+1,20/+2,80
34,29	43,08	42,50/40,7	+1,58/+2,38
30,10	38,89	37,10/36,60	+1,79/+2,29
23,97	32,75	31,30/30,90	+1,45/+1,86
20,06	28,83	27,4/27,4	+1,43/+1,43

T a b l i c a 6

Wyniki pomiarów asymetrii impedancyjnej pary rezystorów o tłumienności A_w /por. wzór 9/ w układzie pomiarowym wg rys. 7 z transformatorem Ericssona / $R = 600\Omega$ /

A_w	$A_{i0}^{x/}$	$A_{im}^{xx/}$	$\Delta A = A_{i0} - A_{im}$
dB	dB	dB	dB
63,52	80,46	79,48/79,91	+0,98/+0,55
52,64	69,58	69,48/69,49	+0,09/+0,09
43,10	60,04	59,52/59,57	+0,52/+0,47
32,64	49,58	49,11/49,13	+0,47/+0,45
22,68	39,61	39,12/39,12	+0,49/+0,49
12,64	29,42	28,98/28,99	+0,44/+0,43

x/A_{i0} - tłumienność asymetrii impedancyjnej obliczona ze wzoru /5/, przyjmując $Z_1 = R_1$, $Z_2 = R_2$; wartości R_1 i R_2 podano w tabl. 3 i 4.

xx/A_{im} - tłumienność asymetrii impedancyjnej zmierzona, dwa wyniki pomiarów przed/po zamianie miejscami rezystorów R_1 i R_2 .

miarowej nie została zmieniona, natomiast zmianie uległa definicja tej asymetrii. Zmiana ta jak gdyby zmierza w kierunku liberalizacji ilościowej dla konstruktorów. Spowodowane jest to prawdopodobnie wprowadzaniem elektronicznych /beztransformatorowych/ symetrycznych obwodów wejściowych. W najnowszej Żółtej Księdze CCITT [3] są podawane już wartości liczbowe dotyczące tak symetrii impedancyjnej, jak i sygnałowej odbiorników sygnałów.

WYKAZ LITERATURY

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
BIBLIOTEKA NAUCZOWA

S-9177

- [1.] CCITT: Zalecenie 0.121. Definicje i metody pomiarowe stopnia asymetrii względem ziemi teletransmisyjnej aparatury pomiarowej. Tom IV.1. Zielona Księga CCITT, Piąte Zgromadzenie Plenarne, Genewa 14-15 grudnia 1972 r. WKiŁ. Warszawa 1977.
- [2.] CCITT: VI Plenary Assembly, Orange Book, vol. IV-1, UIT Geneva 1977.
- [3.] CCITT: VII Plenary Assembly, Yellow Book, vol. IV-4, UIT, Geneva 1981.
- [4.] Dudziewicz J.: Pomiar Teletransmisyjne. WKiŁ, Warszawa 1975.

S-9177