
WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI
INSTYTUT TELEKOMUNIKACJI
ZAKŁAD RADIOKOMUNIKACJI
Laboratorium Anten



INSTRUKCJA LABORATORYJNA

ĆWICZENIE NR 15:

BADANIE ANTENY TUBOWEJ I
ANTENY SOCZEWKOWEJ

WARSZAWA 2018

Instrukcja opracowana na potrzeby
Laboratorium Anten Zakładu Radiokomunikacji
Opracowanie wykonane przez:
mgr. 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
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 anten tubowych wyposażonych w wymienną soczewkę dielektryczną.

2 PRZYGOTOWANIE STUDENTÓW DO ĆWICZENIA

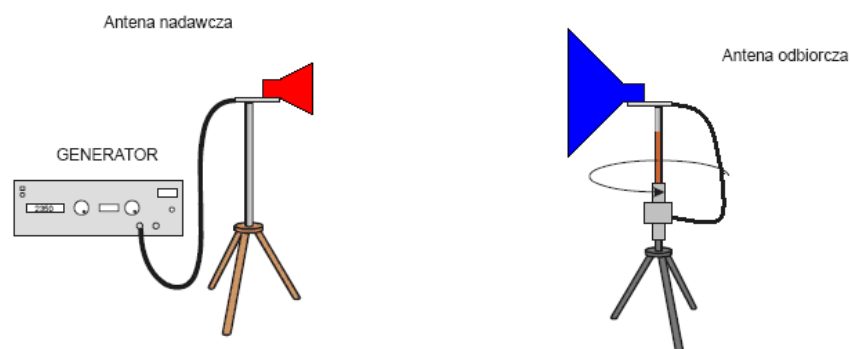
Przed przystąpieniem do ćwiczenia laboratoryjnego studenci powinni opanować niezbędny zakres wiadomości dotyczący:

- definicji podstawowych parametrów i charakterystyk anten (kierunkowość, zys energetyczny, długość skuteczna, powierzchnia skuteczna, impedancja wejściowa, pasmo pracy anteny, charakterystyka promieniowania, WFS),
- teoretycznych charakterystyk anten tubowych i soczewkowych, ich zależności od zastosowanej soczewki, podstawowych zalet i wad takich anten, zasad pracy i sposobów zasilania anten tubowych oraz rodzajów soczewek,
- metod i warunków realizacji pomiaru charakterystyk promieniowania anten.

3 ZAKRES ĆWICZENIA

Podczas ćwiczenia laboratoryjnego należy zrealizować pomiary charakterystyk promieniowania anteny tubowej bez soczewki oraz anteny soczewkowej. Pomiary wykonuje się dla dwóch ortogonalnych płaszczyzn przy ustalonej częstotliwości.

4 INSTRUKCJA POMIAROWA



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badania charakterystyk anteny tubowej i soczewkowej

4.1 Procedura przygotowawcza

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

1. Włączyć zasilanie części odbiorczej stanowiska pomiarowego.
2. Uruchamiając napęd stanowiska obrócić antenę odbiorczą tak, aby płaszczyzna apertury anteny tubowej (soczewkowej) skierowana była prostopadle do kierunku, na którym znajduje się antena nadawcza.
3. **Po uzyskaniu pozwolenia od prowadzącego ćwiczenie wykonać pomiary maksymalnych wymiarów anten nadawczej i odbiorczej (w płaszczyźnie zmiany kąтового położenia anteny odbiorczej). Zmierzyć odległość między antenami. Dane zapisać w tabeli pomiarowej nr 1.**
4. Sprawdzić położenie anteny odbiorczej tak, aby płaszczyzna apertury anteny odbiorczej skierowana była prostopadle do kierunku, na którym znajduje się antena nadawcza, zanotować częstotliwość, dla której będą wykonywane pomiary.
5. Poinformować prowadzącego ćwiczenie o wynikach wykonanych pomiarów wstępnych i gotowości podgrupy do realizacji pomiarów charakterystyk. Prowadzący ćwiczenie włącza generator w.cz i ustawia poziom sygnału.

4.2 Procedura pomiarowa

Pomiar charakterystyki promieniowania badanej anteny wykonywać wg następujących punktów:

1. Za pomocą przycisków panelu sterowania ustawić anteną odbiorczą na kierunek maksimum charakterystyki promieniowania anteny tubowej dla uzyskania maksymalnego wskazania miernika poziomu sygnału. W tym celu dokonując obrotu anteny należy obserwować wskazania poziomu odbieranego sygnału na mierniku zainstalowanym w stanowisku. Zatrzymać antenę w punkcie odpowiadającym maksymalnemu wychyleniu wskazówki miernika.
2. Wykorzystując przyciski funkcyjne na panelu sterowania obrócić antenę odbiorczą tak, ażeby wskaźnik poziomu sygnału wskazywał 0 (lub był bliski 0).
3. Zmienić kierunek obrotów anteny i przystąpić do pomiarów. Wykorzystując przyciski funkcyjne na panelu sterowania wymuszać zmianę położenia kąтового anteny odbiorczej względem anteny nadawczej. Dane dotyczące kąтового położenia anteny i odpowiadającego mu poziomu odebranego sygnału zapisywać w tabeli pomiarowej nr 2. Dokonać pomiarów wykonując pełny obrót antena odbiorczą.

4. Po wykonaniu cyklu pomiarów ustawić antenę odbiorczą w takim położeniu kątowym odpowiadającym maksymalnemu wychyleniu wskazówki miernika poziomu sygnału.
5. Zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o skontrolowanie wyników pomiarów i zmianę polaryzacji zainstalowanej anteny odbiorczej.
6. Rozpocząć procedurę pomiarową dla kolejnej polaryzacji anteny postępując zgodnie z poleceniami zawartymi w punktach 1÷4 PROCEDURY POMIAROWEJ.
7. Po wykonaniu pomiarów dla obydwu polaryzacji anteny odbiorczej zwrócić się do prowadzącego ćwiczenie o zmianę anteny tubowej na soczewkową. Rozpocząć pomiary postępując zgodnie z poleceniami zawartymi w punktach 1÷6 PROCEDURY POMIAROWEJ. Po zakończeniu całości pomiarów powiadomić prowadzącego, który po sprawdzeniu kompletu wyników pomiarów wyłączy generator.

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 R_{\min} z obydwu kryteriów, należy jako warunek strefy dalekiej przyjąć bardziej krytyczną wielkość (większą wartość R_{\min}).

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

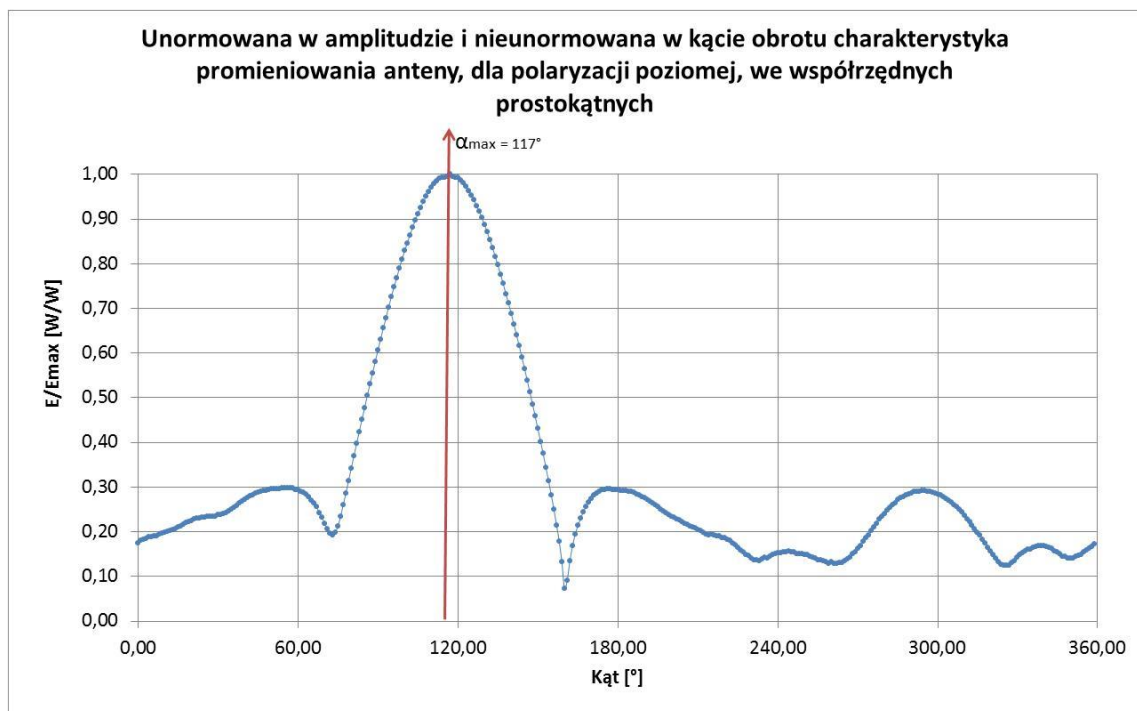
$$R_{F1\max} = \frac{\sqrt{\lambda R}}{2}$$

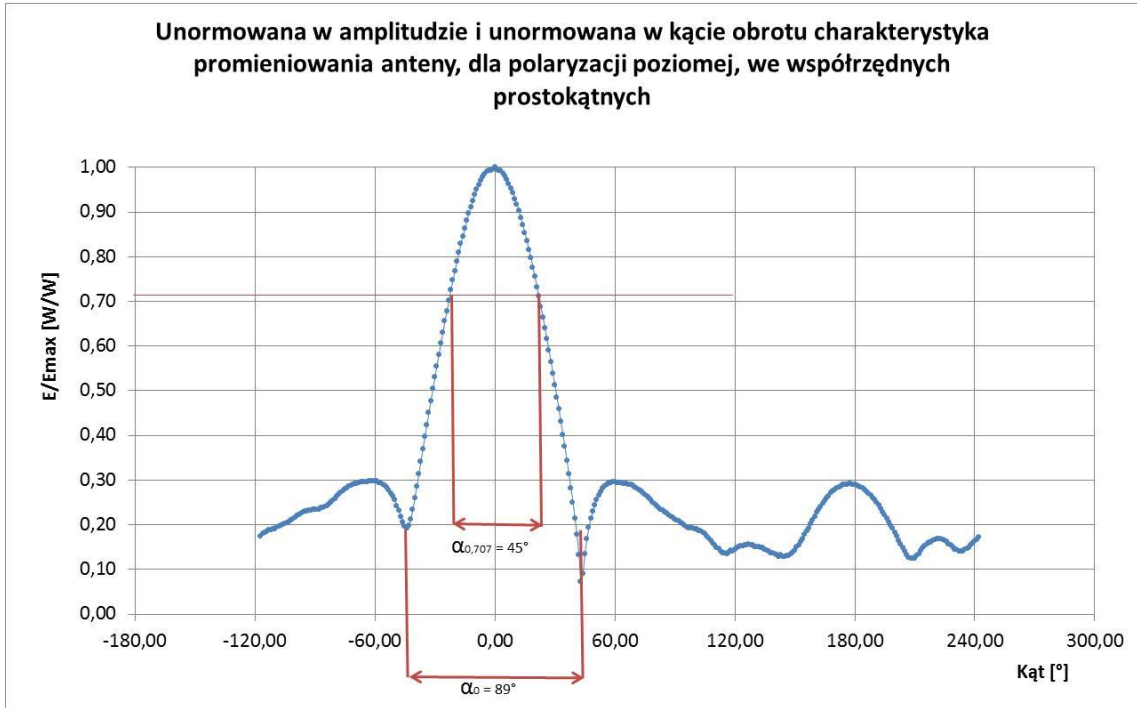
R - odległość między antenami;

2. Wykonać w tabeli normowanie poszczególnych charakterystyk promieniowania w poziomie sygnału oraz w kącie obrotu. Normowanie w poziomie sygnału sprowadza się do podzielenia poszczególnych wskazań miernika poziomu sygnału przez maksymalną wartość wskazania dla każdego z pomiarów. Normowanie w kącie obrotu polega na takim zobrazowaniu unormowanej charakterystyki promieniowania anteny, aby kierunek maksymalnego promieniowania anteny pokrywał się z kątem 0 na wykresie. Wyniki umieścić w tabeli zgodnej ze wzorem tabeli nr 3.
3. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny tubowej i soczewkowej, 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,**
4. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny tubowej i soczewkowej, 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,**
5. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie i unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny tubowej i soczewkowej, 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,**

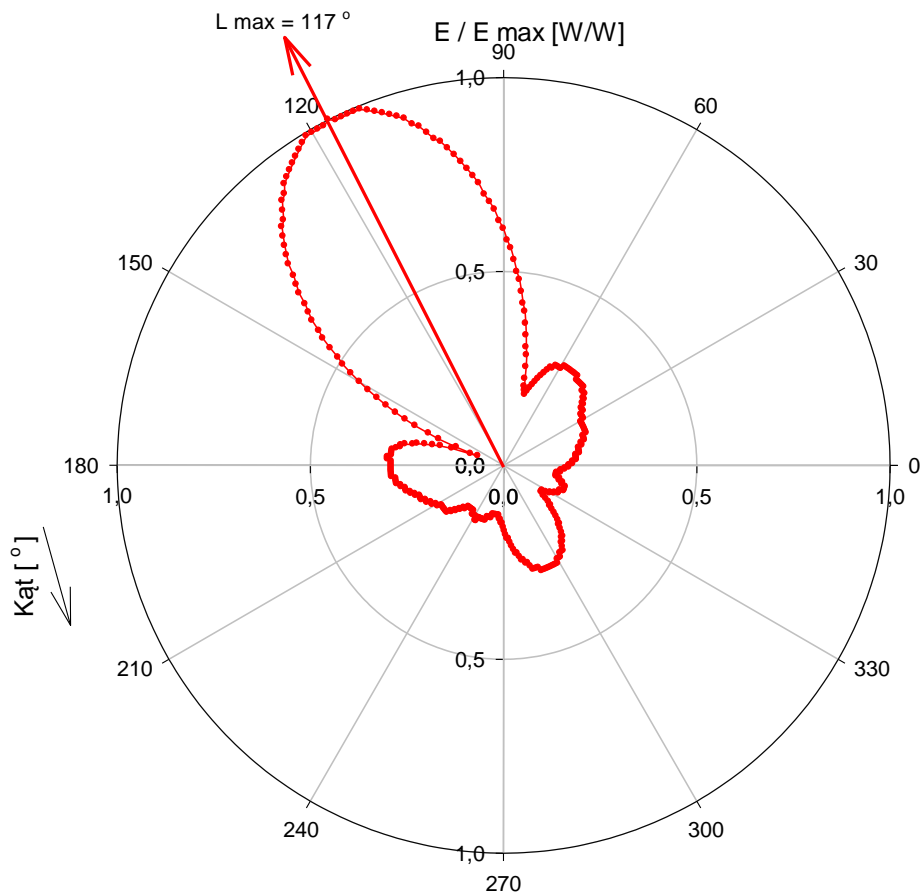
- rozwarości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,
6. Wykreślić rodziny **unormowanych w amplitudzie** i **unormowanych w kącie obrotu** charakterystyk promieniowania anteny tubowej i soczewkowej, dla **polaryzacji pionowej, we współrzędnych biegunowych**, w skali liniowej, 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:
- rozwarości użyteczne wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,
 - rozwarości na poziomie zerowym wiązki głównej poszczególnych charakterystyk,
7. Opracować wnioski uwzględniające wyniki obliczeń oraz pomiarów, w których należy m.in.:
- a) zinterpretować charakterystyki promieniowania uzyskane z pomiarów,
 - b) określić ewentualny wpływ niespełnienia warunków pomiarowych (wymagań dotyczących minimalnej odległości pomiarowej między antenami dla warunków strefy dalekiej i fali płaskiej, przesłaniania pierwszej strefy Fresnela) na dokładność pomiaru,
 - c) oszacować błąd pomiaru wynikający z niedokładności odczytu położenia kąтового badanej anteny oraz niedokładności odczytu poziomu odebranego sygnału,
 - d) określić jaki wpływ ma zastosowanie soczewki w antenie.

6 PRZYKŁADOWE CHARAKTERYSTYKI PROMIENIOWANIA ANTENY I SPOSÓB WYZNACZENIA PARAMETRÓW

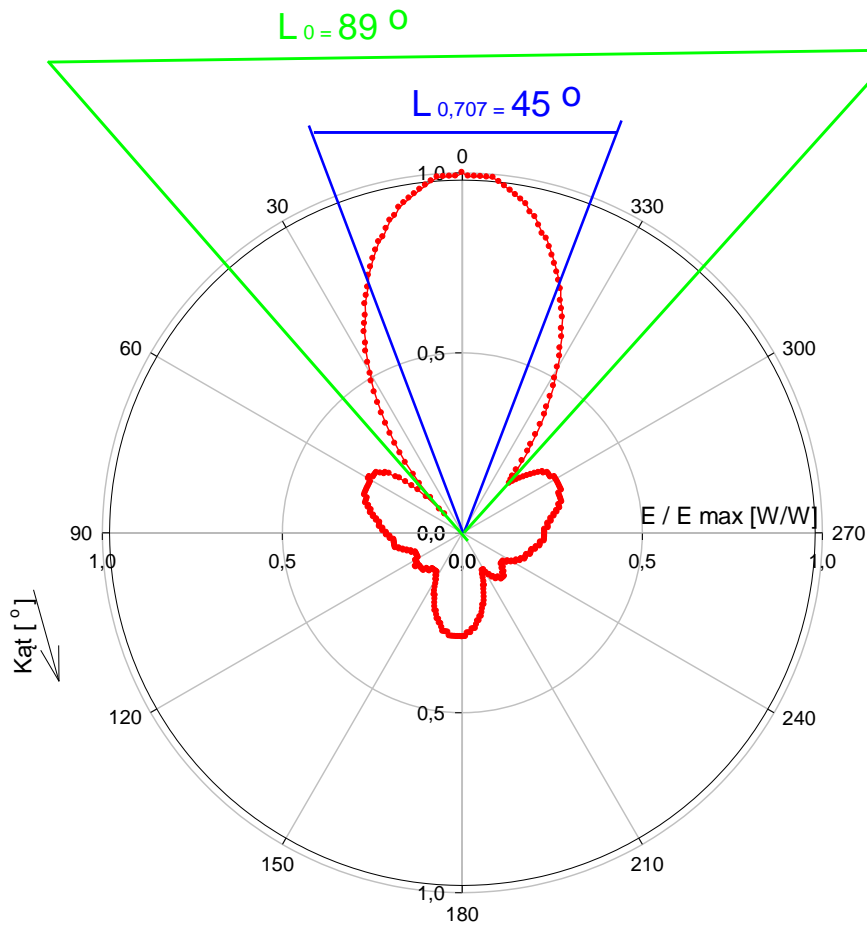




Unormowana w amplitudzie i ununormowana w kącie obrotu charakterystyka promieniowania anteny, dla polaryzacji poziomej, we współrzędnych biegunowych



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



Wzór tabeli pomiarowej nr1

	Wymiar A	Wymiar B
	cm	cm
Antena nadawcza		
Antena odbiorcza 1		
Antena odbiorcza 2		
R [m]		
f [MHz]		

Wzór tabeli pomiarowej nr 2

Antena	
Polaryzacja	
Kąt [stopnie]	I [μA]

Wzór tabeli z opracowanymi wynikami nr 3

Antena		Polaryzacja	
Kąt [stopnie]	Kąt - Kąt _{max}	I [μA]	I/I _{max}

ZAŁĄCZNIK

PROTOKÓŁ POMIAROWY DO ĆWICZENIA NR 15 BADANIE ANTENY TUBOWEJ I ANTENY SOCZEWKOWEJ

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 15 BADANIE ANTENY TUBOWEJ
ORAZ SOCZEWKOWEJ**

	Wymiar A	Wymiar B
	cm	cm
Antena nadawcza		
Antena odbiorcza 1		
Antena odbiorcza 2		
R [m]		
f [MHz]		

Antena Tubowa	Polaryzacja Pionowa
Kąt [stopnie]	I [μ A]
150	
152	
154	
156	
158	
160	
162	
164	
166	
168	
170	
172	
174	
176	
178	
180	
182	
184	
186	
188	
190	
192	
194	
196	
198	
200	
202	
204	
206	
208	
210	
212	
214	
216	
218	
220	
222	
224	
226	
228	
230	
232	
234	
236	
238	
240	
242	
244	
246	
248	
250	

Antena Soczewkowa	Polaryzacja Pionowa
Kąt [stopnie]	I [μ A]
150	
152	
154	
156	
158	
160	
162	
164	
166	
168	
170	
172	
174	
176	
178	
180	
182	
184	
186	
188	
190	
192	
194	
196	
198	
200	
202	
204	
206	
208	
210	
212	
214	
216	
218	
220	
222	
224	
226	
228	
230	
232	
234	
236	
238	
240	
242	
244	
246	
248	
250	

Antena Tubowa	Polaryzacja Pozioma
Kąt [stopnie]	I [μA]
150	
151	
152	
153	
154	
155	
156	
157	
158	
159	
160	
161	
162	
163	
164	
165	
166	
167	
168	
169	
170	
171	
172	
173	
174	
175	
176	
177	
178	
179	
180	
181	
182	
183	
184	
185	
186	
187	
188	
189	
190	
191	
192	
193	
194	
195	
196	
197	
198	
199	
200	
201	
202	
203	
204	
205	
206	
207	
208	
209	
210	
211	
212	
213	
214	
215	
216	
217	
218	
219	
220	
221	
222	
223	
224	
225	
226	
227	
228	
229	
230	
231	
232	
233	
234	
235	
236	
237	
238	
239	
240	
241	
242	
243	
244	
245	
246	
247	
248	
249	
250	

Antena Soczewkowa	Polaryzacja Pozioma
Kąt [stopnie]	I [μA]
150	
151	
152	
153	
154	
155	
156	
157	
158	
159	
160	
161	
162	
163	
164	
165	
166	
167	
168	
169	
170	
171	
172	
173	
174	
175	
176	
177	
178	
179	
180	
181	
182	
183	
184	
185	
186	
187	
188	
189	
190	
191	
192	
193	
194	
195	
196	
197	
198	
199	
200	
201	
202	
203	
204	
205	
206	
207	
208	
209	
210	
211	
212	
213	
214	
215	
216	
217	
218	
219	
220	
221	
222	
223	
224	
225	
226	
227	
228	
229	
230	
231	
232	
233	
234	
235	
236	
237	
238	
239	
240	
241	
242	
243	
244	
245	
246	
247	
248	
249	
250	