

Travaux pratiques d'électrotechnique

Sommaire

Recommandations

T.P n°1 Lois de Kirchhoff

T.P n°2 Théorème de superposition

T.P n°3 Loi de Thévenin

T.P n°4 Charge et décharge d'un condensateur

T.P n°5 Circuit résonant RLC série et parallèle

T.P n°6 Mesure de puissance en continu et en alternatif

T.P n°7 Mesure de la résistance des enroulements du transformateur monophasé 2093

T.P n°8 Détermination du rapport de transformation du transformateur monophasé 2093

T.P n°9 Essais à vide du transformateur monophasé 2093

T.P n°10 Mesure des enroulements inducteurs de la machine à courant continu

T.P n°11 Essais à vide et essais en charge de la génératrice à courant continu

Recommandations

Introduction

Les travaux pratiques d'électrotechnique sont destinés à l'initiation des étudiants aux techniques, aux appareils de mesure et aux machines les plus utilisés en électricité. Pour cela la première séance de préparation aux travaux pratiques est importante pour un bon déroulement des travaux pratiques.

Fonctionnement des travaux pratiques

Selon l'effectif, les étudiants sont répartis en groupes de travail. Ils trouveront devant chaque table de manipulation des appareils de mesure, matériels et une fiche de T.P indiquant les étapes essentielles de la manipulation. Selon le travail demandé par T.P, ces fiches peuvent être distribuées au préalable pour préparation.

La plupart des manipulations nécessitent des rappels de cours pour cela l'essentiel est rapporté au début de chaque texte. Des calculs théoriques peuvent être demandés, l'étudiant est alors tenu de faire une étude théorique pour bien préparer ces travaux pratiques.

Le compte rendu sur le déroulement de la manipulation, avec résultats et commentaires, est fourni à la fin de chaque séance. Il doit être claire et précis enrichi en tableau, courbes, calculs d'erreurs et interprétations des résultats et conclusions.

Protection des appareils

Chaque étudiant doit à la fin de chaque manipulation restituer un appareillage en état de marche, ainsi pour éviter toute détérioration, certaines règles de base sont à respecter, à savoir :

- Il est strictement interdit de brancher sous tension le montage avant de l'avoir fait vérifier par l'enseignant, de même de modifier un montage sans avoir coupé l'alimentation.
- Avant d'utiliser un appareil ayant plusieurs calibres, choisir le calibre le plus élevé avant toute mesure puis essayer d'adapter le calibre pour la meilleure mesure de la grandeur.
- Respecter bien les polarités des générateurs et des appareils de mesures.

A la fin de chaque manipulation, les opérations suivantes doivent être effectuées dans l'ordre :

- Débrancher toutes les sources de tensions du circuit
- Débrancher tous les fils et les ranger convenablement
- Signaler s'il y a lieu, tout appareil défectueux à l'enseignant

T.P n°1 : Lois de KIRCHOFF

But :

Le but de ce premier T.P est la vérification de la loi des nœuds et la loi des mailles de Kirchhoff et la familiarisation de l'étudiant avec le matériel du laboratoire d'électrotechnique.

Manipulation

I- Mesure de résistance

Mesurer les résistances à l'aide de l'Ohmmètre et vérifier avec le code des couleurs. Consigner les valeurs dans un tableau.

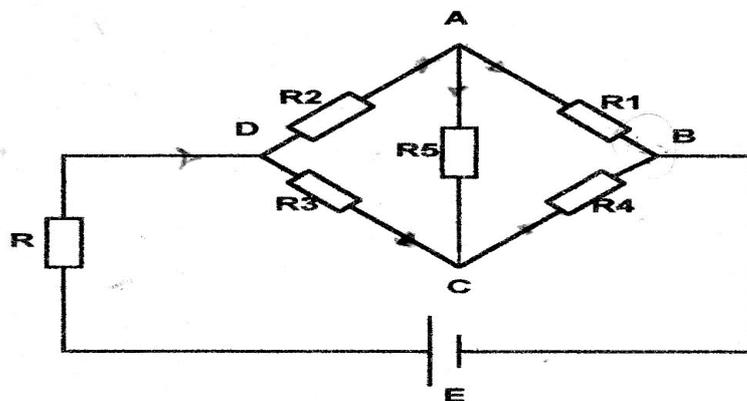
Résistance	R	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Résistance théorique	220 Ω	1,1k Ω	220 Ω	2,2 k Ω	600 Ω	440 Ω
Résistance lue						
Résistance mesuré						

II –Loi de Kirchhoff:

Matériel utilisé :

- Une alimentation stabilisée réglable (E= 20V)
- Un multimètre (ou ampèremètre et voltmètre)
- Une plaque d'essais
- Des fils de connexions
- Différentes résistances

Montage :



A : Loi des

nœuds :

-
- Réaliser le montage et mesurer le courant dans les différentes branches
 - Vérifier la loi des nœuds aux points A, B, C, D.
 - Comparer avec les résultats théoriques. Conclusion.

A- Loi des mailles :

- En utilisant le même circuit, mesurer les chutes de tension aux bornes de chaque résistances.
- Consigner les résultats dans un tableau récapitulatif :

R_i	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R
V_i						

- Vérifier la loi d'Ohm pour chaque résistance
- Vérifier la loi des mailles pour les circuits ADCA, ABCA, ADCBA, DABED, DCBED.
- Comparer avec les résultats théoriques. Conclusion.

T.P n°2 : Théorème de superposition

But :

Mesure de courant de courant et de tension et vérification du théorème de superposition.

Manipulation

I - Montage série – montage parallèle

Matériel utilisé :

- Alimentation stabilisée réglable ($E_1 = 15V$, $E_2 = 20V$)
- Un multimètre
- Une plaque d'essais
- Des fils de connexions
- Différentes résistances: $R_1 = 220 \Omega$, $R_2 = 1,1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1,6 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1,8 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 800 \Omega$

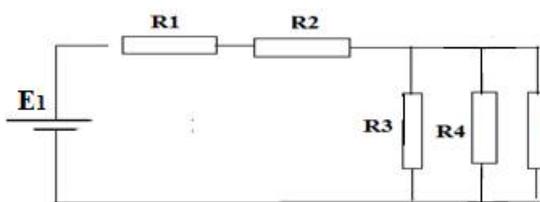


Figure I.a

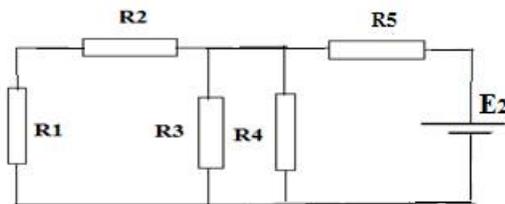
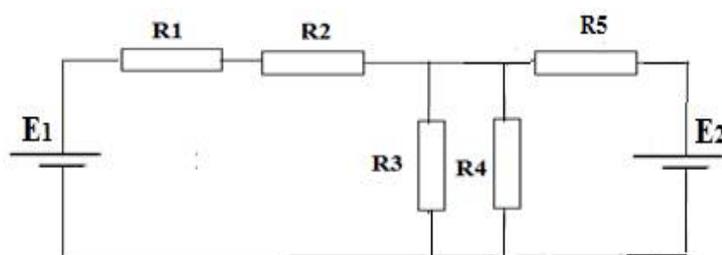


Figure I.b

- 1- Réaliser le montage de la figure I.a ($E_1=15V$)
- 2- Mesurer les courants traversant chaque résistance
- 3- Mesurer les tensions aux bornes de chaque résistance
- 4- Consigner les valeurs dans un tableau : $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, (V_1+V_2)$
- 5- Faites une étude théorique. Comparer les résultats mesurés et calculés.
- 6- Conclusion
- 7- Réaliser le montage de la figure I.b ($E_2 = 20V$)
- 8- Refaire la même étude (étape 2 à 6).

II – Théorème de superposition

- En maintenant les mêmes valeurs de résistances et des f.e.m des générateurs des montages précédents, réaliser le montage suivant :



- Mesurer l'intensité du courant traversant chaque résistance
- Mesurer la tension aux bornes de chaque résistance
- En utilisant les résultats précédents, vérifier le théorème de superposition.
- Conclusion générale

T.P n°3 : Théorème de Thévenin

Principe :

Tout circuit électrique aussi complexe soit il, vu entre les deux points d'une charge, peut être simplifié en une simple maille comprenant un générateur (de Thévenin) en série avec une résistance (de Thévenin).

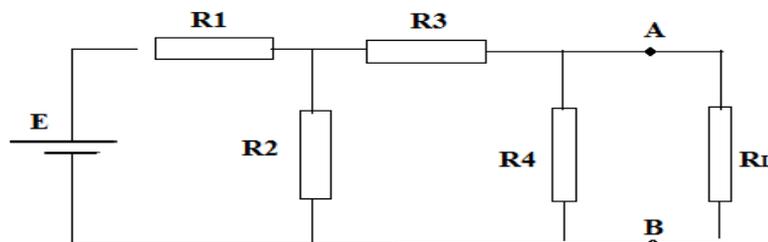
Manipulation

I - Montage pratique 1:

Matériel utilisé :

- Une alimentation stabilisée réglable ($E= 20V$)
- Un multimètre
- Une plaque d'essais
- Des fils de connexions
- Différentes résistances : $R_1 = R_2 = 220 \Omega$, $R_3 = 470 \Omega$, $R_4 = 2,2 \text{ k} \Omega$, $R_L = 1,2 \text{ k} \Omega$

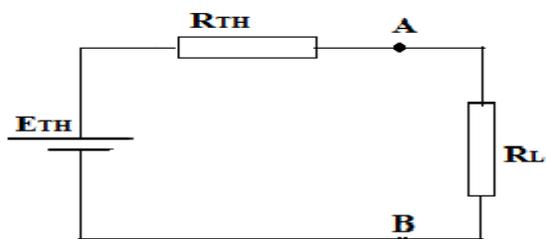
Réaliser le montage I suivant :



- Mesurer les courants traversant chaque résistance : I_1, I_2, I_3, I_4, I_L
- Mesurer les tensions aux bornes de chaque résistance : V_1, V_2, V_3, V_4, V_L
- Comparer les résultats théoriques et pratiques.
- Enlever la charge R_L et mesurer la tension à vide (E_{TH}) entre les points A et B
- Eteignez le générateur E, remplacer le par un court circuit, et mesurer la résistance (R_{TH}) entre les points A et B, la charge R_L étant toujours débranchée.
- Faire une étude théorique du circuit équivalent de Thévenin du montage. Comparer les résultats théoriques et pratiques.

II - Montage pratique 2

Réaliser le montage, avec $R_L = 1,2 \text{ k}\Omega$, et E_{TH} , R_{TH} mesurées précédemment :



- Mesurer le courant traversant la résistance R_L : I_L
- Mesurer la tension aux bornes de la résistance de charge : V_L
- Comparer les résultats théoriques et pratiques.
- Conclusion.

T.P n°4 : Charge et décharge d'un condensateur

But :

Etude de la variation de la tension aux bornes d'un condensateur et du courant dans le circuit lors de la charge et la décharge d'un condensateur à travers une résistance..

I- Principe

Soit le montage de base, de charge et décharge d'un condensateur de capacité C à travers une résistance R en courant continu :

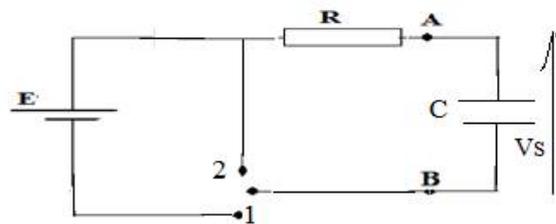


Figure I : Montage de principe de charge et décharge d'un condensateur

a- Lorsque l'interrupteur est en position 1 (fig. I), une différence de potentiel V_S croissante apparaît à mesure que la charge du condensateur augmente. Le transfert de charge correspond à l'apparition d'un courant I dans le circuit. Un régime stationnaire s'établit lorsque le condensateur est complètement chargé, alors, le courant s'arrête de circuler et la tension aux bornes du condensateur est maximale : $I = 0$ et $V_S = E$

- La variation de la tension aux bornes du condensateur a pour expression:

$$V_S(t) = E(1 - e^{-t/RC})$$

- Le courant de charge : $I(t) = \frac{V_R}{R} = \frac{E}{R} e^{-t/RC}$

On remarque que : $V_S(t = 0) = 0$ et $I(t = 0) = \frac{E}{R} = I_0$

$$V_S(t \rightarrow \infty) = E \quad \text{et} \quad I(t \rightarrow \infty) = 0$$

Le produit $\tau_c = RC$ ayant la dimension du temps est appelé constante de temps, ainsi :

$$V_S(t = \tau_c) = E(1 - \frac{1}{e}) = 0,63E$$

$$I(t = \tau_c) = \frac{E}{eR} = 0,37 \frac{E}{R} = 0,37I_0$$

On en déduit donc un moyen simple pour mesurer la constante de temps d'un circuit de charge.

On définit également le temps de montée t_m comme étant le temps au bout duquel :

$$V_S(t_m) = 0,95E$$

Soit donc : $V_S(t = t_m) = E(1 - e^{-t_m/RC}) = 0,95E$ avec : $t_m = 3\tau_c$

Le condensateur est donc chargé à 95% à $t_m = 3\tau_c$

b- Lorsque l'interrupteur est en position 2, la différence de potentiel aux bornes du condensateur diminue, le courant de décharge traverse la résistance. Lorsque le condensateur est complètement déchargé, alors, le courant de décharge et la tension à ses bornes s'annulent.

- La tension aux bornes du condensateur a pour expression: $V_S(t) = Ee^{-t/RC}$
- Le courant de décharge : $I(t) = \frac{V_R}{R} = -\frac{E}{R}e^{-t/RC}$

Avec : $V_S(t = 0) = E$ et $I(t = 0) = -\frac{E}{R} = -I_0$

$$V_S(t \rightarrow \infty) = 0 \text{ et } I(t \rightarrow \infty) = 0$$

Le produit $\tau_d = RC$ est appelé constante de temps de décharge, ainsi :

$$V_S(t = \tau_d) = \frac{E}{e} = 0,37E \text{ et le courant : } I(t = \tau_d) = -\frac{E}{eR} = -0,37I_0$$

On définit également le temps de descente temps au bout duquel : $V_S(t_d) = 0,05E$

Soit donc : $V_S(t = t_d) = Ee^{-t_d/RC} = 0,05E$ avec : $t_d = 3\tau_c$

Le condensateur est donc déchargé jusqu'à 5% de sa charge initiale au bout du temps: $t_d = 3\tau$.

Remarque : Dans ce cas particulier $t_d = t_m$, les constantes de temps peuvent différer cela dépend du circuit considéré.

Manipulation

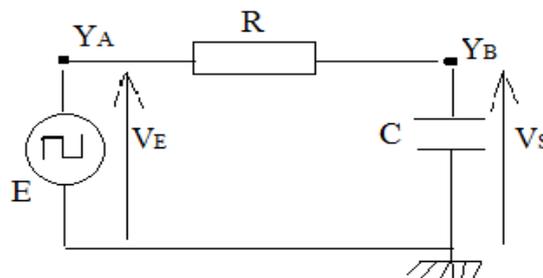
Matériels utilisés :

- Générateur de signaux carrés
- Oscilloscope
- Résistance 10kΩ, 1kΩ,

- Condensateur 10nF

Montage :

La charge et la décharge d'un condensateur sont en général, des phénomènes trop rapides. Pour pouvoir les observer le circuit RC est alimenté par un générateur de signaux carrés d'amplitude E et de période assez grande devant la constante de temps du circuit.



- Injecter un signal carré d'amplitude 2V et de fréquence 100Hz sur l'entrée Y_A de l'oscilloscope.
- Pour $R = 10\text{k}\Omega$ et $C = 10\text{nF}$, relever la tension $V_s(t)$ aux bornes du condensateur sur l'entrée Y_B de l'oscilloscope.
- Mesurer les constantes de temps de charge et de décharge.
- Mesurer le temps de montée et le temps de descente
- Relever la tension $V_R(t)$ aux bornes de la résistance R et en déduire l'allure du courant dans le circuit.
- Pour $R = 1\text{k}\Omega$ et $C = 10\text{nF}$, refaire les mêmes essais et relever l'allure de $V_s(t)$ et $V_R(t)$.
- Faites une étude théorique et comparer avec les résultats expérimentaux.
- Discuter l'influence de R .
- Calculer la charge du condensateur et la tension à ses bornes à l'instant $t = \tau_c$

T.P n°5 : Circuit résonant RLC série et parallèle

But :

Les circuits R, L, C sont des circuits passifs dont l'impédance et les fonctions de transfert ont une variation particulière en fonction de la fréquence, présentant des maximums et des minimums. On se propose d'étudier les circuits R, L, C série et parallèle en régime harmonique.

I- Rappels théoriques

A- Circuit RLC série

Soit un circuit électrique composé par la mise en série d'un condensateur de capacité C, d'une bobine d'inductance L, d'une résistance R, et d'un générateur de tension alternative variable d'amplitude crête $V\sqrt{2}$ et de fréquence $f = \frac{\omega}{\pi}$:

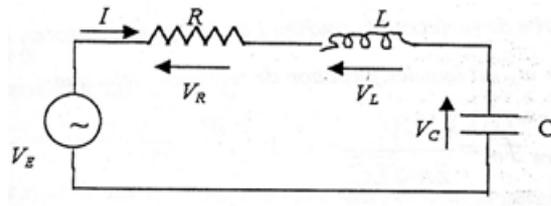


Fig. 1- Circuit RLC série

Si la tension alternative est de forme : $V_E(t) = V\sqrt{2} \sin \omega t$, le courant circulant dans le circuit est de la forme : $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi)$. Le circuit satisfait à l'équation différentielle suivante :

$$V_E(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

- Fréquence de résonance :

Appliquons la loi d'Ohm en complexe à ce circuit :

$$\overline{V_E} = \left[R + j \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \right] \overline{I} \Rightarrow \overline{I} = \frac{\overline{V_E}}{\left[R + j \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \right]}$$

Le courant circulant dans le circuit a pour module :

$$I = \frac{V_E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}}$$

Et sa phase par rapport à celle de la tension d'alimentation V_E :

$$\varphi = \arctg \left[\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \right]$$

On remarque que pour une valeur particulière de la pulsation $\omega = \omega_0$ la partie imaginaire s'annule: $L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0} = 0$ donc l'impédance du circuit est réelle ($Z = R$), le déphasage entre la tension courant dans le circuit s'annule ($\varphi = 0$) et l'expression du courant devient :

$$I = \frac{V_E}{R}.$$

La pulsation ω_0 est appelée pulsation de résonance du circuit:

$$L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ ou encore la fréquence de résonance : } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Le facteur de qualité de la bobine est : $Q = \frac{L\omega_0}{R}$

L'expression du courant peut se mettre sous la forme :

$$I = \frac{V_E}{\sqrt{R^2 \left[1 + Q^2 \left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right]^2 \right]}} = \frac{V_E / R}{\sqrt{1 + Q^2 \left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right]^2}}$$

L'étude de la variation du courant I et de son déphasage φ en fonction de la fréquence ou de la pulsation ω (ou de ω/ω_0) montre que l'intensité du courant est maximale pour une pulsation du générateur égale à la pulsation de résonance du circuit, le courant est en phase avec la tension V_E et toute la tension d'alimentation se retrouve sur la résistance du circuit :

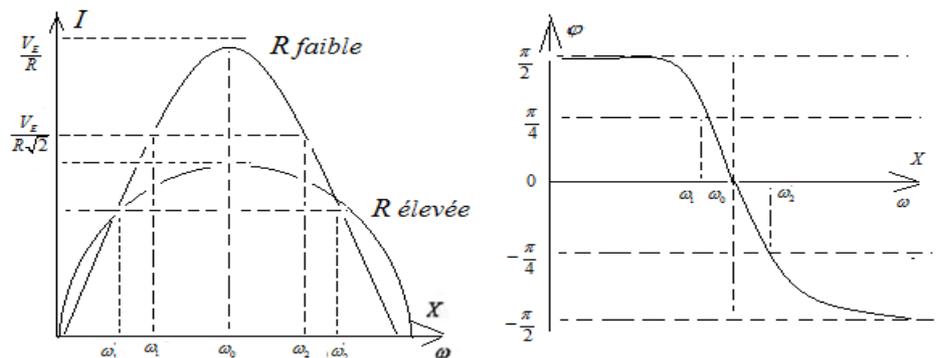


Fig. 2- Module et déphasage du courant en fonction de la fréquence.

- Fréquence de coupure, bande passante :

Suivant la valeur de la résistance R ou du coefficient de qualité Q , les courbes $I = F(\omega)$ sont larges ou étroites, pour cela il est d'usage de calculer les deux pulsations ω_1 et ω_2 dites de coupure, pour lesquelles le courant maximale chute de 3dB par rapport à sa valeur maximale ou est égale au courant maximal divisé par $\sqrt{2}$, soit donc :

$$I_r = \frac{V_E / R}{\sqrt{1 + Q^2 \left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right]^2}} = \frac{V_E}{R\sqrt{2}}$$

En posant : $x = \frac{\omega}{\omega_0}$, on obtient l'équation du second degré: $Qx^2 \pm x - Q = 0$

La résolution de ces équations donne :

$$1/ Qx^2 + x - Q = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4Q^2}}{2Q} \\ x_1' = \frac{-1 - \sqrt{1 + 4Q^2}}{2Q} \end{cases}$$

$$2/ Qx^2 - x - Q = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_2 = \frac{1 + \sqrt{1 + 4Q^2}}{2Q} \\ x_2' = \frac{1 - \sqrt{1 + 4Q^2}}{2Q} \end{cases}$$

Seules les valeurs x_1 et x_2 sont retenues puisqu'elles sont positives et correspondent donc à des valeurs physiquement réalisables.

On en déduit donc l'expression des fréquences de coupure soient :

$$\omega_1 = \omega_0 \frac{(-1 + \sqrt{1 + 4Q^2})}{2Q} \quad \text{et} \quad \omega_2 = \omega_0 \frac{(1 + \sqrt{1 + 4Q^2})}{2Q}$$

Les pulsations de coupures basses ω_1 et de coupure haute ω_2 sont également appelés fréquences quadrantales, car elles correspondent à un déphasage de 45° .

On définit la bande passante (à 3dB) du circuit par l'expression suivante :

$$B = \omega_2 - \omega_1 \quad \text{ou encore} : B = f_2 - f_1$$

Le circuit RLC série est équivalent à un filtre passe bande, où toutes les fréquences situées en dehors de la bande passante sont rejetées.

On peut également définir le coefficient Q en fonction de ces paramètres :

$$Q = \frac{\omega_0}{B} = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1}$$

Remarque : La relation ainsi obtenue : $\omega_2 - \omega_1 = \omega_0^2$ montre que dans une échelle linéaire, les deux pulsations ω_1 et ω_2 ne sont pas symétrique par rapport à ω_0 .

- Tension aux bornes du condensateur :

$$\overline{V}_C = \frac{\overline{I}}{jC\omega} = \frac{\overline{V}_E}{jC\omega \left[R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega}) \right]} = \frac{\overline{V}_E}{jCR\omega - (LC\omega^2 - 1)}$$

A la résonance la tension aux bornes du condensateur en fonction du facteur de qualité devient :

$$V_C = \frac{V_E}{\sqrt{\left[1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right]^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \frac{1}{Q^2}}} = \frac{V_E}{\sqrt{\left[1 - x^2\right]^2 + \frac{x^2}{Q^2}}}$$

Cette tension est maximale pour: $x_c = \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$, en terme de pulsation: $\omega_{Mc} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$

Soit donc une tension maximale de : $(V_C)_{\max} = \frac{QV_E}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$

On peut remarquer que si Q est assez grand (>10), on peut négliger le terme $\frac{1}{2Q^2}$ devant 1.

La tension maximale se simplifie et devient égale à : $V_{c\max} \approx QV_E$. Ce qui correspond à : $\omega_{Mc} \approx \omega_0$.

Donc en conclusion, pour un circuit RLC série, la fréquence de résonance est atteinte lorsque le maximum de tension aux bornes du condensateur est atteint.

- Tension aux bornes de la bobine :

$$\overline{V}_L = jL\omega\overline{I} = \frac{jL\omega\overline{V}_E}{\left[R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega}) \right]}$$

Soit en fonction de Q et de x :

$$V_L = \frac{QxV_E}{\sqrt{1 + Q^2\left(x - \frac{1}{x}\right)^2}}$$

Cette tension est maximale pour : $x_c = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$, ce qui correspond à une tension

maximale de : $(V_L)_{\max} = \frac{QV_E}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$ à la pulsation de : $\omega_{ML} = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$

Ainsi pour un facteur de qualité assez élevé, on obtient : $\omega_{ML} \approx \omega_0$

La tension maximale se simplifie et devient égale à : $V_{L\max} \approx QV_E$.

Il apparait donc une surtension aux bornes de la bobine à la fréquence de résonance. Pour cela Q est également désigné par le terme de coefficient de surtension.

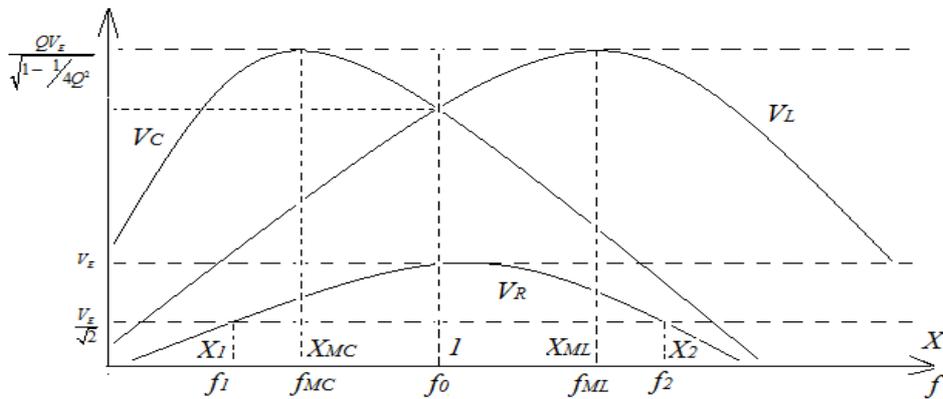


Fig3- Variation des tensions V_R , V_L , V_C en fonction de la fréquence.

B- Circuit RLC parallèle

Le circuit électrique R L C parallèle, appelé aussi circuit ‘Bouchon’, peut être considéré comme le circuit dual du circuit résonant série.

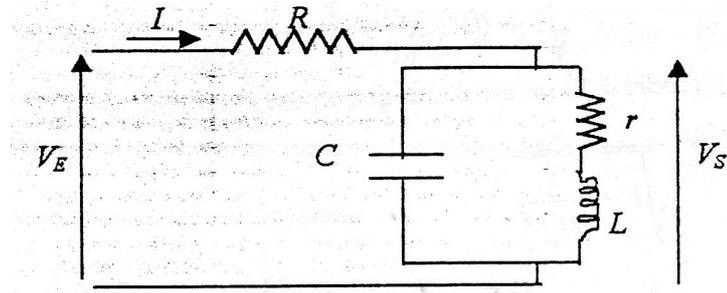


Fig. 4 – Circuit RLC parallèle

L’admittance du circuit est :

$$Y = \frac{1}{Z(\omega)} = jC\omega + \frac{1}{[r + jL\omega]} = \frac{1 - LC\omega^2 + jrC\omega}{[r + jL\omega]}$$

L’admittance du circuit est réelle si :

$$\frac{1 - LC\omega_r^2}{rC\omega_r} = \frac{r}{L\omega_r} \Rightarrow 1 - LC\omega_r^2 = \frac{r^2C}{L}$$

En introduisant la pulsation propre ω_0 du circuit et le coefficient de surtension Q :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ et } Q = \frac{L\omega_0}{r} = \frac{1}{rC\omega_0} \Rightarrow 1 - LC\omega_r^2 = \frac{r^2C}{L} = \frac{1}{Q^2}$$

On en déduit la relation entre la pulsation de résonance du circuit et sa pulsation propre :

$$\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{Q^2}} \text{ ou encore } f_r = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{Q^2}}$$

A cette valeur de pulsation, l'admittance du circuit est minimale, la tension de sortie $V_s = I/Y$ est alors maximale.

$$Y_{\omega_r} = \frac{rC}{L} = \frac{1}{r} \frac{r^2 C}{L} = \frac{1}{Q^2 r} \text{ et } V_s = IQ^2 r$$

Tout se passe comme si à la pulsation de résonance ω_r , le circuit électrique a une résistance $R_p = rQ^2$ (fig5) qui est la résistance équivalente parallèle de la bobine.

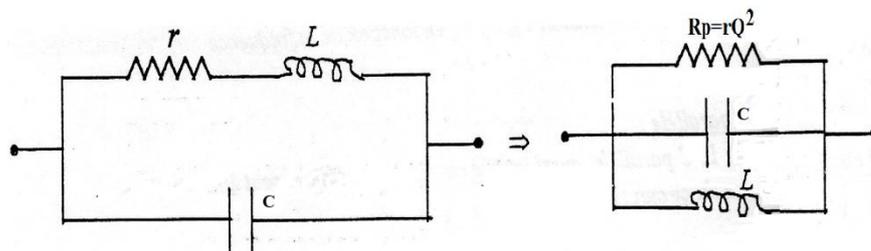


Fig. 5 - Circuit RLC parallèle équivalent à la résonance

Nous pouvons donner une autre définition du coefficient de qualité Q :

$$Q = \frac{L\omega_0}{r} = \frac{1}{rC\omega_0} = \frac{R_p}{L\omega_0} = C\omega_0 R_p$$

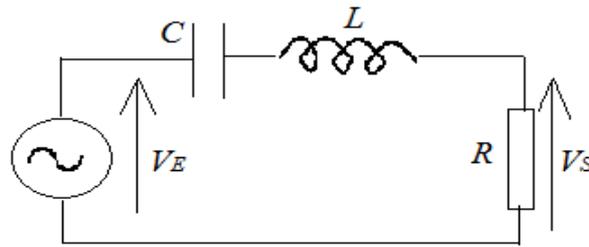
ω_0 est appelée pulsation d'anti résonance dans le cas du circuit bouchon, car c'est la pulsation pour laquelle l'impédance passe par un maximum, alors que dans le cas du circuit série la fréquence de résonance est celle pour laquelle l'impédance du circuit passe par un minimum. Il y a échange d'énergie entre la bobine et le la capacité.

II- Manipulation

Matériels utilisés :

- Générateur de fonction
- Multimètre
- Bobine $L=0,011$ H, condensateur $C=10$ nF, résistances : $R= 330\Omega$, $R=100\Omega$,
- Oscilloscope à double trace

A- Montage RLC série



- Choisir une tension du générateur à 1V crête.
- Pour $R=330\Omega$, relever la tension du générateur et la tension de sortie V_S aux bornes de la résistance en fonction de la fréquence (50 Hz à 500KHz).
- Relever la tension aux bornes du condensateur en fonction de la fréquence pour la même plage de fréquence.
- Tracer la courbe de l'intensité du courant en fonction de la fréquence. En déduire graphiquement la fréquence de résonance et la bande passante du circuit. Comparer avec les valeurs théoriques.
- En déduire le coefficient de surtension Q . Comparer avec la valeur déduite précédemment et la valeur théorique.
- Pour $R=100\Omega$, déduire à partir de la mesure de la surtension aux bornes du condensateur la valeur de la résistance de perte série de la bobine. Discuter l'influence de R .

B – Circuit RLC parallèle

- Prendre comme précédemment : $L=0,011\text{ H}$; $C=10\text{nF}$ et $V_E=1\text{V}$
- Pour des fréquences variant entre 100Hz et 100kHz, tracer la courbe V_S en fonction de la fréquence.
- En déduire graphiquement la fréquence de résonance du circuit, comparer avec les valeurs théoriques.
- En déduire la résistance équivalente parallèle de perte du circuit.

TP n°6 : Mesure de puissance en continu et en alternatif

But :

Réaliser quelques mesures de puissance en courant continu et en courant alternatif

I- Méthode de l'ampèremètre et du voltmètre

En régime continu, la puissance fournie par un récepteur est déduite par l'expression :

$$P = UI$$

Il n'est pas possible de faire simultanément une mesure exacte des deux grandeurs (U , I). Nous allons donc étudier les montages possibles.

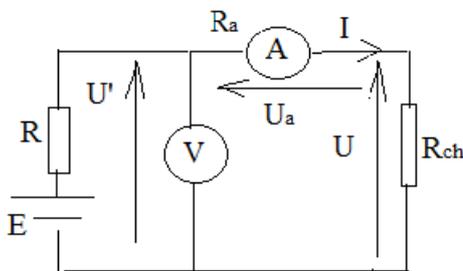


Fig. 1- Montage Amont

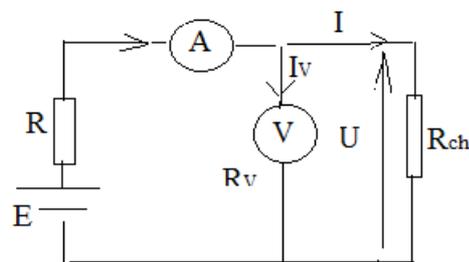


Fig. 2- Montage Aval

- Avec le montage amont, on mesure I et U' : $U' = U_a + U$

C'est-à-dire la puissance mesurée : $P_m = U' I = U_a I + UI = R_a I^2 + P$

- L'erreur absolue : $\Delta P = R_a I^2$
- L'erreur systématique relative : $\frac{\Delta P}{P} = \frac{U_a}{U} = \frac{R_a}{R_{ch}}$

(R_{ch} : résistance du récepteur)

- Avec le montage aval, on mesure U et I' : $I' = I + I_v$

La puissance mesurée : $P_m = UI' = U(I + I_v) = P + \frac{U^2}{R_v} = P + \Delta P$

- L'erreur systématique relative : $\frac{\Delta P}{P} = \frac{R_{ch}}{R_v}$

II- Mesure de puissance à l'aide d'un wattmètre électrodynamique

1- Principe d'un wattmètre

Le wattmètre comporte un circuit intensité analogue à celui d'un ampèremètre et un circuit tension analogue à celui d'un voltmètre. Le problème de la mesure d'une puissance avec cet appareil est donc identique au précédent.

Deux montages sont possibles :

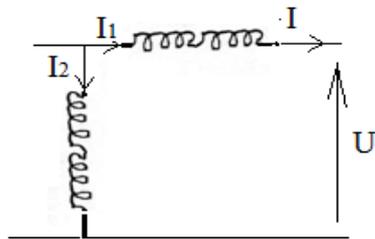


Fig. 3- Montage Amont

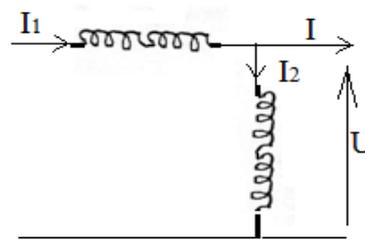


Fig. 4- Montage Aval

On cherche à rendre I_1 et I_2 proportionnels à I et U , mais ceci ne peut pas être rigoureusement réalisé par suite de la consommation de l'appareil.

Généralement, on réalise le montage aval, car la correction de 'consommation' est plus facile à effectuer.

La constante du wattmètre K est le nombre par lequel il faut multiplier la lecture pour obtenir la puissance (*cal* : calibre) :

$$K = \frac{\text{cal } U \cdot \text{cal } I}{\text{nombre de divisions}}$$

2- Mesure de puissance en alternatif

La tension et le courant instantanés en régime sinusoïdal peuvent s'écrire comme suit :

$$u(t) = U_{\text{eff}} \sqrt{2} \cos \omega t \quad \text{et} \quad i(t) = I_{\text{eff}} \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi)$$

Dans le cas de grandeurs périodiques de période T , on mesure la puissance moyenne (puissance active), définie par :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt$$

En régime sinusoïdal :

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$$

Le wattmètre permet donc de mesurer la puissance consommée par un récepteur soumis à une tension sinusoïdale et de déterminer le facteur de puissance ($\cos \varphi$).

III-Manipulation

Matériel utilisé :

- Source d'alimentation stabilisée

- Générateur de fonction
- Voltmètre, Ampèremètre
- Wattmètre

A- Mesure de tension à l'aide de Voltmètre et Ampèremètre

1- Montage Amont

Réaliser le montage de la figure 1, avec : $R = 200\ \Omega$, $R_{ch} = 1\text{k}\Omega$, $E = 5 \div 25\text{V}$

Consigner les résultats dans le tableau suivant :

E	U'	I	P'_m	ΔP	P	$\Delta P / P$	R_a / R_{ch}

2- Montage Aval

Réaliser le montage de la figure 2, et refaire les mesures effectuées précédemment.

Consigner les résultats dans le tableau suivant :

E	U	I'	P_m	ΔP	P	$\Delta P / P$	R_{ch} / R_V

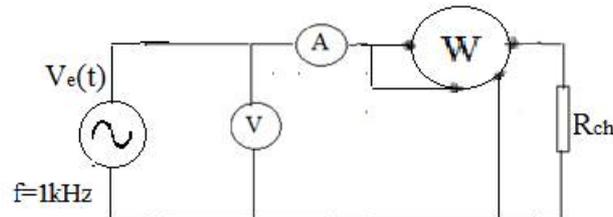
3- Questions

- a/ Quelle grandeur (courant ou tension) est 'correcte' pour mesurer la puissance d'un récepteur dans le montage amont ?
- b/ Quelle grandeur (courant ou tension) n'est pas 'correcte' pour mesurer la puissance d'un récepteur dans le montage aval ?
- c/ Quelle puissance est la plus grande : la puissance mesurée ou la puissance exacte (réelle) du récepteur ?

d/ Si vous deviez mesurer la puissance d'un récepteur ayant une grande résistance pure, quelle montage choisir ? Pourquoi ?

B- Mesure de puissance à l'aide du wattmètre

Mesurer la puissance consommée par le récepteur : $R_{ch} = 1k\Omega$, pour différentes valeurs de tension, en utilisant le montage suivant :



- Consigner les résultats dans le tableau suivant :

P wattmètre			P Voltmètre /Ampèremètre		
Lecture	K	Watt	U	I	$P'=UI$

- Tracer le graphe $P = f(U)$ (Wattmètre)
- Tracer le graphe $P' = f(U)$ (Voltmètre- Ampèremètre)
- Vous disposer d'un wattmètre en montage aval, vous voulez l'utiliser en montage amont. Comment peut-on résoudre ce problème ?
- Mesurer la puissance consommée par deux récepteurs différents et déterminer leur facteur de puissance :
 - Une bobine d'inductance $L = 1,27H$ en série avec $r = 300\Omega$
 - Un condensateur de forte capacité : $C = 8\mu F$, $r = 300\Omega$.

TP n°7 Mesure de la résistance des enroulements du transformateur monophasé 2093

But :

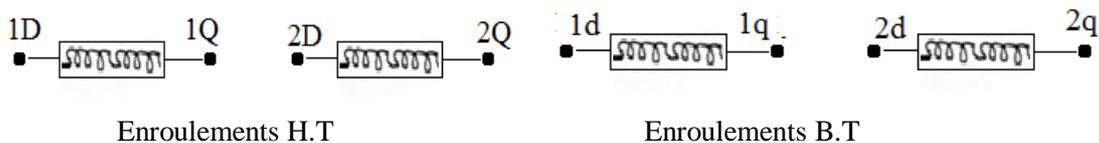
Mesure de la résistance des enroulements primaires et secondaires d'un transformateur pour la détermination des pertes dans le cuivre et la chute de tension du transformateur.

I – Partie théorique

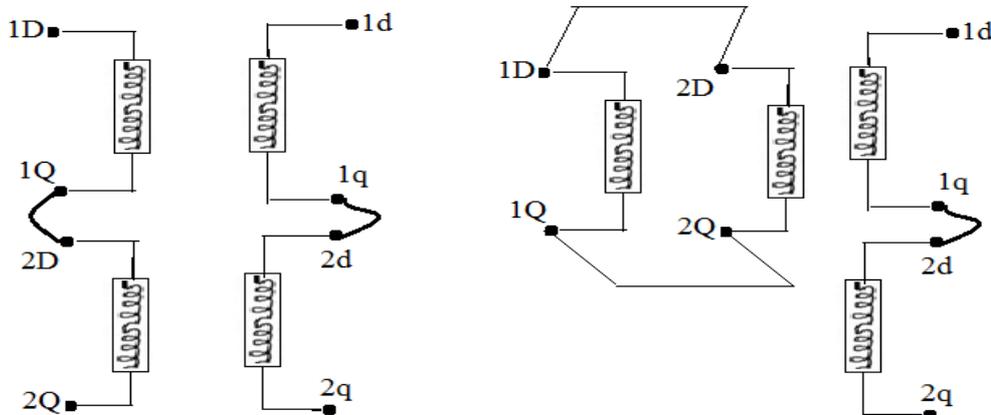
Le transformateur 2093 est un transformateur monophasé de laboratoire ayant un coté haute tension (HT), pouvant délivrer 220-440 V, et un coté basse tension (BT) délivrant 26-52 V.

- Le coté haute tension est repéré par les lettres majuscules : D, Q
- Le coté basse tension est repéré par les lettres minuscules : d, q

Les bobinages HT et BT sont subdivisés en deux enroulements, qui sont repérés par l'indice 1 et 2. Ils peuvent être reliés en série ou en parallèle.

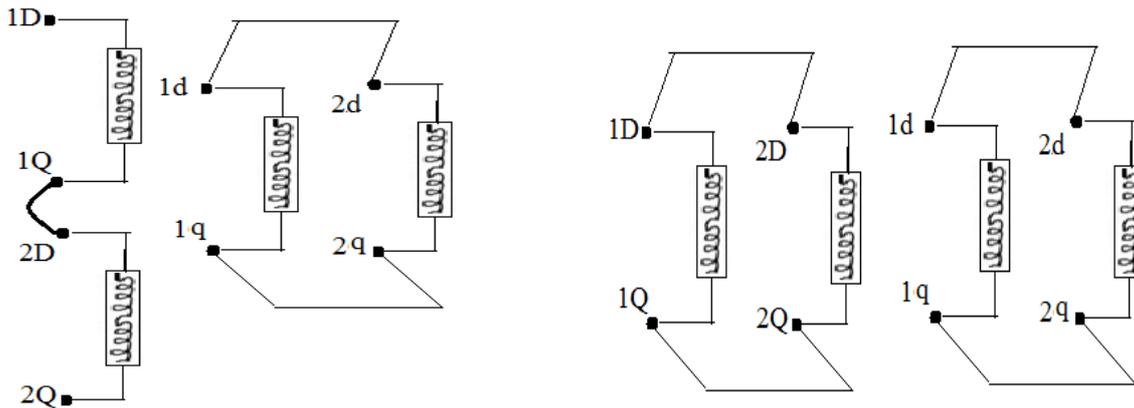


Selon la disposition série ou parallèle des enroulements, on obtient des données nominales (tension –courant) différentes :



HT série / BT série
 $V_N : 440V / 52 V, I_N : 4,55 A / 38,4A$

HT parallèle / BT série
 $V_N : 220V / 52 V, I_N : 9,1A / 38,4A$



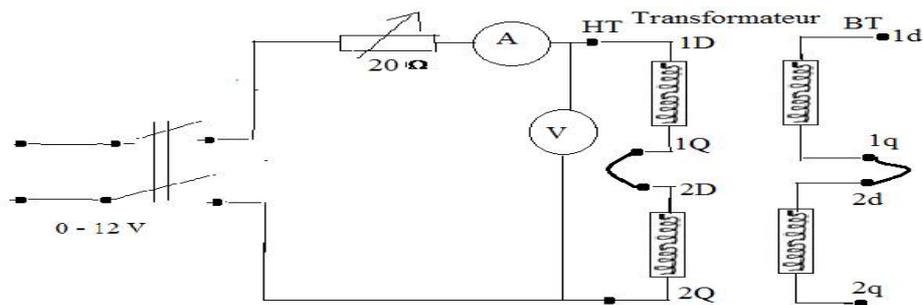
HT série / BT parallèle
 $V_N : 440V / 26 V, I_N : 4,55 A / 76,8A$

HT parallèle / BT parallèle
 $V_N : 220V / 26 V, I_N : 9,1A / 76,8 A$

II- Partie pratique

A- Mesure de la résistance des enroulements HT

1 – Montage :



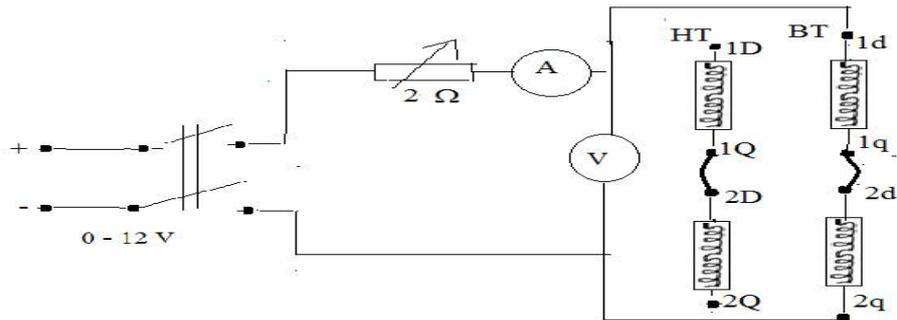
2 – Manipulation

- Utiliser une alimentation de 0 à 12V continue. Réaliser le montage sans voltmètre.
- L'ampèremètre étant sur le calibre 0,75 A, régler l'alimentation de manière à avoir 0,5A, brancher le voltmètre et relever la valeur V.
- Régler l'alimentation de manière à avoir 0,45A, puis 0,4A et relever les valeurs
- Débrancher le voltmètre, diminuer l'alimentation jusqu'à l'annuler et ouvrir l'interrupteur.

B- Mesure de la résistance des enroulements BT

1- Montage :

Réaliser le montage suivant :



2 - Manipulation

- Réaliser le montage avec une résistance série de $2\ \Omega$, et l'ampèremètre sur le calibre de 5A.
- Régler l'alimentation pour obtenir des valeurs de courants : 2,5A, 2A, 1A et relever comme précédemment les valeurs V du voltmètre.

3-Tableau des relevés

Bobinage	I (A)	V (V)	$R_x(\Omega)$	$R_m(\Omega)$	Note
D – Q	0,5				Coté HT série
	0,45				
	0,4				
d – q	2,5				Coté BT Série
	2				
	1				

$$\text{Avec : } R_m = \frac{R_{x1} + R_{x2} + R_{x3}}{3}$$

- Interprétation des résultats

TP n°8 Détermination du rapport de transformation du transformateur monophasé 2093

But :

Détermination du rapport de transformation du transformateur 2093.

I – Partie théorique

Le rapport de transformation K est défini comme étant le rapport entre le nombre de spire du bobinage HT et celui du bobinage BT :

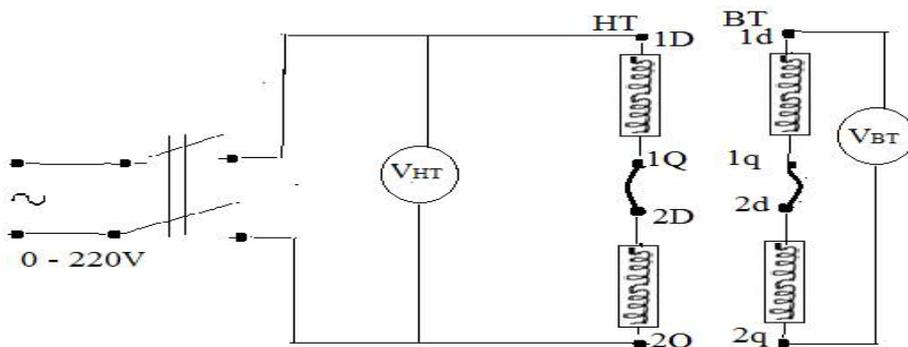
$$K = \frac{N_{HT}}{N_{BT}}$$

En pratique, on peut également définir K comme étant, le rapport entre la tension des bobinages HT et celle des bobinages BT, lorsque le transformateur fonctionne à vide.

$$K = \frac{N_{HT}}{N_{BT}} \approx \frac{U_{HT}}{U_{BT}}$$

II - Partie pratique

1 – Schéma du montage :



2 – Manipulation

- Utiliser une alimentation réglable monophasée de 0 à 220 V.
- Alimenter le transformateur de manière à régler chaque fois le voltmètre coté HT, les valeurs du tableau et relever celle du coté BT.
- Ramener doucement la valeur de la tension d'alimentation à zéro.

3-Tableau des relevés

Consigner les valeurs dans le tableau suivant :

V_{TH} (V)	V_{BT} (V)	K	K_m
150			
170			
185			
200			

Avec : $K_m = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$

- Interprétation des résultats

T.P n°9 Essais à vide du transformateur monophasé 2093

But :

L'essai à vide consiste à mesurer les grandeurs absorbées par le transformateur fonctionnant sans charge pour déterminer :

- La puissance perdue dans le fer par effet Hystérésis et courant de Foucault, pour le calcul du rendement
- Les valeurs du courant absorbé à vide (I_0) et son facteur de puissance ($\cos \varphi_0$) qui permettent d'évaluer le degré de saturation du noyau.

I – Partie théorique

Les pertes de fer du transformateur à vide coïncident pratiquement avec la puissance absorbée à vide ; Le courant à vide est un pourcentage très faible du courant nominal et circule dans l'enroulement primaire.

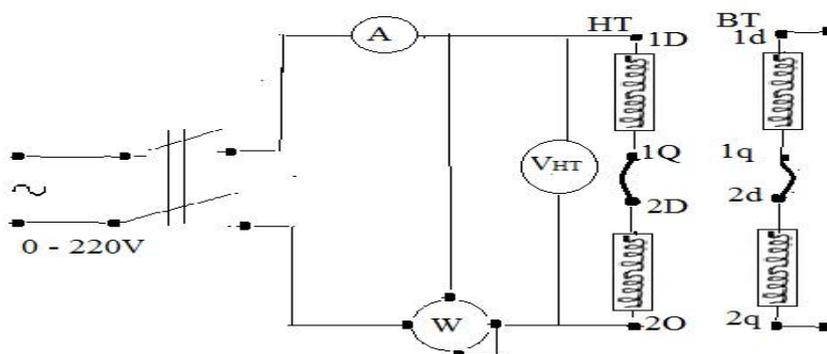
$$P_{10} = R_F I_{10a}^2 + r_1 I_{10}^2 \approx R_F I_{10a}^2$$

$$P_{10} = P_{Fer} \quad \text{et} \quad P_{10} = I_{10} U_{10} \cos \varphi_{10}$$

Avec : R_F La résistance du circuit magnétique ou résistance de fer, et r_1 la résistance des enroulements primaires.

II - Partie pratique

1 – Schéma du montage :



2 – Manipulation

- Utiliser une alimentation réglable monophasée de 0 à 220 V.
- Fermer l'interrupteur avec une tension nulle pour éviter les pics de courant transitoire, puis régler les valeurs indiquées sur le tableau. (Lorsqu'il faut changer de

calibre, remettez la tension d'alimentation à zéro, ouvrir l'interrupteur, changer le calibre, puis refermer l'interrupteur et régler la valeur)

3-Tableau des relevés

Consigner les valeurs dans le tableau suivant :

V_0 (V)	A (A)	P (W)	V^2 / R_V (W)	V^2 / R_W	P_0 (W)	$\cos \varphi_{10}$
190						
150						
130						
100						
80						
50						
20						

$$\text{Avec : } P_0 = P - \left(\frac{V_0^2}{R_V} + \frac{2V_0^2}{R_W} \right)$$

R_V : résistance interne du voltmètre

R_W : résistance interne de bobines volt-métriques du wattmètre.

- A l'aide des valeurs relevées sur le tableau, tracer les diagrammes $P_0 = f(V_0)$, $I_0 = f(V_0)$ et $\cos \varphi_{10} = f(V_0)$ sur un même repère.
- Calculer les valeurs de la résistance R_F et de la réactance X_F du fer.
- Interprétation des résultats

T.P n°10 : Mesure des enroulements inducteurs de la machine à courant continu

But :

- Examiner la constitution de la machine à courant continu (DL 1023 / DL 1024)
- mesure de la résistance de ses enroulements inducteurs

Matériels utilisés

- Module d'alimentation DL1013
- Moteur / génératrice CC DL 1023 et DL 1024
- Voltmètre
- Ampèremètre
- Fils de raccordement

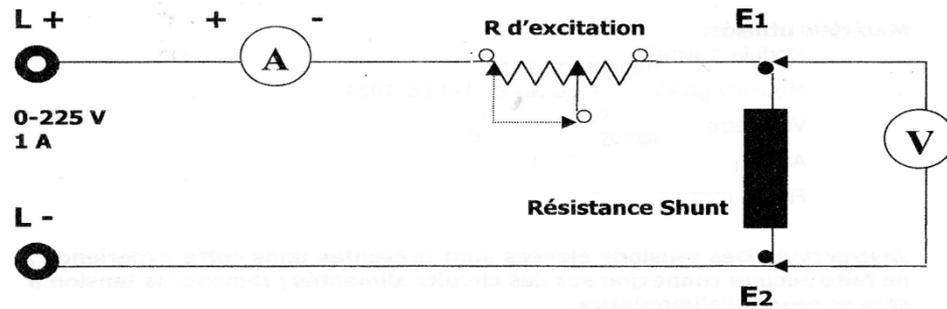
I – Identification des enroulements shunt et série de la machine

- Identifier l'enroulement de l'induit de la machine et identifier ses bornes de raccordement sur la machine.
- Identifier les pôles du stator, combien y a en t'il ?
- L'enroulement shunt sur chaque pôle du stator est constitué de plusieurs tours de fils de faible diamètre, identifiez le. A quelles bornes est il relié ?
- L'enroulement série constitué de moins de tours de fils de plus gros diamètre, est raccordé à quelles bornes?

II – Mesure de la résistance des enroulements shunt

1- Montage

En respectant les bornes des inducteurs de l'enroulement shunt, réaliser le montage suivant pour la mesure de sa résistance :

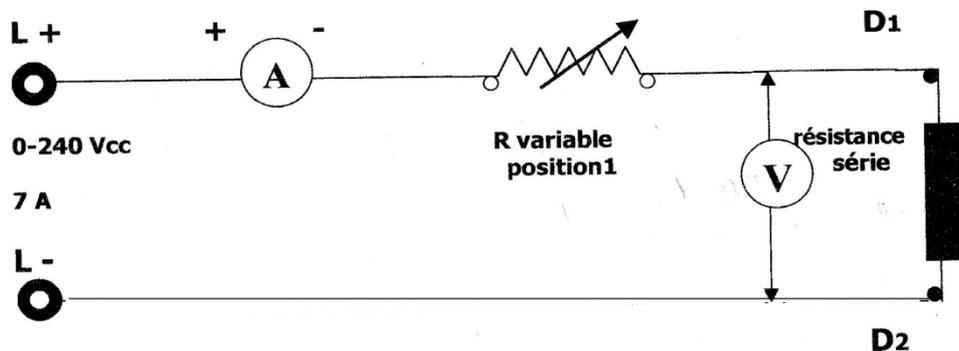


2- Manipulation

- Augmenter la tension cc jusqu'à ce que l'enroulement shunt soit traversé par un courant de 0,2 A (qui est la valeur nominale du courant de l'enroulement shunt).
- Mesurer la tension aux bornes de l'enroulement shunt,
- Ramener la tension à zéro et couper l'alimentation.
- En déduire la résistance de l'enroulement shunt et les pertes de l'enroulement.

III – Mesure de la résistance des enroulements série

1- Montage



2- Manipulation

- Mettre sous tension et augmenter lentement la tension cc jusqu'à ce que l'enroulement série soit traversé par un courant de 1,5 A. (c'est la valeur nominale du courant de l'enroulement série).
- Mesurer la tension aux bornes de l'enroulement série.
- Calculer la résistance de l'enroulement série et les pertes dans l'enroulement.

T.P n°11 : Essais à vide et essais en charge de la génératrice à courant continu

But :

Relevé de la caractéristique à vide et de la caractéristique en charge d'une génératrice à courant continu.

Généralités

Les propriétés d'une génératrice sont analysées à l'aide des caractéristiques établissant les relations entre les principales grandeurs de la génératrice qui sont :

- La tension aux bornes de la génératrice
- Le courant d'excitation ou courant d'inducteur
- Le courant d'induit
- La vitesse de rotation n

Les principales caractéristiques sont relevées à vitesse constante.

Matériels utilisés

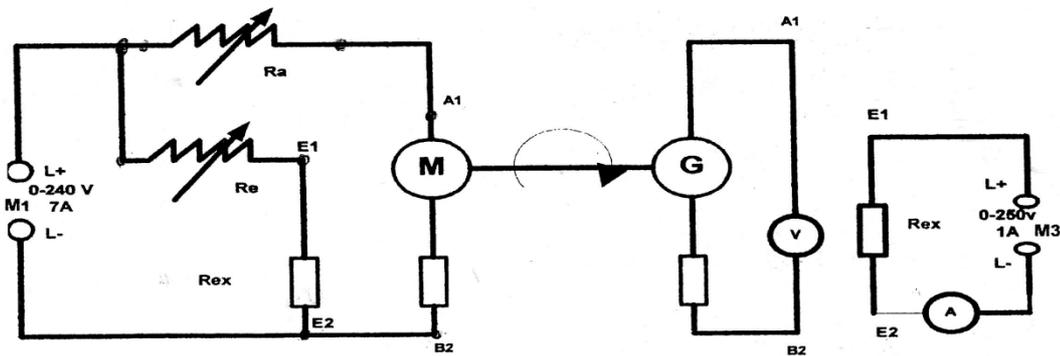
- Module d'alimentation DL1013
- Moteur cc (à excitation shunt ou indépendant)
- Génératrice cc (à excitation indépendante ou shunt)
- Rhéostat de démarrage (R_a) du bloc DL 1017
- Rhéostat d'excitation (R_e) du bloc DL 1017
- Résistance de charge variable (R_{ch})
- Voltmètre
- Ampèremètre
- Fils de raccordement

I- Caractéristiques à vide de la génératrice DL 1024

C'est le relevé de la courbe d'aimantation ou de magnétisation de la machine qui donne l'influence du courant d'excitation sur la tension à vide délivrée par la génératrice à vitesse de rotation constante: $U = f(I_{ex})$ à $n = cst$.

1- Montage :

Réaliser le montage suivant :



2- Manipulation

- Relever les paramètres nominaux de la machine
- Augmenter la tension M1 approximativement à la position 80%
- La tension M3 et la résistance R_e doivent être tournées dans le sens inverse à celui des aiguilles d'une montre.
- La résistance R_a en position 1
- L'interrupteur I_1 en position OFF
- Mettre le bloc sous tension, ensuite ramener pas à pas le rhéostat R_a à la position 5
- En agissant sur R_e , ajuster l'indication du tachymètre à 2820 tr/mn
- Relever l'indication du voltmètre
- Fermer l'interrupteur de l'alimentation M3, augmenter pas à pas la tension d'excitation U_{ex} , et relever chaque fois le courant d'excitation I_{ex} et la tension à vide aux bornes de la génératrice.
- Vous êtes sur la partie ascendante de la caractéristique à vide, une fois que la tension à vide atteint 1,2 fois la tension nominale, diminuer le courant d'excitation à l'aide de l'alimentation variable M3 et noter le courant d'excitation.

Attention : ne faire aucune manœuvre de marche arrière pour respecter la partie ascendante et la partie descendante de la caractéristique.

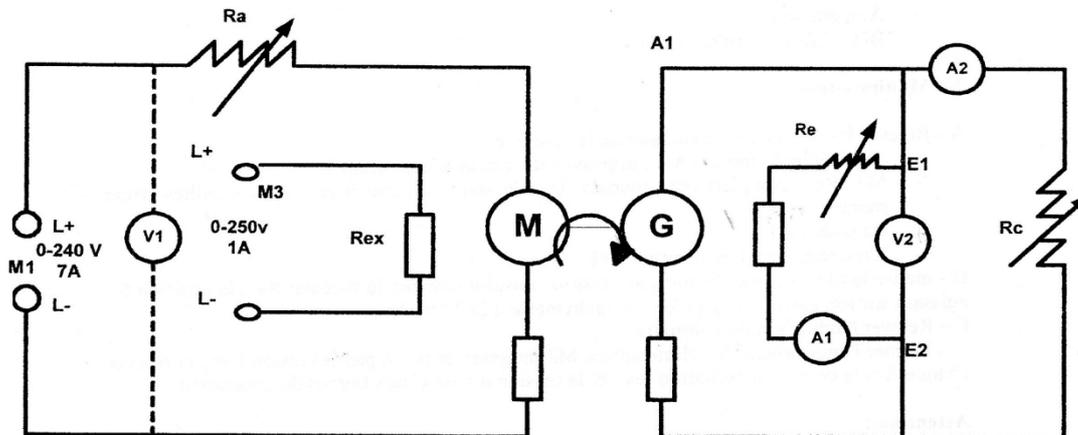
- Arrêter l'opération lorsque le courant d'excitation s'annule
- Tracer la courbe d'aimantation $U = f(I_{ex})$ de la génératrice à vitesse constante.

II- Caractéristique externe de la génératrice

C'est l'étude de l'influence de la charge sur la tension de la génératrice à vitesse de rotation constante et courant d'excitation constant: $U = f(I)$ à $n = cste$ et $I_{ex} = cst$

1- Montage :

Réaliser le montage suivant :



2- Manipulation

- Mettre la tension d'alimentation M1 approximativement à la position 80%
- Mettre la tension d'alimentation M3 approximativement à la position 70%
- La résistance R_c complètement tournée dans le sens inverse du sens de rotation des aiguilles d'une montre.
- La résistance R_a en position 1
- La résistance de charge R_c en position 0
- Mettre le bloc sous tension
- Ramener, graduellement le rhéostat R_a à la position 5, puis régler M1 de manière que la tension soit environ de 230 V.
- En agissant sur M3, ramener la vitesse de rotation à 2820 tr./mn
- A l'aide de la résistance variable R_e , régler le courant d'excitation à 0,2A, qui va rester constant durant toute la manipulation.
- Relever tout d'abord la F.E.M à vide
- Diminuer la résistance de charge R_c , pour chaque position de R_c , corriger à l'aide de l'alimentation M3 la vitesse de rotation du moteur à 2820 tr/mn
- Relever la tension U aux bornes de la génératrice et le courant de charge I .
- Arrêter les essais lorsque : $I = 1,2I_n$ environ.
- Tracer la caractéristique en charge de la génératrice cc : $U = f(I)$ à $n = cst$ et $I_{ex} = cst$
- Interprétation des résultats et conclusion.