●作戦会議

　1 次の理論かな？面倒すぎる。ヒントで定常解と過渡解を暗に求めろと言ってきている点で避けたい。二階非斉次微分方程式（呼び方多すぎない？統一して）が出てくるぞ！

　この手の計算が面倒な問題は，割と基本的で重要な項目について問う問題が多いので（一部例外あり），試験本番では選択したくないが，過去問演習としては良問。内容を理解しておこう。

(1)コンデンサの分圧と合成の問題。抵抗とは違うので注意。端子から右側いる？

(2)直列共振すれば，共振デバイスを回路から消しても問題ないので，電圧がすべて Tr に入力される。(3)以降の条件とは異なるので，混乱しないように。

(3)問題文のおっしゃる通りにすればよい。ここまでは多くの人が回答できると思うのだが…

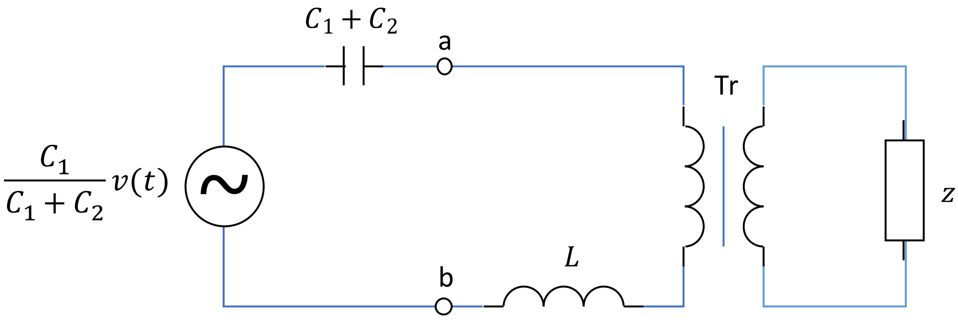
(4)電圧降下の式を立てる。2 種レベルではあるが，先のことを考えてこの時点でパラメータを k とかに置き換えておきたい。

(5)やや本格的な微分方程式を解く。2 種までの回路は変数分離形で解いたり，パターンが決まっているからそもそも解かなくてもよかったりするが，こうやって一般解と過渡解を求めるが汎用的な解析法。1 種では 1 次でたまに出るのでやり方をマスターしておこう。Ae^Bとネイピア数を代入して計算するのが一般的だが，それだと B を求めたときに虚数が出てくるので，今回は$AsinBt$と代入した。少し計算が楽になるテクニックだが，この問題の計算量だともう誤差だよ(辟易)。

(6)自信がないので先に謝っておきます。まずは(5)で求めた 2 つの正弦波のうちどちらが低周波かを答えるために変形する。また鉄共振も 1 種でたまに見かける単語なので調べておこう。本番では括弧の中を書く時間はないだろう。

●解答

(1)

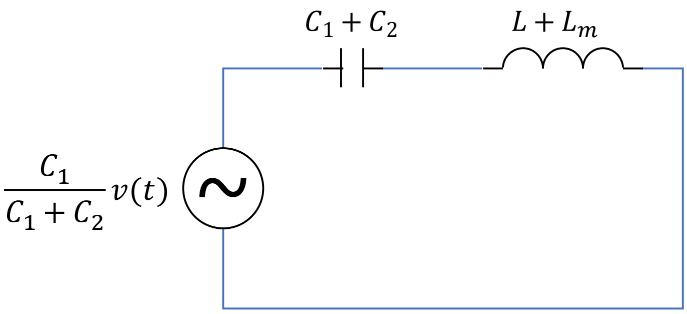


(2)C_1+C_2とLが共振すれば，両者の電圧降下の影響が消え，

題意の条件を満たすことができる。よって，

$2\pi fL=\frac{1}{2\pi f(C_1+C_2)}\rightarrow(2\pi f)^2L(C_1+C_2)=1$　　　・・・(答)

(3)



(4)

$C_1+C_2=C_k\,,\quad L+L_m=L_k\,,\quad \dfrac{C_1}{C_1+C_2}V=V_k$とおく。

電圧降下の式を立てると，

$$L_k\frac{di_{CVT}(t)}{dt}+v_c(t)=V_k sin\omega t$$

電荷を$q(t)$とおくと，$i_{CVT}(t)=\dfrac{dq(t)}{dt}=C_k\dfrac{dv_c(t)}{dt}$ゆえ，

$$L_kC_k\frac{d^2v_c(t)}{dt^2}+v_c(t)=V_k sin\omega t \qquad \cdot\cdot\cdot ①$$

$$\therefore (L+L_m)(C_1+C_2)\frac{d^2v_c(t)}{dt^2}+v_c(t)=\frac{C_1}{C_1+C_2}V sin\omega t \qquad \cdot\cdot\cdot (答)$$

(5)

〇定常解

分圧則より，

$$v_c(t)=\frac{\frac{1}{j\omega C_k}}{j\omega L_k+\frac{1}{j\omega C_k}}\times V_k sin\omega t=\frac{1}{1-\omega^2L_kC_k}\times V_k sin\omega t$$

〇過渡解

①の右辺を 0 とした場合，

$$L_kC_k\frac{d^2v_c(t)}{dt^2}+v_c(t)=0$$

ここで，$v_c(t)=AsinBt$とおく。#$v_c(t)=Ae^{Bt}$とおいても後で同じ結果に合流する。

$$L_k C_k \times (-AB^2 sinBt) + AsinBt = 0$$

$$L_k C_k \times B^2 = 1 \quad \rightarrow B = \frac{1}{\sqrt{L_k C_k}}$$

したがって微分方程式の解は，

$$v_c(t) = Asin\frac{1}{\sqrt{L_k C_k}}t + \frac{1}{1-\omega^2 L_k C_k} \times V_k sin\omega t$$

上式において$v_c(0) = 0$ は常に成り立つ。また，$\dfrac{dv_c(0)}{dt} = 0$ より

$$\frac{dv_c(0)}{dt} = \frac{A}{\sqrt{L_k C_k}} + \frac{\omega}{1-\omega^2 L_k C_k} \times V_k = 0$$

$$\therefore A = -\frac{\omega\sqrt{L_k C_k}}{1-\omega^2 L_k C_k} \times V_k$$

以上より，

$$v_c(t) = \frac{\mathrm{V_k}}{1-\omega^2 L_k C_k}\left(sin\omega t - \omega\sqrt{L_k C_k}\sin\frac{t}{\sqrt{L_k C_k}}\right)$$

$$= \frac{1}{1-\omega^2 (L+L_m)(C_1+C_2)}$$

$$\cdot\frac{C_1}{C_1+C_2}V\left\{sin\omega t - \omega\sqrt{(L+L_m)(C_1+C_2)}\sin\frac{t}{\sqrt{(L+L_m)(C_1+C_2)}}\right\} \quad ・・・(答)$$

(6)

（CVT では磁気的非線形性のため飽和時にL_mが低下すると，電源電圧周波数の 1/2，1/3 ほどの低周波数成分において,LC 直列回路のコンデンサとリアクタンスとが共振する鉄共振と呼ばれる現象が発生する。）

鉄共振時の低調波の角周波数をω'とおくと，(2)の結果より，

$\omega'^2 L(C_1 + C_2) = 1 \ \rightarrow \omega' = \dfrac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$

(5)で求めた結果のうち，$sin\omega t$ でない方の正弦波を$V_l sin\omega_l$とおく。$\omega = \omega'$のとき，

$$V_l sin\omega_l = \frac{1}{1 - \frac{L + L_m}{L}} \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} V \times \left(-\sqrt{\frac{L + L_m}{L}} \right) \sin \sqrt{\frac{L}{L + L_m}} \omega' t$$

$L, L_m > 0$ なので，$\sqrt{\dfrac{L}{L + L_m}} < 1$ であり，この正弦波が低周波数成分である。

(このときの振幅V_lは，$\sqrt{\dfrac{L + L_m}{L}} = x(> 1)$とおくと，

$V_l \propto \dfrac{1}{1 - x^2} \times (-x) = \dfrac{x}{x^2 - 1}$であり，)

L_mが低下すると（$x(> 1)$が小さくなり,）振幅V_lが大きくなることがわかる。

また，(1)の等価回路を見ると直列共振時に$v_c(t)$で発生した電圧は，VT を介し 2 次側

に伝わることがわかる。

以上より，飽和時にL_mが低下すると大きな低周波数電圧成分が Tr 二次側に生じる。