

## Charakterystyki Bodego modułu i fazy dla zera i bieguna rzeczywistego

Charakterystyki rysujemy w skali logarytmicznej  $f/f_0$  częstotliwości (lub pulsacji) normalizowanej oraz w skali liniowej w [dB] i fazy w [°].

Możemy rysować punkt po punkcie stosując już narysowane gotowe siatki log-lin, log – log. Podane w tablicy 1 wartości  $|H(jf)|$ ,  $\varphi(jf)$  dla  $f/f_0$ , możemy zastosować również do narysowania charakterystyk w odpowiednim programie graficznym. Tak zostały narysowane charakterystyki rysunkach zamieszczonych poniżej. Przy rysowaniu charakterystyk transmitancji w postaci wykresów Bodego na osi częstotliwości oznacza się bezpośrednio częstotliwość  $f$ , a rysowanie charakterystyk asymptotycznych rozpoczyna się od częstotliwości charakterystycznej  $f=f_0$  dla danego zera lub bieguna. Na rysunkach tych pokazano stosowane sposoby aproksymacji charakterystyk rzeczywistych (1 - zmiany fazy pomiędzy  $f/f_0 = 0,1$  do  $10$ ; 2 - zmiany fazy pomiędzy  $f/f_0 = 0,2$  do  $5$ ). Podano również błędy wynikające ze stosowania charakterystyk asymptotycznych (przybliżanie charakterystyk rzeczywistych odcinkami linii prostych) dla aproksymacji modułu i fazy tych charakterystyk (1 - zmiany fazy pomiędzy  $f/f_0 = 0,1$  do  $10$ ). Dla porównania drukiem pogrubionym oznaczono błędy aproksymacji podane w [2 – str. 459-460].

Rysowanie logarytmicznych charakterystyk częstotliwościowych, przy znajomości charakterystyk dla zera i bieguna, opisano w [1, 2, 3]. Iloczyn czynników opisujących funkcję  $H(j\omega)$  jest zamieniony na sumę odpowiednich składowych [3 – str. 270-275]. Przy rysowaniu charakterystyk amplitudowych sumuje się dla określonych częstotliwości ( $f=f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ ) składowe modułów wynikające z istnienia  $n$  zer i  $m$  biegunów i stałego współczynnika  $K$ , a przy rysowaniu charakterystyk fazowych sumuje się dla tych częstotliwości argumenty wynikające z istnienia zer, biegunów i stałego współczynnika  $K$ . Przy rysowaniu charakterystyki amplitudowej dla zer sumuje się składowe ze znakiem (+), a dla biegunów ze znakiem (-). Moduł stałego współczynnika  $|K|$  ze znakiem (+). Podobnie dla argumentów (lub °) z uwzględnieniem znaków ( $\pm$ ). Dla przykładu narysujmy charakterystykę amplitudową i fazową funkcji:  $H(j\omega) = 6 \cdot [(1 + j0,001\omega)/(1 + j0,00008\omega)]$  w zakresie częstotliwość  $f = 10 \text{ Hz} \div 100 \text{ kHz}$ .

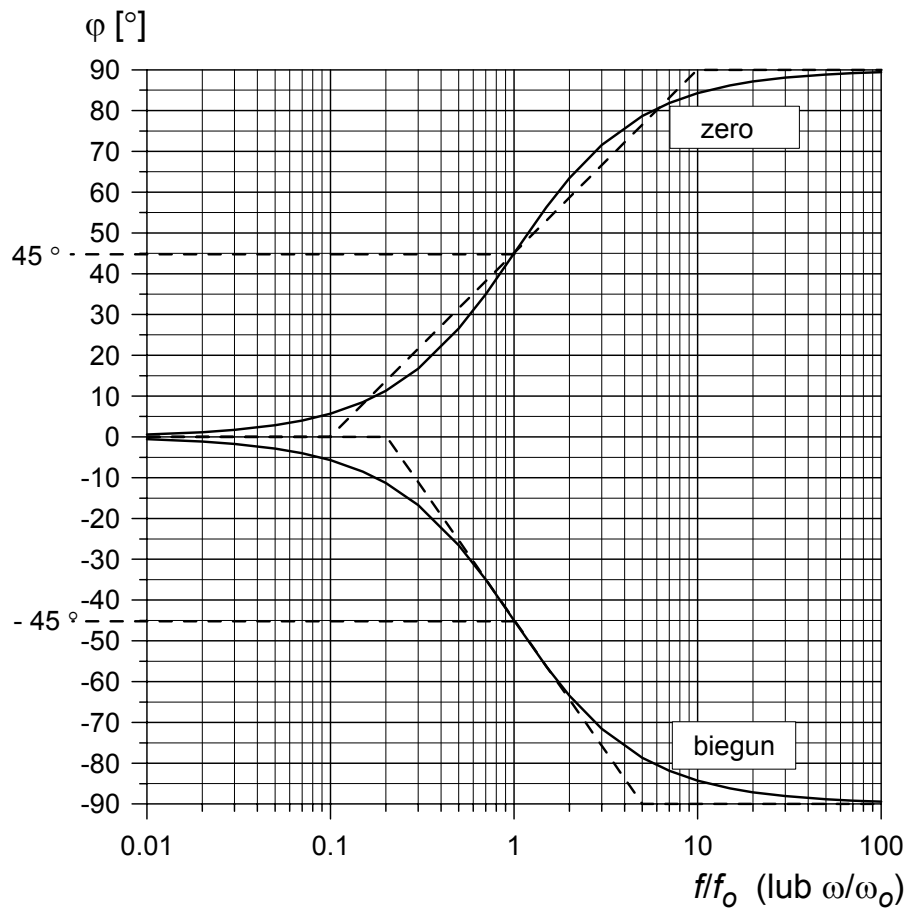
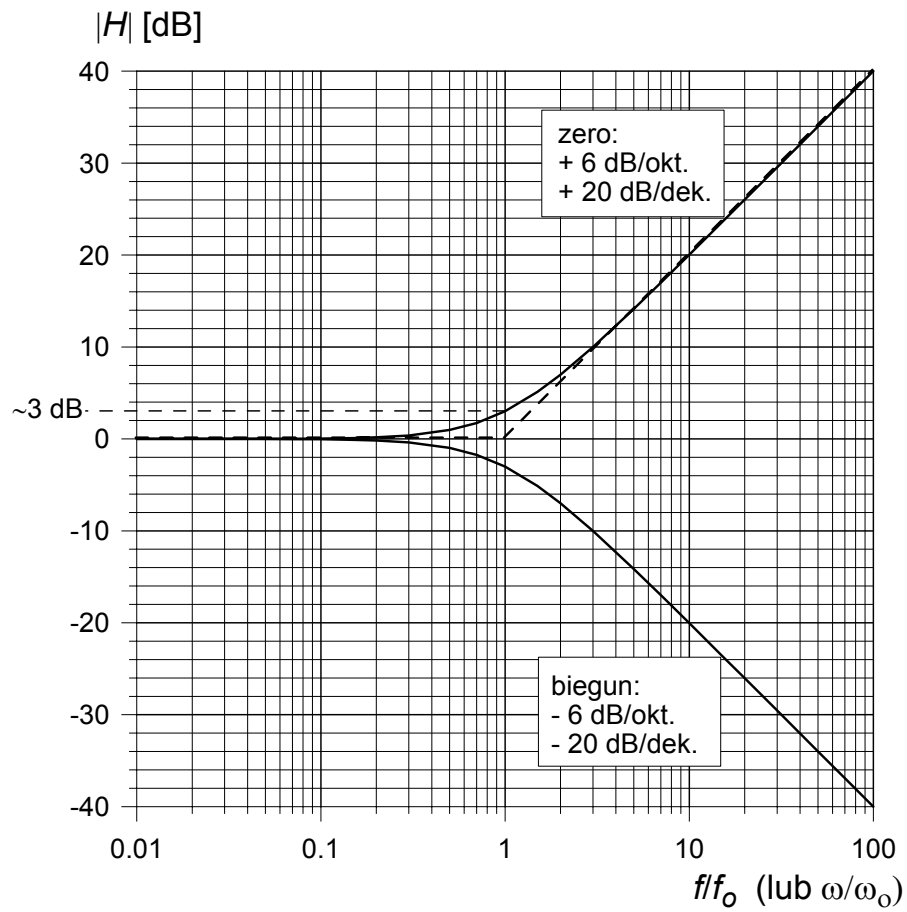
### Literatura:

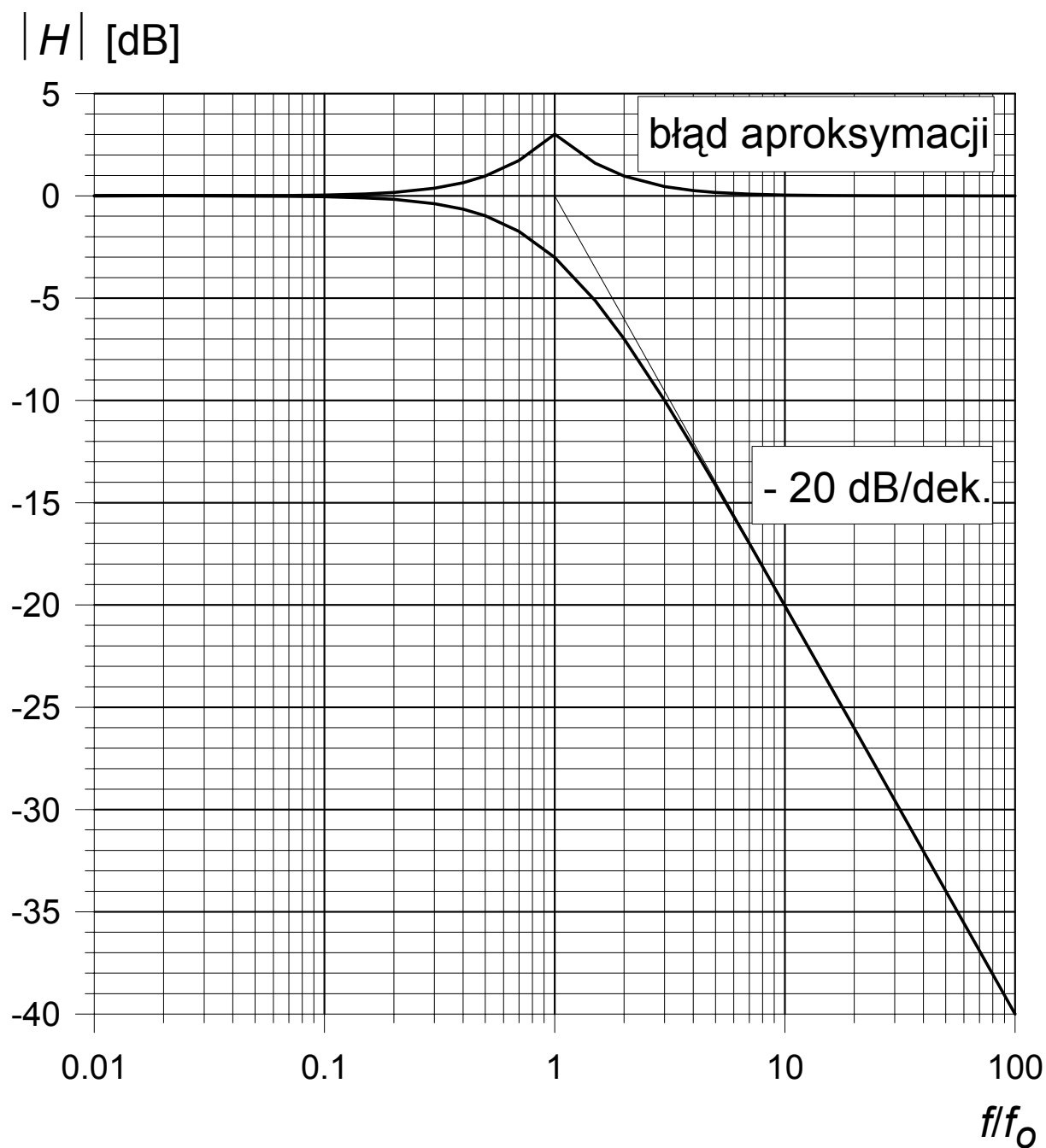
1. Guziński A.: Liniowe elektroniczne układy analogowe, WNT, Warszawa 1993, str. 70-74.
2. Nosal Z., Baranowski J.: Układy elektroniczne cz. I, WNT, Warszawa 2003, str. 458-461.
3. Wolski W.: Teoretyczne podstawy techniki analogowej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, str. 270-275.

Pomoce do projektu 1. - rysowanie charakterystyk Bodego.

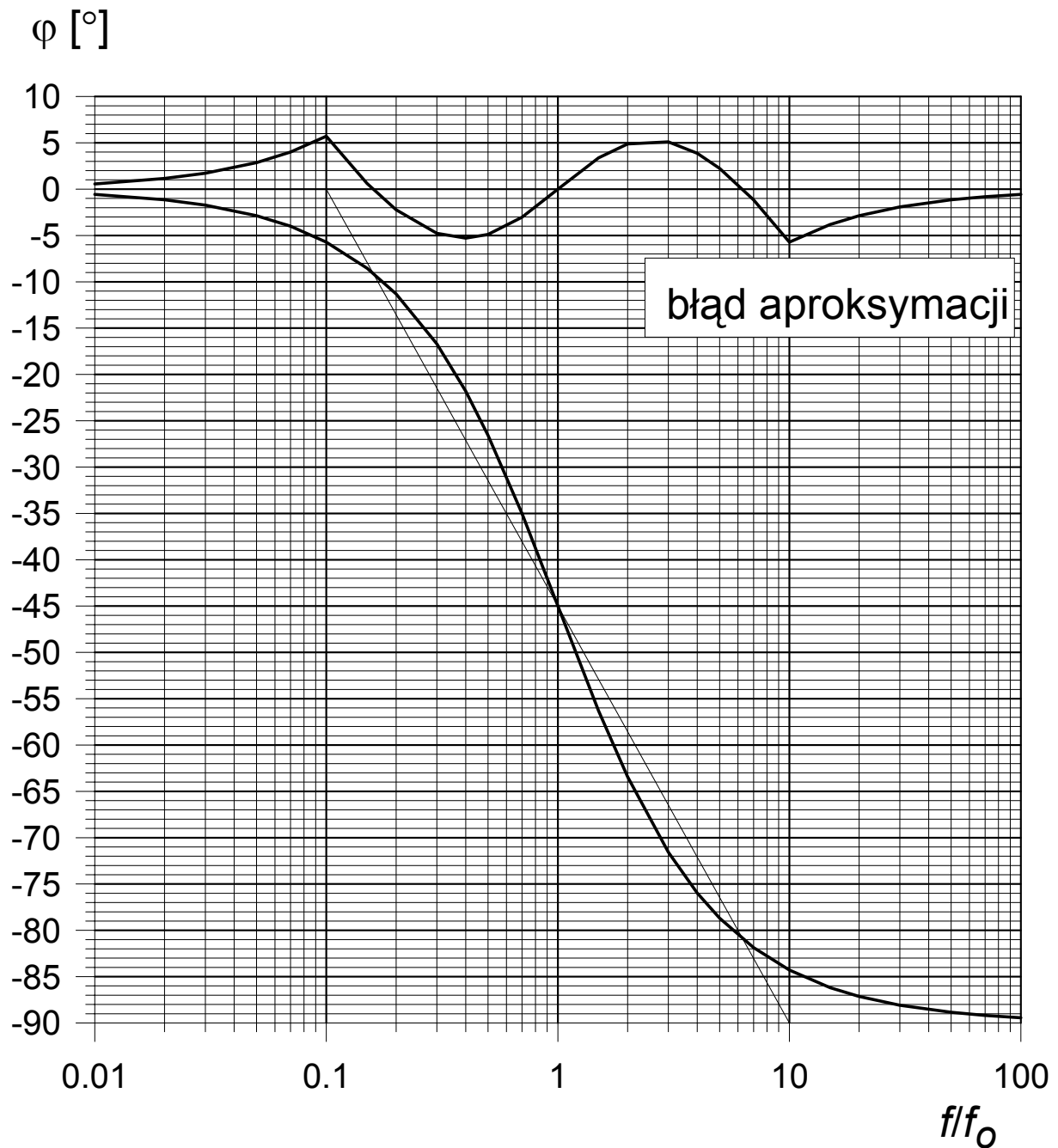
Tablica 1. Charakterystyki Bodego dla zera i bieguna rzeczywistego

	Zero: + dB		Biegun: - dB		Zero: + °		Biegun: - °	
Lp	$f/f_0$	Aproksy- macja $ H(jf) $ [dB]	$ H(jf) $ [dB]	Błąd apr. dla modułu bieguna [dB]	Aproksy- macja $\varphi(jf)$ [°]	$\varphi(jf)$ [°]	Błąd apr. dla fazy bieguna [°]	
1	0.01	0	0.0004	0.0004	0	0.5729	0.5729	
2	0.02	0	0.0017	0.0017	0	1.1457	<b>1.1457</b>	
3	0.03	0	0.0039	0.0039	0	1.7184	1.7184	
4	0.05	0	0.0108	0.0108	0	2.8624	2.8624	
5	0.07	0	0.0212	0.0212	0	4.0042	4.0042	
6	0.1	0	0.0432	<b>0.0432</b>	0	5.7106	<b>5.7106</b>	
7	0.15	0	0.0966	0.0966	7.9241	8.5308	0.6067	
8	0.2	0	0.1703	0.1703	13.546	11.319	- <b>2.2364</b>	
9	0.3	0	0.3742	<b>0.3742</b>	21.470	16.699	- 4.7712	
10	0.4	0	0.6446	0.6446	27.093	21.801	- 5.2913	
11	0.5	0	0.9691	<b>0.9691</b>	31.454	26.565	- <b>4.8886</b>	
12	0.7	0	1.7318	<b>1.7318</b>	38.029	34.992	- 3.0374	
13	1	0	3.0103	<b>3.0103</b>	45.	45.	<b>0.0000</b>	
14	1.5	3.5218	5.1188	1.5970	52.924	56.310	3.3858	
15	2	6.0206	6.9897	<b>0.9691</b>	58.546	63.435	<b>4.8886</b>	
16	3	9.5424	10.	0.4576	66.470	71.565	5.0946	
17	4	12.041	12.304	0.2633	72.093	75.964	3.8711	
18	5	13.979	14.150	<b>0.1703</b>	76.454	78.690	<b>2.2364</b>	
19	7	16.902	16.989	0.0878	83.029	81.870	- 1.1595	
20	10	20.	20.043	<b>0.0432</b>	90.	84.289	- <b>5.7106</b>	
21	15	23.522	23.541	0.0193	90.	86.186	- 3.8140	
22	20	26.021	26.031	0.0108	90.	87.138	- 2.8624	
23	30	29.542	29.547	0.0048	90.	88.091	- 1.9091	
24	50	33.979	33.981	0.0017	90.	88.854	- <b>1.1457</b>	
25	70	36.902	36.903	0.0009	90.	89.182	- 0.8184	
26	100	40.	40.000	0.0004	90.	89.427	- 0.5729	





Charakterystyka asymptotyczna amplitudowa  
jednobiegunowej funkcji dolnoprzepustowej



Charakterystyka asymptotyczna fazowa  
jednobiegunowej funkcji dolnoprzepustowej