

補足説明

質問：発振回路1（弛張発振回路）問2において、演算増幅器の出力を $v_o(t \geq 0) = V_{op}$ として回路方程式を解いているが、実際には、演算増幅器の出力は、 $-V_{op}$ から $+V_{op}$ に変化するため、大きさ $2V_{op}$ のステップ関数で表す必要があるのではないか。

演算増幅器の出力を、大きさ $2V_{op}$ のステップ関数として回路方程式を立てるのが正確ですが、問1で作成した回路方程式（演算増幅器の出力を定数の V_{op} とする）を解いても同じ結果になります。

問1の微分方程式をそのままラプラス変換した場合

$$v_n(t) + R_3 C \frac{dv_n(t)}{dt} = V_{op} \xrightarrow{\mathcal{L}} V_n(s) + R_3 C \{sV_n(s) - v_n(0)\} = \frac{1}{s} V_{op} \quad \leftarrow \int_0^{\infty} V_{op} e^{-st} dt = V_{op} \left[-\frac{1}{s} \right]_0^{\infty} = \frac{1}{s} V_{op}$$

$2V_{op}$ のステップ関数として回路方程式を作成した場合

$$v_n(t) + R_3 C \frac{dv_n(t)}{dt} = 2V_{op}u(t) - V_{op} \xrightarrow{\mathcal{L}} V_n(s) + R_3 C \{sV_n(s) - v_n(0)\} = \frac{1}{s} V_{op} \quad \leftarrow \int_0^{\infty} (2V_{op}u(t) - V_{op})e^{-st} dt = \frac{2V_{op}}{s} - \frac{V_{op}}{s} = \frac{1}{s} V_{op}$$

解説動画では、演算増幅器の出力を大きさ V_{op} のステップ関数として解いていますが、これは、説明を省略しすぎでした。実際には、下記のように頭の中で考えています。

V_{op} のステップ関数として回路方程式を作成した場合（解説動画の方法）

ラプラス変換は、 $t \geq 0$ の範囲で積分を行うため、 $t < 0$ の値が何であっても同じ結果になることを考慮して、 $t < 0$ における演算増幅器の出力を $v_o(t < 0) = 0$ に変更してもよい。従って、 $v_o(t) = V_{op}u(t)$ で代用することができる。

$$v_n(t) + R_3C \frac{dv_n(t)}{dt} = V_{op}u(t) \xrightarrow{\mathcal{L}} V_n(s) + R_3C\{sV_n(s) - v_n(0)\} = \frac{1}{s}V_{op} \leftarrow \int_0^{\infty} V_{op}u(t)e^{-st}dt = \frac{1}{s}V_{op}$$