



LABORATORIUM ANTEN

PORADNIK

nr 1

Dr inż. Piotr Słobodżian

Temat: Jak przygotować wykresy w sprawozdaniu.

1. Wprowadzenie

Już od zarania dziejów studenci-uczestnicy laboratorium mają kłopoty z poprawnym przygotowaniem rysunków i wykresów, które to są nieodzownym elementem sprawozdania referującego przebieg ćwiczenia. Jak widać, taka forma przekazu informacji nie jest przyjazna dla zwykłego zjadacza studenckiego chleba. Nasuwa się więc pytanie: czy graficzna forma prezentacji informacji (tzn. w postaci rysunków, schematów, wykresów, tabel, itp.) jest w ogóle potrzebna?

W praktyce okazuje się, że większość ludzi jest wzrokowcami, w wyniku czego aż ok. 83 % przyswajanej wiedzy jest odzwierciedleniem pobudzeń wzrokowych (uwaga: nie chodzi tu tylko o kolorowe ilustracje publikowane w czasopismach dla kobiet i ... dla mężczyzn!). Na domiar tego, człowiek zapamiętuje o blisko 40 % więcej informacji, jeśli dokument zawiera elementy graficzne.

Graficzna forma przekazu informacji pełni w publikacji (sprawozdaniu) liczne funkcje, począwszy od dekoracyjnych, a kończąc na informacyjnych (uściślając, druga z wymienionych funkcji jest ważniejsza w sprawozdaniu!). Główną istotą

zamieszczania informacji w postaci rysunku czy wykresu jest ułatwienie przekazu informacji, która jest trudna do przekazania przy pomocy słów lub wymaga niewspółmiernej ilości słów. Warto w tym miejscu wspomnieć, że graficzna forma przekazu informacji pobudza zainteresowanie publikacją oraz zwiększa szybkość przyswajania informacji.

Rysunek i wykres już od dawien dawna są traktowane jako podstawowy sposób przekazu informacji technicznej, a ich główną zaletą jest zawartość dużej porcji informacji, która może być analizowana samodzielnie bez uciekania się do pomocy tekstu. Niestety, wszystkie zalety graficznej formy przekazu informacji mogą być w pełni wykorzystane pod jednym małym warunkiem, a mianowicie: ilustracja graficzna musi być sporządzona zgodnie z zasadami „sztuki”. Owa „sztuka” to zbiór zasad, w jednej części ogólnych, a w drugiej - dość szczegółowych. Zasady ogólne powinny być dobrze znane każdemu studentowi uczelni technicznej. Zbiór zasad szczegółowych ma zwykle postać norm przyjętych zwyczajowo lub urzędowo przez środowisko naukowe danej dziedziny nauki lub techniki. Bardzo często wymienione zasady mają charakter zaleceń rekomendowanych np. przez wydawnictwo lub edytora. Zdecydowana większość zasad z pierwszej i drugiej grupy dotyczy formy ilustracji graficznej.

W kolejnych rozdziałach niniejszego poradnika opisano kilka cennych wskazówek dotyczących sztuki sporządzania wykresów, które są zamieszczone w sprawozdaniach z ćwiczeń laboratoryjnych. Opisane zostaną przede wszystkim ogólne zasady sporządzania wykresów. Mam nadzieję, że ułatwią one nieco życie uczestnikom laboratorium i przydadzą się również w przyszłości, np. podczas redakcji pracy dyplomowej.

2. Zasady sporządzania wykresów

Jeden dobrze przemyślany i zaplanowany wykres mówi więcej niż tabela z danymi i cała strona tekstu zawierająca jej opis. Dobrze zaprojektowany wykres jest znacznie łatwiejszy do zinterpretowania. Zalety wykresu jako źródła informacji mogą być w pełni wykorzystane jeśli rodzaj wykresu jest dopasowany do zależności jaka będzie na nim przedstawiana, a forma wykresu spełnia ogólnie przyjęte wymagania.

Rodzaj wykresu

Rodzaj wykresu musi być dostosowany do charakteru zależności lub relacji, np. fizycznej, matematycznej, chemicznej lub innej, jaka będzie na nim zobrazowana. W technice i teorii anten wykres jest podstawowym elementem i narzędziem opisu parametrów elektrycznych anteny i jest wykorzystywany zarówno do opisu jej parametrów polowych jak i obwodowych. Rodzaje wykresu najczęściej stosowane do opisywania (przedstawiania) podstawowych parametrów anteny wyszczególniono w tabeli 1. Analizując informacje zamieszczone w tab.1 szybko dojdziemy do wniosku, iż podstawowym rodzajem wykresu wykorzystywanym do przedstawiania parametrów elektrycznych anteny jest wykres prostokątny oraz wykres Smitha.

Tab.1. Rodzaj wykresu w zależności od typu przedstawianego parametru anteny.

	Parametr	Rodzaj wykresu
Parametry obwodowe	WFS (na wejściu anteny)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Współczynnik odbicia (w dB) (na wejściu anteny)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Impedancja wejściowa	Wykres Smitha (bardzo rzadko wykres prostokątny w funkcji częstotliwości dla części rzeczywistej lub urojonej)
	Sprzężenia wzajemne (lub izolacja) (w dB)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Tłumienie toru zasilającego (feedera) (w dB lub w dB/m)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Charakterystyka fazowa toru zasilającego	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
Parametry polowe	Amplitudowe charakterystyki promieniowania (w dB)	Wykres prostokątny w funkcji kąta Wykres biegunowy w funkcji kąta Wykres sferyczny (przestrzenny – 3D)
	Fazowe charakterystyki promieniowania	Wykres prostokątny w funkcji kąta
	Zysk energetyczny oraz kierunkowość (w dB)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Sprawność (w %)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości
	Współczynnik eliptyczności (czystość polaryzacji)	Wykres prostokątny w funkcji częstotliwości

Forma wykresu

Jak już wcześniej wspomniano wykres (sam w sobie) stanowi integralny zbiór informacji, który można odbierać i analizować bez konieczności posługiwania się dodatkowym opisem umieszczonym w tekście. W celu umożliwienia poprawnej interpretacji informacji zamieszczonych na wykresie musimy nadać mu odpowiednią formę graficzną. Kluczowym parametrem każdego wykresu jest jego czytelność, tj. rozróżnialność poszczególnych jego elementów oraz łatwość odczytywania zawartych informacji. Wszystkie podstawowe parametry wykresu, które bezpośrednio wpływają na jego czytelność zostaną krótko opisane poniżej. Opisane zasady to zbiór zaleceń, które należy respektować w procesie sporządzania wykresów zamieszczanych w sprawozdaniu.

Wielkość wykresu

Wielkość wykresu musi być dopasowana do rozmiarów dokumentu (publikacji), w którym będzie on umieszczony. W przypadku wykresu prostokątnego stosunek wysokości do długości wykresu (W/D) powinien się mieścić w granicach od 0.6 do 0.75 (format 3:5 – 3:4), przy czym szerokość wykresu powinna wynosić od 0.9 do 1.0 szerokości kolumny tekstu. Szerokość i wysokość wykresu są mierzone łącznie z obszarem zajmowanym przez opisy osi wykresu. W przypadku wykresu biegunowego lub Smitha wielkość wykresu jest

określana za pomocą jego średnicy i powinna być w przybliżeniu równa wysokości wykresu prostokątnego (przy założeniu $W/D = 0.75$). Przyjmując powyższe zasady dla jednokolumnowego układu tekstu na stronie o formacie A4 (przy zwyczajowej szerokości marginesów) możemy wyznaczyć maksymalną liczbę wykresów, które można zamieścić na jednej stronie publikacji (sprawozdania). W naszym przypadku liczba ta nie może być większa niż 3, przy czym dobierając ostateczny format rysunku należy pamiętać o dodatkowym miejscu na podpisy pod rysunkami. W sprawozdaniach preferowany jest układ dwóch rysunków na jednej stronie lub jeśli wymaga tego sytuacja – jeden rysunek na stronie (strona poziomo!). Oczywiście od wymienionych reguł można odstąpić w uzasadnionych przypadkach, a mianowicie, gdy zmiana proporcji wykresu nie wpłynie znacząco na jego czytelność lub gdy taka zmiana jest wymagana dla osiągnięcia pożądanej czytelności wykresu.

Dobór skali dla poszczególnych osi wykresu

Skala wykresu powinna być dobrana tak, aby umożliwić dostatecznie dokładne odczytywanie interesujących nas zależności pomiędzy argumentem a wartością wykreślonej zależności lub umożliwić dostatecznie dokładne porównywanie pomiędzy sobą wielu zależności wykreślonych na wspólnym wykresie. Zakres wartości dla poszczególnych osi wykresu powinien być dobrany tak, aby wykreślana zależność (w postaci krzywej, słupków, powierzchni, itp.) pokrywała możliwie całą skalę poszczególnych osi wykresu. Istotne znaczenie ma tu również typ skali (skala liniowa lub logarytmiczna), która powinna być dostosowana do charakteru wykreślonej zależności (np. w przypadku zmiany wartości o kilka rzędów wielkości należy zastosować skalę logarytmiczną). Dodatkowo należy pamiętać, że skala logarytmiczna powoduje kompresję dynamiki wykresu (spłaszczenie pofalowań), co w niektórych przypadkach może utrudniać analizę przebiegu zmienności wykreślonej zależności.

Siatka i podziałka

Siatka jest elementem pomocniczym wykresu, który ułatwia ilościową analizę zilustrowanej zależności (tj. odczytywanie argumentów i odpowiadających im wartości oraz wyznaczanie dodatkowych parametrów dla przedstawionej zależności, np. szerokości listka głównego charakterystyki promieniowania, poziom listków bocznych, itp.). Linie siatki nie mogą być rażąco widoczne na wykresie, powinny stanowić raczej tło wykresu (jego drugi plan). Gęstość siatki nie powinna być ani zbyt mała, ani zbyt duża. Zaleca się, aby linie siatki dzieliły osie wykresu na równe odcinki, które można kolejno oznaczać „okrągłymi” liczbami, przy czym liczba odcinków dla wykresu o szerokości równej jednej kolumnie tekstu powinna się mieścić w przedziale od 5 do 15. A oto proste przykłady: dla przedziału kątów 0° - 180° podziałka może wynosić 20° , co daje podział osi na 9 równych odcinków; dla zakresu wartości 9-14 dB podziałka może wynosić 1 dB, co daje podział osi na 5 równych odcinków. Zarówno w pierwszym jak i drugim przykładzie wydzielone odcinki osi mogą być dodatkowo podzielone na kilka części (z reguły od 2 do 5), jednak w tym przypadku linie siatki są stosowane bardzo rzadko. Dodatkowy podział osi jest oznaczany zwykle krótkimi

odcinkami przecinającymi oś wykresu lub umieszczonymi po jednej ze stron jego osi.

Opis osi

Opisy osi wykresu muszą jednoznacznie określać argumenty i wartości przedstawianej zależności. Oznaczenia osi są bardzo często przyczyną niezrozumiałości wykresu. Z tego względu dobrą praktyką jest stosowanie w opisie całych słów a nie tylko samych symboli, np. *Częstotliwość, f [GHz], Kąt, θ [stopnie], Zysk, G [dB]*, itp. Bardzo ważna jest również wielkość czcionki zastosowanej do opisu osi oraz jej liczbowego podziału. Wielkość czcionki opisów powinna się mieścić w granicach od 0.8 do 1.2 rozmiaru czcionki zastosowanej w tekście.

Liczba krzywych na jednym wykresie

Ilość krzywych jaką można umieścić na wspólnym wykresie zależy od wielkości wykresu. Przyjmuje się, że na małych wykresach (o szerokości jednej kolumny tekstu) można umieszczać do 5 krzywych, o ile krzywe nie nakładają się zbyt mocno na siebie. Na dużych wykresach (jeden wykres na stronie – strona poziomo) liczba krzywych może być nieco większa. Dobrą zasadą (polecaną w przypadku sprawozdań) jest umieszczanie co najwyżej 3 krzywych na jednym wykresie, np. wykreślamy trzy charakterystyki promieniowania dla trzech częstotliwości z pasma pracy anteny, tj. dla częstotliwości dolnej, górnej i środkowej.

Oznaczanie krzywych

W przypadku wykresów z wieloma krzywymi należy bezwzględnie zapewnić ich rozróżnialność. W tym celu możemy zastosować kolory, jednak nie będą one spełniały swojej funkcji w przypadku czarno-białej reprodukcji publikacji (np. w przypadku kopiowania pracy dyplomowej, nie wspominając o kopiowaniu sprawozdań!). Dobrą praktyką jest wykorzystywanie wyłącznie oznaczeń czarno-białych lub kilku odcieni szarości, a rozróżnialność realizować głównie przy pomocy różnych formatów linii (linia ciągła ————, kropkowa , przerywana - - - - - , itp.). W celu odróżnienia krzywych można je również oznaczyć przy pomocy dodatkowych symboli (np. \ominus — \ominus —, \boxminus — \boxminus —, \times — \times —, itp.). Stosowanie symboli jest głównie zalecane do oznaczania punktów pomiarowych, jeśli ich liczba jest niewielka, a wykreślana krzywa została otrzymana w wyniku aproksymacji lub interpolacji (jest krzywą gładką a nie łamaną).

Legenda

Legenda służy do opisu wielu krzywych umieszczonych na wspólnym wykresie. Może ona mieć postać integralnego obiektu umieszczonego na wykresie (raczej rzadko poza jego obrysem) lub przybierać formę rozproszoną w postaci opisów bezpośrednio naniesionych na każdą z krzywych. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku należy pamiętać o usunięciu siatki z tła legendy. Legenda nie powinna również przysłaniać istotnych elementów wykresu. Wielkość

czcionki opisów (w obu przypadkach) powinna się mieścić w granicach od 0.8 do 1.0 rozmiaru czcionki zastosowanej w tekście.

Podpis pod wykresem

Podpis pod wykresem powinien być zwięzły i koniecznie opatrzony w numerację (numer kolejny wykresu). Zadaniem numeracji jest integracja logiczna wykresu z tekstem publikacji (sprawozdania), która umożliwi odwołanie się do właściwego wykresu. Zawartość informacyjna podpisu powinna umożliwiać pełną identyfikację przedstawianej zależności. Na przykład, podpis o treści „Charakterystyka promieniowania” nie przekazuje pełnej informacji o wielkości przedstawionej na wykresie. W tym przypadku prawidłowy podpis powinien mieć, na przykład, następujące brzmienie: „Charakterystyka promieniowania anteny parabolicznej (typ PAO-100) dla polaryzacji zgodnej (zamierzonej) w płaszczyźnie wektora E (w płaszczyźnie elewacji)”.

Podstawowe parametry wykresu - podsumowanie

Poniżej zamieszczono listę podstawowych parametrów, o których należy bezwzględnie pamiętać podczas sporządzania wykresu:

1. Wielkość wykresu
2. Właściwy dobór skali dla poszczególnych osi
3. Siatka (nie zmniejszająca czytelności wykresu)
4. Jednoznaczne i zrozumiałe oznaczenie osi (pamiętać o jednostkach!)
5. Optymalna liczba krzywych na jednym wykresie (max. od 3 do 5)
6. Jednoznaczne oznaczenie krzywych (umożliwiające ich odróżnienie w wersji czarno-białej)
7. Legenda
8. Zwięzły podpis pod wykresem stwierdzający co przedstawia i dla jakich założeń został wygenerowany

Przestrzeganie wymienionych zasad umożliwi uniknięcie często popełnianych błędów.

3. Przykłady poprawnie sporządzonych wykresów

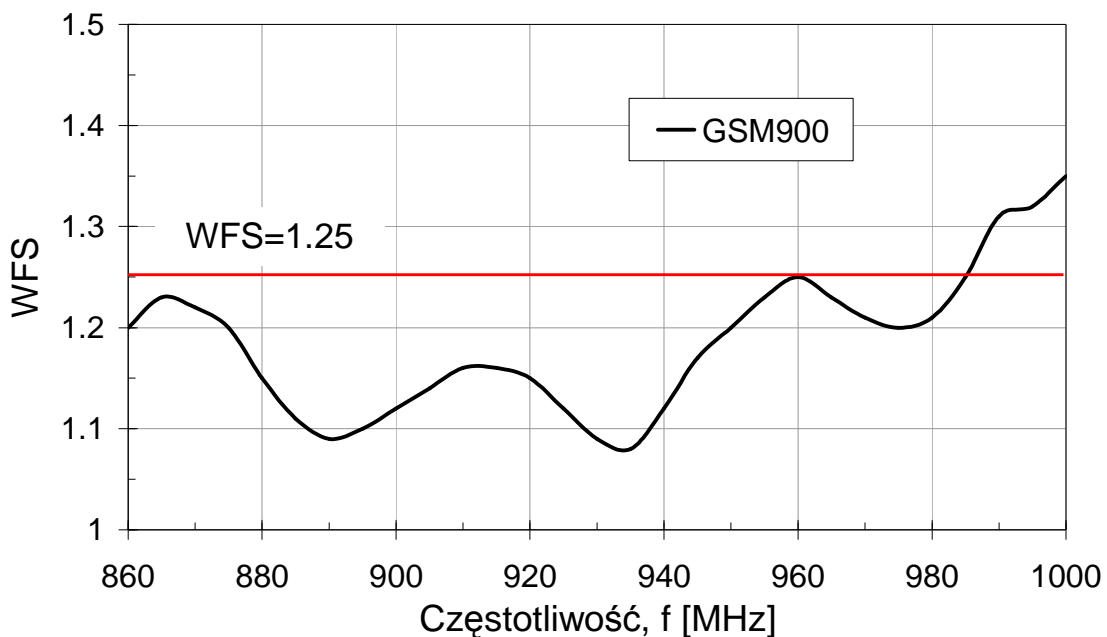
Obecnie, w dobie techniki komputerowej, wykresy przygotowuje się przy pomocy wyspecjalizowanych programów komputerowych, które w końcowej fazie edycji wykresu umożliwiają jego publikację w formie drukowanej lub elektronicznej (tzn. dołączenie do wersji elektronicznej dokumentu tekstowego lub wygenerowanie integralnego obiektu w jednym z dostępnych formatów graficznych). Najpopularniejszym programem do sporządzania wykresów jest MS Excel. Niestety, fakt ten wynika głównie z dużej dostępności tej aplikacji a nie z jej zalet (Excel jest dla ekonomistów i sekretarek, a nie dla inżynierów i naukowców!). Do profesjonalnych narzędzi w tym zakresie należy zaliczyć np.: Gnuplot (<http://www.gnuplot.org>), Origin (<http://www.origin.pl/>), DADiSP

(<http://www.dadisp.pl/stud.html>), Grapher i wiele, wiele innych. Doskonały interfejs graficzny, umożliwiający sporządzanie bardzo dobrych wykresów, posiada również Matlab i Mathematica. Warto wspomnieć w tym miejscu, że wykresy są również bardzo często generowane przez aparaturę pomiarową, jednak jakość tych wykresów nie zawsze spełnia ogólne wymagania co do ich formy.

Przykładowe wykresy zamieszczone w niniejszym rozdziale ilustrują poprawny sposób przedstawiania wyników pomiaru parametrów elektrycznych anteny (forma wykresów zalecana w sprawozdaniach!). Wykresy zostały sporządzone przy pomocy dwóch narzędzi komputerowych: MS Excel (niestety!) oraz Origin.

Wykres współczynnika fali stojącej (WFS)

Wykreślając współczynnika fali stojącej należy pamiętać, że jego wartości są zawsze większe od 1. Z tego powodu zakres wartości na pionowej osi wykresu powinien się rozpoczynać od 1. Niedopuszczalne jest sporządzanie wykresu WFS-u z zakresem obejmującym wartości mniejsze od 1 lub 0 (niestety takie przypadki pojawiają się od czasu do czasu w sprawozdaniach!).

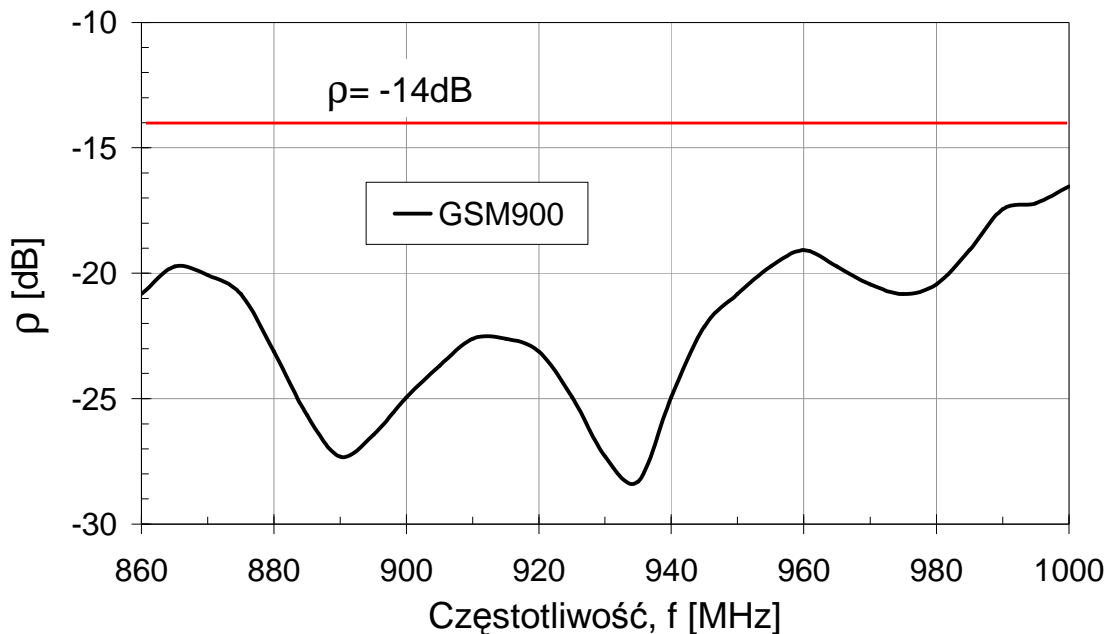


Rys.1. Przebieg współczynnika fali stojącej (WFS) na wejściu badanej anteny w zakresie częstotliwości systemu GSM900.

Linia pozioma na rys.1, opisana etykietą $WFS = 1.25$, oznacza graniczną wartość współczynnika odbicia, która nie może być przekroczona w przypadku badanej anteny (wartość pokazaną na rysunku przyjęto całkowicie arbitralnie). Graniczna wartość WFS-u może być również oznaczona linią łamaną. W takim przypadku mówimy, że WFS badanej anteny musi spełniać wymagania określone przez normę opisaną gabarytem.

Wykres współczynnika odbicia

Pamiętaj, że współczynnik odbicia (jego moduł) na wejściu anteny jak i każdego obwodu pasywnego może się zmieniać tylko w następujących granicach: $0 < \rho < 1$. W skali decybelowej współczynnik odbicia jest zawsze mniejszy od zera dB, tj. $\rho < 0$ dB.



Rys.2. Przebieg współczynnika odbicia (ρ) na wejściu badanej anteny w zakresie częstotliwości systemu GSM900.

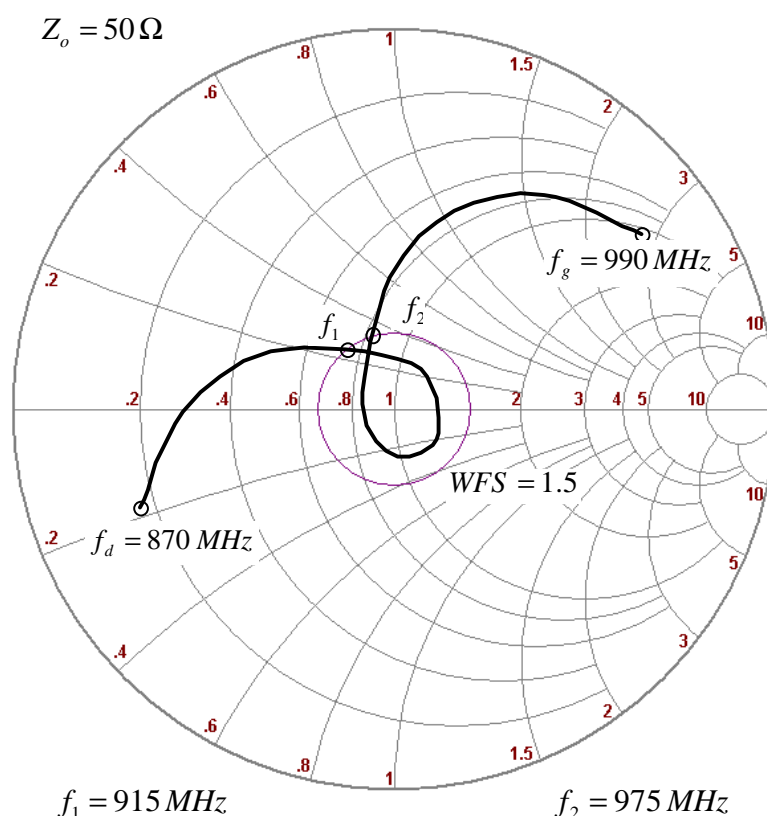
Na rys.2 pokazano przebieg wartości współczynnika odbicia odpowiadający wartości WFS pokazanym na rys.1. Linia pozioma na rys.2, opisana etykietą $\rho = -14$ dB, oznacza graniczną wartość współczynnika odbicia, która nie może być przekroczona w przypadku badanej anteny (uwaga, w tym przypadku mamy: $\rho = -14$ dB $\Leftrightarrow WFS = 1.5$).

Wykres impedancji wejściowej anteny

Do ilustrowania przebiegu impedancji wejściowej anteny stosuje się przede wszystkim wykres Smitha (forma obowiązkowa w sprawozdaniach z laboratorium anten!). Wykres impedancji wejściowej, w przypadku elementów pasywnych, powinien przybierać postać kół, regularnych pętli lub łuków. Inne kształty krzywych, np. długie proste odcinki, równoległe lub prostopadłe do głównej osi wykresu Smitha, świadczą o błędach pomiarowych.

Na wykresie Smitha można również oznaczać krzywe granicznej wartości współczynnika odbicia (w mierze liniowej) lub współczynnika fali stojącej. W przypadku, gdy wartość graniczna ρ lub WFS jest stała w pokazywanym zakresie częstotliwości, krzywe graniczne mają postać okręgów zaczepionych w środku wykresu Smitha, tj. w punkcie o współrzędnych (0,0).

Wykres Smitha można traktować jako wykres wielowartościowy ponieważ możemy na nim odczytywać wiele różnych wielkości, a mianowicie: $\text{Re}\{Z_{in}\}$, $\text{Im}\{Z_{in}\}$, $|\rho|$, $\arg(\rho)$ oraz WFS. Niestety argumenty tego wykresu, czyli częstotliwość są niejawne, bo nie posiadają własnej osi. Z tego powodu bardzo ważnym elementem wykresu Smitha są etykiety częstotliwości, naniesione na krzywą. Etykiety powinny wskazywać co najmniej częstotliwość początkową i końcową zakresu częstotliwości pokazywanego na wykresie, czyli początek i koniec krzywej. Na wykresie Smitha powinna również widnieć informacja o impedancji odniesienia, przy której wykonano pomiary lub obliczenia (np. $Z_o = 50 \Omega$).



Rys.3. Impedancja wejściowa badanej anteny (antena nr 3) w zakresie częstotliwości systemu GSM900.

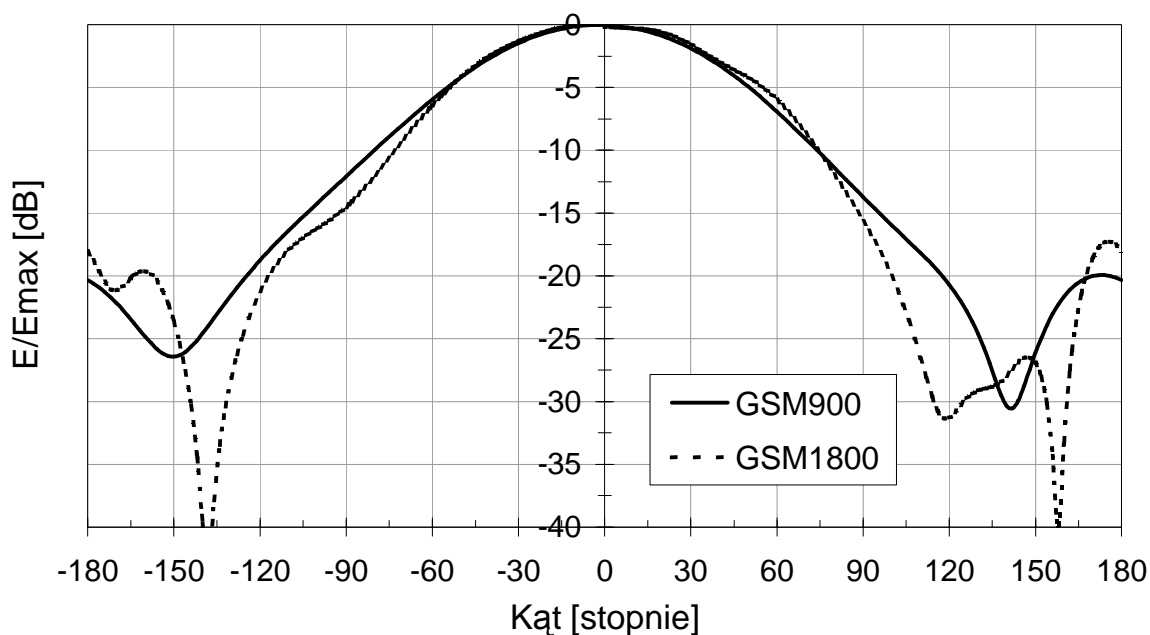
Wykres Smitha pokazany powyżej został przygotowany przy pomocy programu *Smith Chart for Windows ver.2.0*.

Wykresy charakterystyk promieniowania

Zgodnie z informacjami zamieszczonymi w tab.1 (na str.3) charakterystyki promieniowania anteny można wykreślać na trzy różne sposoby. Jedynie słusznym formatem wykresu, który powinien być stosowany w sprawozdaniach z laboratorium anten jest wykres prostokątny. Wykres kołowy jest wykresem

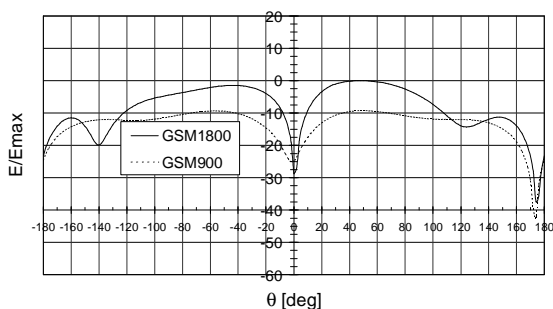
„komercyjnym”, stosowanym głównie w folderach reklamowych (prawdopodobnie ze względu na jego zredukowaną czytelność ☺) .

Wykresy charakterystyk promieniowania sporządza się w skali decybelowej unormowanej do zera (uwaga na normowanie w przypadku charakterystyk promieniowania otrzymanych dla składowej ortogonalnej pola, czyli tzw. charakterystyk krospolaryzacyjnych!). Na wykresach można dodatkowo oznaczyć 3-decybelową szerokość listka głównego charakterystyki promieniowania oraz poziom listków bocznych. Czasami kształt charakterystyki promieniowania jest ściśle określony normą w postaci gabarytu, wówczas krzywa (lub łamana) opisująca gabaryt powinna być również naniesiona na wykres. Przykłady różnych wykresów pokazano na rys.4 – rys.9.

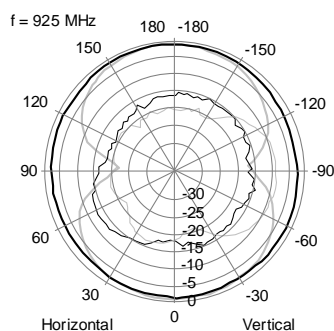


Rys.4. Charakterystyki promieniowania anteny dwuzakresowej (GSM900/1800) dla polaryzacji zamierzonej w płaszczyźnie azymutu, zmierzone na częstotliwościach środkowych pasma systemu GSM900 i GSM1800 ($f_{900} = 925$ MHz i $f_{1800} = 1795$ MHz).

A oto przykłady jak nie powinny wyglądać wykresy charakterystyk promieniowania anteny zamieszczane w sprawozdaniu (patrz rodzaj i forma):

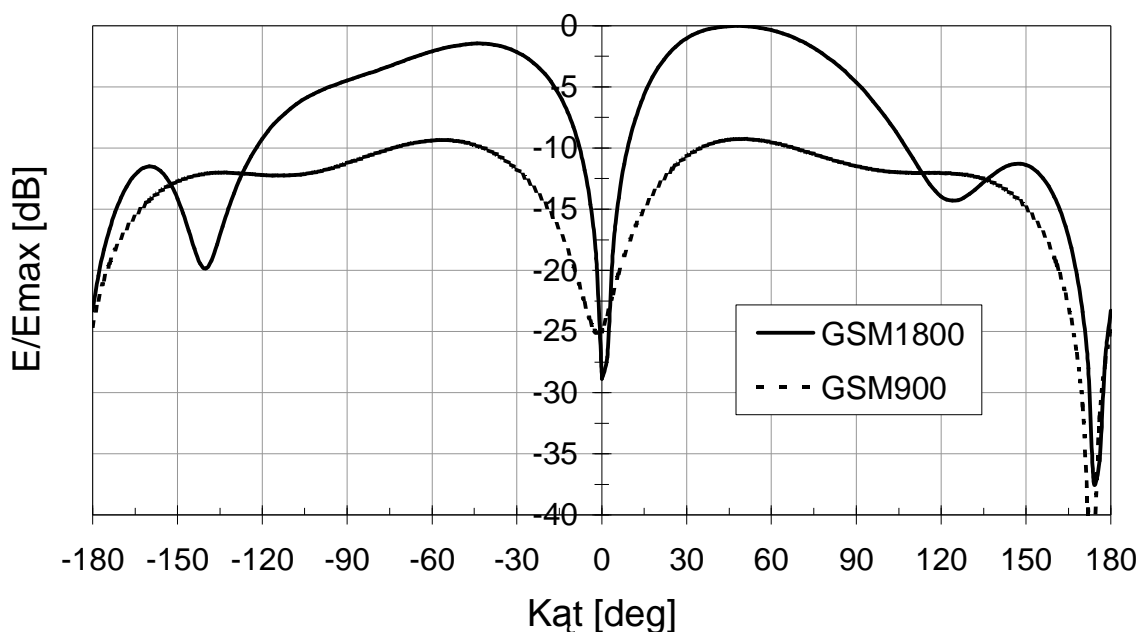


Rys.5. Charakterystyka promieniowania.

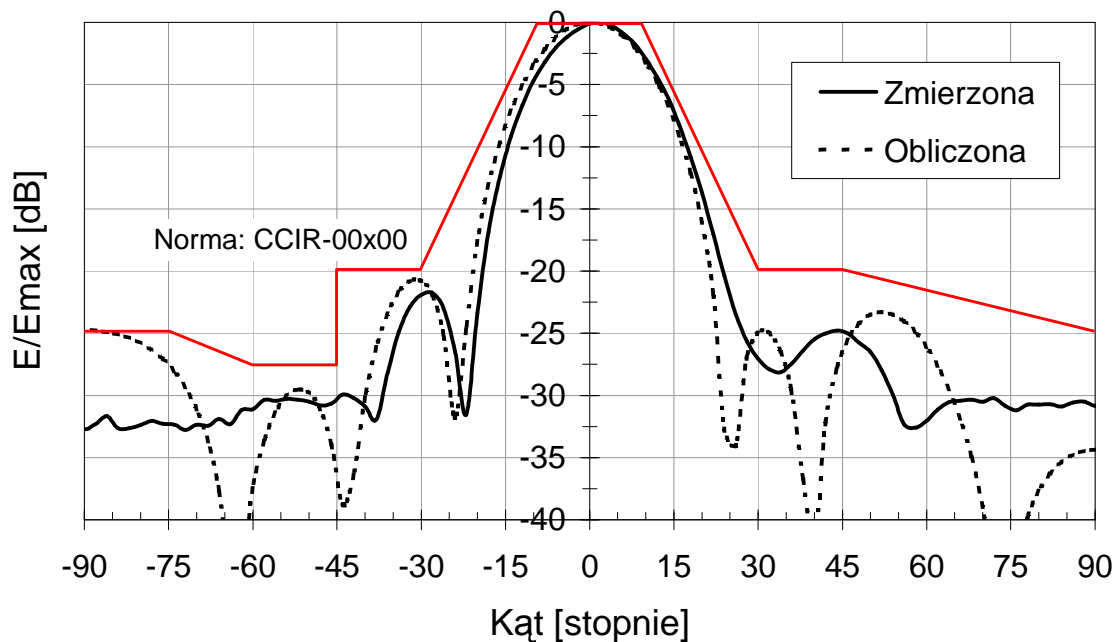


Rys.6. Charakterystyka anteny.

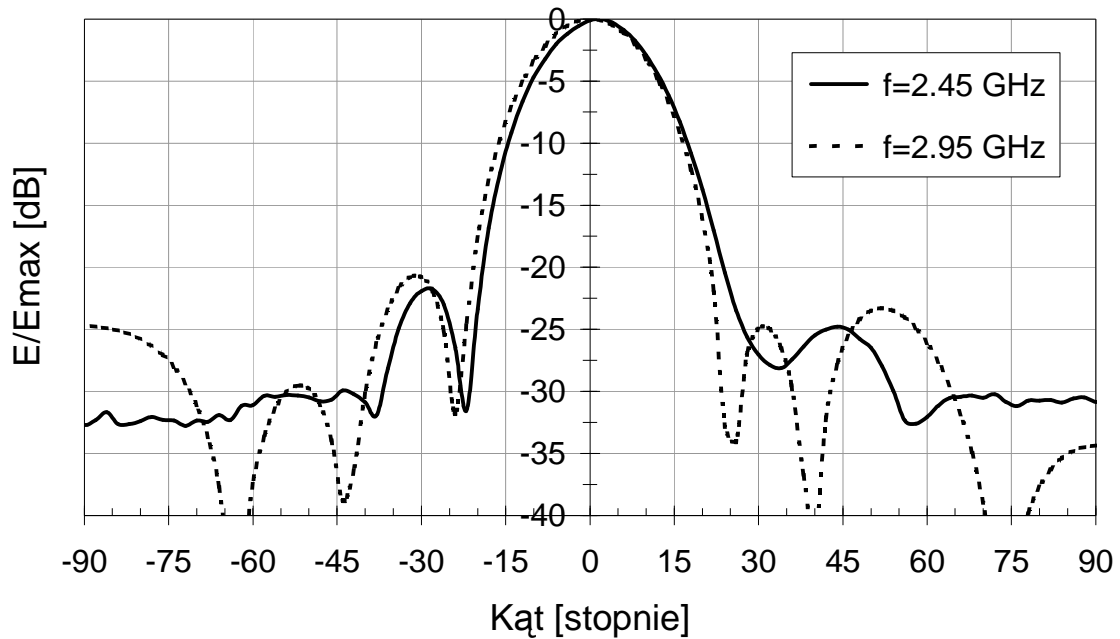
Wykresy pokazane na rys.5 i 6 nie są czystą fantazją - takie wykresy spotyka się w sprawozdaniach (surowo zakazane!!!). Poniżej pokazano kolejne przykłady poprawnych wykresów.



Rys.7. Charakterystyki promieniowania anteny dwuzakresowej (GSM900/1800) dla ortogonalnej składowej pola w płaszczyźnie azymutu, zmierzone na częstotliwościach środkowych pasma systemu GSM900 i GSM1800.



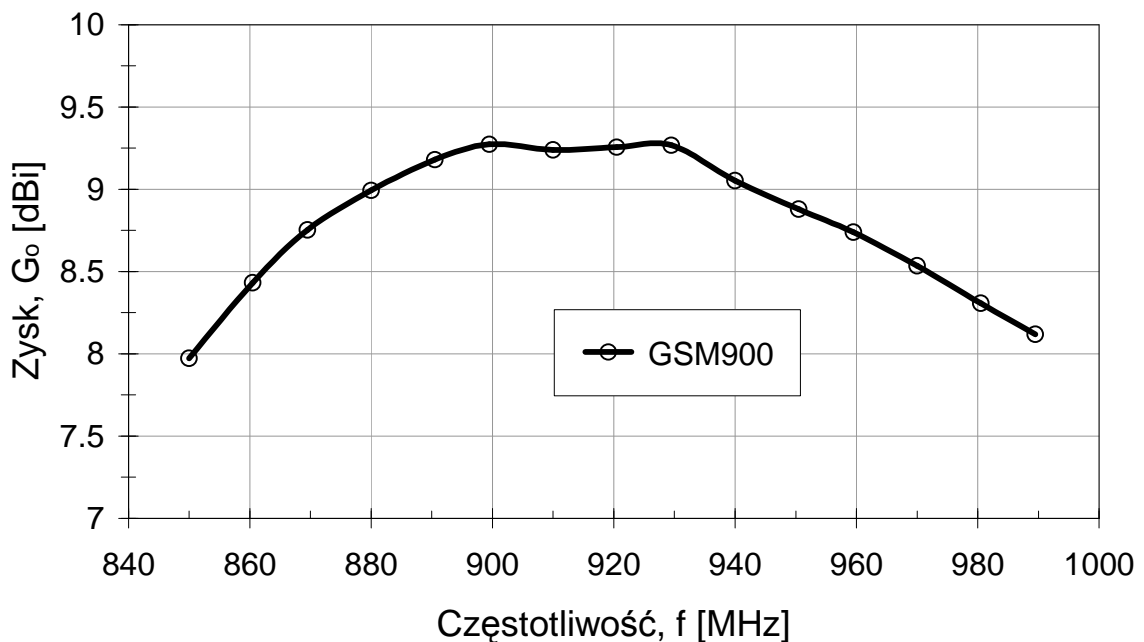
Rys.8. Charakterystyki promieniowania anteny badanej (PX-1) dla zamierzonej składowej pola w płaszczyźnie elewacji, zmierzone i obliczone przy częstotliwości $f = 11.35$ GHz.



Rys.9. Charakterystyki promieniowania anteny badanej (Qam-100) w płaszczyźnie azymutu dla zamierzonej składowej pola.

Wykres zysku energetycznego anteny (wzmocnienia wzmacniacza)

W tym przypadku należy pamiętać o podaniu odniesienia dla pokazanego zysku, np. anteny izotropowej (G_o [dBi]) lub dipola półfalowego ($G_{\lambda/2}$ [dB]).



Rys.10. Przebieg zysku energetycznego modelu anteny stacji bazowej systemu GSM900 w funkcji częstotliwości.

4. Podsumowanie

I to już wszystko, jeśli idzie o podstawowe zasady przygotowywania wykresów w sprawozdaniach z laboratorium anten. Mam nadzieję, że opisane zasady przydadzą się każdemu, kto będzie kiedykolwiek miał do czynienia z wykresami (jeszcze na uczelni jak i w przyszłej pracy).

Pamiętajcie, wykres (rysunek) to podstawowa forma przekazu informacji wykorzystywana w świecie techniki i nie tylko. Wykres (rysunek) musi być prosty i łatwy w interpretacji. Powinien też przyciągać oko, ale bez przesady!

Literatura

- [1] H.B. Michaelson, *How to Write and Publish Engineering Papers and Reports*, ISI Press, Philadelphia, 1982.
- [2] M. Young, *The Technical Writers Handbook*, Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [3] R.A. Day, *How to write and publish a scientific paper*, Cambridge Univ. Press, 1989.
- [4] J.M. Lannon, *Technical Writing*, 5th edition, Harper-Collins Publ., 1991.
- [5] L.J. Rew, *Introduction to Technical Writing*, Process and Practice, 2nd ed., St. Martin's Press, 1993.
- [6] D. Lindsay, *Dobre rady dla piszących teksty naukowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1995.
- [7] P. Oliver, *Jak pisać prace uniwersyteckie: poradnik dla studentów*, Wydawnictwo Literackie, Kraków, 1999.
- [8] E. Wheeler, R.L. McDonald, *Writing in Engineering Courses*, Journal of Engineering Education, vol. 89, no. 4, 481-486, 2000.
- [9] E.R. Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Press, Cheshire, 2001.