



Aufgabe

Es soll das Zeigerbild für $u_{\text{FM}}/\hat{U}_{\text{T}}$ bei $M = 5$ und maximaler Auslenkung gezeichnet werden.

Lösung

Für ein frequenzmoduliertes Signal gilt allgemein

$$\begin{aligned}
 u_{\text{FM}}(t) &= \hat{U}_{\text{T}} J_0(M) \cos(\omega_{\text{T}} t) \\
 &+ \hat{U}_{\text{T}} \sum_{n=1}^{\infty} J_n(M) \cos[(\omega_{\text{T}} + n\omega_{\text{N}})t] \\
 &+ \hat{U}_{\text{T}} \sum_{n=1}^{\infty} J_n(M) (-1)^n \cos[(\omega_{\text{T}} - n\omega_{\text{N}})t].
 \end{aligned} \tag{1}$$

Für die BESSEL-Funktionen $J_n(M)$ gilt

$$J_n(M) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k!(k+n)!} \left(\frac{M}{2}\right)^{2k+n}. \tag{2}$$

Alle Zeiger jeder Spektralkomponente fallen zum Zeitpunkt

$$t = \frac{\pi}{2\omega_{\text{N}}}$$

zu $\pm 2J_n$ zusammen. In diesem Moment ist der u_{FM} -Zeiger maximal ausgelenkt. Es müssen nun die Beträge der einzelnen Zeiger ermittelt werden. Dazu benutze ich eine Tabelle aus [1], mit der man die BESSEL-Funktionswerte für ganzzahlige M bestimmen kann.

$J_0(3) = -0.26$	$2J_1(3) = 0.68$	$2J_2(3) = 0.97$
$2J_3(3) = 0.62$	$2J_4(3) = 0.26$	$2J_5(3) = 0.09$
$2J_6(3) = 0.02$	$2J_7(3) = 0.005$	$2J_8(3) = 0.001$

Die Phasenverschiebungen bezüglich der Phasenbezugslinie der einzelnen Zeiger sind

$\phi_0 = 0 + \pi$	$\phi_1 = \frac{1}{2}\pi$	$\phi_2 = \pi$
$\phi_3 = \frac{3}{2}\pi$	$\phi_4 = 2\pi$	$\phi_5 = \frac{5}{2}\pi$
$\phi_6 = 3\pi$	$\phi_7 = \frac{7}{2}\pi$	$\phi_8 = 4\pi$

Mit diesen Werten läßt sich nun das Zeigerdiagramm zeichnen.

Literatur

[1] Woschni, E.-G.: Informationstechnik. Verlag Technik, Berlin 1973.

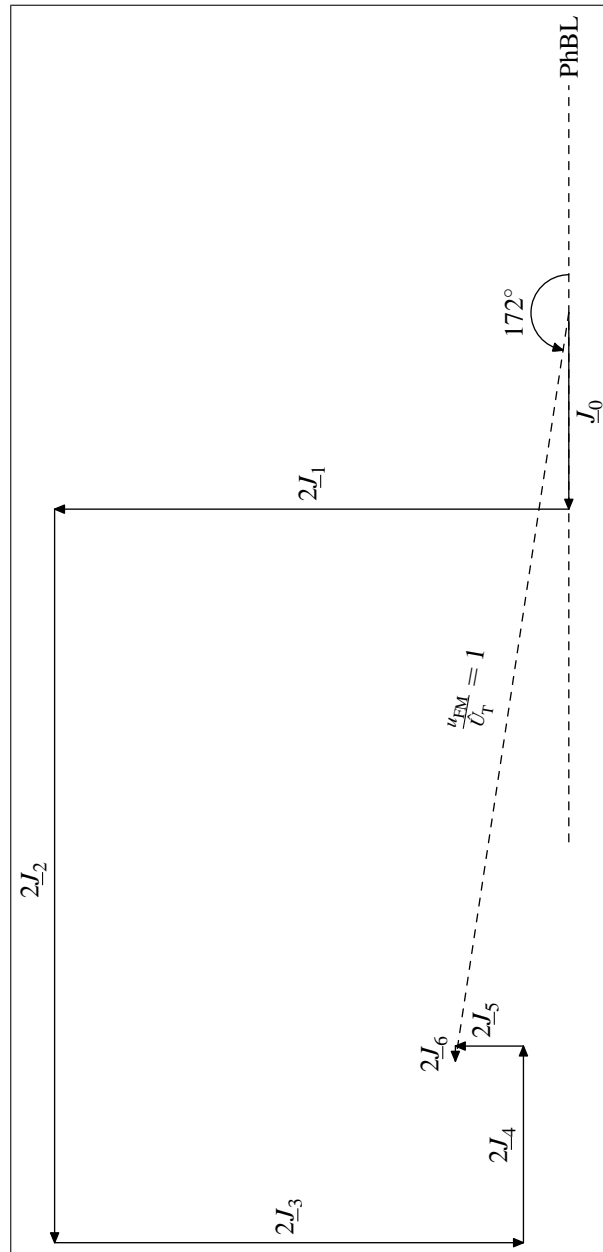


Abbildung 1: Zeigerbild (M 1:10)