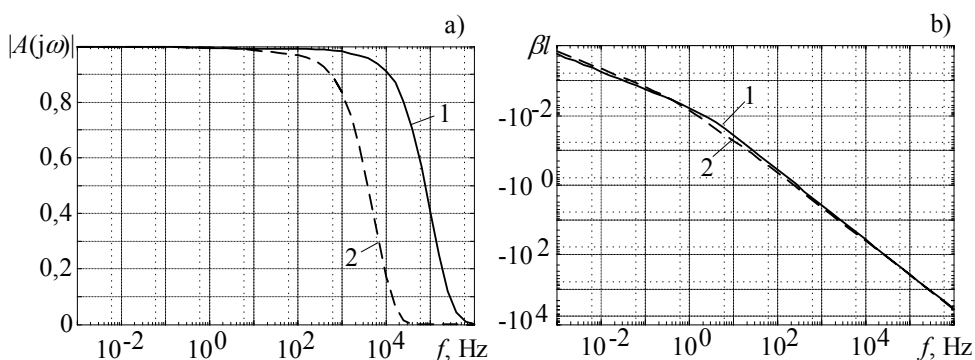


PRZYKŁAD 4.4

Zbadać charakterystyki częstotliwościowe linii 400 kV o parametrach, jak w Przykładzie 4.1, która ma długość 180 km.

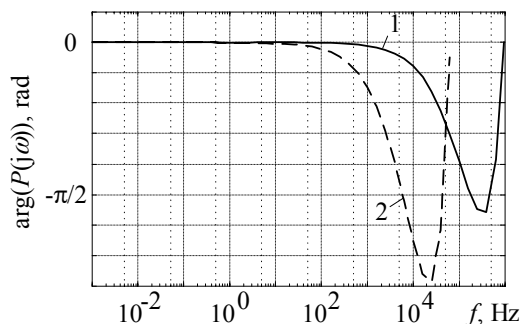
Podobnie jak w Przykładzie 4.1, obliczenia wykonano za pomocą procedury LINE CONSTANTS w programie ATP-EMTP z wykorzystaniem pliku z danymi: *L400_FBI.dat*. Rozważany zakres zmian częstotliwości: 0,001 Hz–1 MHz. Częstotliwościowe charakterystyki funkcji propagacji $A(j\omega)$ są pokazane na rys. 1. Linia ciągła (1) odnosi się do składowej zgodnej, a przerywana (2) – do składowej zerowej linii. Widać, że faza tej funkcji $\arg(A(j\omega)) = -l\beta$ niemal liniowo narasta w kierunku ujemnym wraz ze wzrostem częstotliwości. Wynika to z zależności: $\beta = \omega/v$, co przy nieznacznie zmieniającej się prędkości v powoduje niemal liniowe narastanie fazy propagacji. Jest to również zrozumiałe w sensie interpretacji fizycznej: współczynnik $l\beta$ wskazuje na przesunięcie fazowe pomiędzy końcami linii, a przesunięcie to jest, obrazowo mówiąc, równe długości (w stopniach lub radianach) fali odłożonej wzdłuż linii. Ta miara jest więc proporcjonalna do częstotliwości fali. Dla linii bezstratnej mamy: $\gamma = \alpha + j\beta = j\omega/v = j\omega\sqrt{L'C'}$, co daje: $A(j\omega) = e^{-j\omega\sqrt{L'C'}}$. Funkcja propagacji przedstawia zatem, tylko przesunięcie fazowe, proporcjonalne do częstotliwości. W takim przypadku, funkcja $A(j\omega)$ reprezentuje również odkształcenie związane ze stratami w linii, a także ze zmianami parametrów w funkcji częstotliwości.



Rys. 1. Częstotliwościowe charakterystyki funkcji propagacji $A(j\omega)$: a) charakterystyka amplitudowa, b) charakterystyka fazowa

Przez analogię do opisu filtru, funkcję tę można traktować jako transmitancję układu tłumiącego o charakterystyce amplitudowej jak na rys. 1a. Racjonalnie jest wówczas charakterystykę fazową podzielić na dwie części, z których pierwsza związana jest ze wspomnianym odkształceniem, a druga odnosi się do przesunięcia fazowego wynikającego z propagacji fali. W tej zależności $\omega\tau_f$ jest fazą propagacji (dla wybranej pulsacji ω jest to kąt przesunięcia fazowego fali na obu końcach linii).

W charakterze czasu propagacji τ_f należy wybrać minimalną wartość w rozpatrywanym przedziale zmian częstotliwości. Odnosi się to zazwyczaj do największej częstotliwości w tym przedziale. Można zauważyć, że funkcja propagacji jest iloczynem transmitancji $P(j\omega)$ oraz przesunięcia fazowego $e^{-j\omega\tau_f}$, przy czym, $|P(j\omega)| = |A(j\omega)|$ (4.25). Charakterystyki fazowe $\arg\{P(j\omega)\} = \omega\tau_f - \beta l$ funkcji $P(j\omega)$ dla składowej zgodnej (krzywa 1) oraz składowej zerowej (2) rozpatrywanej linii 400 kV są pokazane na rys. 2.

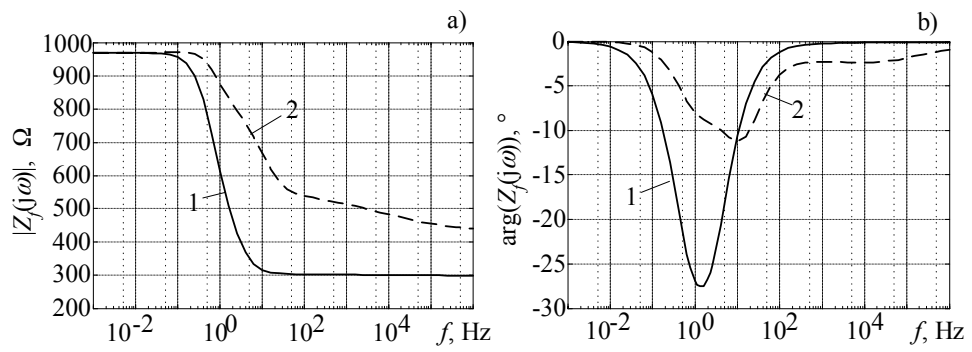


Rys. 2. Częstotliwościowe charakterystyki fazy transmitancji $P(j\omega)$ linii 400 kV: 1 – dla składowej zgodnej, 2 – dla składowej zerowej

Wartości czasu propagacji τ_f dla obu składowych zostały oszacowane dla częstotliwości f_{gr} , przy której amplitudy funkcji $|P(j\omega)|$ zmniejszają się do wartości poniżej 0,01 (rys. 2a) według następującej relacji: $\tau_f = (l/v)|_{f=f_{gr}} = (\beta l / \omega)|_{f=f_{gr}}$. Próg ten można uznać za graniczną wartość poprawnego oszacowania amplitudy transmitancji $P(j\omega)$.

Charakterystyki z rys. 1a oraz rys. 2 odnoszą się zatem do impedancji ekwiwalentnego obwodu tłumiącego, który odzwierciedla w schemacie zastępczym odpowiednich linii straty oraz zależność jej parametrów od częstotliwości.

Charakterystyki impedancji falowej są pokazane na rys. 3. Również w tym przypadku zależna od częstotliwości zastępcza impedancja falowa może być traktowana jak impedancja skupiona o odpowiedniej charakterystyce amplitudowej i fazowej.



Rys. 3. Częstotliwościowe charakterystyki impedancji falowej linii: a) charakterystyka amplitudowa, b) charakterystyka fazowa