

URZĄDZENIA ANTENOWE	NORMA BRANŻOWA	<b>BN-84</b>
	Antenowe urządzenia radiokomunikacyjne zakresu od 14 kHz do 30 MHz <b>Tory zasilające</b> Wymagania elektryczne	<b>3332-01/02</b>
		Grupa katalogowa 1953

## 1. WSTĘP

1.1. Przedmiot arkusza normy. Przedmiotem niniejszego arkusza normy są wymagania elektryczne dla torów zasilających wchodzących w skład traktów antenowych nadawczych i odbiorczych zakresu od 14 kHz do 30 MHz.

### 1.2. Terminologia

1.2.1. tor zasilający zamknięty - zwykle tor ekranowany ciągłym przewodem, mający tę własność, że pole elektromagnetyczne, skojarzone z falą przenoszoną w torze, jest praktycznie całkowicie zamknięte wewnątrz obszaru ograniczonego przewodami toru.

1.2.2. tor zasilający otwarty - tor nieekranowany, w którym pole elektromagnetyczne, skojarzone z przenoszoną w nim falą, rozprzestrzenia się na zewnątrz przewodów toru.

1.2.3. tor niesymetryczny - tor zasilający, w którym jeden z przewodów ma potencjał ziemi.

1.2.4. tor symetryczny - tor zasilający, w którym potencjały względem ziemi obydwu przewodów, skojarzone z przenoszoną w nim falą, mają jednakowe moduły i przeciwne kąty fazowe.

1.2.5. tor alternatywnie symetryczny - tor zasilający, który w zależności od sposobu zasilania jego przewodów, może być albo torem symetrycznym, albo torem niesymetrycznym.

1.2.6. płaszczyzna elektryczna toru - płaszczyzna prostopadła do linii sił pola elektrycznego, skojarzonego z falą przenoszoną w torze, jeśli taka płaszczyzna dla rozpatrywanego toru istnieje i jest jednoznacznie określona.

1.2.7. tor kombinowany - tor zasilający złożony z kilku (co najmniej z dwóch) segmentów będących na przemian torami otwartymi i zamkniętymi, symetrycznymi lub niesymetrycznymi.

1.2.8. tor podwojony symetrycznie (niesymetrycznie - otwarty symetryczny tor zasilający złożony z 4 przewodów o osiach leżących w jednej płaszczyźnie, parami usytuowanych symetrycznie względem płaszczyzny elektrycznej toru, w którym przewody leżące po jednej stronie tej płaszczyzny mają jednakowe potencjały), w którym przewody każdej pary sąsiednich względem siebie przewodów mają potencjały przeciwne.

### 1.3. Podział torów zasilających

#### A. Tory niesymetryczne <sup>1)</sup>

- tory współosiowe (zamknięte), wykonane z przewodów współosiowych wielkiej częstotliwości (PN-64/T-90601),
- tory płaskie wieloprzewodowe,
- tory figuralne, tzn. takie, w których przewody są w wierzchołkach figur geometrycznych,
- tory pseudowspółosiowe.

#### B. Tory symetryczne <sup>1)</sup>

- tory ekranowane (zamknięte), wykonane z parzystej liczby przewodów współosiowych wielkiej częstotliwości (PN-64/T-90601),
- tory dwuprzewodowe, jednodrutowe i wielodrutowe,
- tory czteroprzewodowe nieskrzyżowane, jednodrutowe i wielodrutowe,
- tory czteroprzewodowe skrzyżowane, jednodrutowe i wielodrutowe,
- tory sześcioprzewodowe nieskrzyżowane, jednodrutowe i wielodrutowe,
- tory sześcioprzewodowe skrzyżowane, jednodrutowe i wielodrutowe,
- tory alternatywnie symetryczne,
- tory podwojone symetrycznie lub niesymetrycznie.

<sup>1)</sup> Patrz: Informacje dodatkowe p. 4.

Zgłoszona przez Instytut Łączności (O)  
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Łączności dnia 19 czerwca 1984 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 stycznia 1985 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 11/1984 poz. 21)

#### 1.4. Dziedziny zastosowań zamkniętych, otwartych i kombinowanych torów zasilających

1.4.1. Trakty antenowe wyłącznie odbiorcze. W traktach antenowych przeznaczonych wyłącznie do celów odbiorczych, których kierunkowość  $D_0$  jest większa niż 1,6, między wejściem antenowym i odbiornikiem lub innym urządzeniem dodatkowym współpracującym z odbiornikiem oraz między urządzeniem dodatkowym i odbiornikiem powinny być stosowane wyłącznie tory zasilające zamknięte, tzn. wykonane z przewodów współosiowych wielkiej częstotliwości. W innych miejscach traktów antenowych oraz w traktach antenowych, których kierunkowość jest mniejsza lub równa 1,6, dopuszcza się stosowanie torów zasilających dowolnego rodzaju i typu.

1.4.2. Trakty antenowe nadawcze i nadawczo-odbiorcze. W traktach antenowych nadawczych i nadawczo-odbiorczych mogą być stosowane tory zasilające dowolnego rodzaju i typu. Otwarte tory zasilające, zainstalowane w budynkach przeznaczonych do użytkowania przez personel obsługi lub personel dozoru ośrodka radiokomunikacyjnego, powinny być osłonięte metalowym uziemionym ekranem.

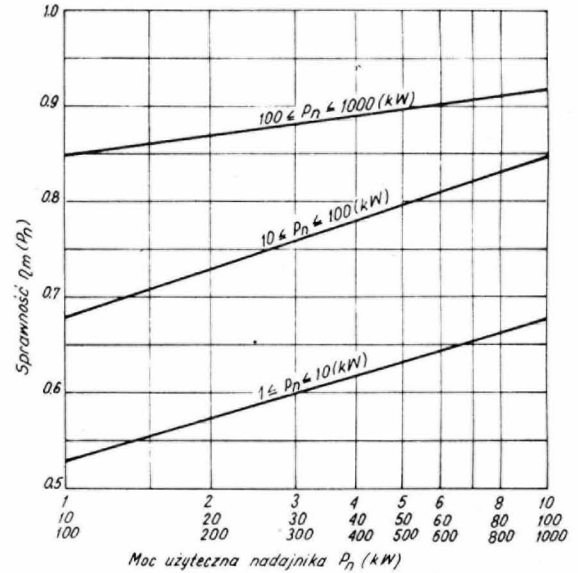
## 2. WYMAGANIA

2.1. Tłumienność torów zasilających i urządzeń dodatkowych w traktach antenowych przeznaczonych wyłącznie do celów odbiorczych. Wynikowe tłumienie mocy na drodze od wejścia antenowego do wejścia odbiornika, będące sumą tłumień torów zasilających i wszystkich urządzeń dodatkowych, nie powinno być większe niż 12 dB.

2.2. Sprawność energetyczna torów zasilających i urządzeń dodatkowych w traktach antenowych nadawczych. Przy wymaganej mocy w antenie  $P_A$  wynikowa sprawność energetyczna części traktu antenowego między wyjściem nadajnika i wejściem antenowym, będąca iloczynem sprawności torów zasilających i wszystkich urządzeń dodatkowych wchodzących w skład traktu antenowego, powinna być ustalona jako wielkość optymalna:

- zapewniająca minimum łącznych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla nadajnika i traktu antenowego.
- uwzględniająca maksymalne dopuszczalne straty mocy w (zamkniętych i otwartych) torach zasilających i urządzeniach dodatkowych.

Dla nadajników o mocy użytecznej  $P_n \geq 1$  kW i dla torów zasilających o długościach  $L \leq 500$  m sprawność toru zasilającego nie powinna być mniejsza niż wartość funkcji  $\eta_m(P_n)$  przedstawionej graficznie na rys. 1, wyznaczonej na podstawie oszacowania dopuszczalnych strat mocy w torach otwartych i kablowych.



BN-84/3332-01/02-1

Rys. 1. Wykresy minimalnej dopuszczalnej sprawności  $\eta_m(P_n)$  dla nadawczych torów zasilających, przy długościach torów  $L \leq 500$  m

2.3. Własny współczynnik odbicia torów zasilających, dla wszystkich typów torów zasilających, nie powinien przekraczać wartości:

- 0,10 dla torów niesymetrycznych,
- 0,20 dla torów symetrycznych,

jeżeli mniejsze wartości nie są podyktowane innymi dodatkowymi warunkami.

2.4. Odstęp między osiami otwartych symetrycznych torów zasilających powinien być ustalony na podstawie dopuszczalnych wartości współczynnika sprzężenia elektromagnetycznego lub sprzężenia eksploatacyjnego dla traktów antenowych, których tory zasilające ze sobą sąsiadują. Dla uniknięcia zniekształceń impedancji falowych torów zasilających, tory powinny być względem siebie usytuowane tak, aby minimalny odstęp między osiami  $d_m$  spełniał warunek:

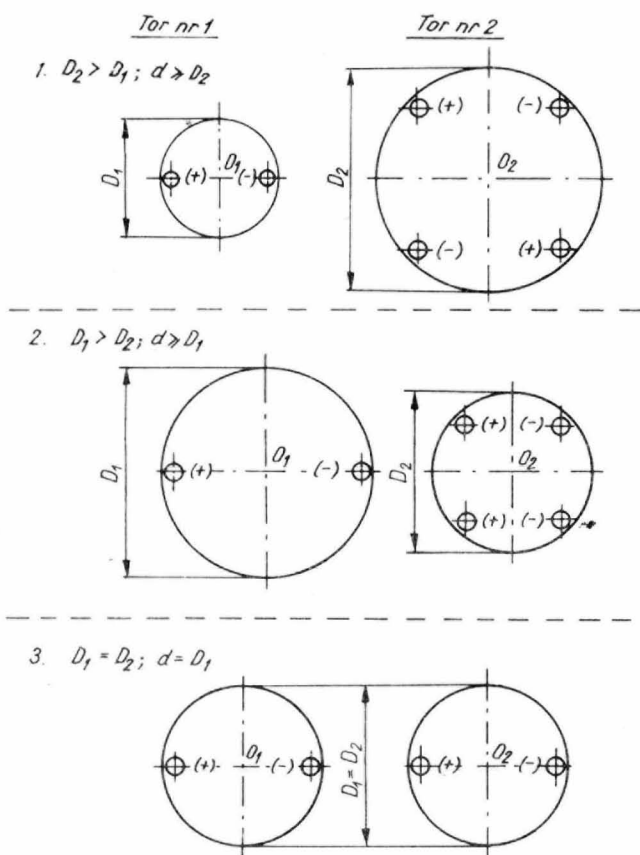
$$d_m \geq 2,5d(1 + \cos \gamma)$$

gdzie:

$d$  - większa ze średnic dwóch okręgów opisanych na przekrojach poprzecznych rozpatrywanych torów albo średnica okręgu opisanego na tych przekrojach, jeżeli są one jednakowe (rys. 2).

$\gamma$  - kąt między osiami torów zasilających.

Wartości stosunku mocy przeniesionej z jednego toru zasilającego do drugiego toru, sprzężonego z pierwszym, są podane w Informacjach dodatkowych, p. 5.



BN-84/3332-01/02-2

Rys. 2. Rysunek pomocniczy do wyznaczania współczynnika  $d$ 

2.5. Odległości przewodów otwartych torów zasilających od obiektów naturalnych i sztucznych (tabl.1).

Tablica 1. Najmniejsze dopuszczalne odległości przewodów otwartych torów zasilających nadawczych od obiektów naturalnych i sztucznych

Lp.	Obiekt	$d_m$
1	Powierzchnia ziemi	4,0
2	Nawierzchnia drogi na terenie ośrodka radiokomunikacyjnego	4,5
3	Dach budynku	2,5
4	Ściana budynku, gdy tor zasilający jest równoległy do ściany	2,0
5	Gałęzie drzew i krzewów	2,0
6	Elementy konstrukcji podpory drewnianej albo azbestowo-cementowej	0,2
7	Elementy konstrukcji podpory żelazo-betonowej	1,0

2.6. Odległości między podporami otwartych torów zasilających powinny wynosić:

- od 11 do 15 m, dla torów niesymetrycznych pseudo-współosiowych i figuralnych,
- od 20 do 30 m, dla pozostałych torów.

Odstępy między podporami dla nadawczych symetrycznych torów zasilających należy dobierać według następującej reguły:

- należy ustalić wartość średnią odstępu  $d_s$  w przedziale od 20 do 30 m,
- odstępy między kolejnymi podporami w torze zasilającym należy wyznaczyć jako ciąg iloczynów wielkości  $d_s$  przez kolejne liczby występujące w dowolnym z ciągów liczb - od ciągu 1 do ciągu 5 - umieszczonych w tabl.2, przy czym każdy z otrzymywanych iloczynów należy zaokrąglić do 0,1 m.

2.7. Elementy konstrukcyjne podpór podtrzymujące przewody otwartych torów zasilających z którymi są związane mechanicznie izolatory utrzymujące przewody toru, powinny być wykonane wyłącznie z materiałów izolacyjnych.

2.8. Naprężenie przewodów otwartych torów zasilających. Przewody otwartych torów zasilających, dla których wymagana wartość własnego współczynnika odbicia jest mniejsza lub równa 0,20, powinny być naprężone na każdym prostoliniowym odcinku toru za pomocą naprężaczy sprężynowych lub ciężarowych, przy zapewnieniu jednakowych naprężeń wszystkich przewodów toru zasilającego.

2.9. Łączenie segmentów torów zasilających. Przy łączeniu segmentów torów zasilających o rozmaitych konstrukcjach, należy:

- zachować dopasowanie energetyczne w kierunku transmisji energii za pomocą urządzeń transformujących impedancję,
- zastosować urządzenia symetryzujące we wszystkich tych miejscach, w których następuje połączenie toru symetrycznego z torem niesymetrycznym,
- zastosować elementy kompensujące nieciągłości impedancji w miejscach powstawania tych nieciągłości.

2.10. Różnica długości elektrycznych przewodów o potencjalach przeciwnych w torach symetrycznych nie powinna przekraczać  $15^{\circ} 1)$ .

Tablica 2. Tablice współczynników do wyznaczania odstępow między kolejnymi podporami w otwartych torach zasilających (względne odległości między podporami)

Ciąg 1	Ciąg 2	Ciąg 3	Ciąg 4	Ciąg 5
1,114	1,052	1,167	1,175	1,078
0,812	0,845	0,955	0,903	0,969
1	1,18	1,122	1,037	1,118
0,997	0,969	0,814	0,906	0,914
1,175	1,012	1,027	1,044	1,002
0,876	0,805	0,888	0,906	0,942
1,046	1,048	1,064	1,132	1,154
0,878	0,912	0,8	0,878	0,951
1,101	1,178	1,142	1,191	1,098

1) Patrz Informacje dodatkowe p. 6.

cd. tabl.2

Ciąg 1	Ciąg 2	Ciąg 3	Ciąg 4	Ciąg 5
0,981	0,824	0,807	0,908	0,824
1,186	1,033	1,072	1,159	1,002
0,98	0,931	0,847	0,946	0,984
1,006	1,197	1,153	1,037	1,129
0,848	0,966	0,811	0,899	0,887
1,165	1,077	1,067	1,186	1,159
0,867	0,82	0,846	0,882	0,86
1,133	1,09	1,025	1,18	1,188
0,973	0,823	0,971	0,996	0,978
1,107	1,045	1,146	1,003	1,096
0,832	0,954	0,812	0,834	0,92
1,045	1,055	1,049	1,191	1,089
0,83	0,91	0,933	0,838	0,918
1,108	1,120	1,18	1,124	1,062
0,889	0,877	0,887	0,922	0,828
1,035	1,063	1,04	1,018	1,173
0,864	0,868	0,92	0,991	0,804
1,039	1,038	1,018	1,191	1,077
0,98	0,912	0,936	0,845	0,975
1,117	1,061	1,14	1,182	1,106
0,898	0,062	0,929	0,947	0,909
1,149	1,021	1,08	1,169	1,139
0,969	0,957	0,949	0,873	0,878
1,033	1,172	1,014	1,179	1,078
0,929	0,983	0,931	0,919	0,88
1,058	1,04	1,163	1,15	1,017
0,848	0,882	0,842	0,855	0,976
1,047	1,091	1,052	1,083	1,006
0,927	0,846	0,873	0,851	0,937
1,163	1,186	1,04	1,148	1,064
0,932	0,935	0,856	0,81	0,836
1,151	1,092	1,17	1,139	1,129
0,841	0,993	0,877	0,805	0,978
1,037	1,074	1,057	1,104	1,196

cd. tabl.2

Ciąg 1	Ciąg 2	Ciąg 3	Ciąg 4	Ciąg 5
0,861	0,938	0,956	0,939	0,917
1,06	1,02	1,009	1,17	1,014
0,993	0,889	0,841	0,975	0,876
1,026	1,046	1,137	1,084	1,113
0,802	0,887	0,834	0,808	0,926
1,014	1,097	1,135	1,172	1,15
0,878	0,924	0,835	0,874	0,876

2.11. Łączenie drutów w przewodach wielodrutowych torów zasilających. Druty o jednoimiennych potencjałach w wielodrutowych nadawczych torach zasilających powinny być z sobą galwanicznie połączone za pomocą łączników rozmieszczonych wzdłuż osi toru w odstępach równych jednej ósmej długości najkrótszej fali roboczej, jednak nie mniejszych niż 3 m. Sąsiadujące z sobą łączniki o potencjałach przeciwnych nie powinny znajdować się w odstępach wzdłuż osi toru większych niż 0,3 m.

2.12. Wprowadzanie przewodów otwartych torów zasilających do pomieszczeń technicznych. Przewody powinny być wprowadzane do pomieszczeń przy zastosowaniu warstwy izolującej je od ścian albo przy użyciu izolatorów przepustowych. Wprowadzenie przewodów powinno znajdować się co najmniej w odległości 4 m od ziemi. Dopuszcza się umieszczenie wprowadzenia w mniejszej odległości od ziemi, pod warunkiem że jest ono ogrodzone w sposób uniemożliwiający bezpośrednią styczność z przewodami dla osób znajdujących się w pobliżu wprowadzenia.

2.13. Odstępy podpór torów zasilających od budynków. W celu nieutrudniania komunikacji na zewnątrz budynków, podpory torów zasilających powinny znajdować się w odległościach od zewnętrznych ścian budynków wynoszących co najmniej 8 m.

K O N I E C

## INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Instytut Łączności, Warszawa

2. Normy związane  
PN-64/T-90601 Przewody współosiowe wielkiej częstotliwości  
BN-71/3321-01 Nadajniki radiofoniczne z modulacją amplitudy. Ogólne wymagania i badania

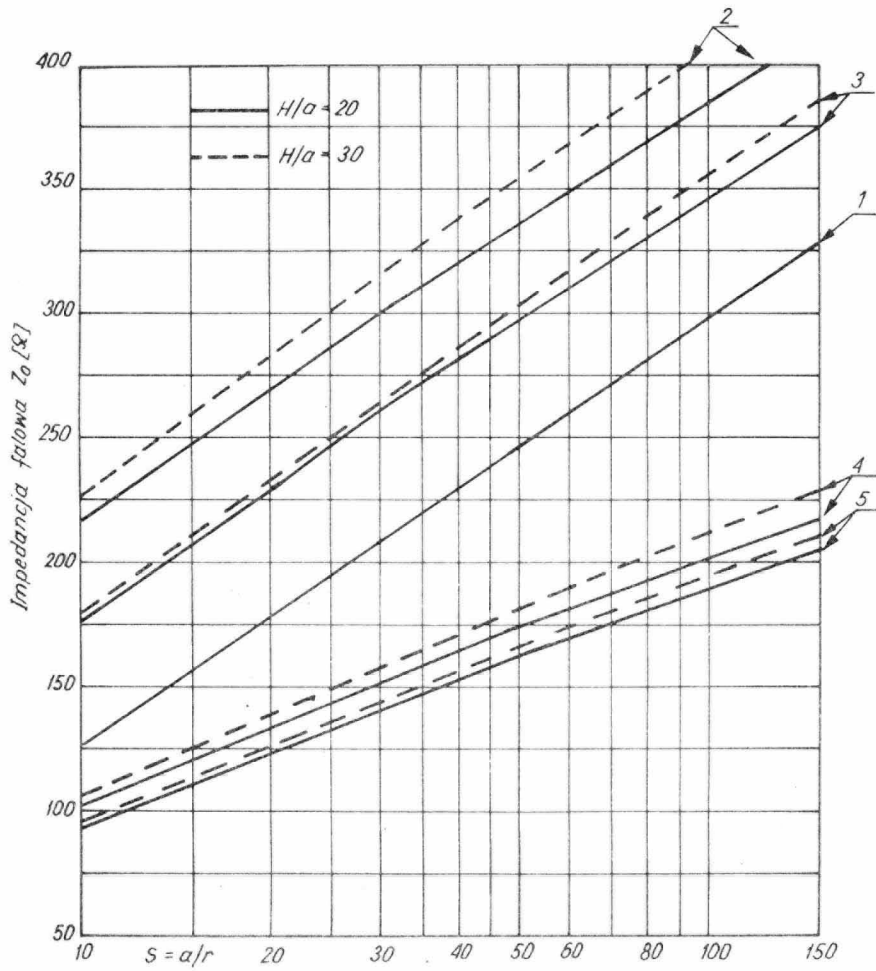
3. Normy zagraniczne  
ГОСТ 6917-78 Фидеры наружные проволочные для антенн. Типы, основные параметры и размеры,

технические требования и методы испытаний. Издание официальное

4. Symbol wg SWW - 1152-2.

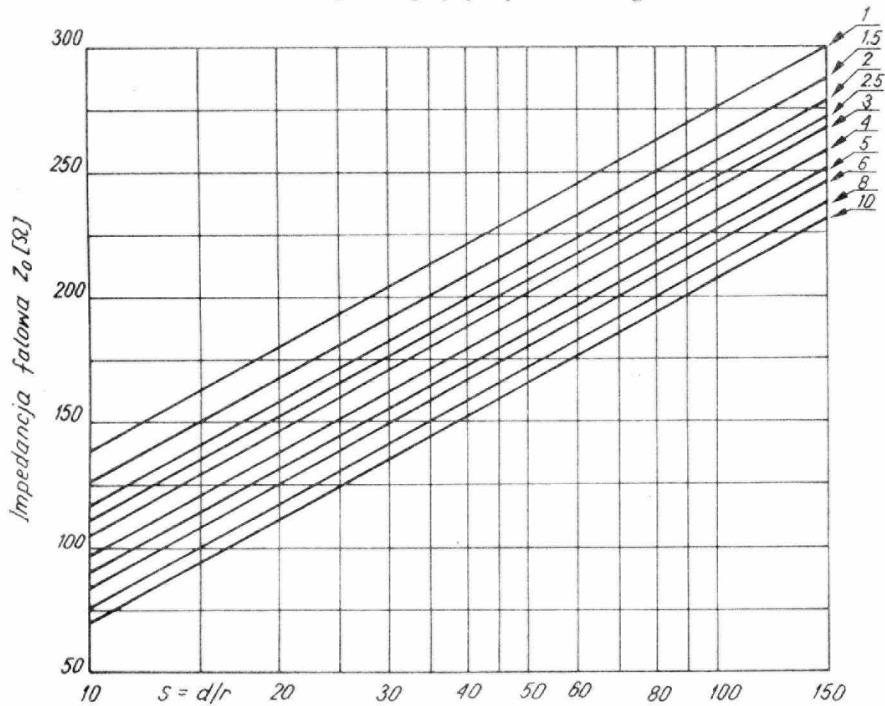
5. Autor projektu normy - dr inż. Lech Stasiński  
Instytut Łączności Oddział Wrocław.

6. Impedancje falowe otwartych torów zasilających. Przekroje poprzeczne oraz wzory do obliczania impedancji falowych najczęściej stosowanych otwartych torów zasilających są umieszczone w tabl. I-1 i I-2.



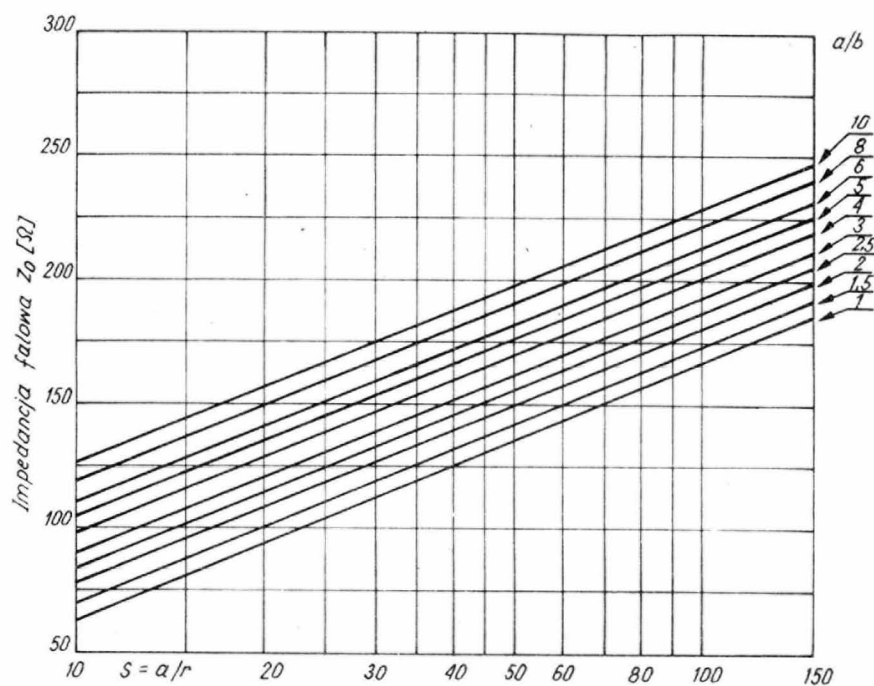
BN-84/3332-01/02-1-1

Rys. 1-1. Wykresy impedancji falowych dla torów niesymetrycznych (tabl. 1-1 lp. 1, 2, 5, 6, 8): 1 - pseudowspółosiowego:  $1/4$ , dla  $H/20a$ , 2 - płaskiego dwuprzewodowego, 3 - płaskiego trójprzewodowego, 4 - kwadratowego czteroprzewodowego, 5 - płaskiego pięcioprzewodowego



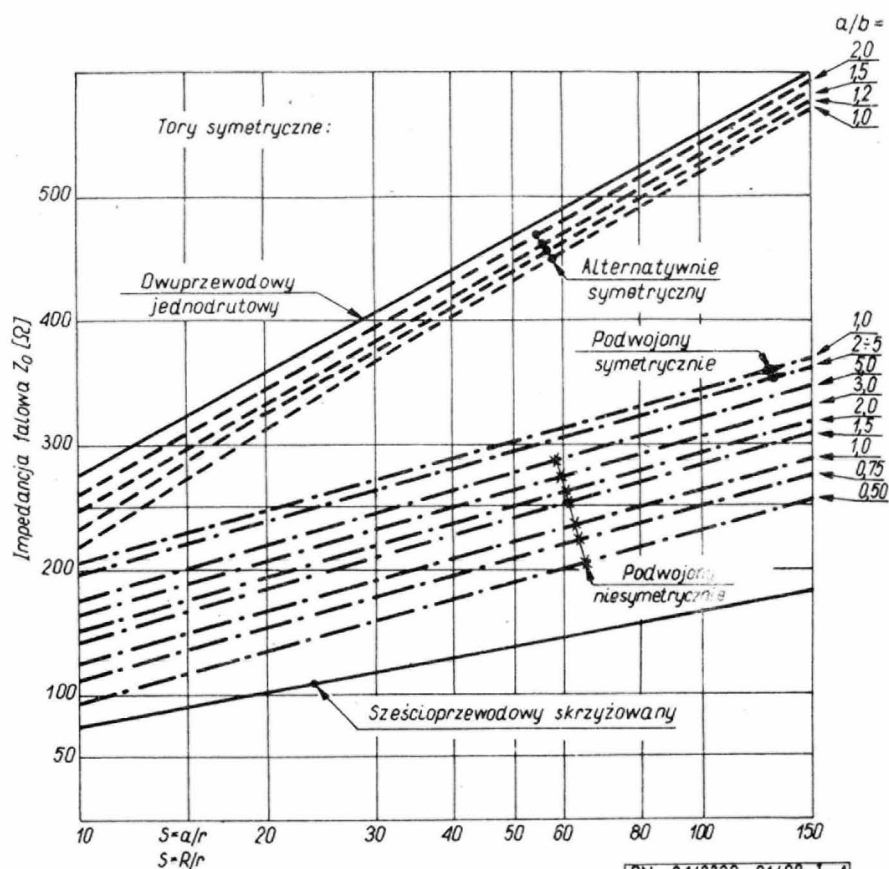
BN-84/3332-01/02-1-2

Rys. 1-2. Wykresy impedancji falowej  $Z_0$  dla toru niesymetrycznego trapezowego; parametrem jest  $p = (c \cdot b/d^2)$  tabl. 1-1 lp. 3



BN-84/3332-01/02-1-3

Rys. 1-3. Wykresy impedancji falowej  $Z_0$  dla toru niesymetrycznego pseudospółosiowego  $2/4$ ; parametrem jest stosunek odległości  $a/b$  (tabl. 1-1 lp. 7)

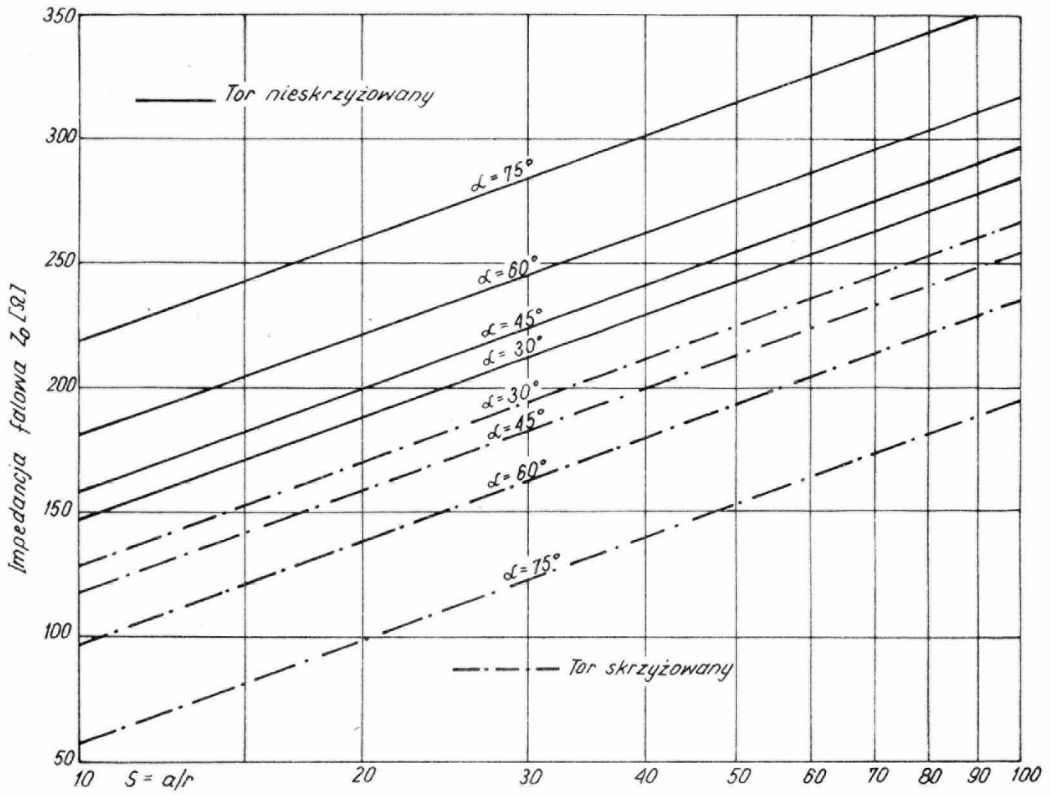


BN-84/3332-01/02-1-4

Rys. 1-4. Wykresy impedancji falowych  $Z_0$  dla torów symetrycznych (tabl. 1-2 lp. 1, 5, 7, 8):

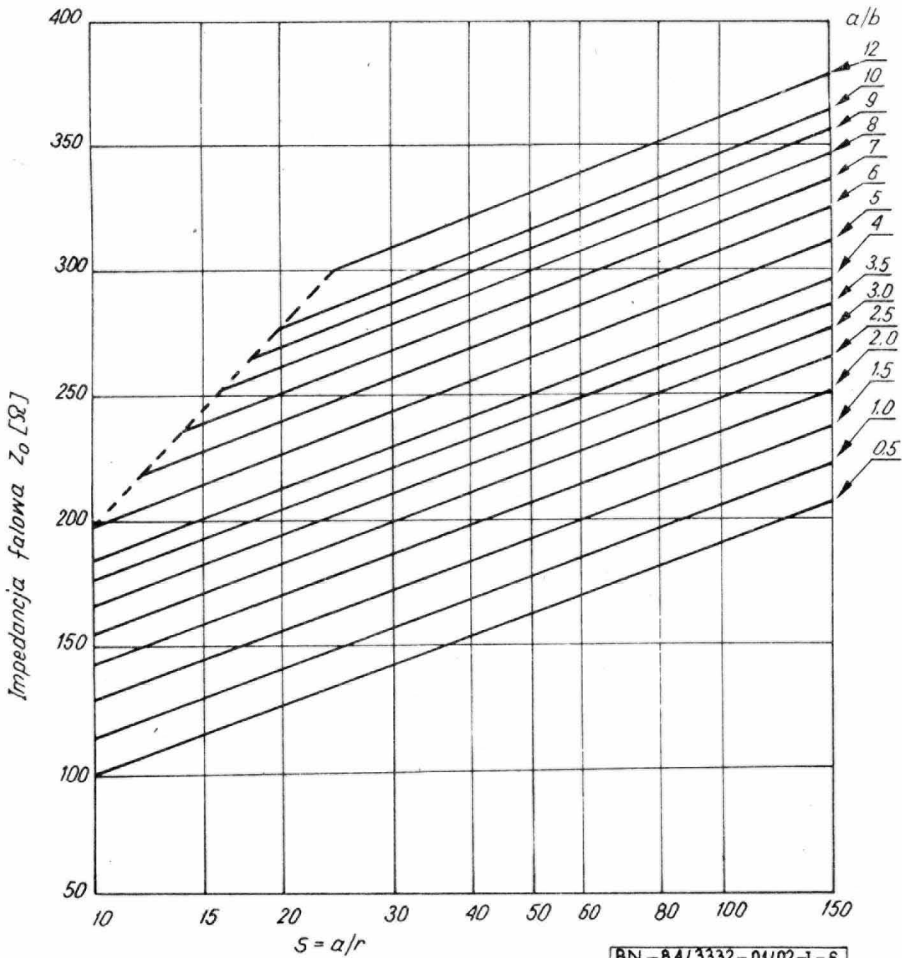
- dwuprzewodowego jednodrutowego,
- sześcioprzewodowego skrzyżowanego,
- alternatywnie symetrycznego,
- podwojonego symetrycznie,
- podwojonego niesymetrycznie





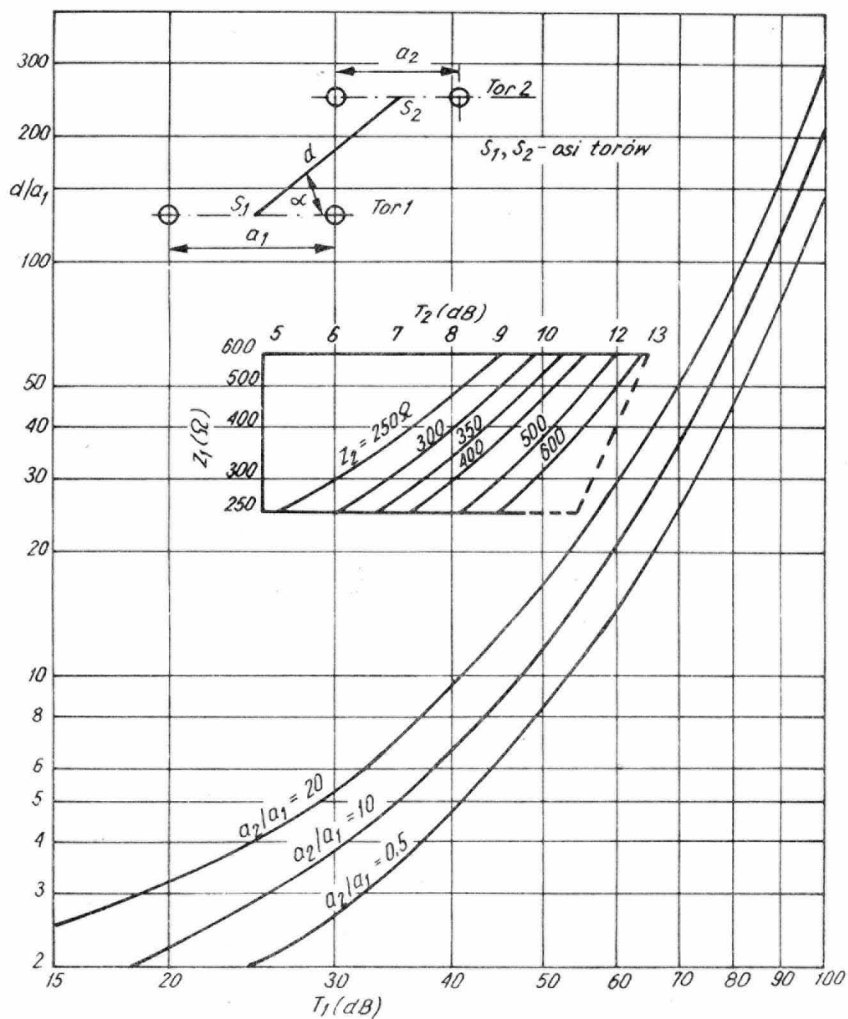
BN-84/3332-01/02-1-5

Rys. 1-5. Wykresy impedancji falowych  $Z_0$  dla torów symetrycznych czteroprzewodowych: nieskrzyżowanego i skrzyżowanego; parametrem jest kąt  $\alpha$



BN-84/3332-01/02-1-6

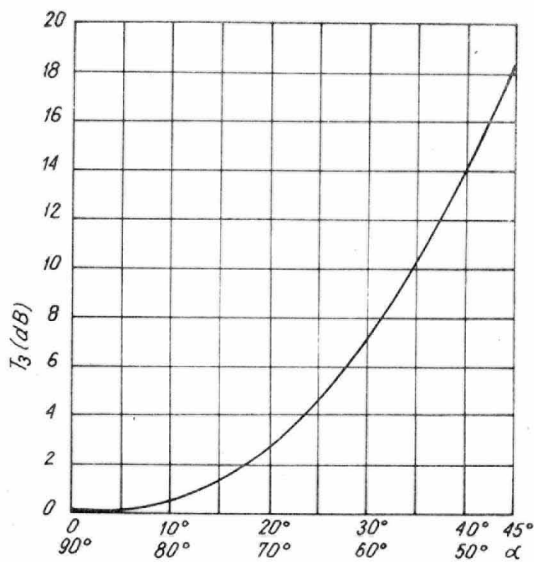
Rys. 1-6. Wykresy impedancji falowej  $Z_0$  dla toru symetrycznego sześcioprzewodowego nieskrzyżowanego, parametrem jest stosunek odległości  $a/b$  (tabl. I-2 lp. 4)



BN-84/3332-01/02-1-7

Rys. 1-7. Wykresy składników tłumienia mocy  $T_1$  i  $T_2$  dla dwóch dwuprzewodowych symetrycznych torów zasilających wzajemnie równoległych; wyznaczone metodą przybliżoną współczynników potencjalnych; parametrami są:

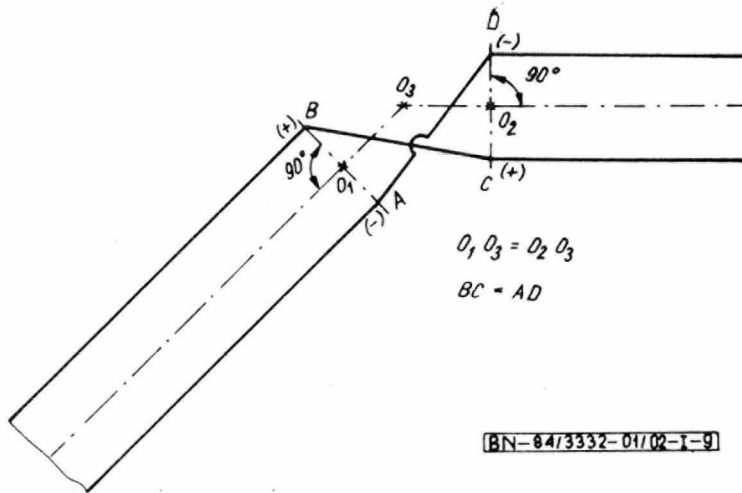
- dla  $T_1$  - stosunek  $a_2/a_1$  - odległości między osiami przewodów,
- dla  $T_2$  - impedancja falowa toru nr 2 -  $Z_2$



BN-84/3332-01/02-1-8

Rys. 1-8. Wykres składnika  $T_3$  tłumienia mocy dla dwóch dwuprzewodowych symetrycznych torów zasilających (zob. rys. 1-7)





Rys. 1-9. Sposób połączenia przewodów w miejscu załamania dwuprzewodowego jednodrutowego symetrycznego toru zasilającego zachowujący jednakową długość przewodów

Wykresy wartości impedancji falowych torów otwartych przedstawiono na rys. od 1-1 do 1-6.

7. Stosunek mocy (tłumienie) przeniesionej z jednego toru zasilającego do drugiego toru zasilającego. Dla przypadku dwóch symetrycznych dwuprzewodowych otwartych torów zasilających:

- których płaszczyzny elektryczne są wzajemnie równoległe,

- których osie przebiegają wzajemnie równoległe na odcinku równym lub większym niż jedna czwarta długości fali roboczej, stosunek mocy  $P_1$ , skojarzonej z falą symetryczną i transmitowanej w torze nr 1, do mocy  $P_{21}$ , skojarzonej z falą symetryczną i przeniesionej z toru nr 1 do toru nr 2, można przedstawić w postaci

$$T = 10 \lg \left( \frac{P_1}{P_{21}} \right) = T_1 + T_2 + T_3$$

gdzie:

-  $T_1$  jest funkcją zależną od odległości  $a_1$  i  $a_2$  między

osiami przewodów, odpowiednio w torach nr 1 i nr 2, oraz od odległości  $d$  między osiami torów (rys. 1-7),

-  $T_2$  jest funkcją zależną od impedancji falowych  $Z_1$  i  $Z_2$ , odpowiednio torów nr 1 i nr 2,

-  $T_3$  jest funkcją kąta  $\beta$ , jaki płaszczyzna przechodząca przez osie torów tworzy z płaszczyzną przychodzącą przez osie przewodów w torze nr 1 (lub w torze nr 2 - ze względu na wzajemną równoległość tych płaszczyzn).

Wykresy funkcji  $T_1$  i  $T_2$  przedstawiono na rys. 1-7, a funkcji  $T_3$  - na rys. 1-8.

8. Zmiana kierunku osi otwartego symetrycznego toru zasilającego. Załamania osi toru mogą być przyczyną powstawania różnicy długości przewodów o potencjalach przeciwnych, przekraczającej  $15^\circ$ .

Sposób zachowania jednakowych długości obu przewodów toru symetrycznego - przy załamaniu jego osi - jest przedstawiony schematycznie na rys. 1-9.

Tablica I-1. Nazwy, oznaczenia i impedancje falowe torów niesymetrycznych

Lp.	Nazwa toru	Przekrój poprzeczny do osi toru	Impedancja falowa toru $Z_0$ ( $\Omega$ )
1	2	3	4
1	T.n. płaski dwuprzewodowy		$Z_0 = 138 \frac{\lg(AF) \cdot \lg c}{\lg F}$ $A = 2H/a, \quad F = 2H/r, \quad c = a/r$
2	T.n. płaski trójprzewodowy		$Z_0 = 138 \frac{\lg(AF/2) \cdot \lg F - 2 \lg^2 A}{\lg(AF/2)}$ $A = 2H/a, \quad F = 2H/r$
3	T.n. trapezowy czteroprzewodowy		$Z_0 = 69 \left[ \lg(B \cdot F) - \frac{\lg^2(A \cdot D)}{\lg(F \cdot E)} \right]$
4	T.n. płaski czteroprzewodowy - jak 3, dla $a = 2b$ , $c = 3b$ , $d = b$		$A = 2H/a, \quad B = 2H/b, \quad D = 2H/d,$ $E = 2H/c, \quad F = 2H/r$
5	T.n. płaski pięcioprzewodowy		$Z_0 = 69 \left[ E \lg(A^2/3) + F \lg A + \lg(AB/2) \right],$ $E = \left[ \lg(A^2/3) \lg B - 2 \lg A \lg(A/2) \right] / M,$ $F = \left[ 2 \lg A \cdot \lg(AB/4) - \lg(A^2/3) \lg(A^2/4) \right] / M,$ $M = 2 \lg^2(A/2) - \lg(AB/4) \lg B,$ $A = 2H/a, \quad B = 2H/r$
6	T.n. kwadratowy czteroprzewodowy		$Z_0 = 69 \frac{\lg(A^4 B) \cdot \lg B}{\lg(A^2 B)}$ $A = 2H/a, \quad B = a/(r\sqrt{2})$
7	T.n. pseudowspółosiowy 2/4 2 = liczba drutów w przewodzie wewnętrznym, 4 = liczba drutów w przewodzie zewnętrznym		$Z_0 = 69 \left[ \lg(F \cdot B) - 2 \frac{\lg^2(E \cdot D)}{\lg(A^3 F/\sqrt{2})} \right]$ $A = 2H/a, \quad B = 2H/b, \quad E = 2H/c, \quad D = 2H/d,$ $F = 2H/r$ $c = 0,5 \sqrt{a^2 + (a-b)^2}, \quad d = 0,5 \sqrt{a^2 + (a+b)^2}$

cd. tabl.1-1

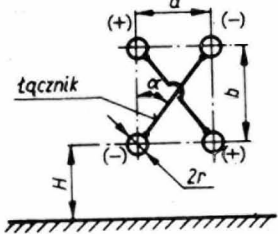
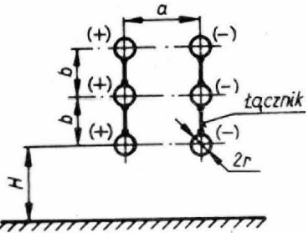
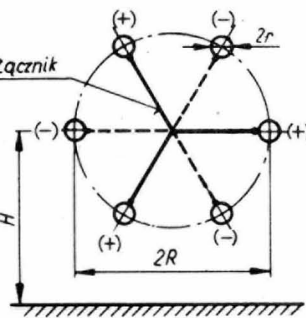
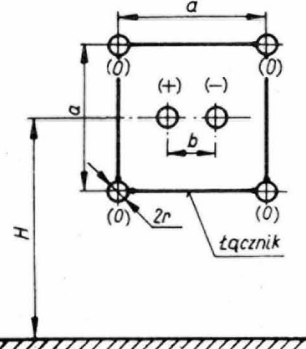
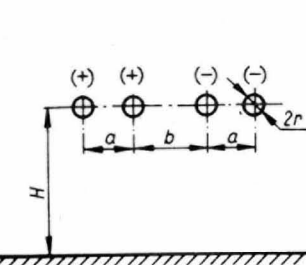
Lp.	Nazwa toru	Przekrój poprzeczny do osi toru	Impedancja falowa toru $Z_0$ ( $\Omega$ )
1	2	3	4
8	T.n. pseudowspółosiowy $\frac{1}{4}$		$Z_0 = 138 \left[ \lg F - 4 \frac{\lg^2 (A \sqrt{2})}{\lg (A^3 F / \sqrt{2})} \right]$ $A = 2H/a, \quad F = 2H/r$
9	T.n. pseudowspółosiowy $n/m$ $n$ = liczba drutów w przewodzie wewnętrznym $m$ = liczba drutów w przewodzie zewnętrznym		$Z_0 = 138 \left( \lg F_1 + \frac{1}{n} \lg S_1 - \frac{\lg^2 F_2}{\lg F_2 + \frac{1}{m} \lg S_2} \right)$ $F_1 = 2H/R_1, \quad F_2 = 2H/R_2$ $S_1 = R_1 / (n r_1), \quad S_2 = R_2 / (m r_2)$ <p>Promienie zastępcze przewodów:                      wewnętrznego <math>R_{1z} = R_1 \cdot \sqrt[n]{n r_1 / R_1}</math>                      zewnętrznego <math>R_{2z} = R_2 \cdot \sqrt[m]{m r_2 / R_2}</math></p>

Oznaczenia:  
**H** - odległość osi toru od powierzchni ziemi,  
**r** = promień przewodnika,  
**a, b, c, d** - odległości między osiami przewodników,  
 T.n. - tor niesymetryczny,  
 symbol (+) oznacza przewód o potencjale w.c.z. różnym od zera,  
 symbol (o) oznacza przewód uziemiony,

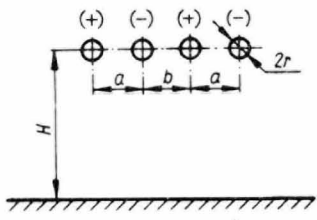
Tablica 1-2. Nazwy, oznaczenia i impedancje falowe torów symetrycznych

Lp.	Nazwa toru	Przekrój poprzeczny do osi toru	Impedancja falowa toru $Z_0$ ( $\Omega$ )
1	2	3	4
1	T.s. dwuprzewodowy jednodrutowy		$Z_0 = 276 \lg \frac{F}{\sqrt{1 + A^2}}, \quad F = 2H/r, \quad A = 2H/a;$ <p>dla <math>H \geq 10 a</math>: <math>Z_0 = 276 \lg (a/r)</math></p>
2	T.s. czteroprzewodowy nieskrzyżowany		<p>dla <math>H \geq 10 b</math>:</p> $Z_0 = 138 \lg \left( \frac{a}{r \cos \alpha} \right)$ <p>Uwaga: Połączone ze sobą galwanicznie przewodniki o jednoimiennych potencjałach</p>

cd. tabl.1-2

Lp.	Nazwa toru	Przekrój poprzeczny do osi toru	Impedancja falowa toru $Z_0$ ( $\Omega$ )
1	2	3	4
3	T.s. czteroprzewodowy skrzyżowany		<p>dla <math>H \geq 10 b</math>:</p> $Z_0 = 138 \lg \left( \frac{a \cos \alpha}{r} \right)$ <p>Uwaga: Połączone ze sobą galwanicznie przewody o jednoimiennych potencjałach</p>
4	T.s. sześcioprzewodowy nieskrzyżowany		<p>dla <math>H \geq 10 b</math>:</p> $Z_0 = 276 \frac{\lg q \lg (s/p) + \lg (q/p^2) \lg p}{\lg (q s^2/p^4)}$ $S = a/r, \quad k = a/b, \quad t = \sqrt{k^2 + 4}$ $p = \sqrt{k^2 + 1}, \quad q = st/2$
5	T.s. sześcioprzewodowy skrzyżowany		<p>dla <math>H \geq 10 R</math>:</p> $Z_0 = 92 \lg [2R/(3r)]$
6	Tor alternatywnie symetryczny Zob. tabl. 1 lp. 7		<p>dla <math>H \geq 10 a</math>:</p> $Z_0 = 276 \left[ \lg \frac{b}{r} - \frac{1}{2} \frac{\lg^2 S}{\lg (a\sqrt{2}/r)} \right]$ $S = \frac{1 + (1 + b/a)^2}{1 + (1 - b/a)^2}$
7	T.s. podwojony symetrycznie		<p>dla <math>H \geq 10 (2a + b)</math>:</p> $Z_0 = 276 \frac{\lg (F) \lg (B/D) + \lg (D) \lg (F/D)}{\lg (BF/D^2)}$ $B = b/r, \quad D = (a + b)/a, \quad F = (2a + b)/r$

cd. tabl. 1-2

Lp.	Nazwa toru	Przekrój poprzeczny do osi toru	Impedancja falowa toru $Z_0$ ( $\Omega$ )
1	2	3	4
8	T.s. podwojony niesymetrycznie		dla $H \gg 10(2a + b)$  $Z_0 = 276 \frac{\lg(F) \lg(B) - \lg^2(D)}{\lg(D^2 B F)},$ $B = b/r, \quad D = (a + b)/a, \quad F = (2a + b)/r$
<p>Oznaczenia:</p> <p><math>H</math> = odległość osi toru od powierzchni ziemi</p> <p><math>r</math> = promień przewodnika,</p> <p><math>a, b, \dots</math> = odległości między osiami przewodników</p> <p>T.s. = tor symetryczny.</p> <p>symbole (+), (-) oznaczają przewody o potencjałach przeciwnych,</p> <p>symbol (o) oznacza przewód uziemiony,</p> <p>Uwaga: Przy obliczaniu impedancji falowych <math>Z_0</math> dla torów wykonanych z przewodników wielodrutowych należy w miejsce promienia <math>r</math> przewodnika podstawić wartość liczbową promienia zastępczego wg wzoru podanego w tabl. 1 lp. 9.</p>			