

Université Mohamed Khider – Biskra

Faculté des Sciences et de la technologie

Département génie électrique



Thèse présentée en vue de l'obtention
Du diplôme de Master

Spécialité (Option) : Machine électrique

Transformateur à circuit magnétique ouvert

Présentée par :

Abd eldjilil Rehamnia

Mohamed Aymen Débbihi

Devant le jury composé de :

Dr. Rezigue Mohamed.

Dr. Omrani Ishaq

Dr. Ben Alia khaled

Professeur

Professeur

Professeur

Président

Rapporteur

Examineur

Année Universaire :

2019/2020.

DEDICACE

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parent, que dieu les grande et les protégé pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.

A mon frère

A ma sœur

A ma grande famille

A tous mes amis (es) d'études surtout ceux d'génie électrique

A mon défunt Cher ami saadouni Messaoud rabiyrhmo w yghferlonchllh.

M.A.Débbihi

DEDICACE

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parent, que dieu les grande et les protégé pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.

A mon frère

A mes sœur

A ma grande famille Rehamnia

A tous mes amis (es) d'études surtout ceux d'génie électrique

Abd eldjilil Rehamnia .

REMERCIEMENTS

Avant tout je remercie le Dieu qui m'a donné la force et la patience pour accomplir ce travail.

Au terme de ce travail, nos sincères remerciements s'adressent tout d'abord à l'enseignant Ishaq Armani pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour son aide, ses conseils et son suivi durant la période de la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants de département de Génie électrique Biskra, pour leurs efforts pendant notre parcours de dégradation.

Résumé

Résumé :

Dans ce mémoire, nous avons fait une étude approfondie du transformateur électrique monophasé théoriquement et expérimentalement en laboratoire et par simulation dans l'ordinateur on commence par une généralité sur les transformateur monophasé à la

Premier chapitre ensuite on a fait une simulation par ordinateur avec un logiciel Matlab de transformateur monophasé et comparez-le avec un résultat expérimentaux On l'a fait et finalement on a fait une étude pratique laboratoire en plaçant le transformateur dans certaines conditions et en enregistrant les observations et les résultats

SOMMAIRE

Table des matières :

REMERCIEMENTS.....III

SOMMAIRE..... VI

LISTE DES FIGURES..... VIII

LISTE DES TABLEAUX..... VIII

1.1. Introduction :3

1.2. Le transformateur monophasé :3

1.3. Principe de fonctionnement :3

1.4.les applications des transformateurs :.....4

 1.4.1.Electronique :4

 1.4.3. Mesure :6

1.5. Les types de transformateurs :7

 1.5.1.Transformateur abaisseur :7

 Figure 1.7 – Circuit équivalent du transformateur abaisseur.....8

 1.5.2.Transformateur élévateur:8

 Figure 1.2 – Circuit équivalent du transformateur élévateur9

1.8.Transformateur idéal :9

1.7. Transformateur réel :10

 1.7.1. Reluctance non nulle $0 \neq \mathfrak{R}$:10

 1.7.2. les pertes dans le fer :12

 1.7.3. Flux de fuite :14

1.8.Circuit équivalent d'un transformateur réel :15

1.9.Conclusion :16

2-1.Introduction :18

2-2.schéma du modèle et description de blocs :18

2-3.Caractérisations paramétriques du transformateur monophasé :18

2-3.1.Paramètres de blocs :19

Sommaire

2-3.2. détermination des caractéristiques à vide :	22
2-3.3. Relève de la caractéristique en court-circuit :	24
2-3.4. Relève de la caractéristique en charge :	26
2-4. Conclusion :	28
3.1. Introduction :	30
3.2. Transformateur à circuit magnétique ouvert :	30
3.3. Circuit magnétique à entrefer constant :	31
3.4. Circuit magnétique à entrefer variable :	33
3.5. conclusion :	35
CONCLUSION GENERALE	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau2-1	. Les résultats obtenus pour l'essai à vide	22
Tableau2-2	. Les résultats obtenus pour l'essai en court circuit	24
Tableau2-3	. Les résultats obtenus pour différentes charges	26
Tableau3-1	. Les résultats obtenus pour différentes charges avec $e=0.5$	31
Tableau3-2	. Les résultats obtenus pour différentes charges avec $e=0.7$	32
Tableau3-3	. Les résultats obtenus pour différentes charges avec $e=1.2$	32
Tableau3-4	. Les résultats obtenus pour différentes entrefer avec charge constant $R=50$	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	alimentation à basse tension	4
Figure 1.2	adaptation d'impédance	4
Figure 1.3	transformation de la tension pour le transport et la distribution d'électricité	5
Figure 1.4	alimentation à basse tension	6
Figure 1.5	transformateurs d'intensité de courant	6
Figure 1.6	transformateurs de potentiel	7
Figure 1.7	Circuit équivalent du transformateur abaisseur	8
Figure 1.8	Circuit équivalent du transformateur élévateur	9
Figure 1.9	Circuit équivalent du transformateur idéal	9
Figure 1.10	La première version du circuit équivalent	11
Figure 1.11	Circuit équivalent d'un transformateur réel	15
Fugure2-1	Le modèle pour l'étude des transformateurs monophasés	18
Figure 2-2	Réglage du transformateur linéaire monophasé	20
Figure 2-3	Réglage des paramètres de la source d'alimentation	21
Figure 2-4	Modèle du transformateur à vide	22
Figure 2-5.	La courbe représentative de la puissance à vide en fonction du temps	22
Figure 2-6	Les valeurs efficaces de tension et courant à vide	23
Figure 2-7	la courbe représentative du courant primaire à vide en fonction du temps	23
Figure 2-8.	Modèle du transformateur en court-circuit	24
Figure 2-9.	Courbe représentative de la puissance en court-circuit	25
Figure 2-10.	les valeur efficaces de tension et courant en court-circuit	25
Figure 2-11.	Courbe représentative de la courant1 en court-circuit	26
Figure 2-12.	Courbe représentative de la courant2 en court-circuit	26
Figure 2-13.	Courbe représentative du rendement en fonction de la charge	27
figure3-1 :	circuit magnétique ouvert. (Circuit magnétique monophasé)	30
figure3-2 :	circuit magnétique avec entrefer constant.	31
Fugure3-3.	Courbe représentative du rendement en fonction de la charge avec entrefer constant	32
Figure3-4	circuit magnétique avec entrefer variable	33
Figure3-5	. Courbe représentative du rendement en fonction de l'entrefer avec charge constant	34

Introduction générale :

Après la découverte de l'électricité, son stockage dans des batteries n'était pas efficace et bénéfique en raison de ses limites, de sorte que la découverte du courant alternatif qui a conduit à l'invention du transformateur électrique a été un tournant majeur dans le monde de l'électricité qui a changé les paramètres de la vie humaine.

Alors que le transport d'énergie électrique sur de longues distances via des fils de cuivre Ce n'était pas une idée suggérée car la transmission de l'électricité se faisait par transfert de batteries d'un endroit à un autre, mais avec l'avènement du transformateur électrique, cette question est devenue possible car l'augmentation de la valeur de la tension électrique avec un courant alternatif permet la transmission de l'énergie électrique sur de longues distances et rapidement après La transmission de l'énergie électrique permet également au transformateur de la réduire à n'importe quelle valeur que vous souhaitez en fonction des caractéristiques du transformateur utilisé, ce qui a conduit à une plus grande utilisation de l'énergie électrique en la passant dans de petits circuits électroniques et voici la mutation électrique avec l'émergence d'appareils électriques ou de la soi-disant technologie, donc avec notre étude du transformateur électrique, alors Le travail présenté dans cette mémoire est organisé en trois

chapitres :

- 1) Le première chapitre est généralité sur transformateurs monophasé.
- 2) Le deuxième chapitre fait un étude pratique et simulation d'un transformateur monophasé réel.
- 3) Le chapitre trois vis à présenter étude pratique d'un transformateur à circuit magnétique ouvert.

Chapitre **1**

généralité sur transformateurs monophasé

généralité sur transformateurs monophasé

1.1. Introduction :

Après la découverte de l'électricité, son stockage dans des batteries n'était pas efficace et bénéfique en raison de ses limites, de sorte que la découverte du courant alternatif qui a conduit à l'invention du transformateur électrique a été un tournant majeur dans le monde de l'électricité qui a changé les paramètres de la vie humaine.

Par conséquent, dans ce chapitre, nous en apprendrons davantage sur le transformateur électrique et son fonctionnement, en plus de ses caractéristiques et composants, ainsi que de son rôle et de son utilisation dans la vie électrique.

1.2. Le transformateur monophasé :

Un transformateur est une machine statique permettant, en alternatif, le changement de grandeurs (tension et intensité) sans changer leur fréquence.

1.3. Principe de fonctionnement :

Le courant alternatif qui circule dans l'enroulement primaire génère un flux magnétique variable dans le noyau. Cette variation de flux induit dans le secondaire un autre courant ou, si le circuit secondaire n'est pas raccordé à un récepteur, y induit une tension.

On dit que le transformateur est à vide quand le circuit secondaire est ouvert. Il ne débite alors aucun courant. L'enroulement primaire se comporte dans ce cas comme une self en courant alternatif, une simple inductance qui s'oppose au passage du courant.

Le transformateur fonctionne en charge quand un récepteur est raccordé à sa sortie. Le courant débité par le secondaire crée alors un champ magnétique opposé au champ produit par le primaire. Il s'ensuit une augmentation du courant dans le primaire et en fin de compte il y a une égalité quasi parfaite entre la puissance que génère le secondaire et la puissance consommée par l'enroulement primaire.

En toute rigueur, il y a bien quelques pertes entre la puissance qui entre dans l'enroulement primaire et celle qui sort du secondaire mais, en théorie du moins, on peut dire que :

$$P_1 = P_2$$

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

généralité sur transformateurs monophasé

Les transformateurs ont un très bon rendement, de l'ordre de 99%
Les flux magnétiques produit par les courants primaires et secondaires s'annulent. Le flux généré par une bobine étant proportionnel au courant et au nombre de spires on peut comprendre que

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2 \quad (\text{cours tech info})$$

1.4.les applications des transformateurs :

Parmi les applications des transformateurs, on note :

1.4.1.Electronique :

(a) alimentation à basse tension

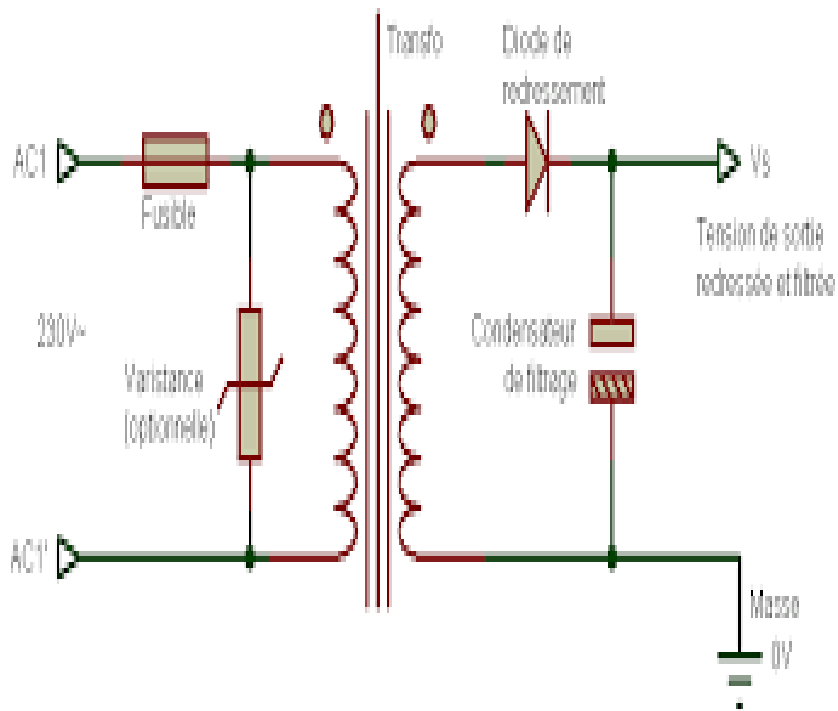


Figure 1.1 – alimentation à basse tension

(b) adaptation d'impédance

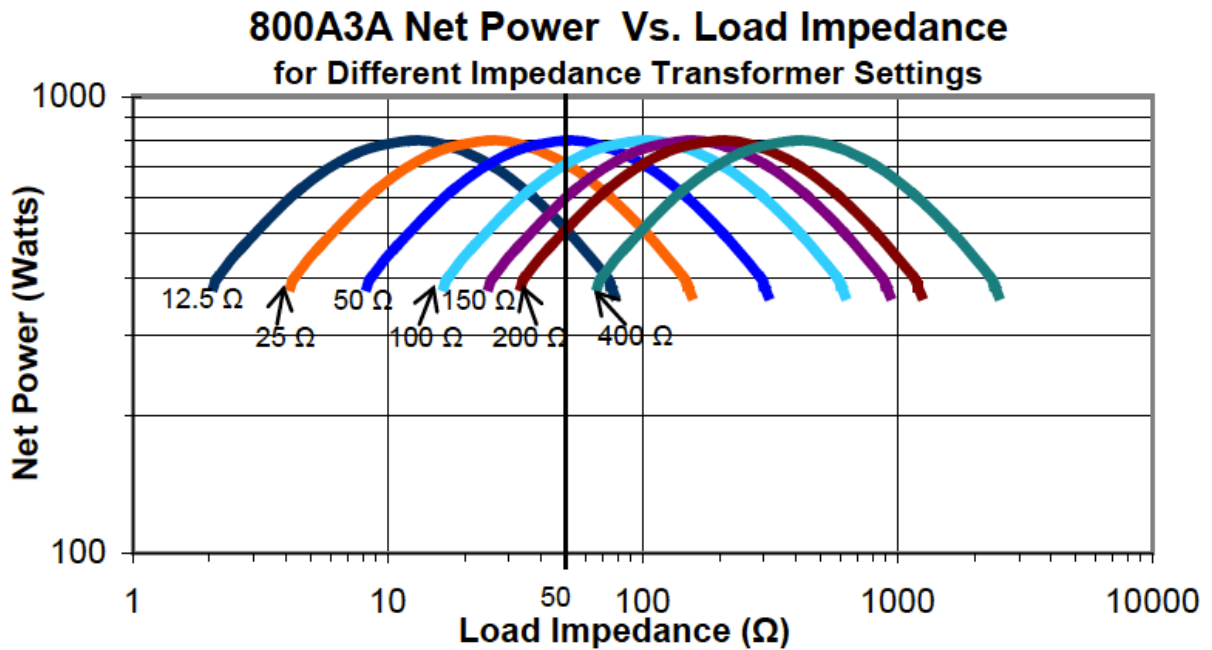


Figure 1.2 – adaptation d'impédance

1.4.2. Electrotechnique :

(a) transformation de la tension pour le transport et la distribution d'électricité

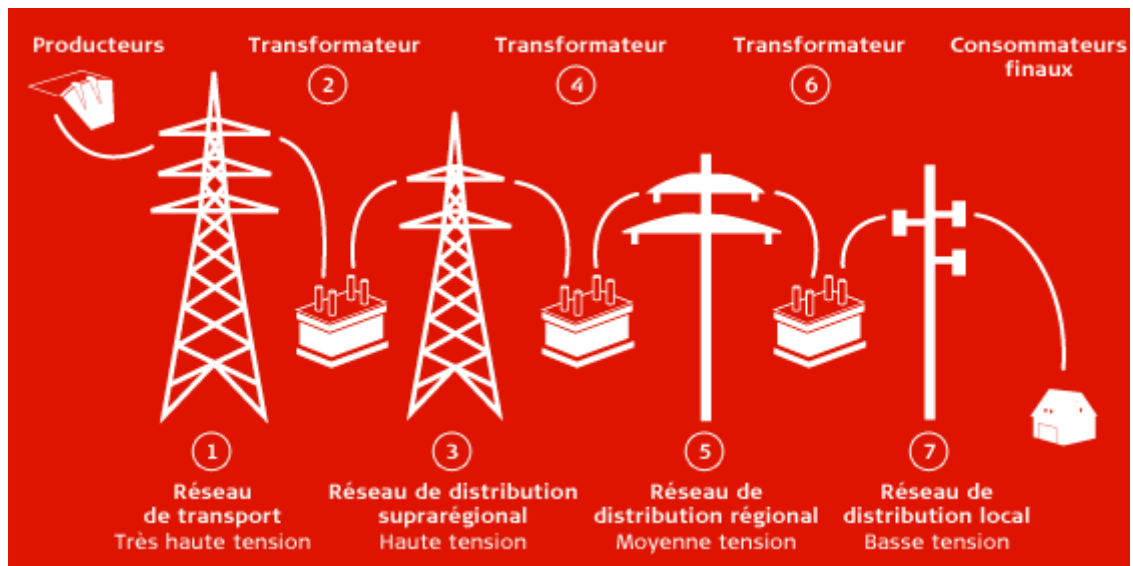


Figure 1.3 – transformation de la tension pour le transport et la distribution d'électricité

généralité sur transformateurs monophasé

(b) alimentation à basse tension (par exemple, lampes hallogènes)

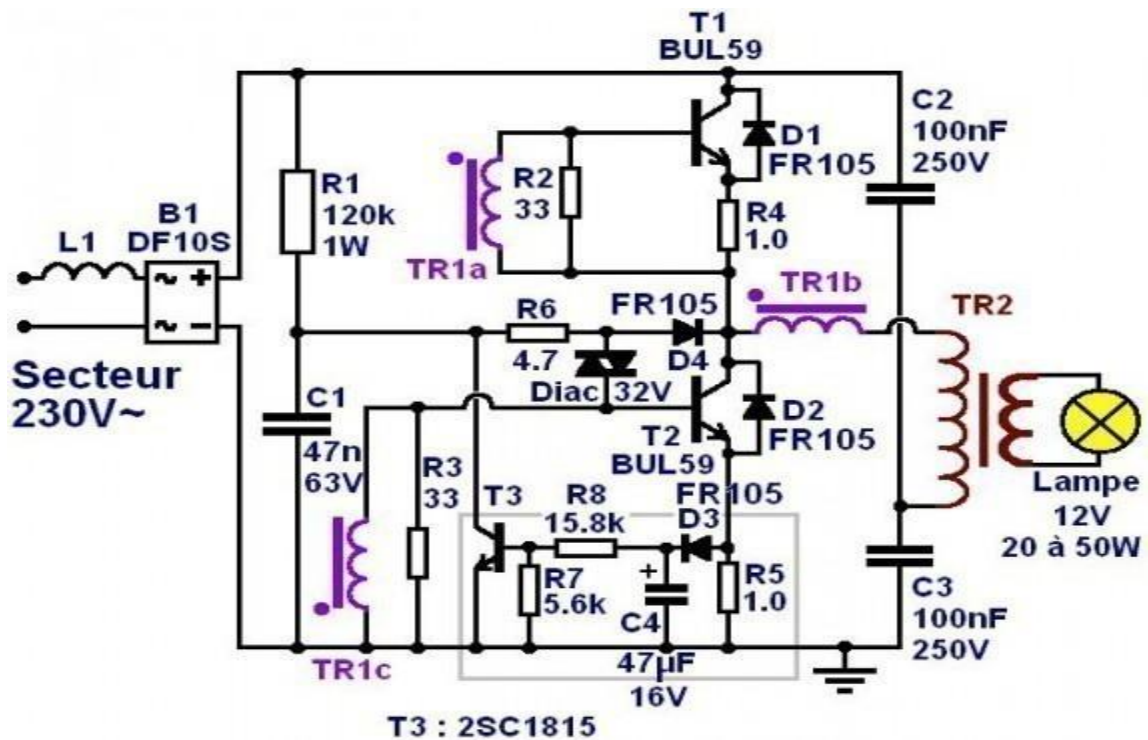


Figure 1.4 alimentation à basse tension

1.4.3. Mesure :

(a) transformateurs d'intensité de courant

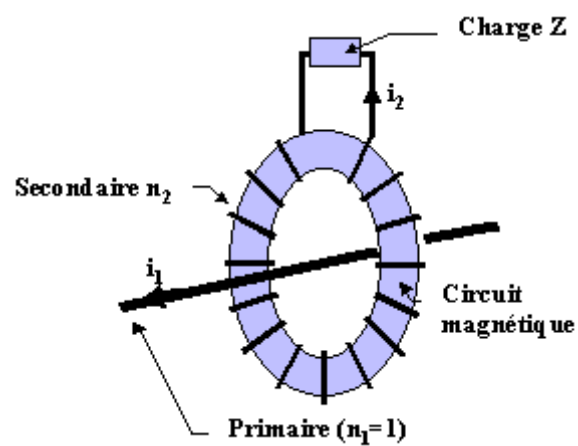


Figure 1.5 – transformateurs d'intensité de courant

(b) transformateurs de potentiel (Cormier, p. 1)

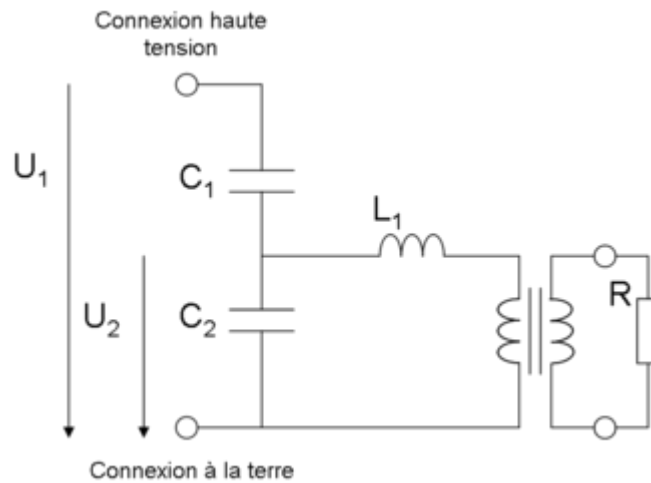


Figure 1.6 – transformateurs de potentiel

1.5. Les types de transformateurs :

1.5.1. Transformateur abaisseur :

Un transformateur abaisseur réduit la sortie tensions ou en d'autres termes, il convertit une alimentation haute tension et basse intensité en une alimentation basse tension et haute intensité. Par exemple, notre circuit d'alimentation transporte 230-110v, mais la sonnette ne nécessite que 16v. Donc, un transformateur abaisseur doit être utilisé pour réduire la tension de 110v ou 220v à 16v.

Pour alimenter différentes zones, les tensions sont augmentées jusqu'à 440v/230v pour des raisons de sécurité. Ainsi, le nombre de spires sur l'enroulement secondaire est inférieur à celui de l'enroulement primaire; moins de tension est induite à la sortie (secondaire) du transformateur.

généralité sur transformateurs monophasé

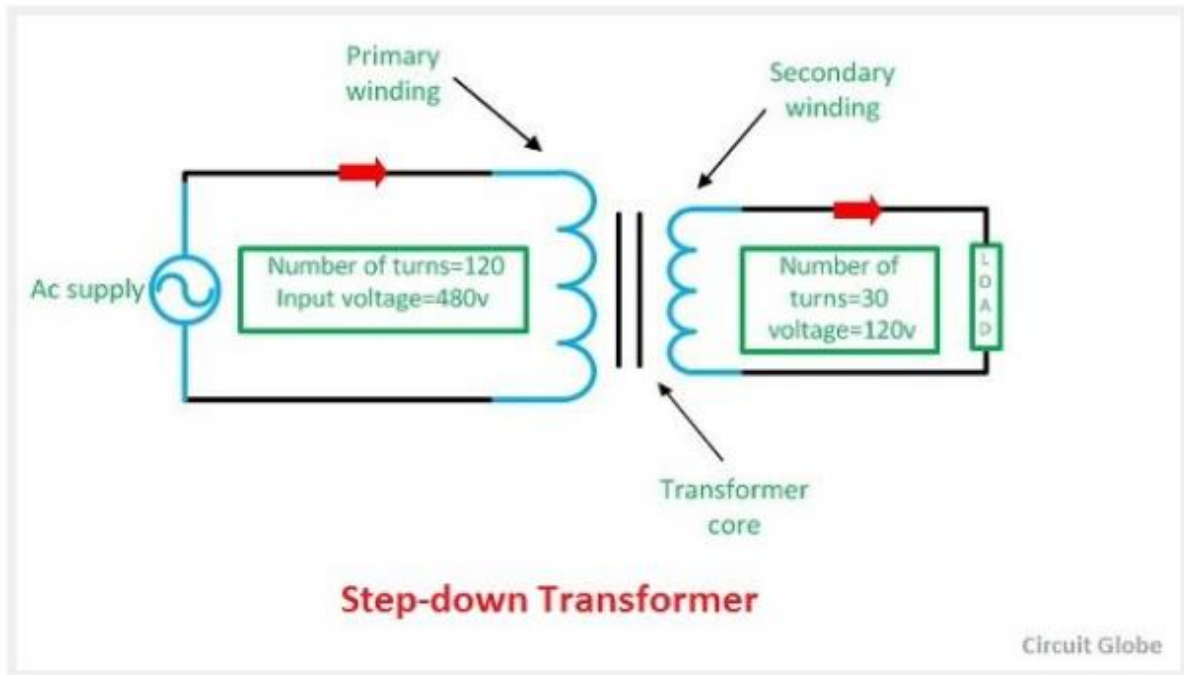


Figure 1.7 – Circuit équivalent du transformateur abaisseur

1.5.2. Transformateur élévateur:

Lorsque la tension est élevée du côté de la sortie, le transformateur s'appelle le transformateur élévateur. Dans ce transformateur, le nombre de tours dans l'enroulement secondaire est toujours supérieur au nombre de tours dans l'enroulement primaire car une haute tension se développe du côté secondaire d'un transformateur.

Dans des pays comme l'Inde, le pouvoir est généralement généré à 11kv. Pour des raisons économiques, la puissance alternative est transmise à de très hautes tensions (220v-440v) sur de longues distances. Par conséquent, un transformateur élévateur est appliqué à la centrale.

(Tout sur l'électricité et l'électronique)

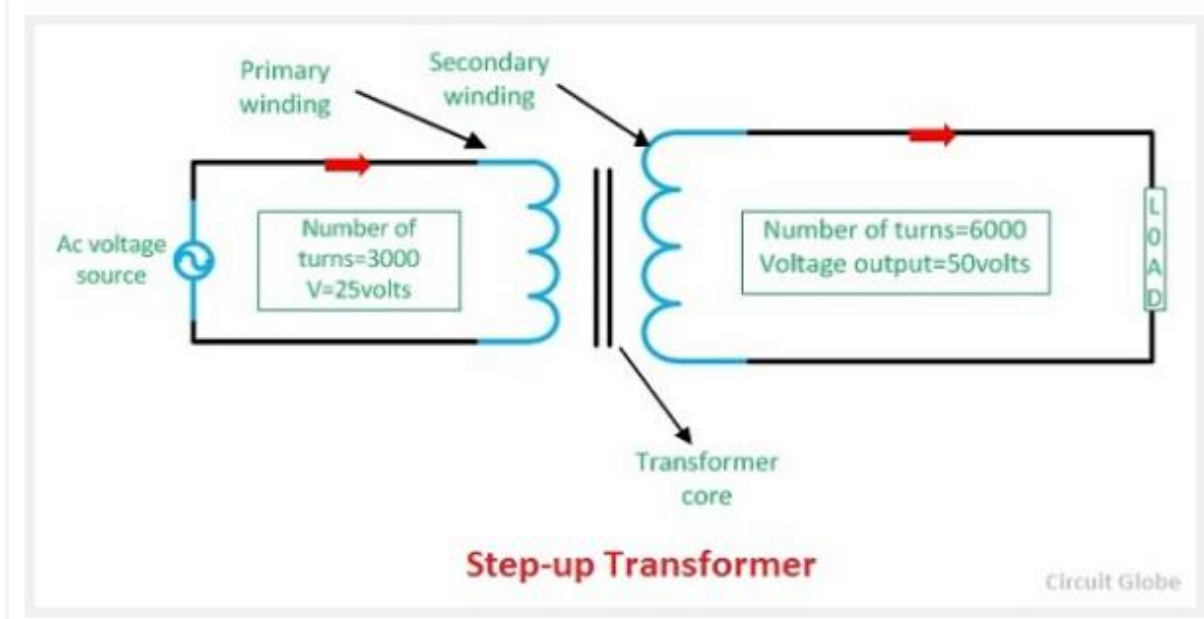


Figure 1.8 – Circuit équivalent du transformateur élévateur

1.8. Transformateur idéal :

- Pas de pertes par effet Joule dans les enroulements
- Pas de pertes fer
- Perméabilité magnétique du matériau ferromagnétique presque infinie de sorte que la valeur de la reluctance soit nulle
- Aucun flux dispersée (جامعة الحسن الاول، 2017/2016)

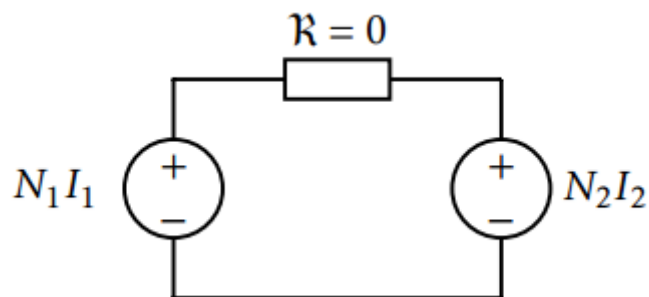


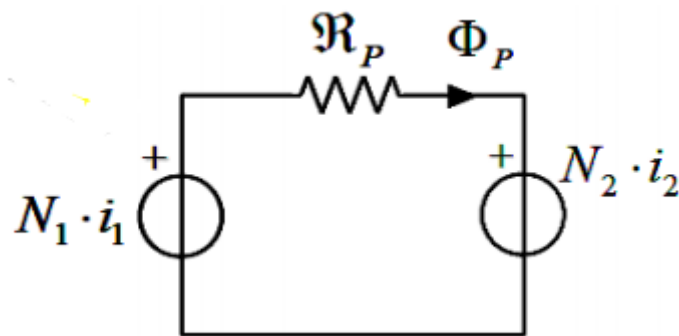
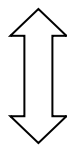
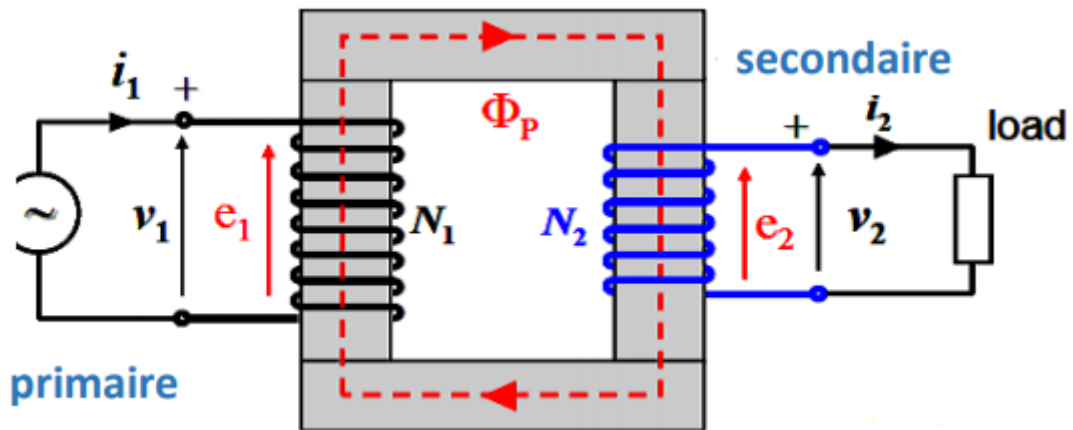
Figure 1.9 – Circuit équivalent du transformateur idéal

généralité sur transformateurs monophasé

1.7. Transformateur réel :

le fonctionnement d'un transformateur réel est analysé en supprimant une par une les hypothèses du transfo idéal

1.7.1. Reluctance non nulle $0 \neq \mathcal{R}$:



$$N_1 \cdot i_1 - N_2 \cdot i_2 = R_p \cdot \Phi_p > 0$$

-Puisque l'inductance n'est plus infinie, maintenant le flux magnétique nécessite un courant magnétisant I_m

- ce courant de magnétisation est attribué au circuit d'excitation (primaire)

$$N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 = R \Phi_p = N_1 \cdot i_m \quad \Longleftrightarrow \quad m i_2 i_m = i_1 - i_2' \quad \Longleftrightarrow$$

$i_2' = m i_2$ courant secondaire transporté vers le côté primaire

généralité sur transformateurs monophasé

$$\phi_p = \frac{N_1 i_m}{R}$$

$$e_1 = \frac{N_1^2}{R} \frac{di_m}{dt} = L_m \frac{di_m}{dt}$$

$$e_1 = N_1 \frac{d\phi_p}{dt}$$

$$L_m = \frac{N_1^2}{R} \text{ Inductance de magnétisation du transformateur}$$

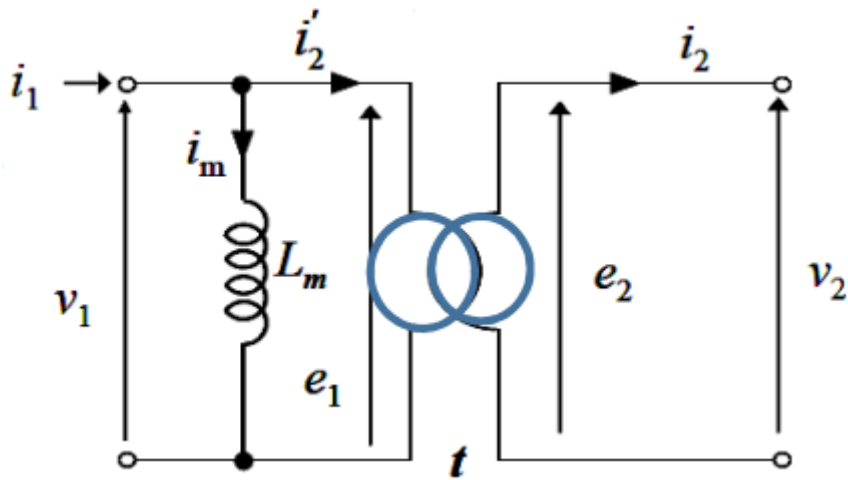
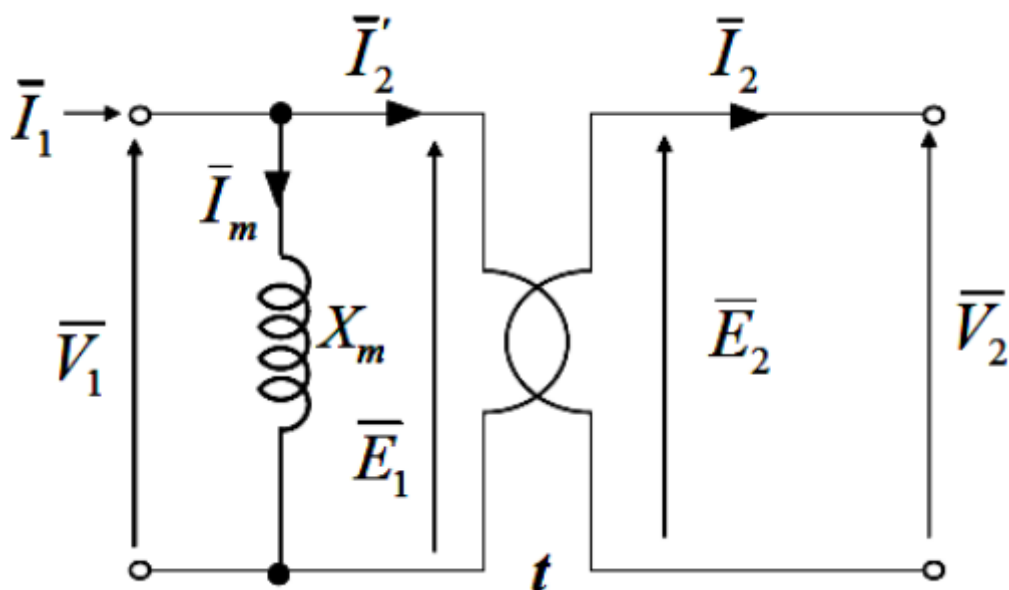


Figure 1.10- La première version du circuit équivalent

Sous une alimentation sinusoïdale les phaseurs sont utilisés :



généralité sur transformateurs monophasé

$$\omega = 2\pi f$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_m + \underline{I}'_2$$

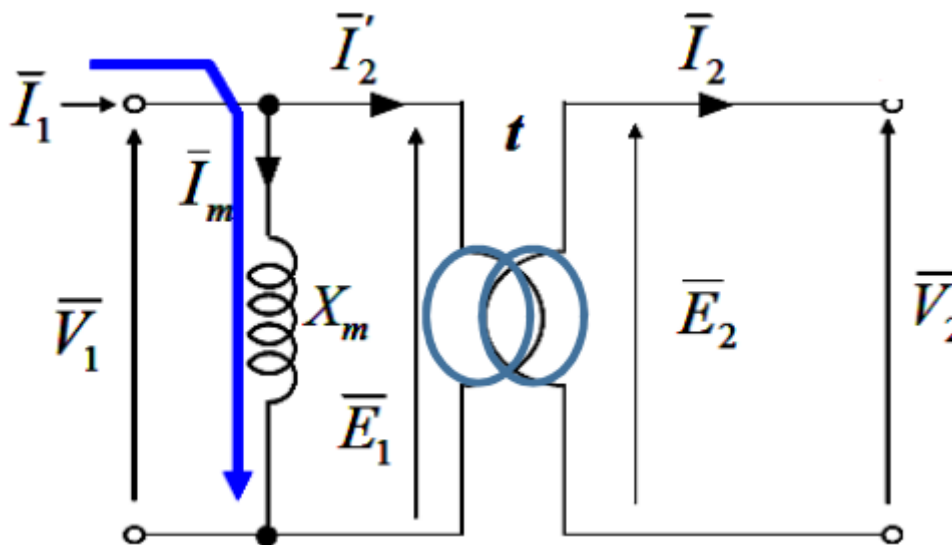
$$\underline{E}_1 = j\omega L_m \underline{I}_m$$

$$= jX_m \underline{I}_m$$

le processus de magnétisation n'implique pas de phénomène de dissipation $X_m = \omega L_m$

Un problème peut être lié à la saturation du noyau magnétique: si le flux est entraîné en saturation alors la perméabilité magnétique devient plus faible et la valeur de la réluctance grande.

Le courant de magnétisation est inversement proportionnelle à la réluctance à travers l'inductance et la valeur du courant magnétisant peut devenir ainsi très important et dangereux pour le comportement thermique de la machine.



$$I_m = V_1 / (\omega L_m)$$

1.7.2. les pertes dans le fer :

les pertes sont présents dans le noyau ferromagnétique par :

- les pertes d'hystérésis :

généralité sur transformateurs monophasé

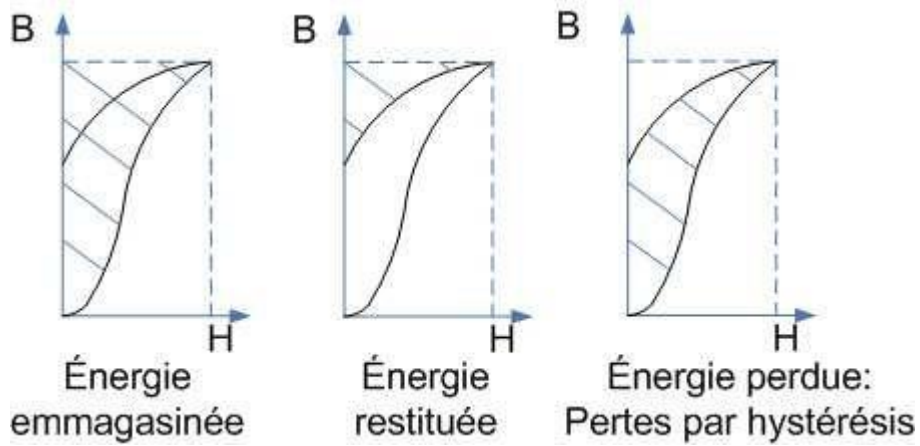
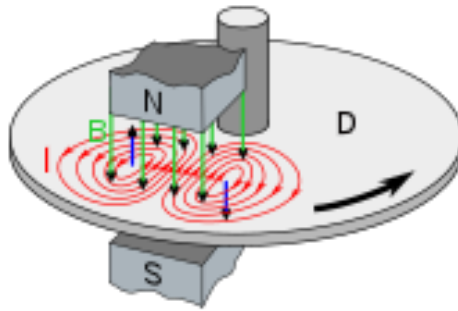


Schéma explicatif des pertes par hystérésis

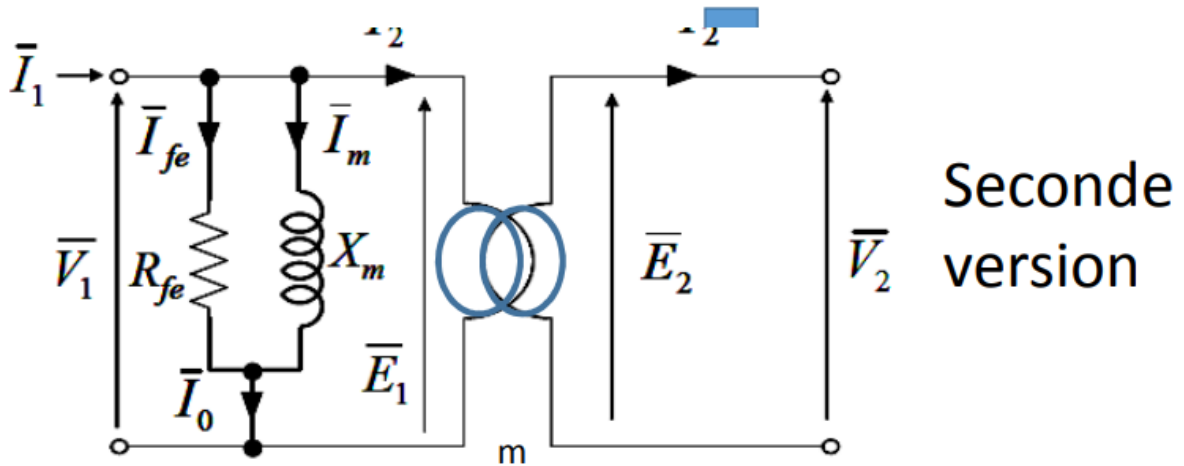
- pertes par courants de Foucault



En premières approximations ces pertes sont proportionnelles au carré de B, l'induction magnétique, ainsi ce comportement peut être approximée par une Résistance fictive

$$p_{fe} = R_{fe} I_{fe}^2 = \frac{E_1^2}{R_{fe}} [\text{W}]$$

généralité sur transformateurs monophasé



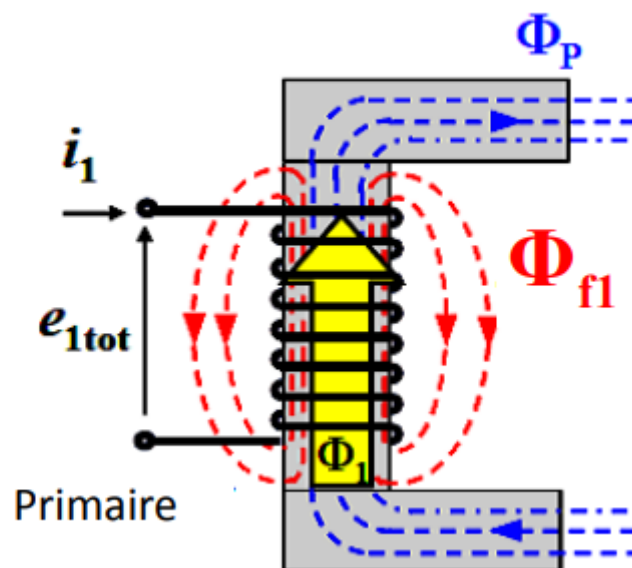
Le courant traversant le transformateur sans charge connectée au secondaire est appelé courant à vide

$$I_0 = I_{fe} + I_m \text{ [A]}$$

Généralement à vide, le courant est une fraction minimale des courants circulant dans la machine dans un état nominal

1.7.3. Flux de fuite :

- Dans les transformateurs réels, on rajoute le flux principal liant les deux enroulements
- Ces flux se renferment sur un seul enroulement



$$\Phi_1 = N_1(\Phi_{f1} + \Phi_p)$$

généralité sur transformateurs monophasé

$$v_1 = \frac{d\phi_T}{dt} = N_1 \frac{d\phi_p}{dt} + N_1 \frac{d\phi_{f1}}{dt}$$

Flux de fuite Φ_{f1} est linéaire avec le courant (fermeture dans l'air)

$$\phi_{f1} = \frac{N_1 i_1}{R_{f1}}$$

R_{f1} Est la reluctance de fuite

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_p}{dt} + \frac{N_1^2}{R_{f1}} \cdot \frac{di_1}{dt} = e_1 + l_{f1} \cdot \frac{di_1}{dt}$$

l_{f1} Inductance de fuite primaire

- Sous une alimentation sinusoïdale

$$\underline{V}_1 = \underline{E}_{1tot} = \underline{E}_1 + jX_{f1} \cdot \underline{I}_1 \text{ [V]}$$

X_{f1} Réactance de fuite du primaire

- Même raisonnement peut être appliqué sur le secondaire $L_{f1}(X_{f1})$

- Les réactances de fuite exigent une puissance réactive qui doit être fournie à la machine (TRANSFORMATEURS, 2015)

1.8. Circuit équivalent d'un transformateur réel :

Avec tous les phénomènes parasites vus dans la section précédente, on peut représenter ces pertes par des éléments de circuit équivalent de la figure 1.5. On regardera ensuite la raison pour chacun de ces éléments.

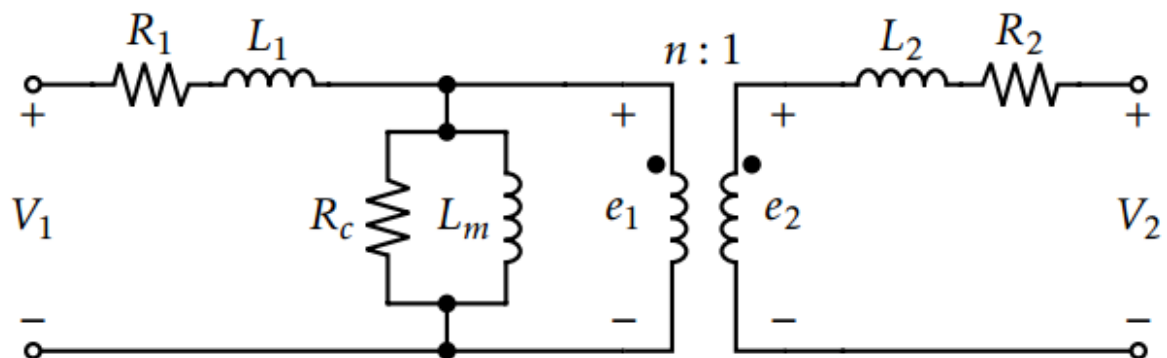


Figure 1.11- Circuit équivalent d'un transformateur réel

généralité sur transformateurs monophasé

Effet de μ

Puisque la perméabilité du noyau est finie, la réluctance sera non-nulle. Par conséquent, pour créer le flux φ dans le noyau, il faut un courant i_m . Ceci peut être représenté par une inductance L_m , qu'on appelle une inductance magnétisante.

Pertes dans le noyau

On représente les pertes dans le noyau par une résistance R_c en parallèle avec l'inductance magnétisante L_m

Fuites au primaire et secondaire

On représente ces pertes par des inductances L_1 et L_2 , pour le primaire et le secondaire, respectivement.

Résistance des fils

On représente la résistance des fils de cuivre par des résistances R_1 et R_2 pour le primaire et le secondaire, respectivement. (Cormier, pp. 8-9)

1.9. Conclusion :

En fin de compte, nous avons fait un détail complet sur le transformateur électrique monophasé, et nous avons vu sa grande importance dans le système électrique, Où la modification de la tension électrique fait l'énergie électrique est plus contrôlable et d'un avantage illimité et d'une plus grande valeur dans la vie humaine.

Chapitre **2** Etude et simulation d'un transformateur monophasé

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

2-1.Introduction :

Avec le développement technologique des ordinateurs, il a été nécessaire d'utiliser ce développement dans un logiciel pour simuler la réalité et d'expliquer de nombreux *phénomènes*, y compris physiques et scientifiques, qui contiennent des problèmes complexés des équations différentielles et de trouver des solutions précises pour eux au lieu d'approximations et de simplifications tout avec l'abréviation de l'effort et du temps.

Dans notre travail on a utilisé le logiciel Matlab/Simulink, pour faire l'étude d'un transformateur monophasé dont le secondaire est branché sur une charge résistive. Au terme de cette étude il faudra déterminer à partir des résultats expérimentaux les paramètres du transformateur et le rendement puis faire une comparaison. Dans ce chapitre on va simuler notre transformateur et calcule son rendement.

2-2.schéma du modèle et description de blocs :

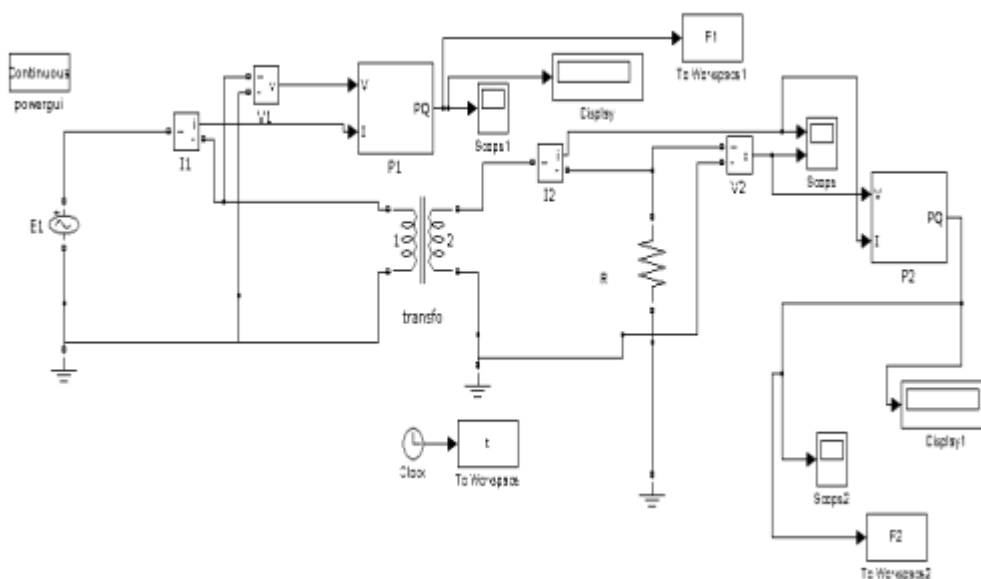


Figure2-1.Le modèle pour l'étude des transformateurs monophasés

2-3.Caractérisations paramétriques du transformateur monophasé :

Une fois le modèle à simuler est dessiné à partir des blocs décrits plus haut, nous passons au paramétrage du transformateur, de la source d'énergie à la charge.

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

2-3.1. Paramètres de blocs :

Le modèle du transformateur dont on a utilisé à la simulation voir figure 2-2 a pour

Paramètres :

-la puissance nominale : $S=800$ VA

-la fréquence nominale : $f_n=50$ Hz

-essai à vide :

$$x_m = \frac{v_{10}^2}{Q_{10}} = \frac{v_{10}^2}{\sqrt{(v_{10}I_{10})^2 - P_{10}^2}}$$

$$x_m = 525.40\Omega$$

$$R_m = \frac{v_{10}^2}{P_{10}} = \frac{220^2}{21.5}$$

$$R_m = 2251.62\Omega$$

- essai en court-circuit :

$$p_{1cc} = R_{eq} I_{1cc}^2 \iff R_{eq} = \frac{p_{1cc}}{I_{1cc}^2}$$

$$R_{eq} = 12.24\Omega$$

A l'aide de l'essai en courant continue :

$$R_1 = \frac{v_c}{I_c} = \frac{2.2}{1.3}$$

$$R_1 = 1.69\Omega$$

On a $\alpha=2.36$

$$\text{Donc } R_2 = \frac{R_{eq} - R_1}{\alpha^2}$$

$$R_2 = 1.89\Omega$$

-Les réactances équivalentes $x_{eq} = x_1 + \alpha^2 x_2$

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

$$x_{eq} = \frac{\sqrt{(v_{1cc} I_{1cc})^2 - P_{1cc}^2}}{I_{1cc}^2} = \frac{\sqrt{(60.4 * 1.4)^2 - 24^2}}{1.4^2}$$

$$x_{eq} = 41.37 \Omega$$

- On suppose habituellement que $x_1 = x_2'$

$$\overrightarrow{x_{eq}} = 2x_1$$

$$x_1 = \frac{x_{eq}}{2} = \frac{41.37}{2}$$

$$x_1 = 20.68 \Omega ; l_1 = \frac{x_1}{2\pi f} = 0.0658 \Omega$$

$$x_2 = \frac{x_{eq} - x_1}{\alpha^2}$$

$$x_2 = 3.71 \Omega ; l_2 = \frac{x_2}{2\pi f} = 0.0118 \Omega$$

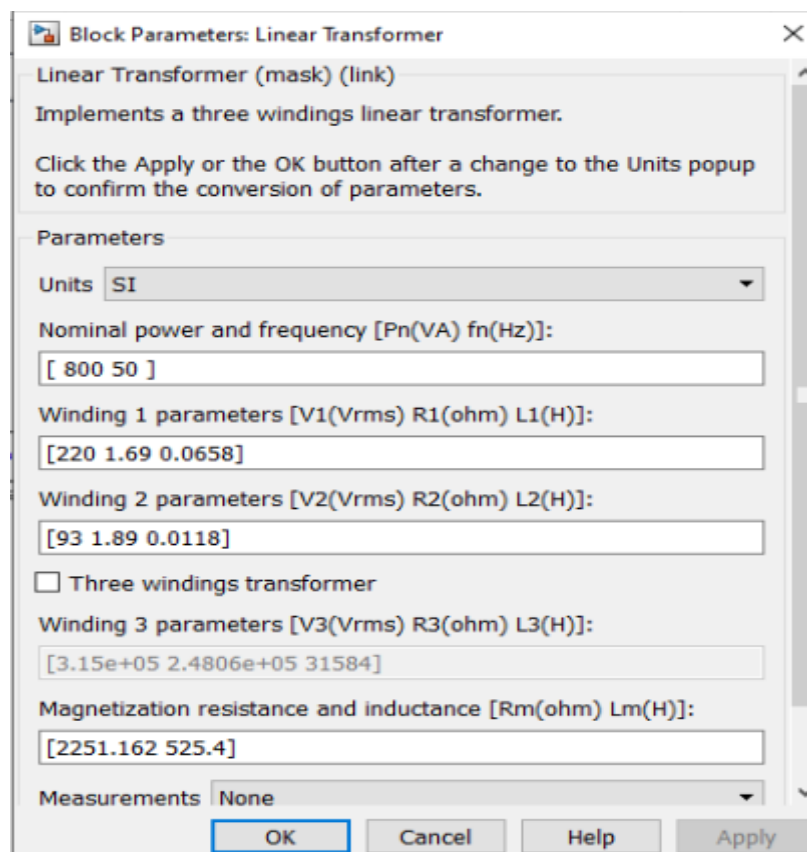


Figure 2-2. Réglage du transformateur linéaire monophasé

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

Les paramètres de la source d'alimentation sont montrés sur la figure 2-3 qui contient les variables de commandes suivantes :

- l'amplitude de la tension d'alimentation $V1_{max} = 311V$
- La phase initiale en degrés est 0°
- La fréquence est 50 Hz
- Le mode de temps $c=0$

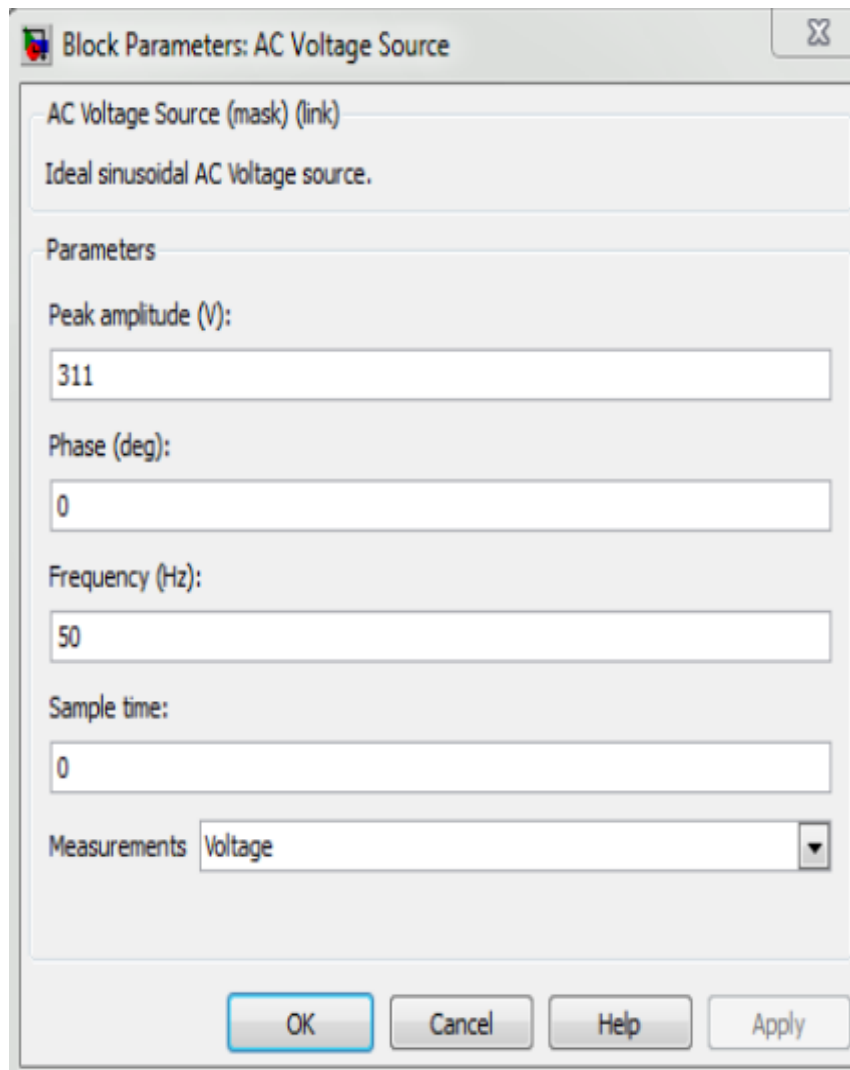


Figure 2-3. Réglage des paramètres de la source d'alimentation

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

2-3.2. détermination des caractéristiques à vide :

Pour simuler le fonctionnement à vide on fixe la charge $R = +\infty$ et la tension a la valeur nominale puis nous activons la simulation du bloc indiqué par le schéma ci-dessous :

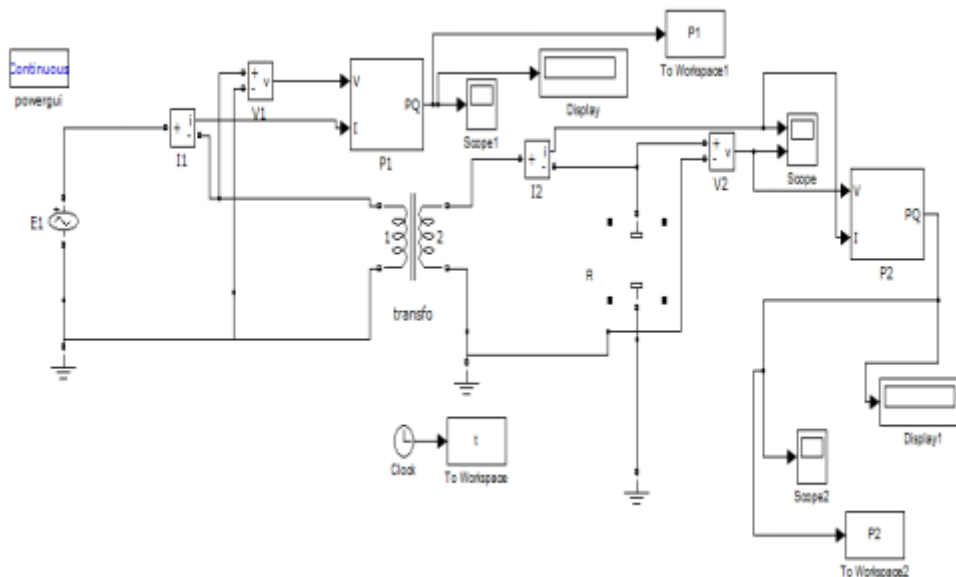


Figure 2-4. Modèle du transformateur à vide

V	p	I_1	V_2
220	21.5	0.43	89.2

Tableau2-1. Les résultats obtenus pour l'essai à vide

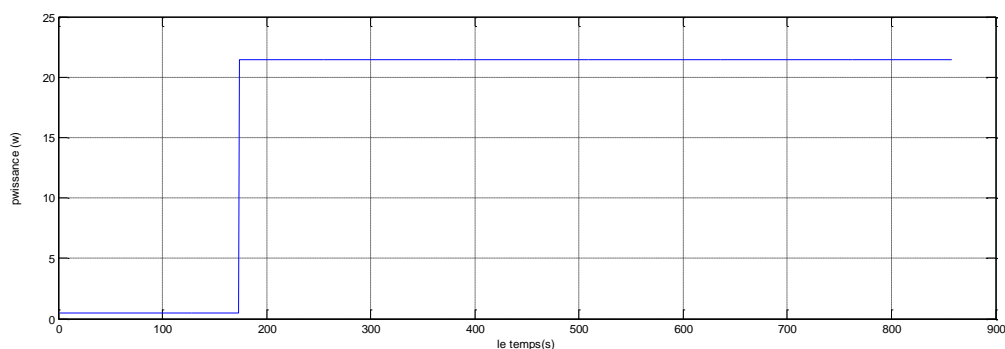


Figure 2-5. La courbe représentative de la puissance à vide en fonction du temps

Interprétation :

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

on observe que la puissance augmenter instantanément mais on réal il faut que l'évolution être augmente légèrement avec le temps sous l'effet de l'inductance primaire avant la stabilité au régime permanent. Mais ça il n'est pas clear dans la courbe pacque la valeur de l'inductance très faible.

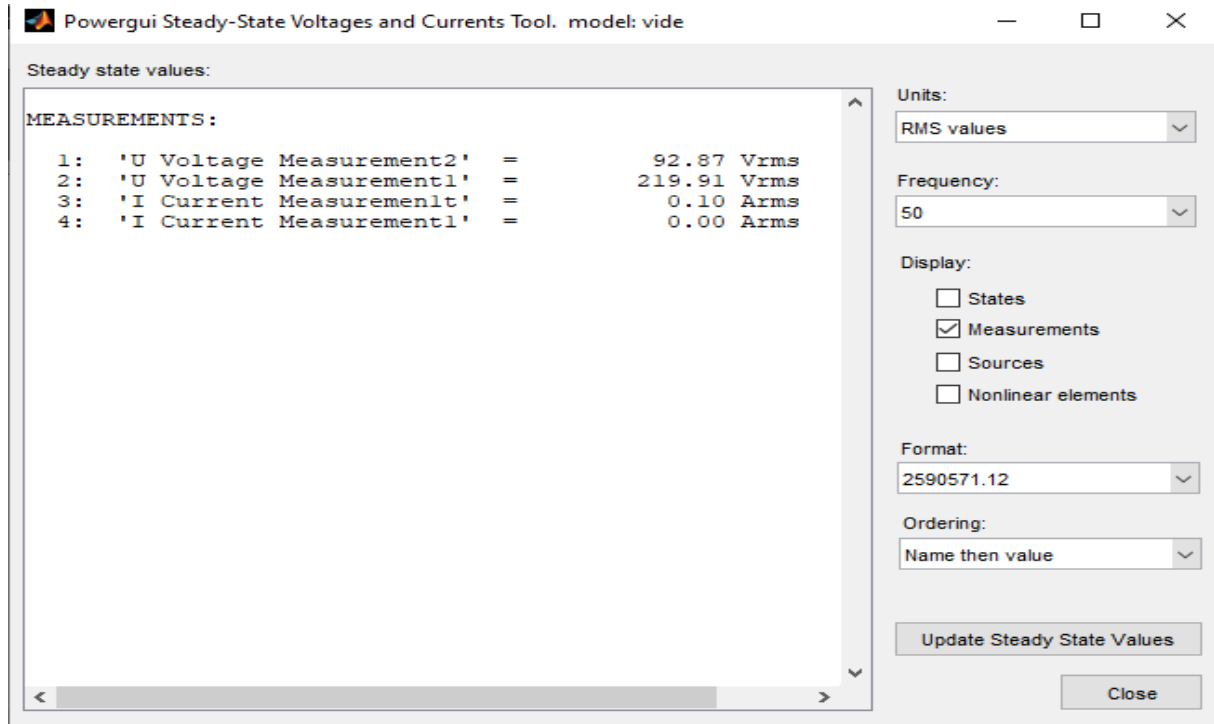


Figure 2-6. Les valeurs efficaces de tension et courant à vide

Pour avoir plus de précision sur la mesure du courant à vide, nous reions le bloc << to workspace >> à la sortie de l'ampèremètre pour visualiser le signal du courant à vide. Nous obtenons le signal suivant :

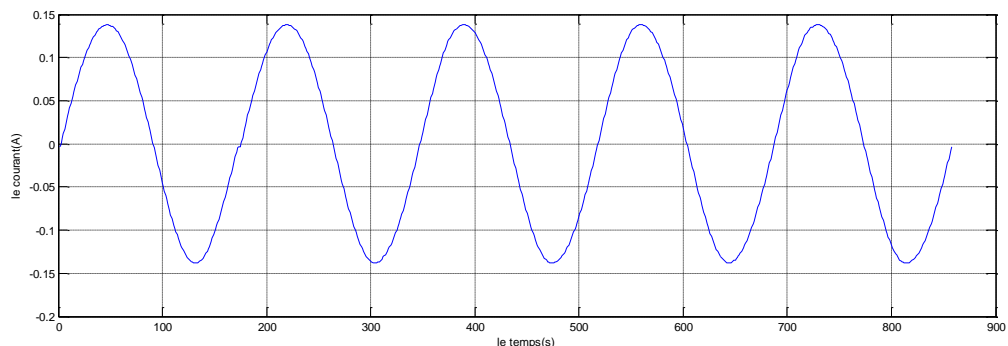


Figure 2-7. la courbe représentative du courant primaire à vide

en fonction du temps

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

interprétation :

D'après la courbe représenté sur Figure 2-6 on constate que le courant absorbe a vide est très faible, mais pratiquement jamais nulle, puisqu'il y a toujours un courant de magnétisation. L'amplitude maximale de ce signale a pour valeur $I_{0m}=0,14A$

2-3.3. Relève de la caractéristique en court-circuit :

Pour faire le relevé des caractéristiques en court-circuit (tension et puissance), nous court-circuitons le secondaire comme indiqué sur la Figure 2-6:

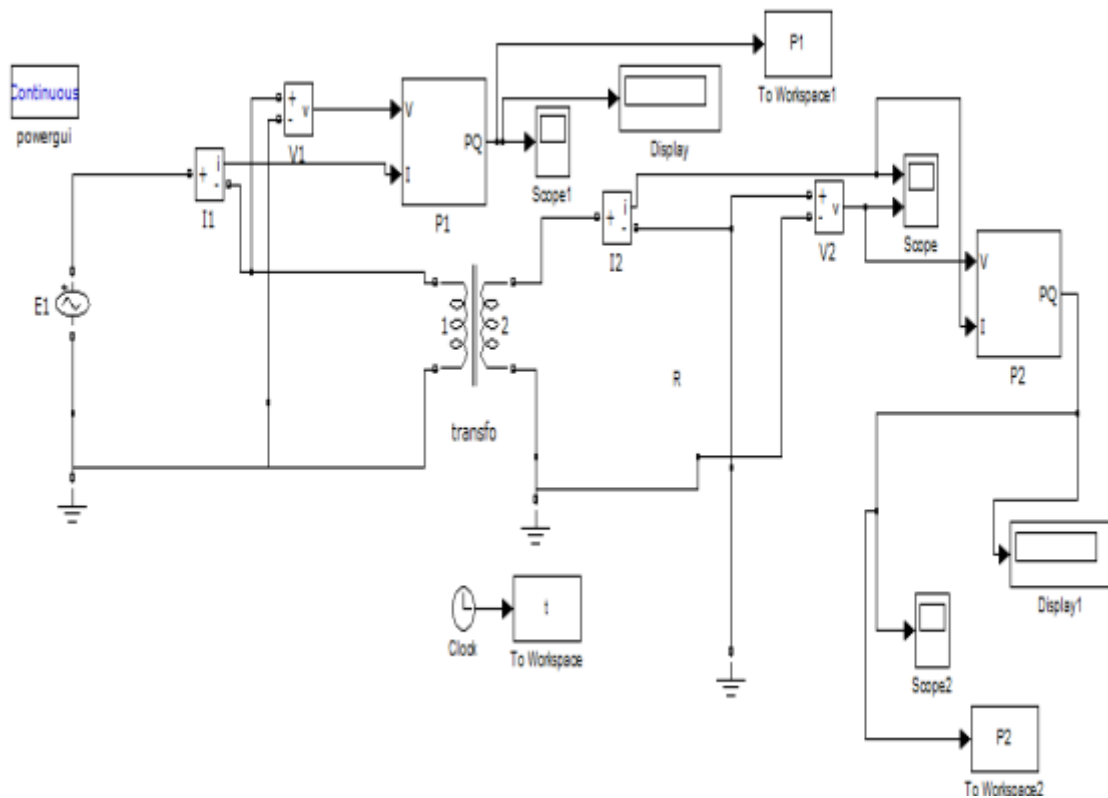


Figure 2-8. Modèle du transformateur en court-circuit

V_{1cc}	P_{1cc}	I_{1cc}	I_{2cc}
60.4	24	1.4	3.3

Tableau2-2. Les résultats obtenus pour l'essai en court-circuit

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

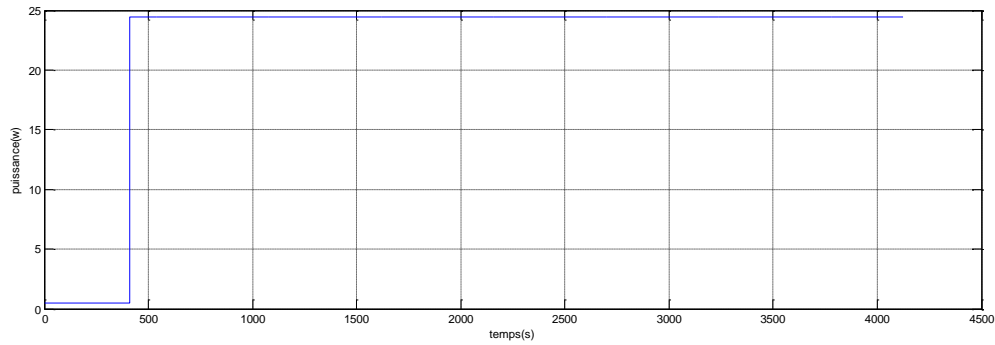


Figure 2-9. Courbe représentative de la puissance en court-circuit

Interprétation :

ce courbe represent la valeur de la puissance en court-circuit c'est la puissance consommé par les résistances des lignes r1 et r2.

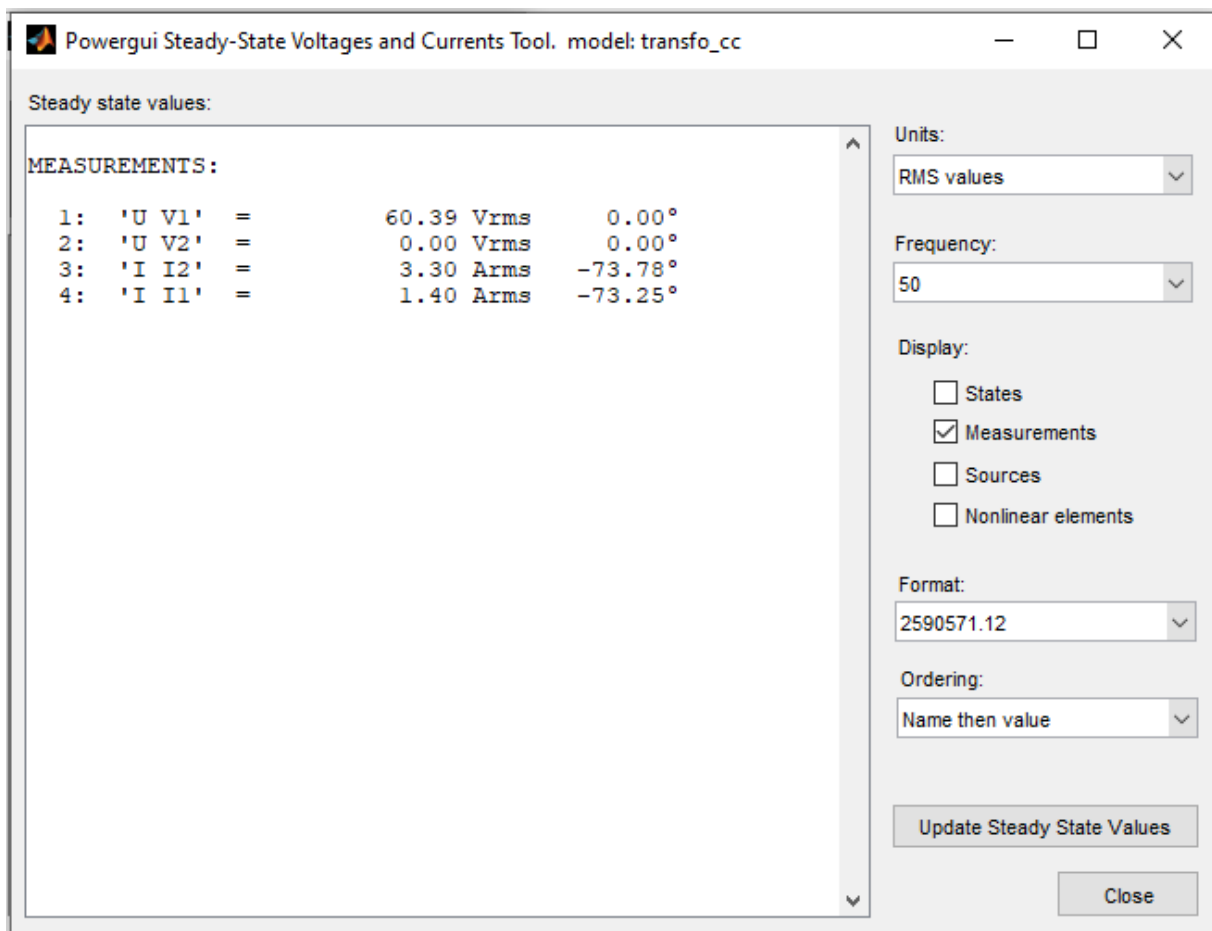


Figure 2-10.les valeur efficaces de tension et courant en court-circuit

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

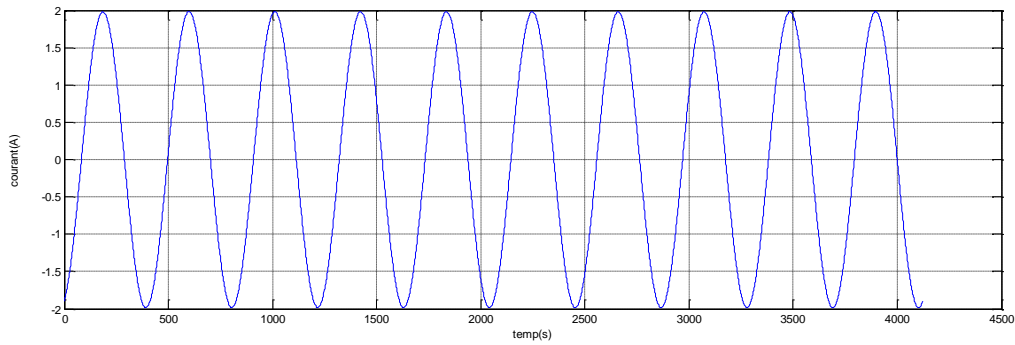


Figure 2-11. Courbe représentative de la courant1 en court-circuit

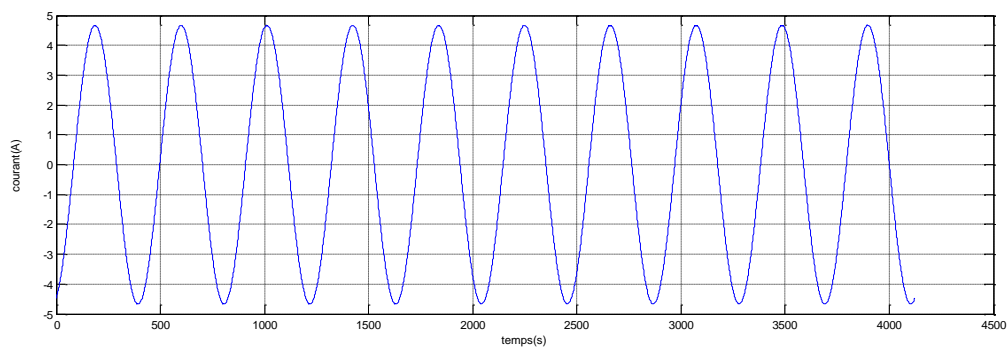


Figure 2-12. Courbe représentative de la courant2 en court-circuit

Interprétation :

le courant2 de court-circuit prend une valeur significative par rapport le courant de primaire et ça c'est logique parce que on a court-circuité le secondaire

2-3.4. Relève de la caractéristique en charge :

I_2	I_1	U_2	P_1	P_2	$\cos \varphi_1$	P_j	P_f	$\eta\%$	m_u	m_i	R
0.23	0.57	88.9	45	23	0.35	0.64	21.77	51.1	2.47	0.4	386.5
0.5	0.61	87.8	68	47	0.5	1.1	19.9	69.1	2.5	0.81	175.6
1	0.75	86	115	91	0.69	2.84	21.16	79.1	2.55	1.33	86
1.5	0.91	84.3	159	133	0.79	5.65	20.35	83.6	2.61	1.64	56.2
2	1.11	83	205	174	0.83	9.64	21.36	84.8	2.65	1.8	41.5
2.4	1.27	81.9	240	205	0.85	13.61	21.39	85.4	2.68	1.88	34.125
2.98	1.36	83.44	289.5	249.4	0.967	19.9	20.2	86.14	2.63	2.19	28
3.01	1.37	83.37	291.6	251.5	0.967	20.29	19.81	86.24	2.638	2.197	27.7

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

3.02	1.37	83.35	292.6	252.1	0.97	20.4	20.1	86.158	2.639	2.20	27.6
3.08	1.4	83.16	297.5	256.3	0.965	21.24	19.96	86.151	2.64	2.20	27

Tableau2-3. Les résultats obtenus pour différentes charges

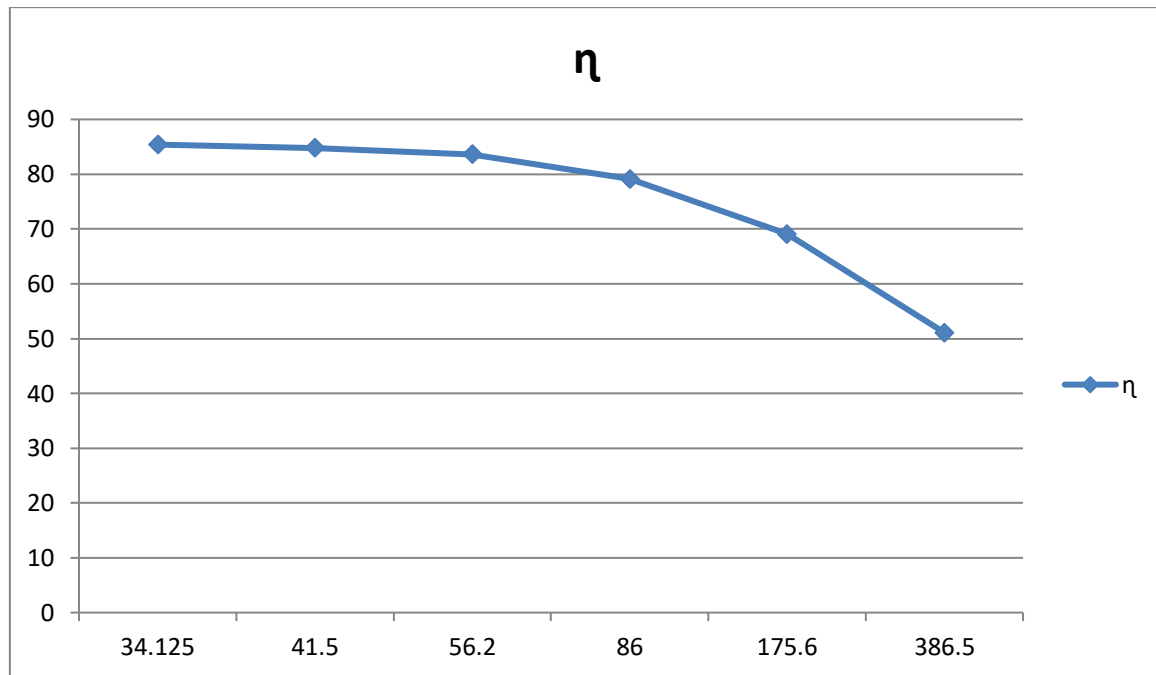


Figure 2-13. Courbe représentative du rendement en fonction de la charge

Interprétation :

on remarque la diminution de le rendement avec l'augmentation de la charge, l'évolution de la charge provoque un plus consommation de courant donc les pertes va augment, et bien sur le rendement se diminuer.

2-4.Conclusion :

Dans ce travail on a caractérisé le transformateur monophasé et calculer leurs paramètres à l'aide d'un laboratoire virtuel MATLAB. Les résultats obtenus dans notre laboratoire virtuel afficher la cohérence avec les modèles théoriques et notre travail pratique en réel. Le logiciel *MATLAB/SIMULINK*, est un bon moyen d'étude du fonctionnement des transformateurs monophasés dans les conditions de fonctionnement voulues. Aussi nous permet d'étudier, réaliser et simuler des autres phénomènes physiques Et le mettre dans les conditions que nous voulons.

Chapitre **3**

Etude et simulation d'un transformateur monophasé

3.1. Introduction :

Dans la recherche scientifique, les essais pratiques ont toujours été la Meilleure preuve pour confirmer ou réfuter des hypothèses. C'est ce que nous avons fait pour Étudier un transformateur monophasé dans certaines conditions pour voir comment il affecte Son fonctionnement et les changements Qui se produisent dans les grandeurs électriques, et le plus important l'état de son rendement avec ces conditions.

3.2. Transformateur à circuit magnétique ouvert :

c'est un transformateur avec noyaux constitué d'un assemblage de pièces en matériaux ferromagnétiques. Il peut comprendre un entrefer (petit espace d'air dans le circuit).

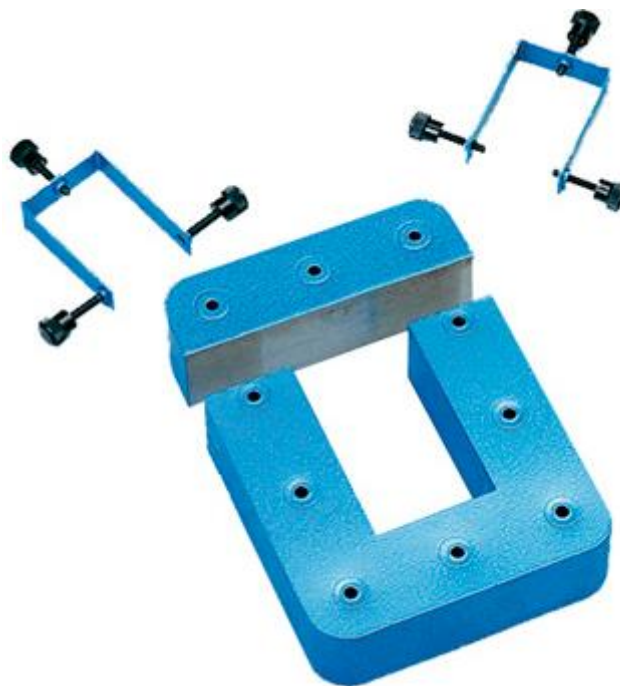


Figure3.1 : circuit magnétique ouvert. (Circuit magnétique monophasé)

étude et simulation d'un transformateur monophasé

Dans cet étude en utilise un transformateur monophasé abaisseur avec une puissance de 800 VA et avec 270 spire partie bobinage primaire, 96 spire partie bobinage secondaire, ce transformateur Contient un noyau d'un assemblage de pièces feuillues en matériaux ferromagnétiques avec deux entrefers en parallèle comme indiqué ci-dessus dans le figure 3.1

3.3. Circuit magnétique à entrefer constant :

Dans cet essai on a fixé l'entrefer à certain valeur (0.5, 0.7, 1.2) mm et on démunie les valeurs de la charge Comme indiqué ci-dessous dans les tableaux et le figure :

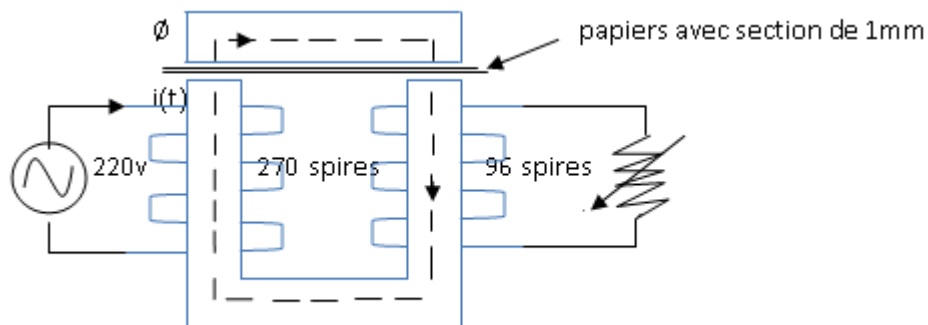


figure3-2 : circuit magnétique avec entrefer constant.

I_2	I_1	U_2	P_1	P_2	$\cos \varphi_1$	P_J	P_f	$\eta\%$	m_u	m_i	R
0.23	1.9	77.8	50	22	0.119	6.2	21.8	44	2.83	0.12	338.26
0.5	1.92	77.4	70	44	0.165	6.7	19.3	62.86	2.84	0.26	154.8
1	1.96	76.4	110	82	0.225	8.38	19.62	74.55	2.88	0.51	76.4
1.5	2.03	75.2	150	130	0.335	11.21	8.79	86.7	2.93	0.74	50.13
2	2.13	74.2	190	170	0.405	15.22	4.78	89.47	2.96	0.94	37.1
2.4	2.22	73.1	220	200	0.450	19.21	0.79	90.90	3	1.08	30.46

Tableau3-1. Les résultats obtenus pour déférentes charges avec e=0.5

étude et simulation d'un transformateur monophasé

I_2	I_1	U_2	P_1	P_2	$\cos\varphi$	P_j	P_f	$\eta\%$	m_u	m_i	R
0.23	2.35	74.3	55	21	0.11	9.43	24.57	38.18	2.96	0.097	323.0
0.5	2.35	73.9	75	41.5	0.15	9.8	23.7	55.33	2.98	0.21	147.8
1	2.38	73	115	79	0.22	11.46	24.54	68.7	3.01	0.42	73
1.5	2.44	72	151	120	0.28	14.31	16.69	79.47	3.06	0.615	48
2	2.53	70.9	190	160	0.34	18.38	11.62	84.21	3.1	0.79	35.45
2.4	2.61	69.9	220	190	0.38	22.4	7.6	86.36	3.15	0.92	29.12

Tableau3-2. Les résultats obtenus pour différentes charges avec $e=0.7$

I_2	I_1	U_2	P_1	P_2	$\cos\varphi_1$	P_j	P_f	$\eta\%$	m_u	m_i	R
0.23	3.23	68.1	65	19.5	0.09	17.73	27.77	30	3.23	0.07	296.08
0.5	3.23	67.7	85	38.5	0.11	18.10	28.4	45	3.24	0.15	135.4
1	3.24	66.9	120	72	0.16	19.63	28.37	60	3.28	0.3	66.9
1.5	3.29	66	155	110	0.21	22.54	22.46	70	3.33	0.45	44
2	3.34	65	187	150	0.25	26.41	10.59	80	3.38	0.59	32.5
2.4	3.41	64.3	215	175	0.28	30.53	9.47	81	3.42	0.7	26.79

Tableau3-3. Les résultats obtenus pour différentes charges avec $e=1.2$

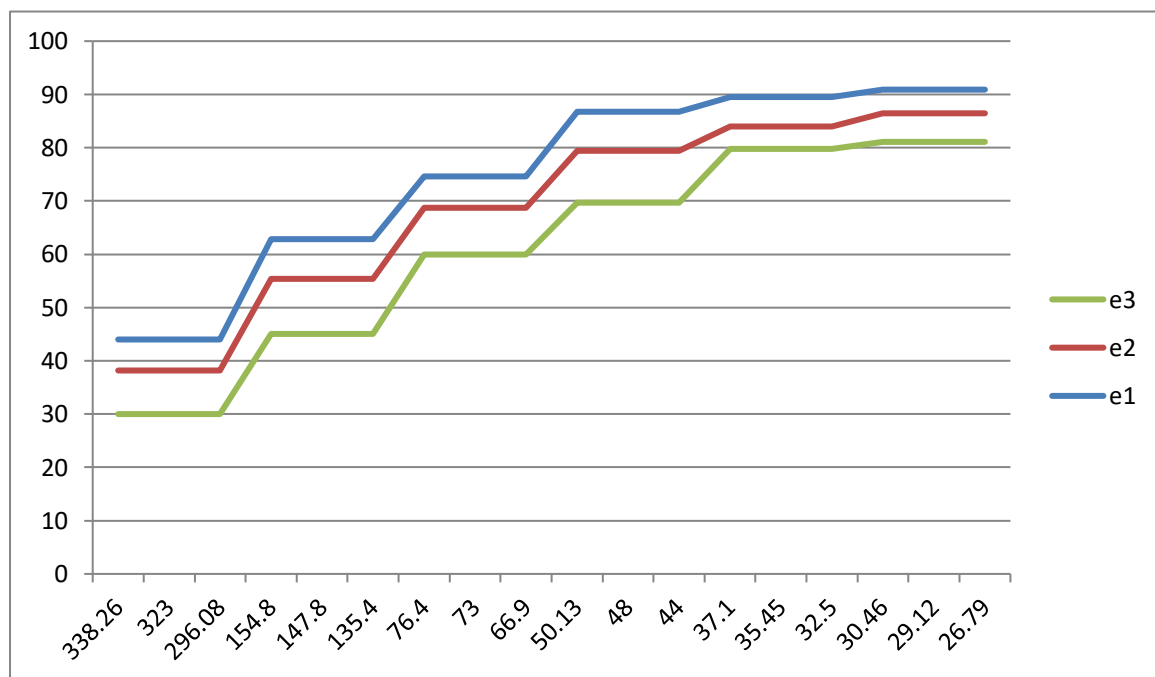


Figure3-3. Courbe représentative du rendement en fonction de la charge avec entrefer constant

étude et simulation d'un transformateur monophasé

Interprétation :

On observe que la réduire de la charge augmente le rendement selon la valeur de l'entrefer, où la diminution de la charge à l'effet d'augmenter le courant, autrement les pertes joules, à chaque fois les pertes joules se rapproche vers les pertes fer on aura le maximum rendement.

3.4. Circuit magnétique à entrefer variable :

Dans cet essai on fixe la valeur de la charge et on a varié les valeurs de l'entrefer avec des Papiers de section 1 mm et chaque fois on augment l'entrefer Comme indiqué ci-dessous dans

La figure et le tableau :

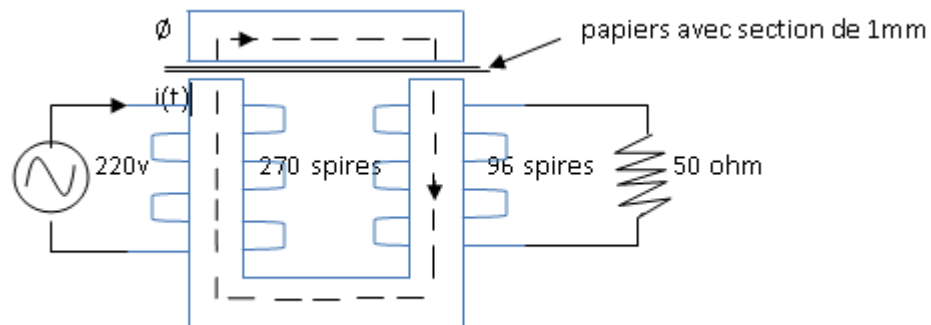


Figure3-4 : circuit magnétique avec entrefer variable.

e	I_2	I_1	U_2	P_1	P_2	$\cos \varphi_1$	P_j	P_f	$\eta\%$	m_u	m_i
0.1	1.66	1.13	82.1	168	139	0.675	7.366	21.634	82.47	2.68	1.47
0.2	1.61	1.33	80.3	160	130	0.5460	7.888	22.112	81.25	2.74	1.21
0.3	1.58	1.54	78.6	155	125	0.457	8.7262	21.27	80.65	2.8	1.03
0.4	1.54	1.75	76.4	153	118	0.397	9.6579	25.34	77.12	2.88	0.88
0.5	1.51	1.96	75	149	117	0.4	10.80	21.2	78.52	2.93	0.77
0.6	1.47	2.18	73	148	108	0.308	12.115	27.85	72.97	3	0.67
0.7	1.45	2.38	72.1	141	104	0.269	13.54	23.46	73.76	3.05	0.61
0.8	1.42	2.55	70.8	138	100	0.245	14.80	23.2	72.46	3.11	0.56
0.9	1.39	2.74	69.5	131	96	0.2173	16.339	18.66	73.28	3.17	0.51
1	1.37	2.95	68.2	126	85	0.1941	18.25	22.75	67.46	3.23	0.46
1.1	1.28	3.15	67	140	91	0.2	19.86	29.14	65	3.28	0.40
1.2	1.27	3.29	66.1	140	89	0.19	21.34	29.66	63.5	3.32	0.38

étude et simulation d'un transformateur monophasé

1.3	1.25	3.43	65.3	141	87	0.18	22.83	30.67	62.05	3.36	0.37
1.4	1.24	3.56	64.4	140	85	0.17	24.32	30.68	60.7	3.41	0.34

Tableau3-4. Les résultats obtenus pour différentes entrefer avec charge constant R=50

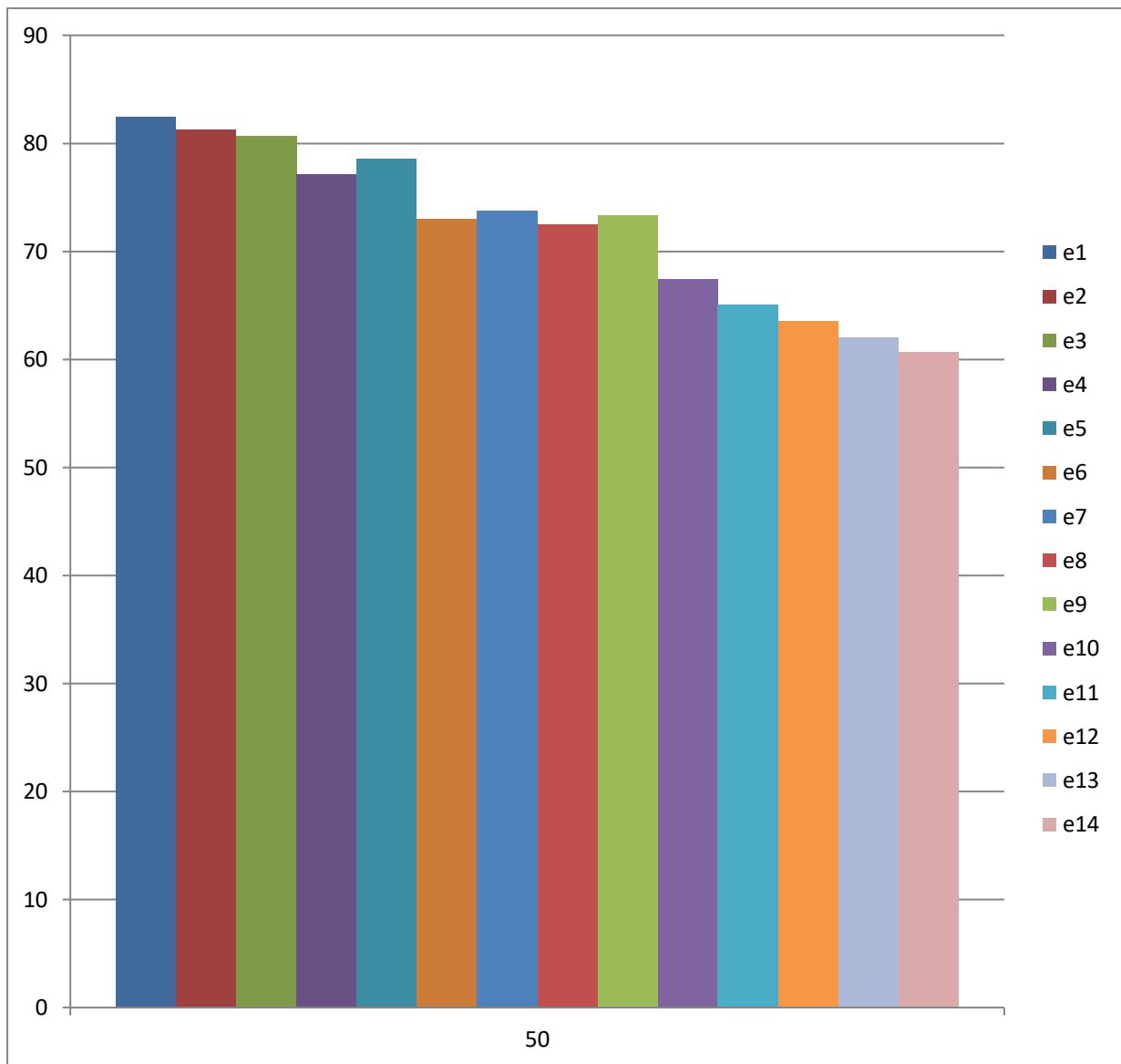


Figure3-5 : Courbe représentative du rendement en fonction de l'entrefer avec charge constant.

étude et simulation d'un transformateur monophasé

Interprétation :

selon la courbe la variation de rendement dépend l'entrefer seulement. En analysant cette courbe on constate que l'augmentation de l'entrefer sert à augmenter la reluctance en conséquence augmentation des pertes dans le fer

3.5. conclusion :

Dans ce travail pratique, nous avons étudié le transformateur en présence d'une condition anormale et artificiel, qui est l'entrefer avec fixation et le changement de la charge, et nous avons conclu que l'effet dans la réduction de la rendement du transformateur être grande Quand les valeurs de l'entrefer augmentent dans le noyau Pour ce qu'il cause des pertes thermiques et magnétiques provoquées par l'augmentation du courant électrique pour contourner l'entrefer et l'aimantation de la partie secondaire du transformateur.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Nos travaux comprenaient l'étude du transformateur à circuit magnétique ouvert, et nous avons commencé par présenter un transformateur monophasé, sa définition de son principe de fonctionnement, ses utilisations dans tous les champs électriques, puis nous avons évoqué ses types et expliqué la fonction de chaque type et terminé l'étude théorique par la différence entre le transformateur idéal et le transformateur réel. L'intérêt de cette étude était d'obtenir une vue globale du transformateur électrique monophasé, puis nous sommes passés à la partie simulation à travers le laboratoire virtuel représenté par l'environnement Matlab, qui nous permet de représenter n'importe quel transformateur avec les propriétés que nous souhaitons. Cette simulation a été accompagnée d'une étude pratique sur le terrain dans un laboratoire où nous avons réalisé des essais Sur un transformateur électrique selon plusieurs conditions en présence d'appareils de mesure, et le but était de comparer les résultats obtenus dans l'essai avec les résultats de la simulation afin que l'étude soit précise et plus fiable, et dans le dernier nous avons réalisé une étude pratique approfondie sur le transformateur à circuit magnétique ouvert, où nous avons progressivement augmenté la taille de l'entrefer dans le noyau et surveillé les changements de la rendement du transformateur. Nous avons observé sa diminution due aux pertes magnétiques et les conséquences thermiques de l'entrefer, et nous avons conclu que plus la taille de l'entrefer est grande, plus la rendement du transformateur est faible. La diminution est dépend aussi la valeur de la charge. Ce qui a également été utile dans cette expérience était de se plonger dans l'étude des pertes qui ont conduit à la diminution du rendement

REFERENCESBIBLIOGRAPHIQUES

1. *Circuit magnétique monophasé* ..DIDALAB:
<http://www.didalab-didactique.fr/site/materiel/FR-produit-131.html>
2. cours tech info ..*Les transformateurs* .cours tech info:
<http://www.courstechinfo.be/Hard/Transfo.html#haut>
3. Gabriel Cormier .TRANSFORMATEUR .Gabriel Cormier ‘
Électrotechnique .CANADA : Université de Moncton.
4. *Tout sur l'électricité et l'électronique* .illustrationprize:
<https://illustrationprize.com/fr/99-difference-between-step-up-and-step-down-transformer.html>
5. *TRANSFORMATEURS* .(2015) .semalam:
<http://semalam.org/wp-content/uploads/2015/12/Chapitre-4-transfos-opt.pdf>
6. .(2017/2016) .جامعة الحسن الاول .Electrotechnique.