

RAPORTY

rapo.
raporty
raporty re,
raporty repor.
raporty reports .
raporty reports ra,
raporty reports rapo.
raporty reports raporty
raporty reports raporty 1
raporty reports raporty rep.
raporty reports raporty repo.
raporty reports raporty report.
raporty reports raporty reports
raporty reports raporty reports r.
raporty reports raporty reports ra,

REPORTS

**Ekspertyza anteny
radiokomunikacyjnej
BSN 150**

dr inż. Zygmunt Langowski,
mgr inż. Witold Papierniak

INSTYTUT TELEKOMUNIKACJI I AKUSTYKI

Politechnika Wrocławska

Wrocław University of Technology

Instytut Telekomunikacji i Akustyki
Politechnika Wroclawska

Raport nr: I-28 / S - 094 / 99

**Ekspertyza anteny
radiokomunikacyjnej
BSN 150**

dr inż. Zygmunt Langowski,
mgr inż. Witold Papierniak

**Pomiary parametrów polowch i obwodowych
anten wykonał zespół w składzie:**

dr inż. Robert Borowiec
st. tech. Zdzisław Kuźmiński
dr inż. Zygmunt Langowski
mgr inż. Witold Papierniak
dr inż. Piotr Słobodzian

słowa kluczowe:

anteny dla radiokomunikacji ruchowej
anteny bazowe
pomiary anten

Wrocław 1999

Spis treści

1. WSTĘP	2
2. WYNIKI POMIARÓW ANTEN BSN 150 I ANTENY BSO	2
2.1. Wprowadzenie	2
2.2. Wyniki pomiarów WFS	3
2.3. Wyniki pomiarów impedancji wejściowej anten	7
2.4. Wyniki pomiarów charakterystyk promieniowania anteny BSN 150	12
2.5. Zysk energetyczny anten	18
2.6. Analiza wyników przeprowadzonych pomiarów oraz wnioski	20
3. SPIS LITERATURY	21

1. Wstęp

W raporcie przedstawiono wyniki badań uzyskane w trakcie realizacji zlecenia p.t. *Wykonanie pomiarów parametrów polowych (charakterystyk promieniowania) oraz obwodowych (współczynnika fali stojącej WFS) anten radiokomunikacyjnych typu BSN 150.* Badania te zostały przeprowadzone na zamówienie Przedsiębiorstwa Usługowo-Produkcyjnego NET-COM z Bytomia ul. Piekarska 21. Zostało zbadanych sześć anten BSN 150 i przeprowadzono dla nich następujące pomiary:

1. zespolonego współczynnika odbicia (ρ) na wejściu badanych anten;
2. charakterystyk promieniowania w płaszczyźnie wektora E (pł. E) - płaszczyźnie elewacji - dla trzech wybranych anten.
3. Zysku energetycznego trzech anten.

Dodatkowo przeprowadzono również pomiar współczynnika odbicia (ρ) jednej krótkiej anteny typu BSO.

Pomiary zostały przeprowadzone na zautomatyzowanym stanowisku poligonowym Instytutu Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej przy pomocy następujących przyrządów:

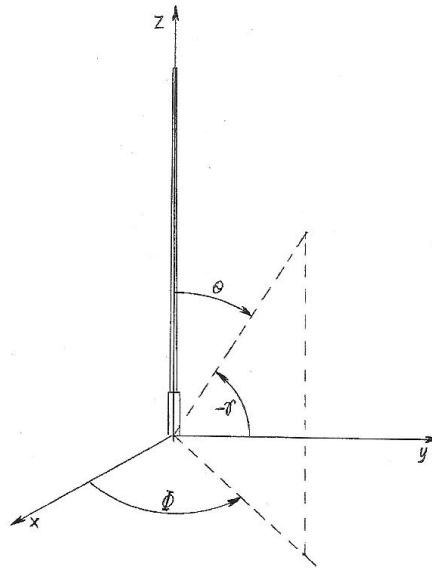
- stolik obrotowy firmy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Maszynowego Leśnictwa we Wrocławiu,
- analizator sieci firmy Hewlett-Packard, typ HP 8757D,
- generator sygnałowy firmy Hewlett-Packard, typ HP 8350B,
- analizator sieci firmy Hewlett-Packard, typ HP 8752 A,
- antena kalibrowana firmy Chase Bilog Ltd typu Chase Bilog CBL 6111B nr 2119,
- kable pomiarowe firmy Hüber + Suhner AG.

Dokładny opis stanowiska poligonowego oraz metodyka pomiarów zostały zamieszczone w pracach [1, 2, 3]. Pomiary zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami [4, 5, 6] oraz danymi technicznymi producenta.

2. Wyniki pomiarów anten BSN 150 i anteny BSO

2.1. Wprowadzenie

Zostały przeprowadzone pomiary współczynnika odbicia (ρ) sześciu egzemplarzy anten typu BSN 150 oraz jednej anteny BSO. Ich wyniki zamieszczone są w p. 2.2. Do pomiarów charakterystyk oraz zysku zostały następnie wytypowane anteny BSN nr 4, 5 i 6. Przy pomiarach charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie poziomej badana antena była mocowana na wierzchołku obracającego się masztu metalowego o wysokości 6 m. Rys. 1 pokazuje układ współrzędnych sferycznych, w którym dokonywano pomiarów anten. Widoczne są na nim dwie główne płaszczyzny: azymutu (pł. H - pozioma) i elewacji (pł. E - pionowa). Do pomiaru charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie pionowej badana antena była mocowana na maszcie dielektrycznym, który stanowił zakończenie obracającego się masztu metalowego. Wysokość zawieszenia anteny wynosiła wówczas 8.6 m.



Rys.1. Usytuowanie badanej anteny w sferycznym układzie współrzędnych: płaszczyzną elewacji (pł. E) jest pł. yz ($\Phi=90^\circ$), płaszczyzną azymutu (pł. H) jest pł. xy ($\Theta=90^\circ$). $\gamma = 90^\circ + \Theta$ - kąt elewacji, Φ - kąt azymutu.

2.2. Wyniki pomiarów WFS

Współczynnik fali stojącej (WFS) oraz impedancja wejściowa badanych anten $Z = \text{Re}(Z_i) + \text{Im}(Z_i)$ zostały obliczone na podstawie wyników pomiarów współczynnika odbicia ρ . Obliczenia przeprowadzono przy pomocy programu MathCAD.

Anteny 1÷6 mają dwa pasma częstotliwości o małym współczynniku WFS:

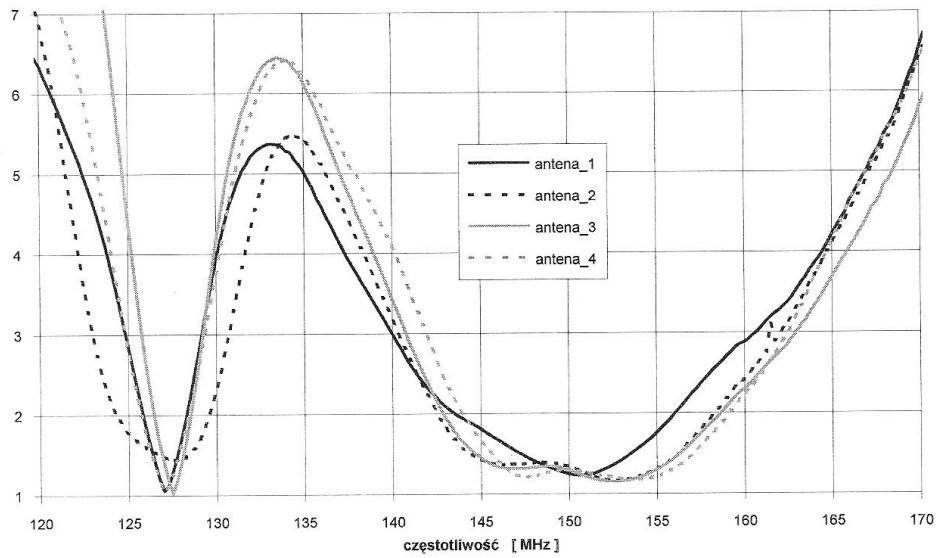
- pasmo 127 ÷ 128 MHz (bardzo małe);
- pasmo ok. 145 ÷ 155 MHz - właściwy zakres ich pracy, przy częstotliwości środkowej ok. 150 MHz.

Obliczone szerokości pasm pracy anten BSN 150 (dla $\text{WFS} \leq 1.5$) zamieszczono w tablicy nr 1.

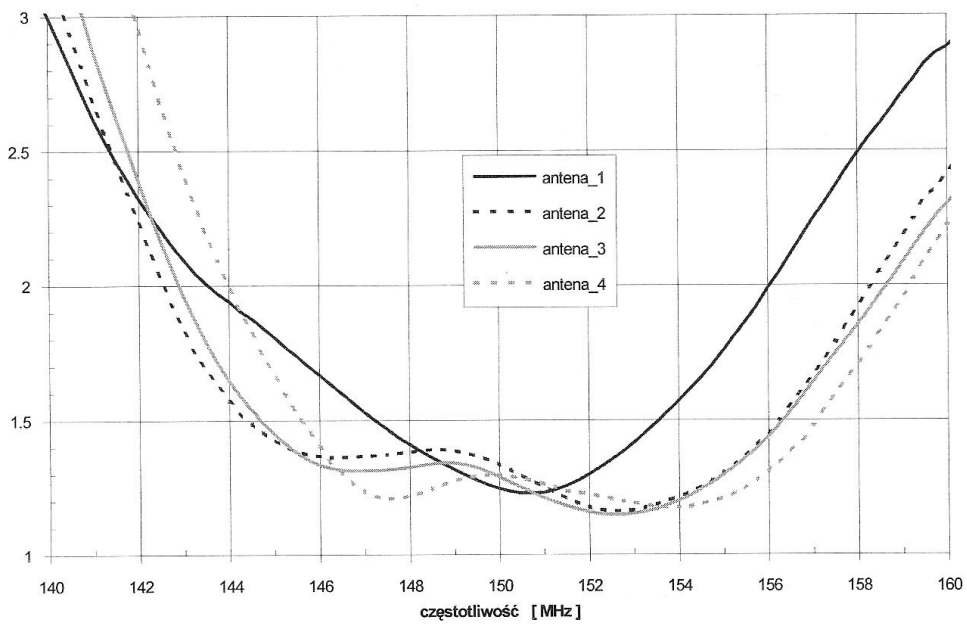
Tablica 1. Szerokość pasma pracy anteny BSN 150 dla $\text{WFS} \leq 1.5$.

nr anteny	zakres częstotliwości dla $\text{WFS} \leq 1.5$ [MHz]	szerokość pasma dla $\text{WFS} \leq 1.5$ [MHz]	minimum WFS w tym paśmie
1	147 ÷ 153.5	6.5	1.229
2	144.5 ÷ 156	11.5	1.162
3	144.5 ÷ 156	11.5	1.149
4	146 ÷ 157	11.0	1.174
5	142.5 ÷ 150.0	7.5	1.175
6	145 ÷ 153	8.0	1.080

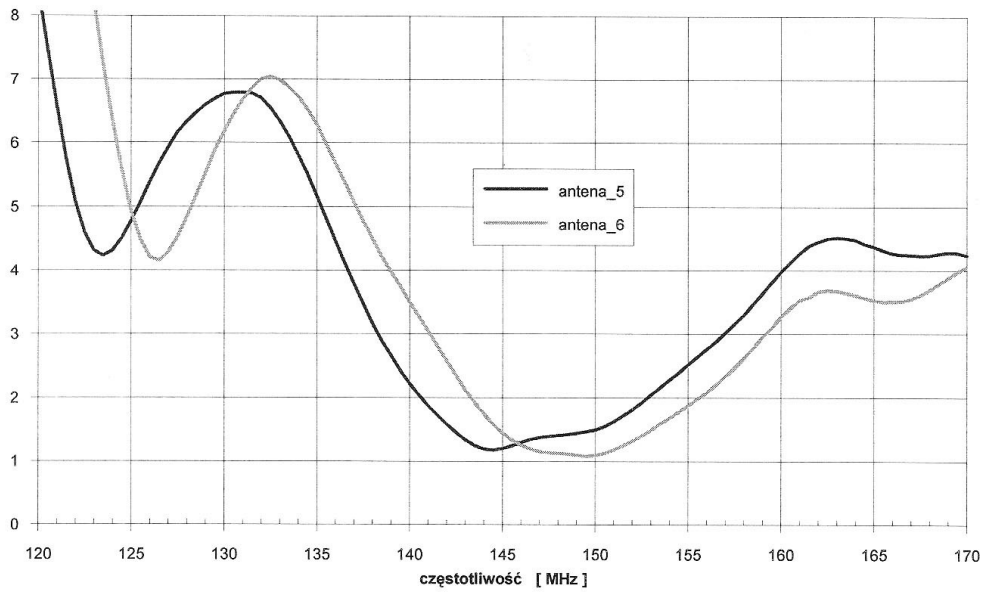
Na rys. 2 ÷ 5 przedstawiono wykresy WFS w funkcji częstotliwości anten BSN 150.



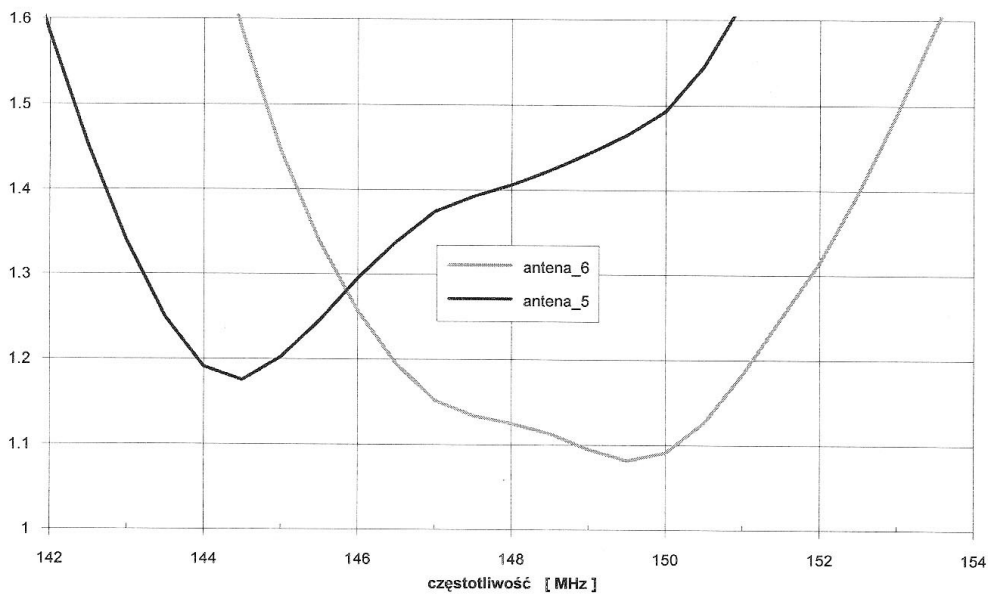
Rys. 2. Współczynnik fali stojącej (WFS) anten BSN 150 nr 1÷4 w paśmie 120 - 170 MHz.



Rys. 3. Współczynnik fali stojącej (WFS) anten BSN 150 nr 1÷4 w paśmie 140 - 160 MHz.

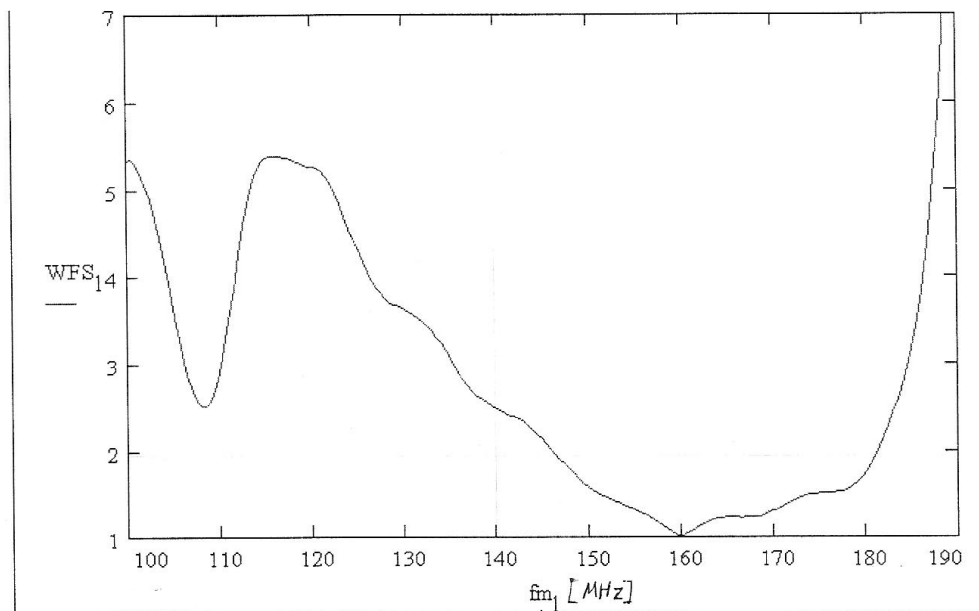


Rys. 4. Współczynnik fali stojącej (WFS) anten BSN 150 nr 5 i 6 w paśmie 120 - 170 MHz.

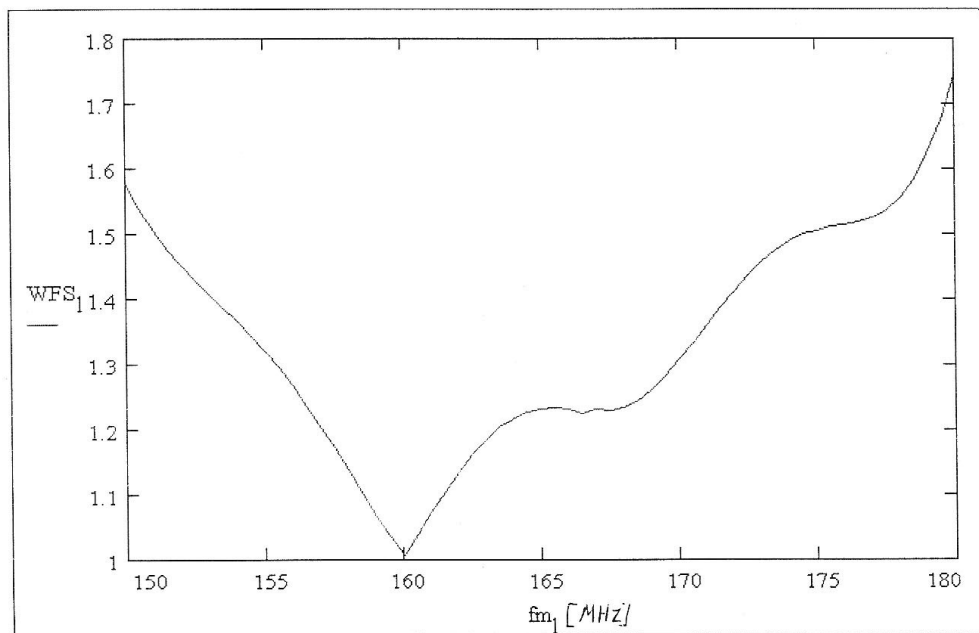


Rys. 5. Współczynnik fali stojącej (WFS) anten BSN 150 nr 5 i 6 w paśmie 142 - 154 MHz.

Na rys. 6 i 7 pokazano natomiast przebieg WFS anteny typu BSO w funkcji częstotliwości. Pasmo pracy tej anteny dla $WFS \leq 1.5$ jest stosunkowo szerokie i wynosi 21 MHz (152-173 MHz). Minimum WFS tej anteny wynosi 1.008 dla 160.0 MHz.



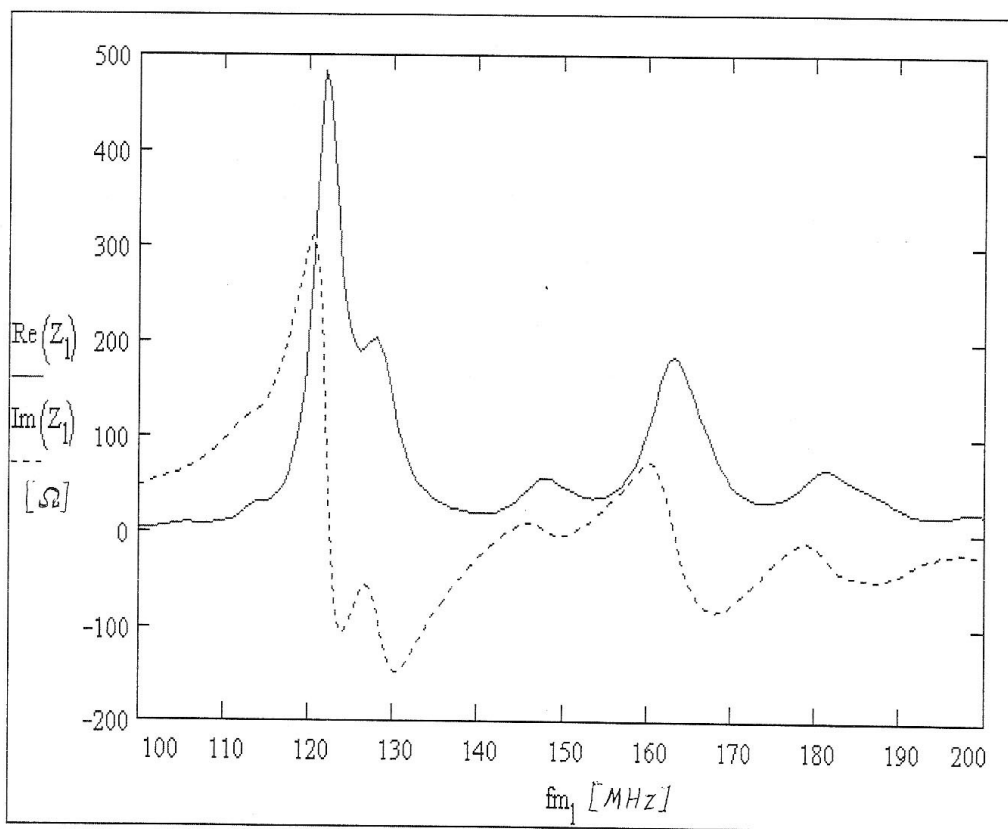
Rys. 6. Współczynnik fali stojącej (WFS) anteny BSO w paśmie 100 - 190 MHz.



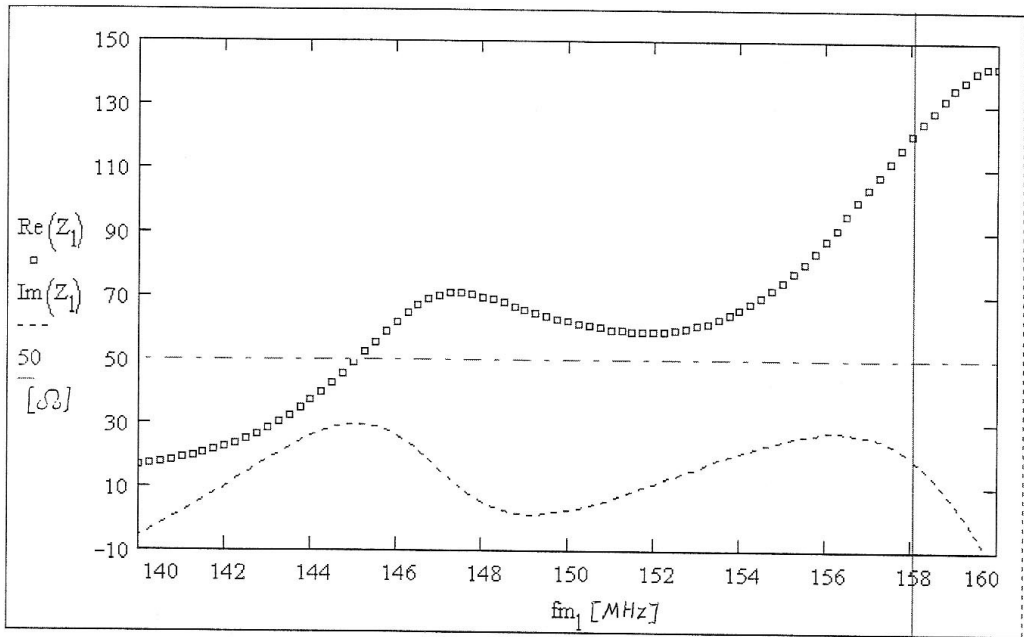
Rys. 7. Współczynnik fali stojącej (WFS) anteny BSO w paśmie 150 - 180 MHz.

2.3. Wyniki pomiarów impedancji wejściowej anten

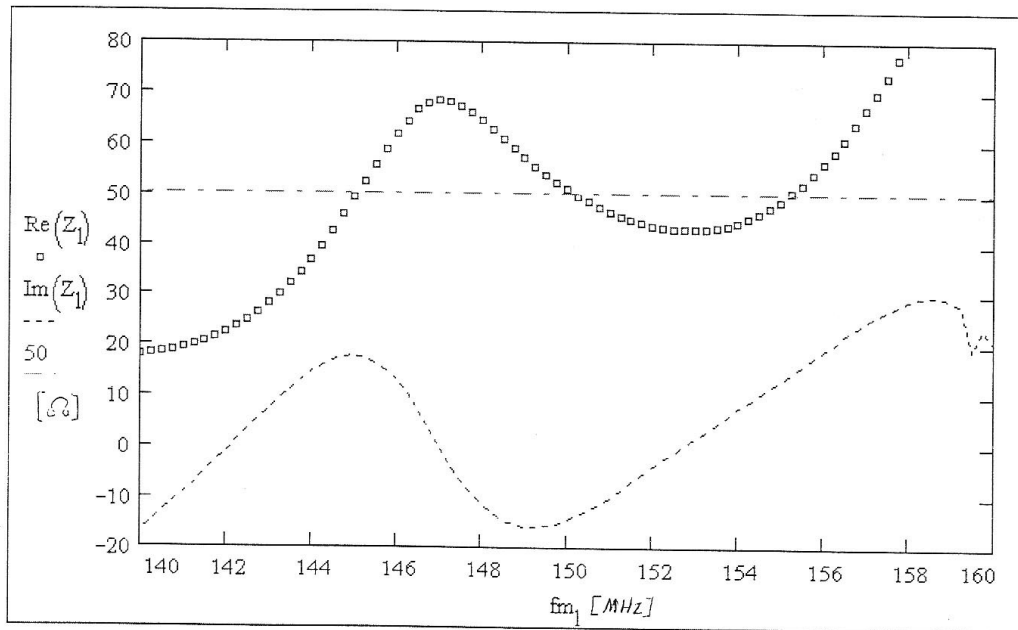
Celem umożliwienia przeprowadzenia ewentualnej analizy wpływu poszczególnych elementów badanych anten (długości elementów promieniujących, wartości indukcyjności) na pasmo pracy, na rys. 8 ÷ 16 przedstawiono wyniki obliczeń impedancji wejściowej anten $Z_1 = \text{Re}(Z_1) + j \text{Im}(Z_1)$ w funkcji częstotliwości f_1 . Ponieważ badane anteny charakteryzują się bardzo podobnymi zależnościami impedancji wejściowej w funkcji częstotliwości w szerokim paśmie 100 ÷ 200 MHz, dlatego tylko dla anteny nr 6 przedstawiono (na rys. 8) wyniki pomiarów w tym paśmie. Natomiast w paśmie 140 ÷ 160 MHz zamieszczono na rys. 9 ÷ 14 przebiegi impedancji wejściowej wszystkich anten BSN 150. Na rysunkach tych wykreślono dodatkowo jako linię pomocniczą wartość $+ 50 \Omega$. Rysunki 15 i 16 pokazują natomiast przebiegi funkcji impedancji wejściowej dla anteny krótkiej BSO.



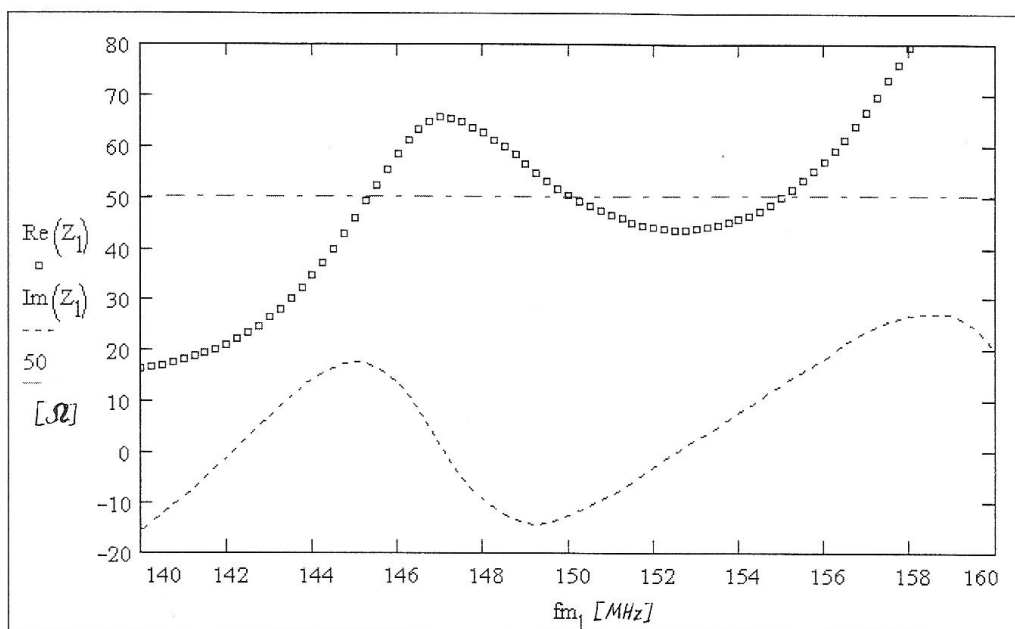
Rys. 8. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 6 w szerokim paśmie.



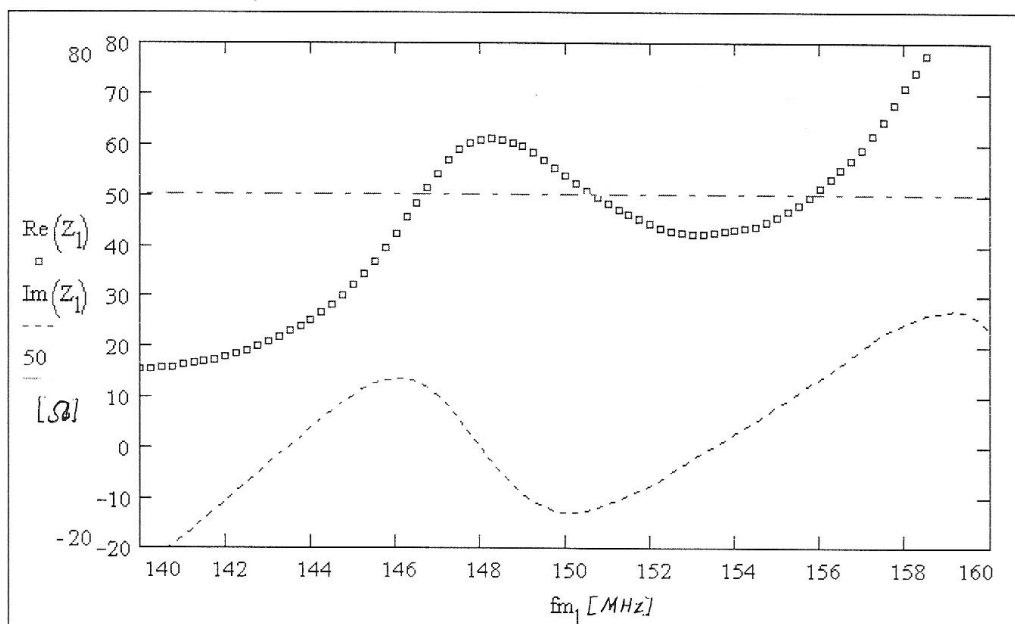
Rys. 9. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 1 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



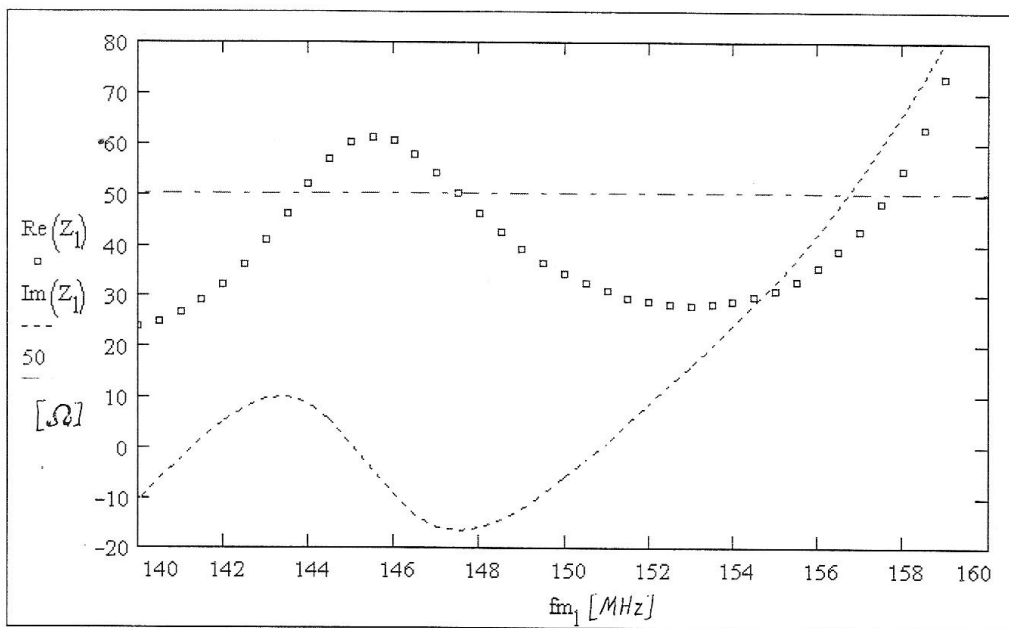
Rys. 10. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 2 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



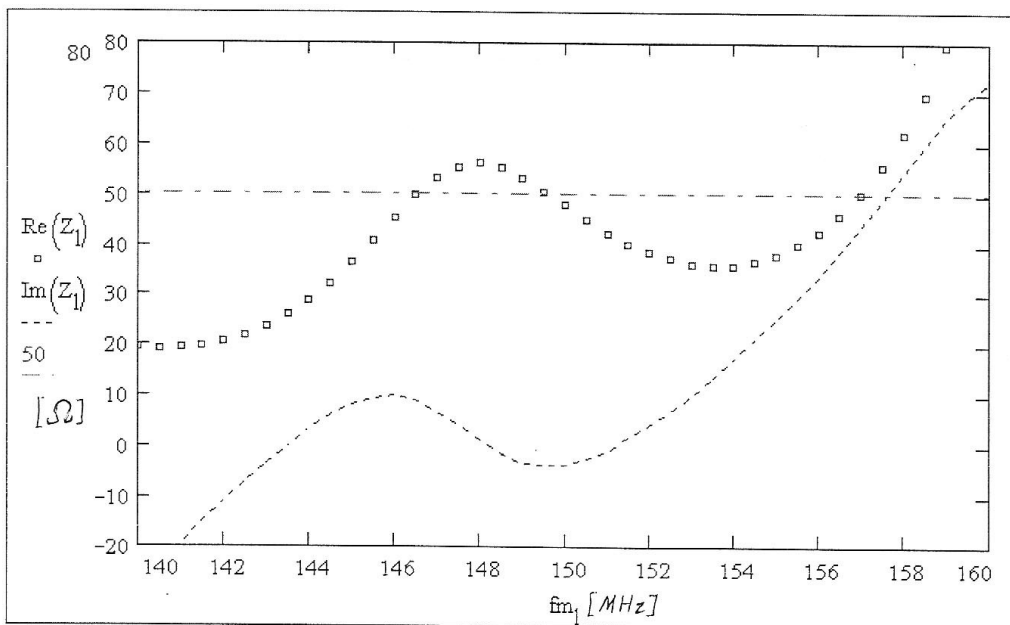
Rys. 11. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 3 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



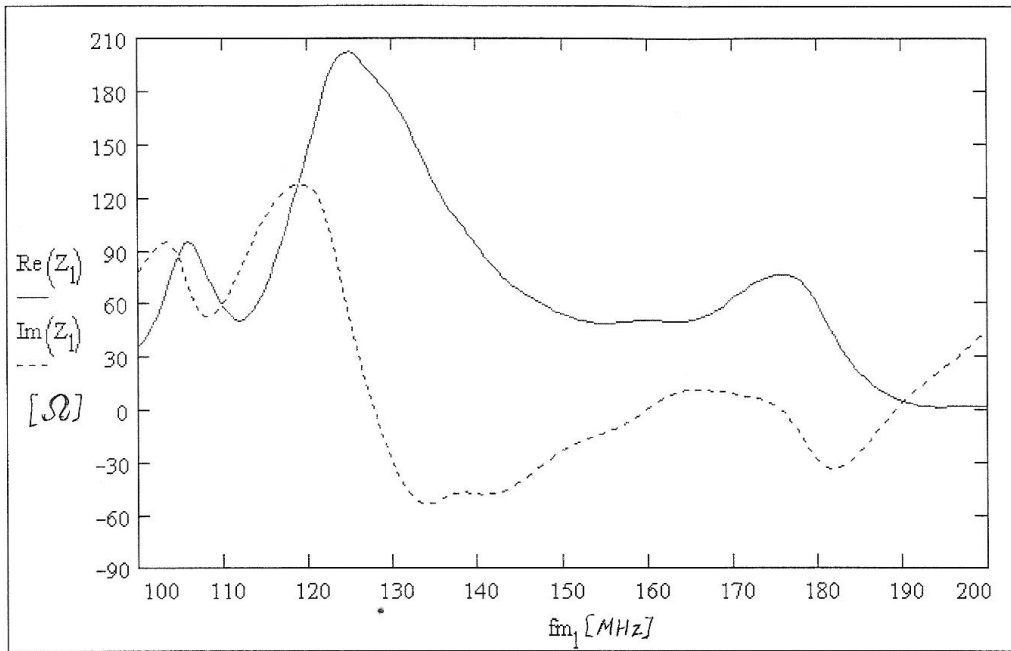
Rys. 12. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 4 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



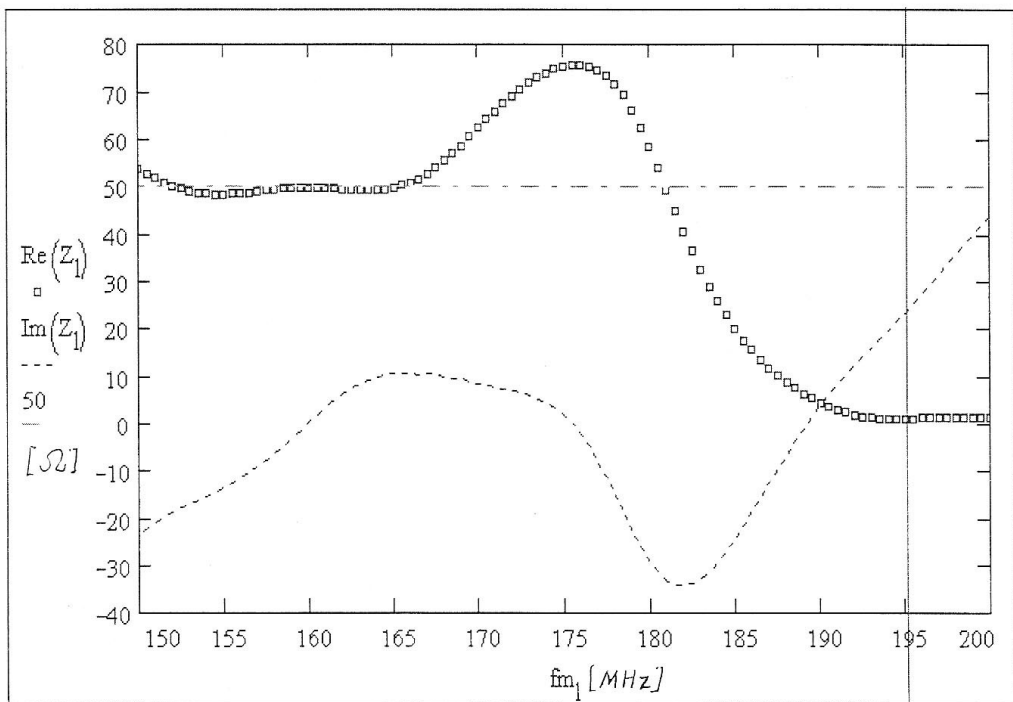
Rys. 13. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 5 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



Rys. 14. Impedancja wejściowa anteny BSN 150 nr 6 w paśmie 140 ÷ 160 MHz.



Rys. 15. Impedancja wejściowa anteny BSO w paśmie 100-200 MHz.



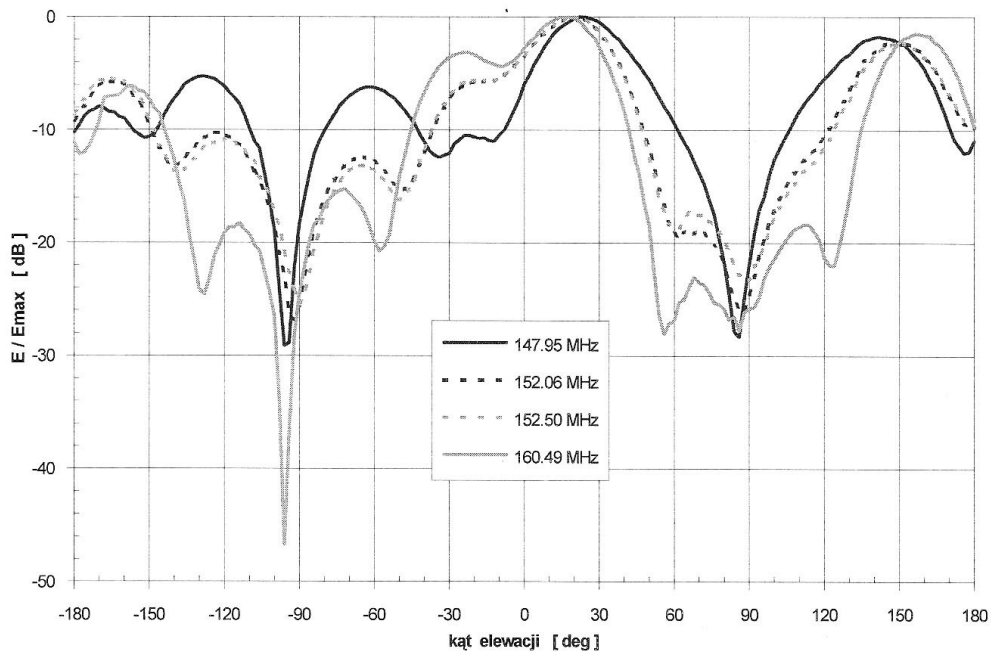
Rys. 16. Impedancja wejściowa anteny BSO w paśmie 150-200 MHz.

2.4. Wyniki pomiarów charakterystyk promieniowania anteny BSN 150

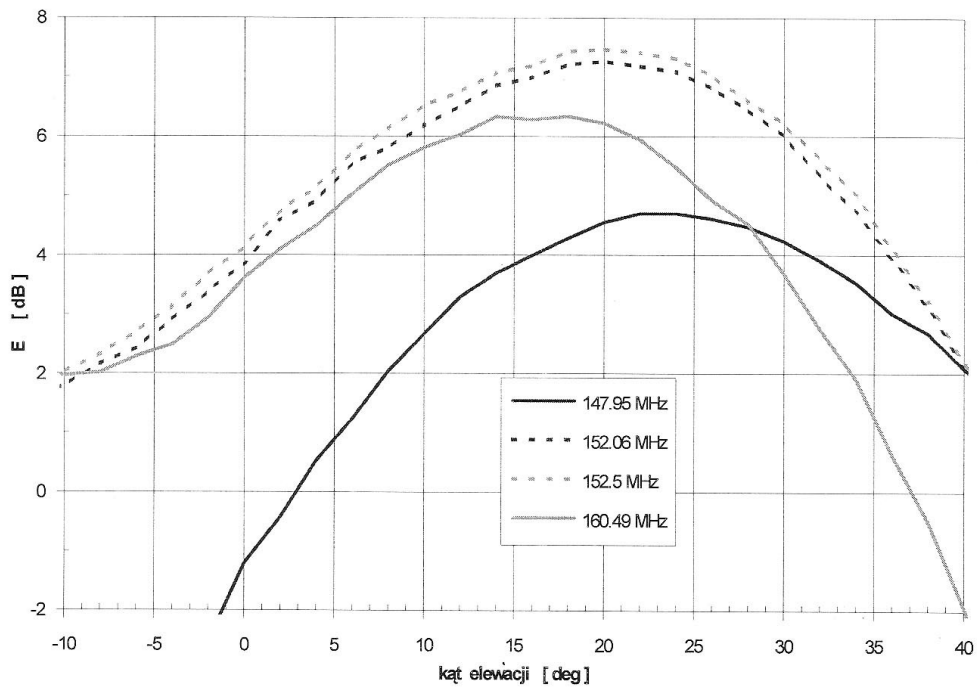
Na rys. 17÷25 przedstawiono wyniki pomiarów charakterystyk promieniowania w pł. E (pionowej) trzech anten typu BSN 150 (o numerach 4, 5 i 6). Na rys. 17, 20 i 23 przedstawiono unormowane charakterystyki w pełnym kącie elewacji $\gamma (\pm 180^\circ)$, a na rys. 18, 21, 22, 24 i 25 nieunormowane charakterystyki promieniowania w wąskim przedziale kąta γ , w okolicy maksimum charakterystyki.

Dodatkowo na rys.19 pokazane są wyniki dwóch pomiarów charakterystyk anteny BSN 150 nr 4, dla dwóch różnych mocowań na maszcie dielektrycznym (p1 i p2). Z rysunku tego wynika, że sposób mocowania anteny na maszcie nie ma wpływu na kierunek maksymalnego promieniowania badanej anteny.

W tablicach nr 2, 3 i 4 zamieszczono wyniki obliczeń szerokości głównych listków (na poziomie -3 dB) charakterystyk promieniowania (w płaszczyźnie pionowej) badanych anten.



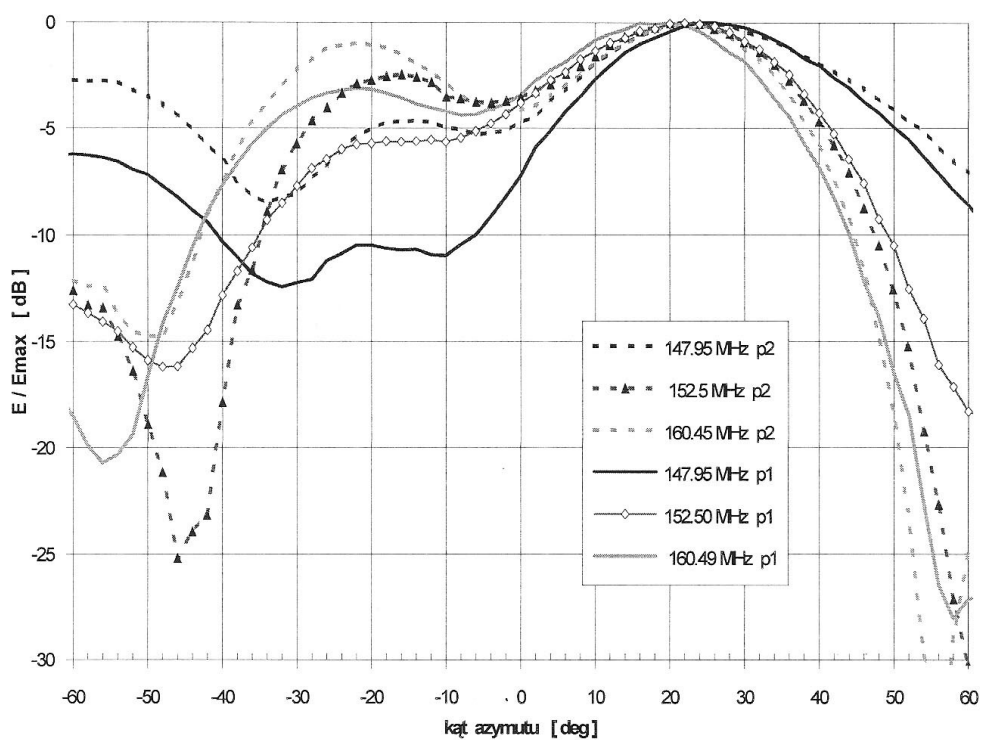
Rys. 17. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 4.



Rys. 18. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150. nr 4. Wartości nieunormowane w otoczeniu maksimum promieniowania.

Tablica 2. 3 dB szerokość wiązki anteny BSN 150 nr 4 w płaszczyźnie pionowej charakterystyki promieniowania.

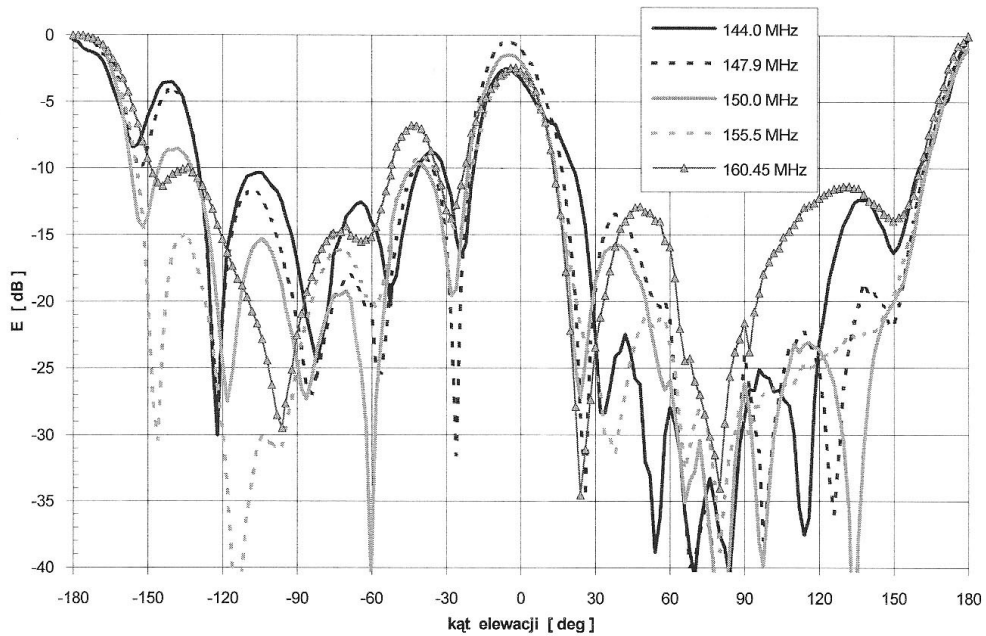
częstotliwość [MHz]	Θ_{3dB} [°] wyznaczony
147.95	34
152.06	35
152.50	35
160.49	31



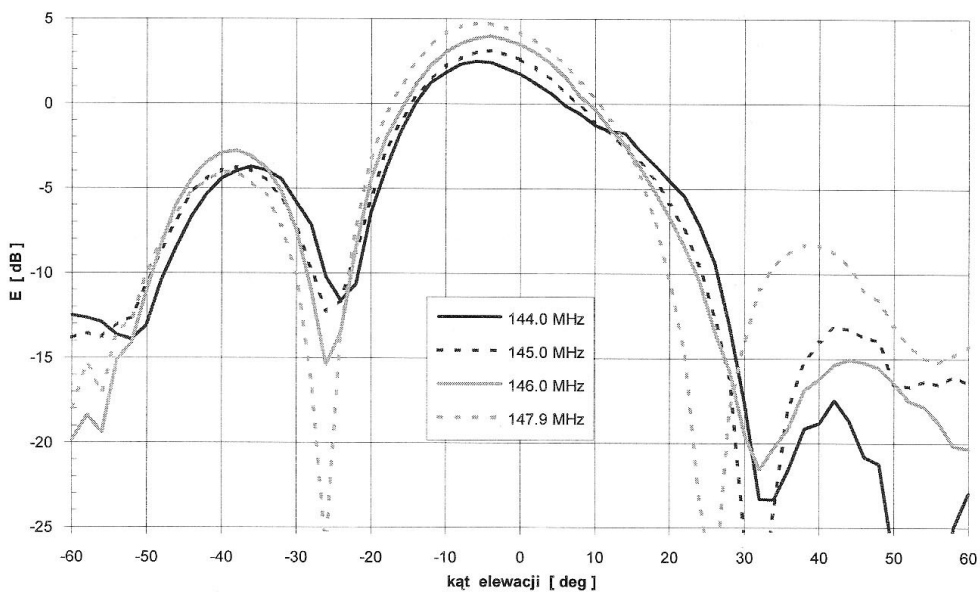
Rys. 19. Porównanie dwóch pomiarów p1 i p2 anteny BSN 150 nr 4.

Tablica 3. 3 dB szerokość wiązki anteny BSN 150 nr 5 w płaszczyźnie pionowej charakterystyki promieniowania.

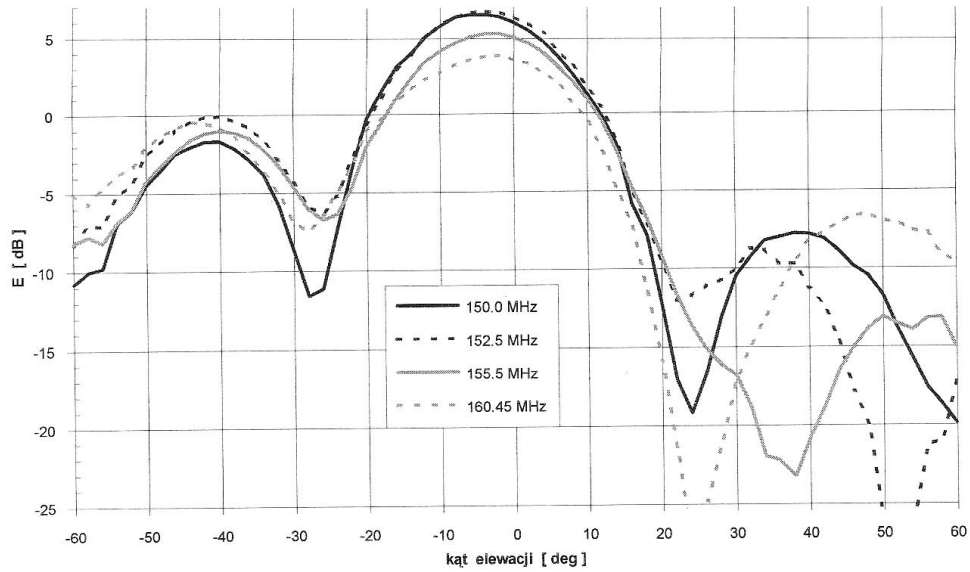
częstotliwość [MHz]	Θ_{3dB} [°] wyznaczony
144.0	22
145.0	23
146.0	21
147.9	23
147.95	23
150.0	23
152.5	21
160.45	23.5



Rys. 20. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 5.



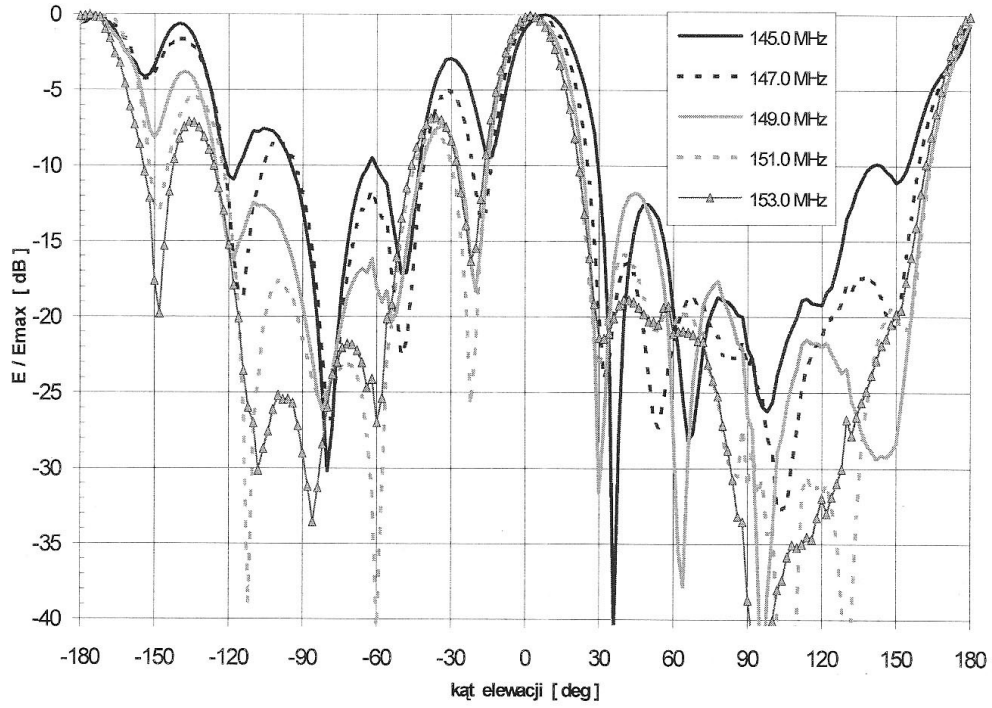
Rys. 21. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 5. Wartości nieunormowane w otoczeniu maksimum promieniowania.



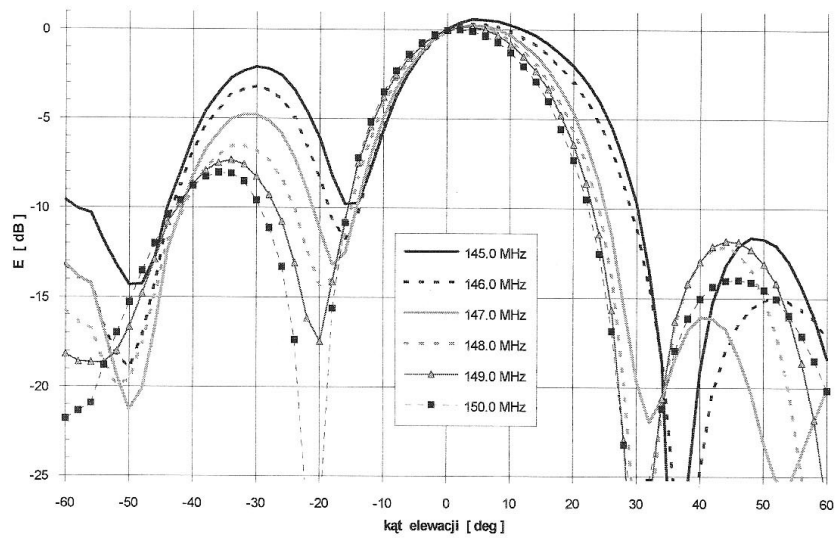
Rys. 22. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 5. Wartości nieunormowane w otoczeniu maksimum promieniowania.

Tablica 4. 3 dB szerokość wiązki anteny BSN 150 nr 6 w płaszczyźnie pionowej charakterystyki promieniowania.

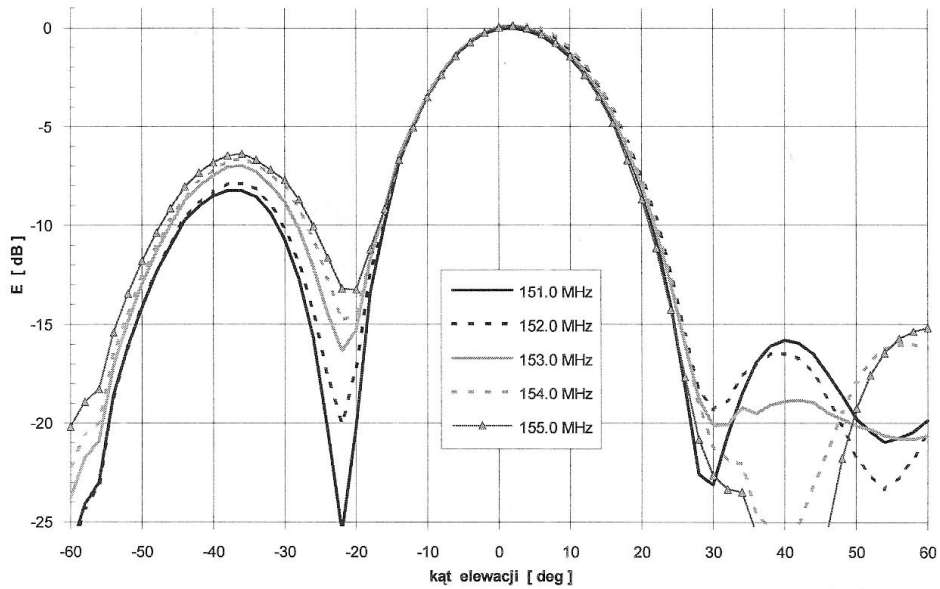
częstotliwość [MHz]	Θ_{3dB} [°] wyznaczony
145.0	28
147.0	24.5
149.0	23.5
151.0	21.5
153.0	22



Rys. 23. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 6.



Rys. 24. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 6. Wartości nieunormowane w otoczeniu maksimum promieniowania.



Rys. 25. Charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie E (pionowej) anteny BSN 150 nr 6. Wartości nieunormowane w otoczeniu maksimum promieniowania.

2.5. Zysk energetyczny anten

W tablicach nr 5 i 6 zestawiono wyniki pomiarów zysku G_{max} anten BSN 150 (nr 4, 5 i 6), W tablicach tych zamieszczono również wyniki obliczeń zysku G_p na kierunku $\gamma = 0^\circ$ (płaszczyzna ziemi). Wartości zysku zostały wyznaczone względem anteny izotropowej. W stosunku do dipola półfalowego będą one o 2.15 dB mniejsze.

Tablica 5. Zysk energetyczny anteny BSN 150 nr 4.

f [MHz]	Gp [dBi]	Gmax [dBi]
147.9	0.17	6.64
147.91	-0.07	6.65
147.94	0.24	6.62
147.95	0.78	6.69
152.06	6.14	9.54
152.5	6.41	9.75
160.45	5.81	8.54
160.49	5.60	8.53
160.51	5.68	8.53

Częstotliwości znajdujące się w tablicy 4 nie pokrywają całego pama pracy anteny, ale tylko dla nich otrzymano zgodę na pomiary w Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej (PAR). Również tylko na tych częstotliwościach dokonano pomiarów charakterystyk promieniowania anteny 4. W listopadzie uzyskano zgodę na dalsze częstotliwości i dlatego pomiary anten 5 i 6 przeprowadzono gęściej.

Tablica 6. Zysk energetyczny anten BSN 150 nr 5 i 6.

f [MHz]	antena nr 5		antena nr 6	
	Gp [dBi]	Gmax [dBi]	Gp [dBi]	Gmax [dBi]
144	4.1	4.8	-	-
145	4.9	5.5	2.9	3.4
146	5.8	6.4	3.8	4.2
147	6.5	7.0	5.4	5.8
148	7.2	7.7	7.2	7.5
149	8.0	8.5	7.9	8.1
150	8.8	9.3	8.8	8.9
151	8.7	9.2	9.1	9.2
152	8.5	9.0	9.4	9.5
153	8.4	8.9	9.1	9.2
154	8.3	8.8	8.5	8.7
155	8.2	8.7	8.3	8.4
155.5	7.9	8.6	-	-
160.45	6.8	7.1	-	-

Zysk wyznaczono z błędem ± 0.5 dB.

2.6. Analiza wyników przeprowadzonych pomiarów oraz wnioski

1. Analizując wyniki pomiarów badanych anten należy stwierdzić, że zmiana elementów anteny (wartość indukcyjności cewek i wymiarów elementów promieniujących) wpływa na podstawowe parametry elektryczne anteny:

- impedancję wejściową;
- kształt charakterystyki promieniowania w pł. E (kierunek maksimum promieniowania i poziom listków bocznych);
- wartość zysku.

Kształt charakterystyki promieniowania anteny w decydującym stopniu zależy od zespolonego rozkładu prądu wzdłuż elementów promieniujących [7, 8]. Dobór optymalnych wymiarów elementów promieniujących, jak i indukcyjności (w paśmie pracy anteny) musi uwzględniać jej wyżej wymienione parametry elektryczne. Dlatego w celu wstępnego określenia wartości poszczególnych indukcyjności oraz wymiarów elementów promieniujących należy przeprowadzić symulację komputerową badanych anten. Do obliczeń parametrów elektrycznych anten liniowych można wykorzystać profesjonalny program NEC [9].

2. Z wyników pomiarów impedancji wejściowej anten typu BSN 150 wynika że o szerokości pasma pracy (dla $WFS \leq 1.5$) oraz o wartości częstotliwości środkowej f_{sr} decyduje zależność części urojonej $Im(Z)$ impedancji wejściowej od częstotliwości. Najszerszym pasmem pracy (około 11.5 MHz) charakteryzują się anteny nr 2, 3 i 4. Szerokość pasma pracy anten nr 5 i 6 jest mniejsza i wynosi ok. 8 MHz. Pasma pracy anteny typu BSO wynosi ok. 25 MHz, a jej częstotliwość środkowa $f_{sr} = 162$ MHz.

3. Poważne zastrzeżenia budzi kształt pionowych charakterystyk promieniowania dla anten BSN 150 (nr 4, 5 i 6). Anteny te wykazują stosunkowo duży poziom listków bocznych charakterystyki promieniowania dla $-60^\circ \leq \gamma \leq -30^\circ$ oraz $\gamma \approx -140^\circ$. Największy poziom listków bocznych wykazują anteny nr 5 (około -2 i -3 dB). Dlatego anteny te posiadają mały zysk dla częstotliwości z pasma 144 ÷ 146 MHz. Antena nr 4 ma pochyloną w kierunku ziemi pionową charakterystykę promieniowania. Maksimum tej charakterystyki leży w przedziale kątów γ od 18° (dla 160.45 MHz) do 24° (dla 147.95 MHz), a spadek natężenia pola w kierunku poziomym $\gamma = 0^\circ$ wynosi od 2.5 dB do 5 dB. Antena ta nie spełnia wymogów normy PN-88-T-84700/02, która nakazuje, aby ten spadek nie przekraczał wartości 1 dB.

4. Głębsze minimum pionowej charakterystyki w otoczeniu kąta elewacji -90° (rys. 4) odpowiada ustawieniu anten BSN 150 wierzchołkiem w stronę anteny nadawczej, w czasie pomiaru. Na rys. 1 jest to kierunek zenitalny - pionowo do góry. Natomiast drugie - płytsze minimum w otoczeniu kąta $+90^\circ$ odpowiada ustawieniu anteny BSN 150 podstawą - punktem zasilania w stronę anteny nadawczej, w czasie pomiaru. Na rys. 1 będzie to kierunek w dół - pionowo do ziemi.

5. Ponieważ zmierzone parametry polowe i obwodowe anteny nr 6 odpowiadają wartościom podanym przez producenta w karcie wyrobu oraz spełniają wymagania określone w normach [4, 5, 6], dlatego ITiA wystąpi do Ministerstwa Łączności o wydanie świadectwa homologacji dla tej anteny.

3. Spis literatury

1. Langowski Z. i inni: „Anteny mikropaskowe dla systemów radiokomunikacji satelitarnej”. Raport nr I-28/S-005/96, Instytut Telekomunikacji i Akustyki, Politechnika Wrocławska, Wrocław 1996
2. Borowiec R., Słobodzian P.: „Stanowisko poligonowe do pomiaru anten w dziedzinie częstotliwości”. Krajowe Sympozjum Telekomunikacji KST'96 Bydgoszcz 11-13 IX 1996, materiały - tom B, ss. 155-164.
3. Borowiec R., Krzysztofik W. J., Langowski Z., Papierniak W., Słobodzian P.: „Stanowisko poligonowe do pomiaru anten w strefie pola dalekiego metodą częstotliwościową”. VII Wojskowa Konferencja Telekomunikacji i Informatyki WKTiI-98, Zegrze 7-9 X 1998, materiały - cz. III, ss. 345 - 354.
4. PN - 88 - T - 84700/01.
5. PN - 88 - T - 84700/02.
6. PN - 88 - T - 84700/03.
7. Bem Daniel J., Teisseyre Olgierd: „Okrętowe urządzenia antenowe”, seria: *Biblioteka nautyki*, tom 23, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1976.
8. Fujimoto K., James J. R.: *Mobile antenna system handbook*”, Artech House Boston-London 1994.
9. Numerical Electromagnetic Code (NEC) - Method of Moments. Technical Document No. 116. Lawrence Livermore Laboratory. Naval Ocean Systems Center, San Diego, California, USA.