

---

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA**  
**WYDZIAŁ ELEKTRONIKI**  
**INSTYTUT TELEKOMUNIKACJI**  
**ZAKŁAD RADIOKOMUNIKACJI**  
Laboratorium Anten

---



---

**INSTRUKCJA LABORATORYJNA**

---

**ĆWICZENIE NR 3:**

**BADANIE ANTENY**  
**Z REFLEKTOREM KĄTOWYM**

**WARSZAWA 2018**

Instrukcja opracowana na potrzeby  
Laboratorium Anten Zakładu Radiokomunikacji  
Opracowanie wykonane przez:  
dr. inż. Rafała Przesmyckiego  
mgr. inż. Kazimierza Piwowarczyka  
dr. inż. Marka Bugaja

Niniejsza instrukcja wykonana została dla studentów WAT  
realizujących w ramach programów studiów  
ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów

***Anteny i propagacja fal 1***

oraz

***Anteny i propagacja fal 2***

Instrukcja nie może być powielana do celów innych niż dydaktyczne.  
Wszelkie pytania dotyczące instrukcji i ćwiczeń laboratoryjnych  
wykonywanych w Laboratorium Anten ZR  
kierować należy na adresy:

[rafal.przesmycki@wat.edu.pl](mailto:rafal.przesmycki@wat.edu.pl)  
[kazimierz.piwowarczyk@wat.edu.pl](mailto:kazimierz.piwowarczyk@wat.edu.pl)  
[marek.bugaj@wat.edu.pl](mailto:marek.bugaj@wat.edu.pl)

## **Przepisy BHP obowiązujące w laboratorium**

### **1. Przy pracy z urządzeniami mikrofalowymi należy:**

- sprowadzać do minimum czas przebywania w strefie pola elektromagnetycznego,
- zezwalać na przebywanie w pracowniach osób nie zajętych bezpośrednio pracą z urządzeniami mikrofalowymi wówczas gdy: pracują generatory małej mocy, osoby te nie znajdują się w strefie działania pola elektromagnetycznego
- stosować w miarę możliwości urządzenia mikrofalowe małej mocy (tłumienie sygnału wyjściowego powinno być możliwie maksymalne w danych warunkach pomiarowych)
- stosować środki ochronne zabezpieczające wykonujących pomiary przed opromieniowaniem ( sztuczne obciążenie, ekrany stanowisk pomiarowych itp.)

### **2. W czasie pracy urządzeń mikrofalowych ZABRANIA SIĘ:**

- przebywać w pracowniach osobom nie związanym bezpośrednio z pracą urządzeń mikrofalowych,
- oglądać otwarte końce falowodów, elementów promieniujących reflektorów, anten, połączeń torów falowodowych oraz innych źródeł promieniowania,
- wykonywać prace przy układach antenowo-przesyłowych,
- zdejmować lub otwierać elementy ekranujące urządzeń mikrofalowych,
- przekraczać następujących wartości średniej gęstości pola elektromagnetycznego:  
gęstość do  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , przy której czas pracy lub przebywania w tym polu nie podlega ograniczeniu,  
gęstość od 10 do  $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , przy której łączny czas pracy lub przebywania w tym polu nie może przekraczać 2 godzin na dobę w przypadku pracy bez środka ochrony osobistej,  
gęstość od 100 do  $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , przy której łączny czas pracy lub przebywania w tym polu nie może przekraczać 20 minut na dobę w przypadku pracy bez środków ochrony osobistej z zabezpieczeniem jednak narządów wzroku,
- dopuszczać młodocianych, kobiety w ciąży oraz osoby ze schorzeniami, których stan zdrowia pod wpływem pola elektromagnetycznego może ulec pogorszeniu,
- opromieniowywać inne stanowiska pracy.

### **3. Przy pracy z urządzeniami elektrycznymi należy:**

- przestrzegać przepisów dotyczących uziemienia i zerowania urządzeń stałych i przenośnych,
- dopuszczać do przeglądów czynnych urządzeń elektrycznych tylko:  
osoby obsługujące urządzenie,  
osoby o wymaganych kwalifikacjach tylko w obecności personelu obsługującego względnie osób upoważnionych przez przełożonych,
- posługiwać się sprzętem ochronno-izolacyjnym przed porażeniem,
- dbać o dobry stan izolacji i czystości ocadzeń elektrycznych
- w przypadku wystąpienia nieszczęśliwego wypadku powiadomić prowadzącego oraz w razie potrzeby odpowiednie służby,
- przestrzegać dodatkowych zarządzeń i przepisów nie ujętych w niniejszej instrukcji.

### **4. W czasie pracy z urządzeniami elektrycznymi ZABRANIA SIĘ:**

- dopuszczać do urządzeń elektrycznych osoby nie spełniające wymagań kwalifikacyjnych i zdrowotnych BHP, sprzątanie pomieszczeń może odbywać się tylko pod nadzorem osób za nie odpowiedzialnych,
- wykonywać czynności łączeniowe w sieci energetycznej bez zgody przełożonych i nadzoru,
- dotykać urządzeń pod napięciem,
- posługiwać się urządzeniami uszkodzonymi, w nieprzepisowej obudowie, względnie zainstalowanymi niezgodnie z przepisami,
- naprawiać uszkodzonych bezpieczników, bezpieczniki uszkodzone należy zastępować nowymi o właściwej wartości dopuszczalnego prądu.

## 1 CEL ĆWICZENIA

Celem wykonania pomiarów jest sprawdzenie czy zaprojektowana bądź eksploatowana antena posiada założone parametry. Podstawowym zadaniem pomiarów antenowych jest pomiar charakterystyk i parametrów elektrycznych lub też wielkości będących danymi wyjściowymi do ich obliczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową oraz podstawowymi charakterystykami anteny z reflektorem kątowym. W ramach ćwiczenia przebadana zostanie antena typu CA 732 firmy Ericsson stosowana w radioliniach typu RL 432A. Podstawowe informacje o antenie typu CA 732 przedstawiono na stronie 9 instrukcji.

## 2 PRZYGOTOWANIE STUDENTÓW DO ĆWICZENIA

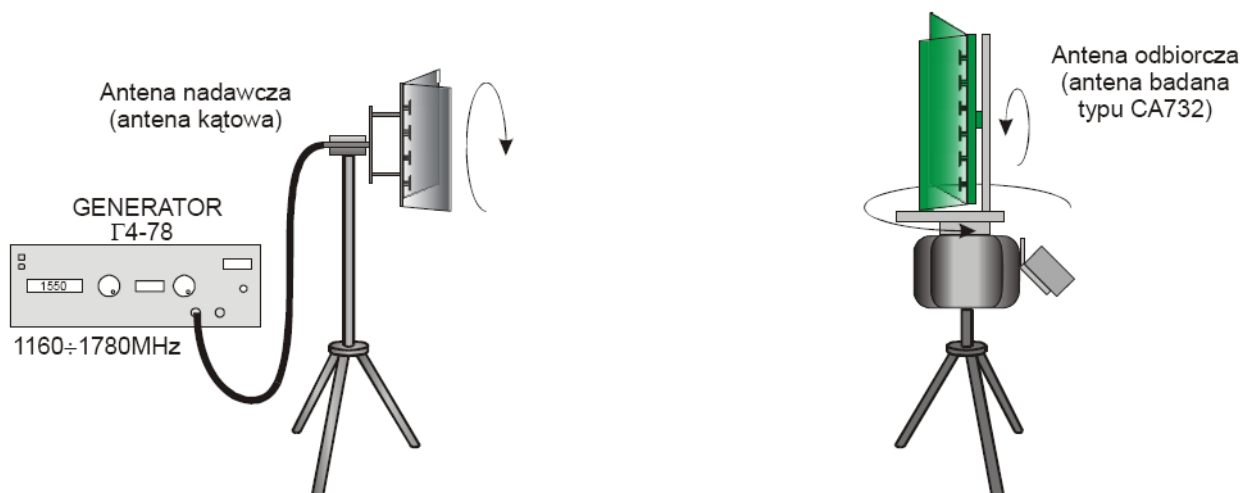
Przed przystąpieniem do ćwiczenia laboratoryjnego studenci powinni opanować niezbędny zakres wiadomości dotyczący:

- definicji podstawowych parametrów i charakterystyk anten (kierunkowość, zys energetyczny, impedancja wejściowa, pasmo pracy anteny, charakterystyka promieniowania, WFS),
- teoretycznych charakterystyk anten symetrycznych, zasady pracy anteny z reflektorem kątowym, jej podstawowych zalet i wad, zastosowań oraz układów szyków antenowych,
- metod i warunków realizacji pomiaru charakterystyk promieniowania anten.

## 3 ZAKRES ĆWICZENIA

Realizacja ćwiczenia laboratoryjnego obejmuje pomiar charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem kątowym dla wybranych częstotliwości przy polaryzacji pionowej i poziomej.

## 4 INSTRUKCJA POMIAROWA



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badania charakterystyk anteny z reflektorem kątowym

## 4.1 Procedura przygotowawcza

Przed przystąpieniem do pomiarów należy przygotować stanowisko pomiarowe. W tym celu należy:

1. Sprawdzić zgodność polaryzacji anteny nadawczej i odbiorczej. W przypadku braku zgodności należy tak zmienić położenie anteny odbiorczej, by jej polaryzacja odpowiadała polaryzacji anteny nadawczej.
2. Włączyć zasilanie części odbiorczej stanowiska pomiarowego.
3. Przy pomocy napędu stanowiska obrócić antenę odbiorczą tak, ażeby uzyskać pokrycie się osi geometrycznych anten nadawczej i odbiorczej.
4. **Po uzyskaniu pozwolenia od prowadzącego ćwiczenie zmierzyć wymiary apertury anteny nadawczej, zwymiarować dokładnie antenę odbiorczą oraz zmierzyć odległość między antenami. Dane zapisać w tabeli pomiarowej nr 1.**
5. Sprawdzić i zanotować częstotliwość ustawioną na generatorze zasilającym antenę nadawczą.
6. Poinformować prowadzącego ćwiczenie o gotowości podgrupy do realizacji pomiarów charakterystyk.
7. Ustawić potencjometr CZUŁOŚĆ w położeniu MAX i uruchomić napęd stanowiska.
8. Sprawdzić wychylenie wskaźnika dla maksymalnego kierunku promieniowania i jeśli zachodzi potrzeba ustawić potencjometr CZUŁOŚĆ w położeniu  $\frac{3}{4}$ .
9. Ustawić położenie anteny odbiorczej tak, ażeby jej apertura skierowana była prostopadle do kierunku, na którym znajduje się apertura anteny nadawczej.
10. Prowadzący ćwiczenie podaje podgrupie, dla jakich częstotliwości i polaryzacji anteny z reflektorem kątowym należy zrealizować pomiary charakterystyk, informuje o sposobie zmiany polaryzacji anteny, włącza generator w.cz. i ustawia odpowiedni poziom sygnału wyjściowego.

## 4.2 Procedura pomiarowa

Pomiar charakterystyki promieniowania badanej anteny wykonywać wg następujących punktów:

1. Ustawić kierunek maksymalnego promieniowania anteny odbiorczej na antenę nadawczą stanowiska pomiarowego dla uzyskania maksymalnego wskazania miernika poziomu sygnału. W tym celu potencjometrem PRĘDKOŚĆ OBROTOWA stanowiska ustawić wolny ruch obrotowy i włączyć napęd stanowiska odbiorczego. Obserwować wskazanie

- poziom odbieranego sygnału na mierniku zainstalowanym w stanowisku. Zatrzymać stanowisko w miejscu odpowiadającym maksymalnemu wychyleniu wskazówki miernika..
2. Za pomocą potencjometru CZUŁOŚĆ znajdującego się na panelu czołowym stanowiska ustawić wychylenie wskazówki na  $8 \div 9 \mu\text{A}$ . Ustawienie takie da najlepsze wykorzystanie dynamiki miernika, a jednocześnie zagwarantuje, że w trakcie pomiarów poziom sygnału nie przekroczy maksymalnego wskazania miernika. Po ustawieniu poziomu sygnału w danym cyklu pomiarowym nie wolno zmieniać położenia potencjometru regulacji czułości.
  3. Włączyć napęd stanowiska i obrócić anteną odbiorczą tak, ażeby wskaźnik poziomu sygnału wskazywał 0. Zatrzymać ruch obrotowy anteny.
  4. Zmienić kierunek obrotów anteny i przystąpić do pomiarów. Wykorzystując przycisk STOP należy zatrzymywać anteną odbiorczą w różnych położeniach kątowych. Dane dotyczące kąтового położenia anteny i odpowiadającego mu poziomemu odebranego sygnału zapisywać w tabeli pomiarowej nr 2. Dokonać pomiarów wykonując pełen obrót antena odbiorczą.
  5. Po wykonaniu pomiarów ustawić antenę odbiorczą w takim położeniu kątowym, w którym uzyskano maksymalne wychylenie wskazówki miernika poziomu sygnału.
  6. Zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o skontrolowanie wyników pomiaru i zmianę częstotliwości pomiarowej.
  7. Rozpocząć procedurę pomiarową dla nowej częstotliwości wykonując ponownie polecenia zawarte w punktach 1÷6 PROCEDURY POMIAROWEJ.

Po zakończeniu pomiarów dla podanych przez prowadzącego częstotliwości zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o zmianę polaryzacji anteny nadawczej i odbiorczej. Przystąpić do pomiarów charakterystyki promieniowania badanej anteny w drugiej płaszczyźnie na tych samych częstotliwościach wykonując kolejno punkty 1÷6 PROCEDURY POMIAROWEJ. Wyniki pomiarów zapisać w tabelach pomiarowych, których wzory umieszczono na końcu instrukcji.

## 5 OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Sprawdzić, na bazie wykonanych pomiarów gabarytów anten oraz odległości między nimi, czy dla pomiarów na poszczególnych częstotliwościach spełnione zostały warunki strefy dalekiej (fali płaskiej):

a) kryterium fazowe (różnica faz pola  $\Delta\varphi_{\max} = \frac{\pi}{8}$  rad)

$$R \geq \frac{2 * D^2}{\lambda}$$

D – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny

$$R \geq \frac{2 * (D_1 + D_2)^2}{\lambda}$$

D1 – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny nadawczej (przekątna apertury anteny)

D2 – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny odbiorczej (przekątna apertury anteny)

**b) kryterium amplitudowe (błąd gęstości mocy 15%)**

$$R \geq 1,19 * D$$

D – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny

$$R \geq 1,19 * (D_1 + D_2)$$

D1 – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny nadawczej (przekątna apertury anteny)

D2 – maksymalny poprzeczny rozmiar anteny odbiorczej (przekątna apertury anteny)

Po wyznaczeniu wartości Rmin z obydwu kryteriów, należy jako warunek strefy dalekiej przyjąć bardziej krytyczną wielkość (większą wartość Rmin).

**c) braku przeszkód w granicach I strefy propagacyjnej Fresnela**

$$R_{F1\max} = \frac{\sqrt{\lambda R}}{2}$$

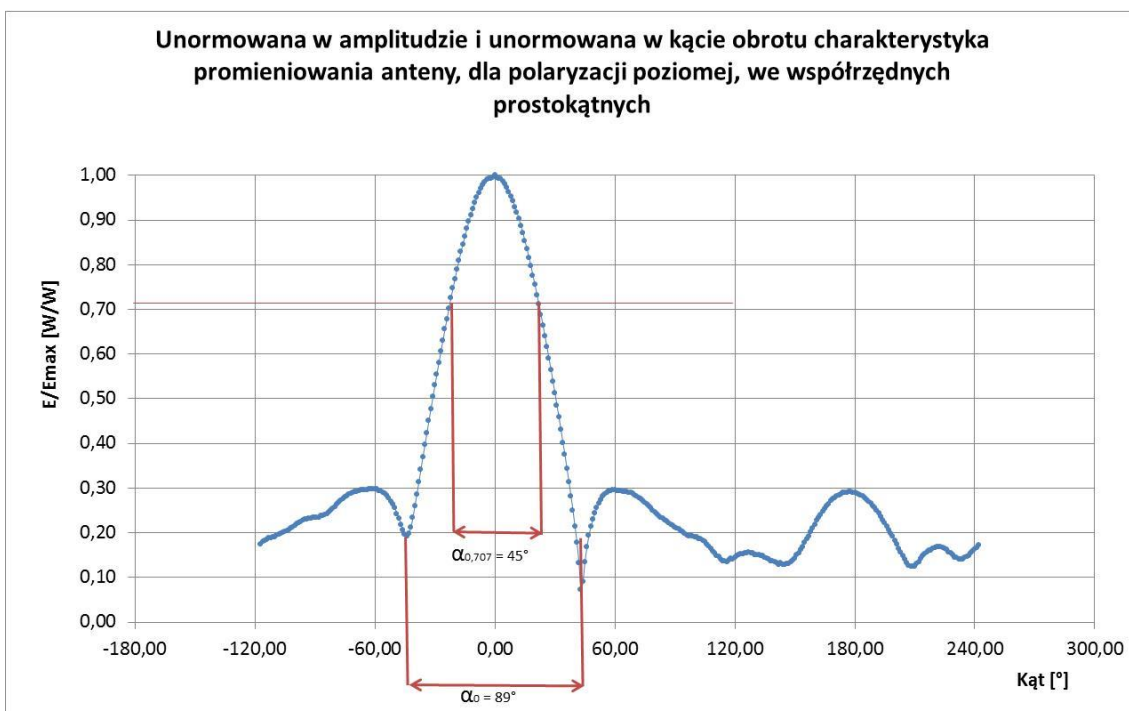
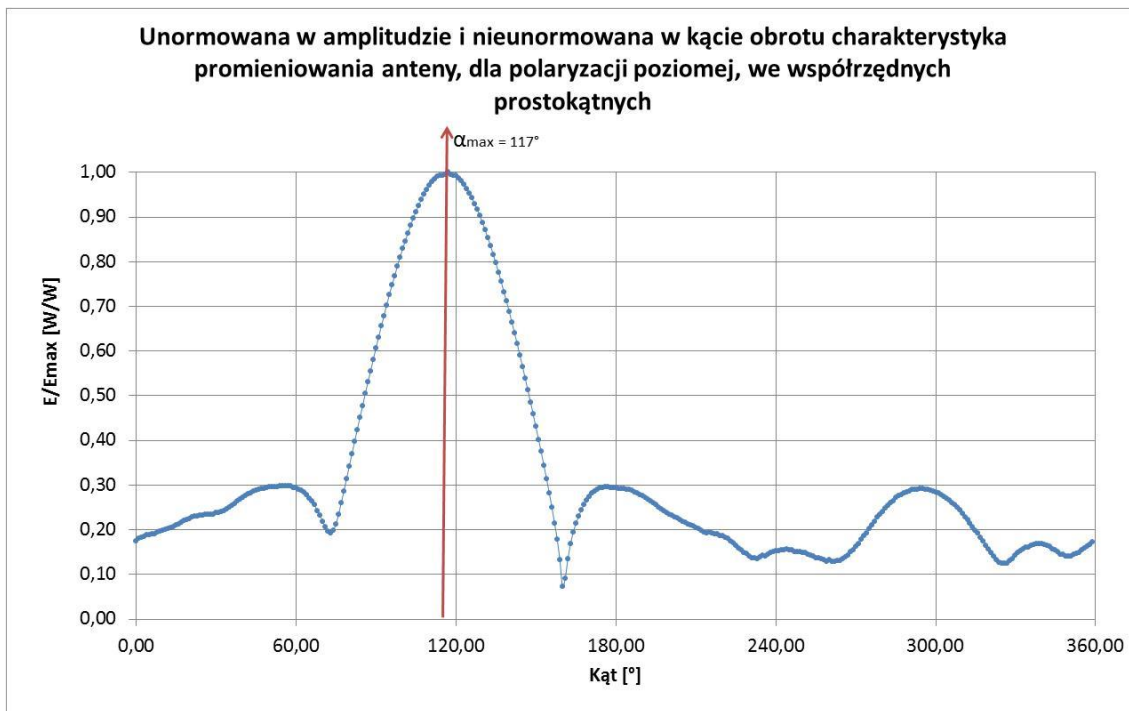
R - odległość między antenami;

2. Wykonać normowanie poszczególnych, pomierzonych charakterystyk promieniowania w poziomie sygnału. Normowanie w poziomie sygnału sprowadza się do takiego przeliczenia charakterystyki, ażeby na kierunku maksymalnego promieniowania uzyskać wartość 1 dla skali liniowej. Normowanie takie wykonać należy oddzielnie dla każdej z polaryzacji. Wyniki umieścić w tabeli zgodnej ze wzorem tabeli nr 3.
3. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem kątowym (dla różnych f), dla **polaryzacji poziomej, we współrzędnych prostokątnych**, w skali liniowej, w zakresie  $-180^\circ \div 0^\circ \div +180^\circ$ . Granice i skalę wykresu dostosować do zakresu kątów, na jakich odbierane były sygnały. Na wykresach zaznaczyć:
  - **rozwartości użyteczne wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **rozwartości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk.**
4. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem kątowym (dla różnych f), dla **polaryzacji poziomej, we współrzędnych biegunowych**, w skali liniowej, w zakresie

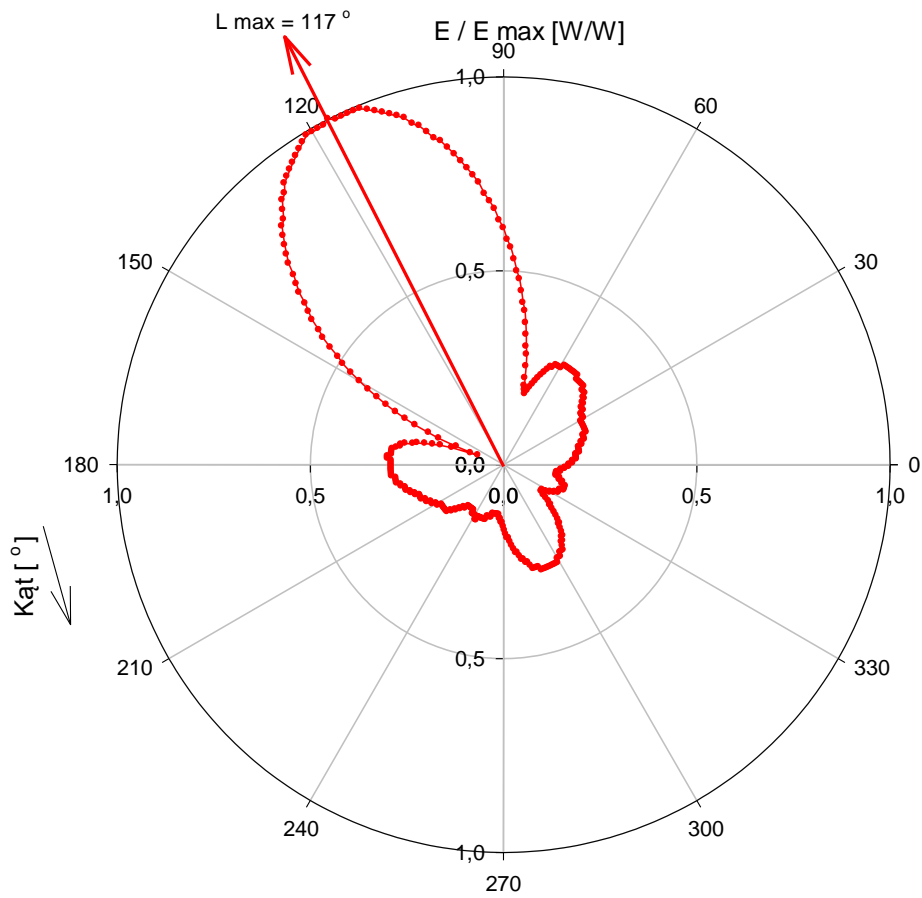
- $-180^\circ \div 0^\circ \div +180^\circ$ . Granice i skalę wykresu dostosować do zakresu kątów, na jakich odbierane były sygnały. Na wykresach zaznaczyć:
- **rozwartości użyteczne wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **rozwartości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk.**
5. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem kątowym (dla różnych  $f$ ), dla **polaryzacji pionowej, we współrzędnych prostokątnych**, w skali liniowej, w zakresie  $-180^\circ \div 0^\circ \div +180^\circ$ . Granice i skalę wykresu dostosować do zakresu kątów, na jakich odbierane były sygnały. Na wykresach zaznaczyć:
- **rozwartości użyteczne wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **rozwartości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk.**
6. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem kątowym (dla różnych  $f$ ), dla **polaryzacji pionowej, we współrzędnych biegunowych**, w skali liniowej, w zakresie  $-180^\circ \div 0^\circ \div +180^\circ$ . Granice i skalę wykresu dostosować do zakresu kątów, na jakich odbierane były sygnały. Na wykresach zaznaczyć:
- **rozwartości użyteczne wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **rozwartości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,**
  - **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk.**
7. Opracować wnioski uwzględniające wyniki obliczeń oraz pomiarów. We wnioskach należy m.in.:
- a) porównać parametry charakterystyk promieniowania uzyskanych z pomiarów, z parametrami zawartymi w danych technicznych anteny (str. 9 instrukcji),
  - b) określić charakter zmian w kształcie charakterystyk promieniowania badanej anteny w zależności od częstotliwości,,
  - c) określić ewentualny wpływ niespełnienia warunków pomiarowych (wymagań dotyczących minimalnej odległości między antenami dla warunków strefy dalekiej i fali płaskiej) na dokładność pomiaru,
  - d) oszacować błąd pomiaru wynikający z niedokładności odczytu położenia kąтового badanej anteny oraz niedokładności odczytu poziomu odebranego sygnału.



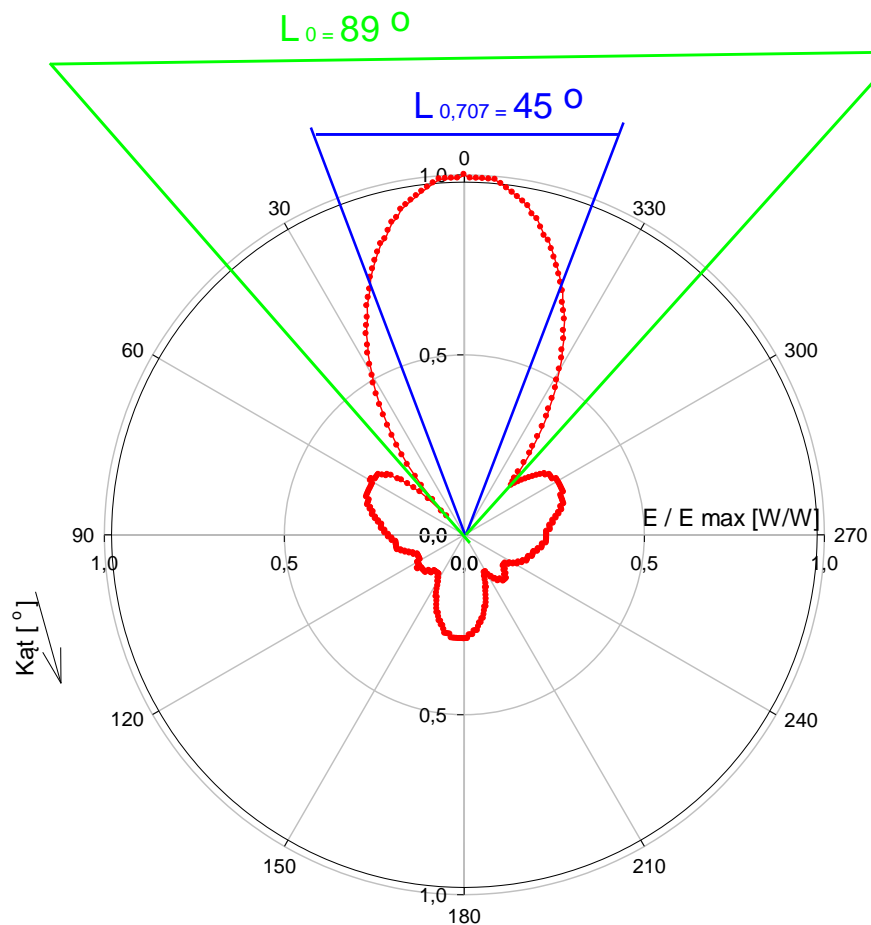
## 6 PRZYKŁADOWE CHARAKTERYSTYKI PROMIENIOWANIA ANTENY I SPOSÓB WYZNACZENIA PARAMETRÓW



Unormowana w amplitudzie i nieunormowana w kącie obrotu charakterystyka promieniowania anteny, dla polaryzacji poziomej, we współrzędnych biegunowych



Unormowana w amplitudzie i unormowana w kącie obrotu charakterystyka promieniowania anteny, dla polaryzacji poziomej, we współrzędnych biegunowych





## ANTENA Z REFLEKTOREM KĄTOWYM TYPU CA 732 FIRMY ERICSSON

### PODSTAWOWE PARAMETRY ANTENY

Pasma pracy anteny	1350÷1850MHz
Zysk (dBi)	≥ 18dBi
Rozwartość użyteczna wiązki:	
-w płaszczyźnie wektora E	$10^{\circ}\div 14^{\circ}$
-w płaszczyźnie wektora H	$28^{\circ}\div 40^{\circ}$
Stosunek promieniowania wstecznego do głównego	<-25dB
Poziom pierwszego listka bocznego	<-15dB
Maksymalna moc jaka można podać na wejście anteny	25W
Polaryzacja:	pionowa lub pozioma (H lub E)
Impedancja wejściowa:	50Ω
WFS	<2.0
Wymiary anteny	
-rozłożonej [mm]	1100 x 490 x 365
-złożonej [mm]	1100 x 110 x 460
Masa	6.9kg



Rys. 2 Widok anteny z reflektorem kątowym typu CA 732 firmy Ericsson

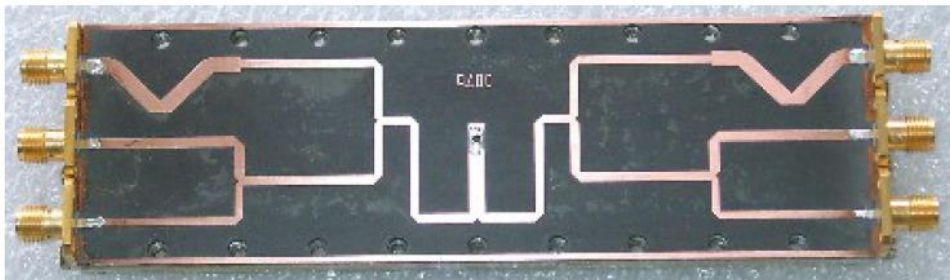
Antena zbudowana jest w postaci szyku 6 dipoli (rys. 3) z reflektorem kątowym o kącie rozwarcia  $90^{\circ}$ . Dipole zasilane są współfazowo (rys 4 i 5), ale z nierównomiernym rozkładem amplitudy (rys. 5). Odpowiedni rozdział mocy doprowadzonej do poszczególnych dipoli wykonany został za pomocą układu dzielnika (rys. 5).



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

## **ZAŁĄCZNIK**

# **PROTOKÓŁ POMIAROWY DO ĆWICZENIA NR 3 BADANIE ANTENY Z REFLEKTOREM KĄTOWYM**

### **UWAGA:**

Przed terminem wykonywaniem ćwiczenia protokół należy wydrukować i uzupełnić o dane osobowe osób realizujących ćwiczenie. W trakcie ćwiczeń laboratoryjnych wpisać datę wykonywania ćwiczenia i nazwisko prowadzącego ćwiczenie. Po wykonaniu pomiarów protokół powinien zostać podpisany przez prowadzącego ćwiczenie.

**ZAKŁAD RADIOKOMUNIKACJI ITK  
LABORATORIUM ANTEN**

<b>Grupa szkoleniowa:</b>	<u><b>Skład podgrupy:</b></u> 1. 2. 3.	Data wykonania ćwiczenia:	Ćwiczenie prowadził:
		Podpis prowadzącego ćwiczenie	

**PROTOKÓŁ POMIAROWY**

**ĆW. NR 3 BADANIE ANTENY Z REFLEKTOREM KĄTOWYM**

	Wymiar A [cm]	Wymiar B [cm]
<b>Antena nadawcza</b>		
<b>Antena odbiorcza</b>		
Odległość elementów czynnych od wierzchołka reflektora	X	
<b>R [m]</b>		
<b>f<sub>1</sub> [MHz]</b>		
<b>f<sub>2</sub> [MHz]</b>		
<b>f<sub>3</sub> [MHz]</b>		

f1 [MHz]	
Polaryzacja Pionowa	
Kąt [stopnie]	I [μA]
-90	
-86	
-82	
-78	
-74	
-70	
-66	
-62	
-58	
-54	
-50	
-46	
-42	
-38	
-34	
-30	
-26	
-22	
-18	
-14	
-10	
-6	
-2	
2	
6	
10	
14	
18	
22	
26	
30	
34	
38	
42	
46	
50	
54	
58	
62	
66	
70	
74	
78	
82	
86	
90	

f2 [MHz]	
Polaryzacja Pionowa	
Kąt [stopnie]	I [μA]
-90	
-86	
-82	
-78	
-74	
-70	
-66	
-62	
-58	
-54	
-50	
-46	
-42	
-38	
-34	
-30	
-26	
-22	
-18	
-14	
-10	
-6	
-2	
2	
6	
10	
14	
18	
22	
26	
30	
34	
38	
42	
46	
50	
54	
58	
62	
66	
70	
74	
78	
82	
86	
90	

f3 [MHz]	
Polaryzacja Pionowa	
Kąt [stopnie]	I [μA]
-90	
-86	
-82	
-78	
-74	
-70	
-66	
-62	
-58	
-54	
-50	
-46	
-42	
-38	
-34	
-30	
-26	
-22	
-18	
-14	
-10	
-6	
-2	
2	
6	
10	
14	
18	
22	
26	
30	
34	
38	
42	
46	
50	
54	
58	
62	
66	
70	
74	
78	
82	
86	
90	



f1 [MHz]	
Polaryzacja Pozioma	
Kąt [stopnie]	I [ $\mu$ A]
-30	
-28	
-26	
-24	
-22	
-20	
-18	
-16	
-14	
-12	
-10	
-8	
-6	
-4	
-2	
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	

f2 [MHz]	
Polaryzacja Pozioma	
Kąt [stopnie]	I [ $\mu$ A]
-30	
-28	
-26	
-24	
-22	
-20	
-18	
-16	
-14	
-12	
-10	
-8	
-6	
-4	
-2	
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	

f3 [MHz]	
Polaryzacja Pozioma	
Kąt [stopnie]	I [ $\mu$ A]
-30	
-28	
-26	
-24	
-22	
-20	
-18	
-16	
-14	
-12	
-10	
-8	
-6	
-4	
-2	
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	