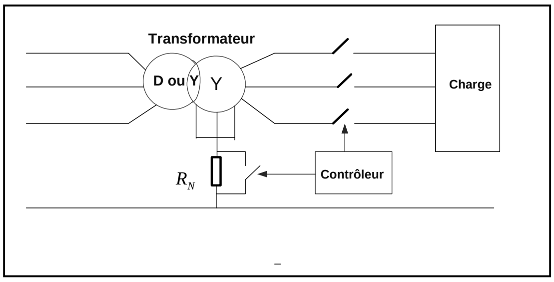
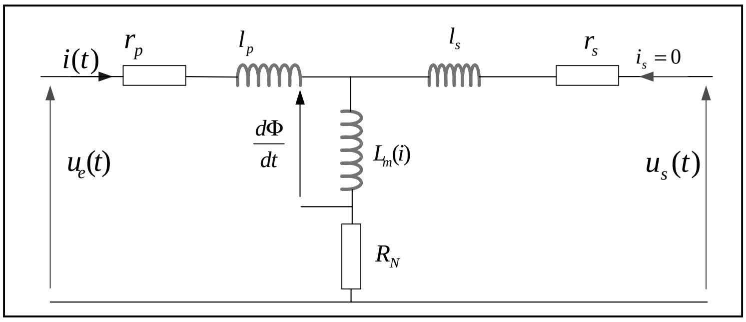
a- Calcul du courant d’enclenchement d’un transformateur de puissance:

Soit l’exemple d’un transformateur de réseau suivant :



Le schéma de modélisation d’une phase d’un transformateur est le suivant :



r_p : résistance du circuit primaire
r_s : résistance du circuit secondaire
L_m : inductance de magnétisation
l_p : inductance de fuite au primaire
l_s : inductance de fuite au secondaire
R_N : résistance d’isolement(neutre-terre)

u_e et u_s représentent la tension primaire et secondaire d’une seule phase.
L’équation différentielle décrivant le comportement d’un transformateur :

$$u_e(t) = (r_p + R_N)i(t) + l_p \frac{di(t)}{dt} + \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{ou} \quad u_e(t) = (r_p + R_N)i(t) + l_p \frac{di(t)}{dt} + \frac{d\Phi}{di}\frac{di}{dt}$$

le rapport $\frac{d\Phi}{di}$ peut représenter une inductance $L_m(\Phi)$.

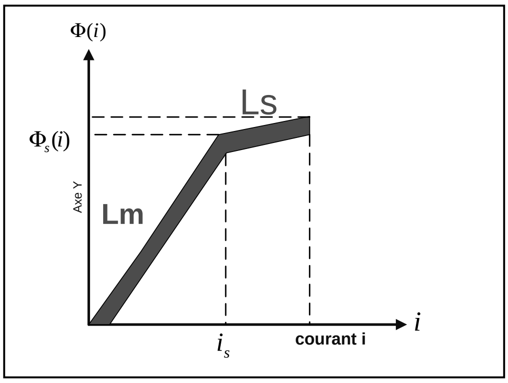
Donc l’équation différentielle devient : $u_e(t) = (r_p + R_N)i(t) + (l_p + L_m(\Phi))\frac{di(t)}{dt}$

Soit t_s la durée pour laquelle le transformateur atteint la saturation. t_s dépendra du moment de la mise sous tension ou bien l’angle de commutation α et du flux rémanent Φ_r. En général ce dernier est souvent inférieur au flux de saturation Φ_{sat} .

Ainsi on a : $\Phi_{max} = \Phi_{sat} = \int_0^{t_s} V_m \sin(\omega t)dt + \Phi_r$

et $t_s = \frac{1}{\omega}\cos^{-1}\left(1 - \frac{\Phi_{sat} - \Phi_r}{\Phi_n}\right)$

Après saturation ($t = t_s$), l’inductance magnétique L_m devient saturée et égale à L_s avec un courant de saturation initial i_s .



Les solutions de l’équation différentielle précédente sont :

$$i(t) = \begin{cases} A_1 e^{\frac{-t}{\tau_1}} + B_1 \sin(\omega t - \theta_1) \end{cases} \text{ pour } t \le t_s \text{ et } i(t) = \begin{cases} (i_s + A_2)e^{\frac{-(t-t_s)}{\tau_2}} + B_2 \sin(\omega t - \theta_{21}) \end{cases} \text{ pour } t > t_s$$

Avec : $A_1 = B_1 \sin(\theta_1)$ et $A_2 = B_2 \sin(\theta_2 - \omega t_s)$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{\omega(L_m + l_p)}{r_p + R_N}\right) \quad \text{et} \quad \theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{\omega(l_s + l_p)}{r_p + R_N}\right)$$

$$B_1 = \frac{U_m}{\sqrt{(r_p + R_N)^2 + (\omega(L_m + l_p))^2}} \quad \text{et} \quad B_1 = \frac{U_m}{\sqrt{(r_p + R_N)^2 + (\omega(l_s + l_p))^2}}$$

$$\tau_1 = \frac{L_m + l_p}{r_p + R_N} = \frac{L_1}{R} \quad \text{et} \quad \tau_1 = \frac{l_s + l_p}{r_p + R_N} = \frac{L_2}{R}$$