
WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI
INSTYTUT TELEKOMUNIKACJI
ZAKŁAD RADIOKOMUNIKACJI
Laboratorium Anten



INSTRUKCJA LABORATORYJNA

ĆWICZENIE NR 19:

BADANIE ANTENY
Z REFLEKTOREM PARABOLICZNYM

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
kazimierz.piwowarczyk@wat.edu.pl
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 oczażeń 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 anten z reflektorem parabolicznym.

2 PRZYGOTOWANIE STUDENTÓW DO ĆWICZENIA

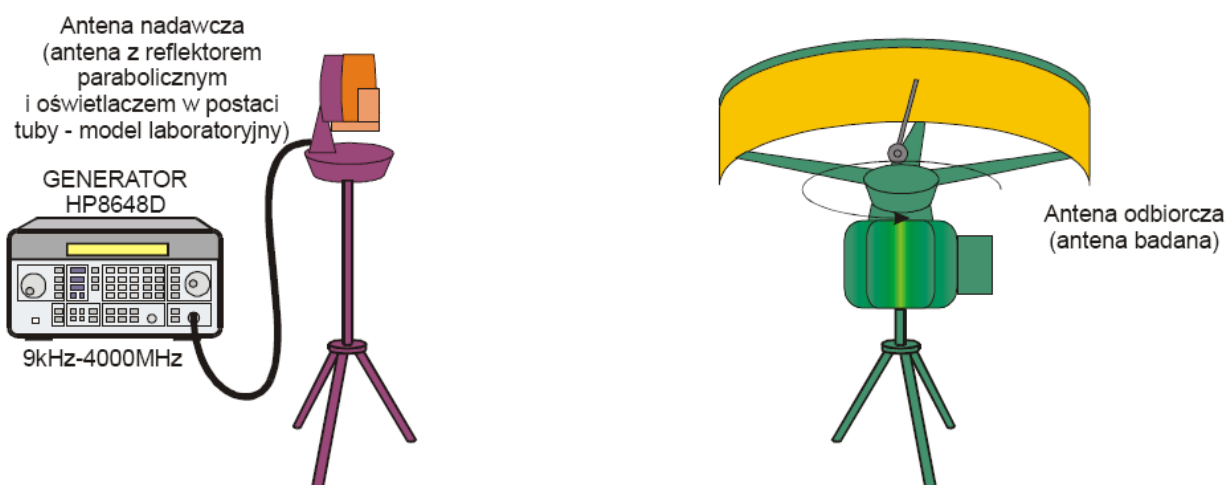
Przed przystąpieniem do ćwiczenia laboratoryjnego studenci powinni opanować niezbędny zakres wiadomości dotyczący:

- definicji podstawowych parametrów i charakterystyk anten (kierunkowość, zysk energetyczny, długość skuteczna, powierzchnia skuteczna, impedancja wejściowa, pasmo pracy anteny, charakterystyka promieniowania, WFS),
- teoretycznych charakterystyk anten parabolicznych, ich budowy i zasady działania, podstawowych zalet i wad, zastosowania, rodzajów reflektorów,
- metod i warunków realizacji pomiaru charakterystyk promieniowania anten.

3 ZAKRES ĆWICZENIA

Podczas ćwiczenia laboratoryjnego należy zrealizować pomiar charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem parabolicznym przy różnym umieszczeniu oświetlacza względem ogniska paraboli. Pomiary wykonywane są w płaszczyźnie wektora E.

4 INSTRUKCJA POMIAROWA



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

4.1 Procedura przygotowawcza

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

1. Włączyć zasilanie części odbiorczej stanowiska pomiarowego.
2. Poprzez uruchomienie napędu stanowiska obrócić antenę odbiorczą tak, ażeby apertura anteny odbiorczej skierowana była prostopadle do kierunku, na którym znajduje się antena nadawcza.
3. **Po uzyskaniu pozwolenia od prowadzącego ćwiczenie zmierzyć wymiary apertury anteny nadawczej, zwymiarować dokładnie antenę odbiorczą oraz zmierzyć odległość między antenami. Odczytać z generatora częstotliwość, na jakiej odbywać będą się pomiary. Dane zapisać w tabeli pomiarowej nr 1.**
4. Ustawić element oświetlający w odległości 39cm od podstawy reflektora parabolicznego. Odległość mierzona jest między podstawą reflektora i środkiem dipola półfalowego czyli elementu oświetlacza anteny.
5. Ustawić położenie potencjometru CZUŁOŚĆ na wielkość 2/3 MAX.
6. Poinformować prowadzącego ćwiczenie o wynikach wykonanych pomiarów wstępnych i gotowości podgrupy do realizacji pomiarów charakterystyk.
7. Prowadzący ćwiczenie podaje odległości elementu oświetlającego od podstawy reflektora, dla jakich mają być wykonywane pomiary charakterystyk i włącza generator w.cz ustalając poziom sygnału.

4.2 Procedura pomiarowa

Pomiar charakterystyki promieniowania badanej anteny wykonywać wg następujących punktów:

1. Ustawić element oświetlający w podanej przez prowadzącego odległości od podstawy reflektora parabolicznego. Odległość mierzona jest między podstawą reflektora i środkiem dipola półfalowego - elementu oświetlającego antenę.
2. 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.

3. Za pomocą potencjometru CZUŁOŚĆ znajdującego się na panelu czołowym stanowiska ustawić wychylenie wskazówki na $12 \div 13 \mu\text{A}$. 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.
4. Włączyć napęd stanowiska i obrócić anteną odbiorczą tak, ażeby wskaźnik poziomu sygnału wskazywał 0. Zatrzymać ruch obrotowy anteny.
5. 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 poziomu odebranego sygnału zapisywać w tabeli pomiarowej nr 2. Dokonać pomiarów wykonując pełen obrót antena odbiorczą.
6. Po wykonaniu pomiarów ustawić antenę odbiorczą w takim położeniu kątowym, w którym uzyskano maksymalne wychylenie wskazówki miernika poziomu sygnału.
7. Zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o skontrolowanie wyników pomiaru i zmienić położenie oświetlacza.
8. Rozpocząć procedurę pomiarową dla nowego położenia oświetlacza wykonując ponownie polecenia zawarte w punktach 1÷6 PROCEDURY POMIAROWEJ.

Po zakończeniu pomiarów dla podanych odległości oświetlacza od podstawy reflektora zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o wyłączenie generatora w.cz.

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

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

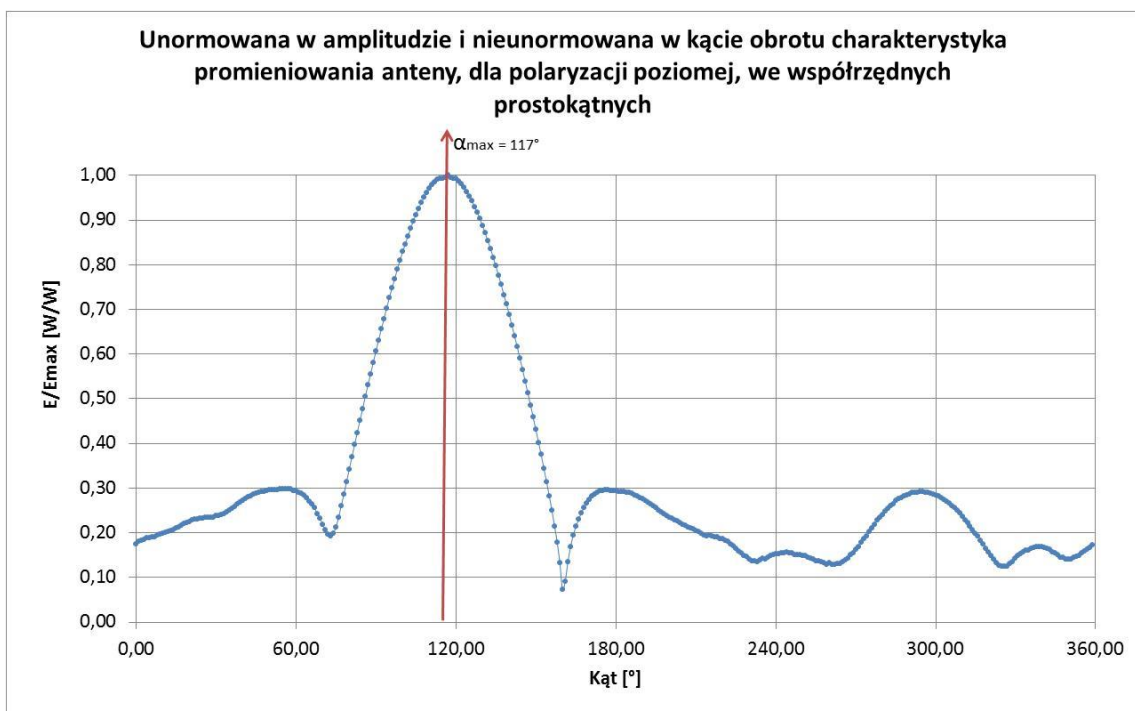
R - odległość między antenami;

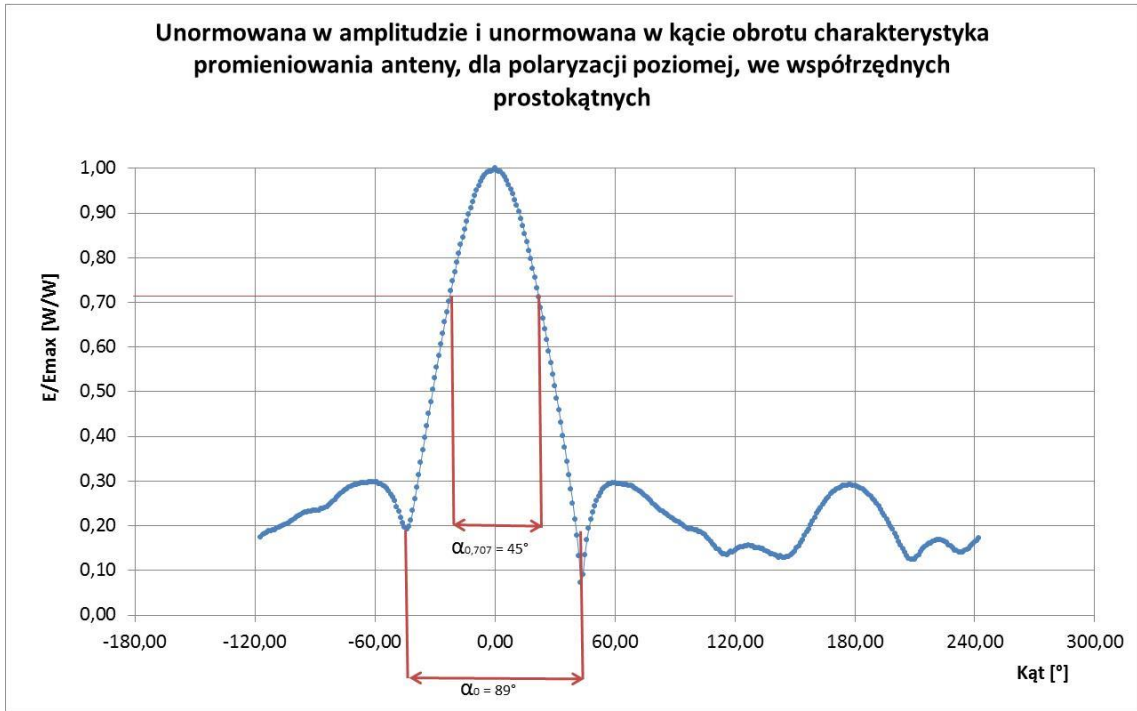
2. Wykonać normowanie poszczególnych charakterystyk promieniowania w poziomie sygnału oraz w kącie obrotu. Normowanie w poziomie sygnału sprowadza się do podzielenia poszczególnych wskazań wskaźnika poziomu sygnału przez maksymalną wartość wskazania dla każdego z pomiarów. Normowanie w kącie obrotu polega na takim zobrazowaniu unormowanej charakterystyki promieniowania anteny, żeby kierunek maksymalnego promieniowania anteny pokrywał się z kątem 0° na wykresie. Wyniki umieścić w tabeli zgodnej ze wzorem tabeli nr 3.
3. Na podstawie wymiarów geometrycznych anteny wyznaczyć ogniskową reflektora badanej anteny i kąt aperturowy.
4. Obliczyć rozwartości wiązki charakterystyki na poziomie zerowym i połowy mocy przy założeniu równomiernego, cosinusoidalnego i \cos^2 rozkładu amplitudy pola na aperturze badanej anteny. Aperturę rzeczywistą przyjąć jako aperturę prostokątną. Wyniki zebrać w tabelę, która powinna zawierać obliczone szerokości użyteczne wiązki głównej dla poszczególnych rozkładów amplitudy oraz wyznaczone z pomiarów.
5. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie** i **unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem parabolicznym (dla różnych odległości elementu oświetlającego od podstawy reflektora parabolicznego), **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,**
6. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem parabolicznym (dla różnych odległości elementu oświetlającego od podstawy reflektora parabolicznego), **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,**
7. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem parabolicznym (dla różnych odległości elementu oświetlającego od podstawy reflektora parabolicznego), **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:
- **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk,**
8. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i nieunormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny z reflektorem parabolicznym (dla różnych odległości elementu oświetlającego od podstawy reflektora parabolicznego), **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:
- **kierunki maksymalnego promieniowania dla poszczególnych charakterystyk,**
9. Opracować wnioski uwzględniające wyniki obliczeń oraz pomiarów. We wnioskach należy:
- a) zinterpretować otrzymane charakterystyki,
 - b) porównać wielkość rozwartości użytecznej i na poziomie zerowym charakterystyki promieniowania badanej anteny przy umieszczeniu oświetlacza najbliżej ogniska reflektora, z obliczonymi rozwartościami, dla różnych rozkładów amplitudy pola na aperturze. Określić, jaką funkcją można aproksymować rzeczywisty rozkład amplitudy pola na aperturze badanej anteny,

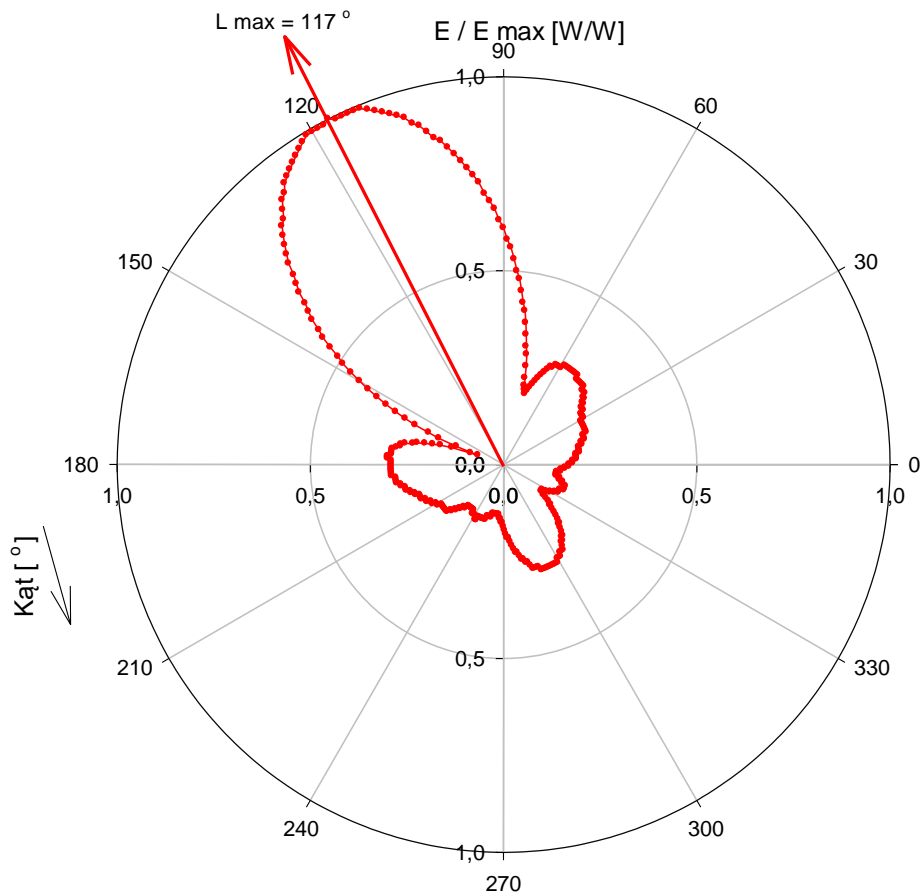
- c) określić ewentualny wpływ niespełnienia warunków pomiarowych (wymagań dotyczących minimalnej odległości między antenami dla warunków strefy dalekiej i fali płaskiej) na dokładność pomiaru,
- d) oszacować błąd pomiaru wynikający z niedokładności odczytu położenia kąтового badanej anteny oraz niedokładności odczytu poziomu odebranego sygnału.

6 PRZYKŁADOWE CHARAKTERYSTYKI PROMIENIOWANIA ANTENY I SPOSÓB WYZNACZENIA PARAMETRÓW

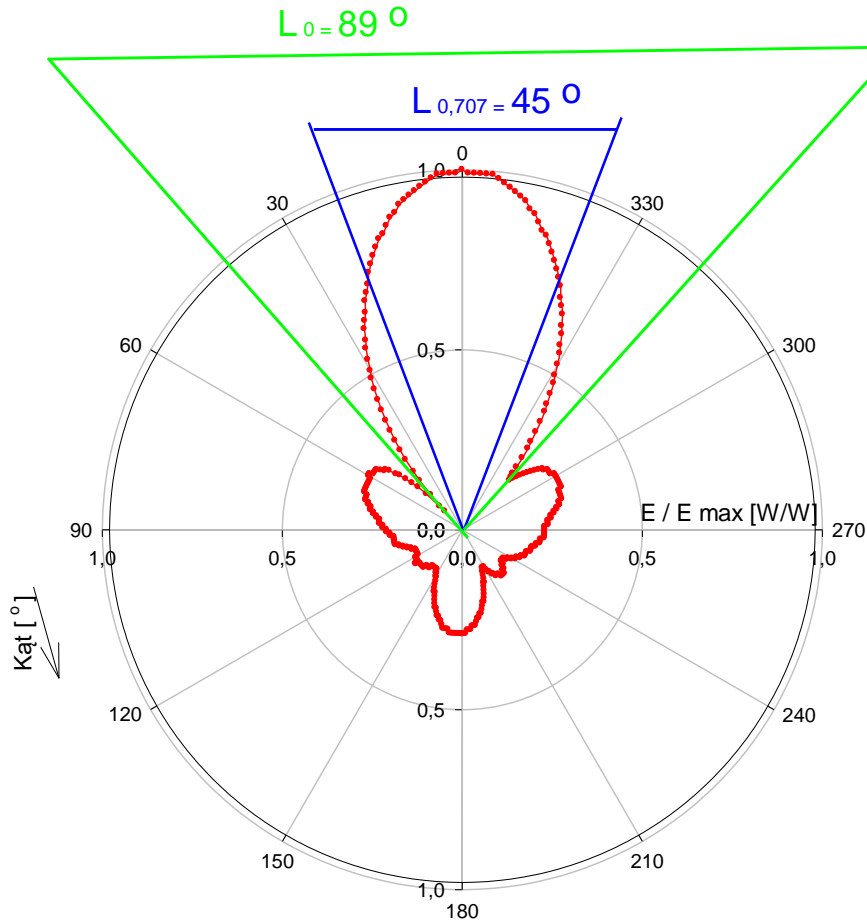




Unormowana w amplitudzie i nieunormowana w kącie obrotu charakterystyka promieniowania anteny, dla polaryzacji poziomej, we współrzędnych biegunowych



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



Wzór tabeli pomiarowej nr 1

	Wymiar A [cm]	Wymiar B [cm]
Antena nadawcza		
Antena odbiorcza		
Głębokość reflektora		
f [MHz]		
R [m]		

Wzór tabeli pomiarowej nr 2

Odległość	
Kąt [stopnie]	I [μA]

Wzór tabeli z opracowanymi wynikami nr 3

Odległość			
Kąt [stopnie]	Kąt - Kąt _{max}	I [μA]	I _{max}

ZAŁĄCZNIK

PROTOKÓŁ POMIAROWY DO ĆWICZENIA NR 19 BADANIE ANTENY Z REFLEKTOREM PARABOLICZNYM

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**

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

**PROTOKÓŁ POMIAROWY
ĆW. NR 19 BADANIE ANTENY Z REFLEKTOREM
PARABOLICZNYM**

	Wymiar A [cm]	Wymiar B [cm]
Antena nadawcza		
Antena odbiorcza		
Głębokość reflektora		
f [MHz]		
R [m]		

Odległość Elementu Promieniującego od Reflektora	
Kąt [stopnie]	I [μA]
330	
331	
332	
333	
334	
335	
336	
337	
338	
339	
340	
341	
342	
343	
344	
345	
346	
347	
348	
349	
350	
351	
352	
353	
354	
355	
356	
357	
358	
359	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Odległość Elementu Promieniującego od Reflektora	
Kąt [stopnie]	I [μA]
330	
331	
332	
333	
334	
335	
336	
337	
338	
339	
340	
341	
342	
343	
344	
345	
346	
347	
348	
349	
350	
351	
352	
353	
354	
355	
356	
357	
358	
359	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Odległość Elementu Promieniującego od Reflektora	
Kąt [stopnie]	I [μA]
330	
331	
332	
333	
334	
335	
336	
337	
338	
339	
340	
341	
342	
343	
344	
345	
346	
347	
348	
349	
350	
351	
352	
353	
354	
355	
356	
357	
358	
359	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	