

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

9/90

2 CX

وزارة التعليم العالي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Genie Electrique

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**SUJET**

ETUDE D'UN ALTERNATEUR  
REDRESSE  
EN REGIME ETABLI

Proposé par :  
M<sup>er</sup> SARI

Etudié par :  
MAHIOUZ . F  
MERGHOUB . Y

Dirigé par :  
M<sup>er</sup> SARI

PROMOTION : 90

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

9/90

R CX

وزارة التعليم العالي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Genie Electrique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE D'UN ALTERNATEUR  
REDRESSE  
EN REGIME ETABLI

Proposé par :  
M<sup>er</sup> SARI

Etudié par :  
MAHIOUZ . F  
MERGHOUB . Y

Dirigé par :  
M<sup>er</sup> SARI

PROMOTION : 90

ETUDE D'UN ALTERNATEUR  
REDRESSE  
EN REGIME ETABLI

DEPARTEMENT: Genie Electrique

ETUDIE PAR :

MAHIOUZ .F

MERGHOUB .Y

PROPOSE PAR :

Mer SARI

PROMOTION 90

DEDICACES

À NOS PARENTS

ET  
Amis

A mes parents

ET NOS AMIS

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des personnes qui nous ont aidé à réaliser ce projet de fin d'étude.

Nous remercions vivement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation à l'E N P ,en particulier monsieur Tahmi.

Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de nos profonds sentiments pour leurs aides techniques.

## TABLE DES MATIERES

table de matieres

remerciements.....

table des matieres.....

notations.....

introduction generale.....

1 MODELE DE LA RESISTANCE EQUIVALENTE.

1.1 introduction

1.2 principe de la resistance équivalente

2 MODELE DU TRANSFORMATEUR.

2.1 -Introduction.

2.2 Modele du transformateur.

2.3 ETUDE DE LA COMMUTATION

231 Mode 1 de commutation.

232 Mode 2 du commutation.

233 Mode 3 de commutation.

3. COMMUTATION DANS L'ALTERNATEUR REDRESSE AVEC AMORTISSEUR  
ET SANS AMORTISSEUR.....

3.1-Introduction.

3.2- Comparaison entre les resultats théoriques et pratiques

\* AVEC AMORTISSEURS

3.3-Simulation et détermination de la caractéristique  
théorique corrigée

3.4 comparaison entre les caractéristiques théoriques corrigées  
et pratiques

3.5 -loi de variation de la réactance de commutation

\* SANS AMORTISSEUR

3.6 comparaison entre les caractéristiques théoriques et  
pratiques.

4 LOI PROPOSEE DE LA VARIATION DE LA REACTANCE DE  
COMMUTATION

5 CONCLUSION

ANNEXE

# NOTATIONS

## NOTATIONS

$e_1$	fem de phase 1
$E_m$	valeur de crete de $e_1$
$i_1, i_L$	courant de ligne
$I$	valeur efficace du fondamental du courant
$i_{ch}$	courant de charge
$L_{ch}$	inductance de charge
$R_{ch}$	resistance de charge
$J$	courant d'excitation de l'alternateur
$X_{com}$	reactance de commutation equivalente par phase
$X_{comcc}$	reactance de commutation equivalente par phase au point du court circuit
$V$	tension simple
$R_{eq}$	resistance equivalente
$Z_{eq}$	impedance equivalente
$\phi$	dephasage entre tension et courant
$\theta$	angle interne de la machine
$\gamma$	angle entre la fem et le courant
$x_d''$	reactance subtransitoire longitudinale
$x_q''$	reactance subtransitoire transversale
$x_d$	reactance synchrone longitudinale
$x_q$	reactance synchrone transversale
$\dot{I}_w$	reactance de fuite

INTRODUCTION GENERALE

## Introduction générale.

L'association ;machine synchrone-convertisseur pose des problèmes très complexes,entre autre, les phénomènes de commutations c'est pourquoi de nombreuses études ont été consacrées aux machines synchrones associées au convertisseurs statique.

De nombreux travaux ont fait l'objet d'étude de l'alternateur redresse en régime établi pour notre part nous nous intéresserons à l'étude de ce dernier en se basant sur le modèle du transformateur.

nous nous limiterons dans ce travail à l'étude du régime établi par l'expérience ainsi que la simulation des données se feront à différentes vitesses de rotation et courant d'excitation.

L'Alternateur est une machine synchrone à pôles salins et pourvu d'amortisseurs .Le redresseur consiste en un pont de graetz, la charge est de type R-L.

nous avons partagé notre étude en plusieurs parties :  
au chapitre 1, nous présentons le concept de la résistance équivalente qui remplace le système pont associé à une charge R-L par une résistance sur laquelle débite l'alternateur.

au chapitre 2, nous montrons l'effet de la commutation, qui transforme la résistance équivalente en une impédance équivalente. nous donnons ensuite l'expression de cette dernière pour chaque mode de fonctionnement, après une étude détaillée de tous les modes de commutation basée sur le modèle du transformateur.

dans le chapitre 3, nous comparons les résultats de la simulation et de la pratique du fonctionnement de l'alternateur redressé en régime établi.

la simulation est réalisée à plusieurs vitesses de rotation, plusieurs courants d'excitation et sur deux types des alternateurs: l'un avec amortisseurs et l'autre sans amortisseurs, afin de valider le modèle sur une large gamme de fonctionnement. nous présentons ensuite une correction portée sur la réactance de commutation et nous donnerons la loi pratique de variation de la réactance de commutation en fonction de l'angle d'empilement  $\alpha$  pour les deux alternateurs.

à la fin, nous proposerons une loi de variation en fonction de l'angle d'empilement  $\alpha$  et nous donnerons quelques conclusions et quelques autres propositions.

chapitere1

## 1.1 Introduction

lorsque un convertisseur est alimenté par des alternateurs, il faut tenir compte de l'impédance de ces alternateurs et en particulier de leur inductances. Si on essaye de mettre en équation le problème du débit d'un alternateur sur un montage redresseur, on se heurte à des difficultés considérables le problème est grandement simplifié si celui-ci est comparé à un simple transformateur dont le circuit secondaire constitue la source d'énergie du pont.

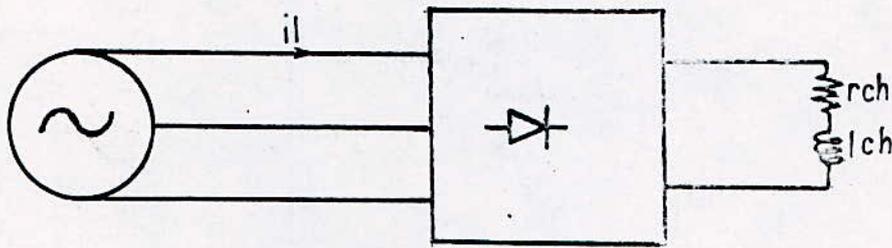
Quant aux phénomènes de la commutation dans les diodes ils ne peuvent être négligés tant que la durée de recouvrement entre deux diodes est inférieure à  $T/6$  on affaire à la commutation simple.

Dans le domaine des charges élevées, dépassant la zone de commutation simple, dans ce domaine, on rencontre des régimes de commutations multiples intéressant plus de deux diodes.

Nous avons donc choisi tout en partant d'une certaines bases de développer un modèle général.

L'alternateur est une machine à pôles saillants muni d'amortisseurs, son induit constitue un système triphasé équilibré en étoile avec un circuit magnétique non saturé fonctionnant à vitesse constante.

Notre démarche consiste à étudier le comportement de l'alternateur débitant sur un pont de Graetz à diodes dont le schéma est repris à la figure N1.1



pont de Graetz.

figure N 1.1

## 12 Principe de la résistance équivalente

En considérant que le courant de charge de l'alternateur comme constant  $i_c = I_{ch}$ , moyennant cette hypothèse, le courant ( $i_l$ ) passant dans les lignes d'alimentation du pont de Graetz aura la forme classique en créneaux comme indiqué sur la figure N ou  $E_m$  est la force électromotrice équivalente à celle définie dans le cas d'un transformateur, nous assimilons la FEM à la tension d'alimentation  $V$  du pont.

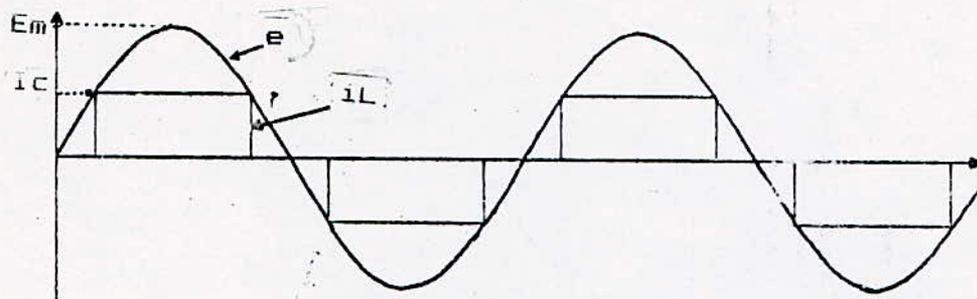


Fig N°2.1 COURANT ET TENSION DE PHASE DU SYSTEME FIG 2.1

De l'examen de la figure N°2.1, on peut constater que le courant  $i_L$  est en phase avec la tension de phase, on peut par conséquent concevoir la notion de la résistance équivalente.

La valeur efficace du courant  $i_L$  vaut :

$$I_{eff} = \sqrt{2/3} I_c$$

D'autre part on trouve après quelques calculs que la valeur efficace  $I_{eff}$  du fondamental de ce même courant en créneau est donnée par :

$$I_{1eff} = 2/\pi \sqrt{3/2} I_{eff}$$

par conséquent

$$I_{1eff}/I_c = \sqrt{6}/\pi$$

$$I_{1eff}/I_{eff} = 3/\pi = 0.955$$

Cette dernière relation nous montre que l'harmonique 1 est prépondérante, la théorie relative au pont de Graetz nous enseigne que les autres harmoniques sont inexistantes leur taux valent  $(1/5, 1/7, \dots, 1/13, \dots)$ .

Le courant en créneaux  $i_L$  peut alors être assimilé sans grande erreur à son fondamental, ainsi les grandeurs alternatives dans

les enroulements de l'induit seront réduites à leurs grandeurs sinusoidales. Par conséquent, le fonctionnement triphasé équivalent est simplement un débit sur une charge résistive.

A partir des relations entre les grandeurs redressées et les valeurs efficaces des fondamentaux des grandeurs alternatives à vide,

$$V_{ch} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m$$

$$i_{ch} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} I$$

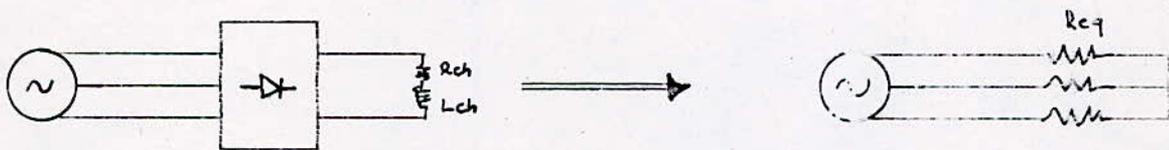
puisque:

$$V = r_{eq} I$$

la résistance équivalente est:

$$r_{eq} = \frac{\pi^2}{18} r_{ch}$$

Cette dernière relation est valable à vide ou à faible charge, en d'autres termes si on suppose que la commutation est instantanée. Le concept de la résistance équivalente, nous permet d'assimiler le débit d'un alternateur redressé en commutation instantanée à un alternateur débitant sur une résistance triphasé équivalente.



Ceci étant dit, il faut remarquer que l'on ne peut pas négliger la commutation dans le cas de notre machine, contrairement à la proposition de Ballay qui traite le problème de l'alternateur

redressé en se contentant de la résistance équivalente sur une grande partie de la caractéristique de la charge (mode I).

En fait jusqu'à présent, nous n'avons pas tenu compte du phénomène d'empiètement, on peut montrer que celui-ci introduit un déphasage du courant  $I$ , de  $\phi$  en arrière par rapport à  $V$ . Nous verrons à cet égard que la commutation dépend du courant de charge et des paramètres de la machine.

chapitre2

## 2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons négligé l'effet de la commutation néanmoins, nous avons précisé que ces effets ne sont plus négligeables dès que le courant de charge dépasse le stade du fonctionnement à faible charge nous devons donc les prendre en compte dans tous les modes de commutation, et nous tenterons de voir jusqu'à quel point nous pouvons la négliger.

Comme nous l'avons déjà signalé, la commutation naturelle introduit un déphasage  $\phi$  entre les fondamentaux du courant et de la tension.

A partir des équations donnant les termes en sinus et en cosinus du développement. Celles ci permettent de calculer les déphasages des divers termes et en particulier celui du terme fondamental  $\phi_1$  et ceci dans le cas d'un courant parfaitement lissé.

Ce déphasage a pour expression :

$$\text{tg}(\phi_1) = \frac{2u - \sin 2u}{2(1 - \cos^2 u)}$$

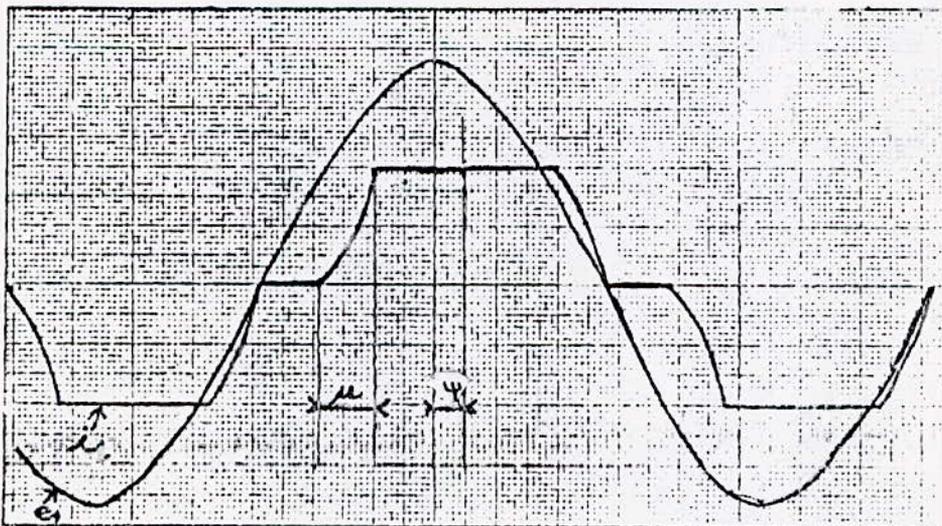


Fig 2.1

COURANT ET TENSION DE PHASE DU SYSTEME

FIG 2.1

la commutation naturelle à pour effet de transformer la résistance équivalente en impédance équivalente  $z_{eq}$ .

la détermination de  $z_{eq}$ .

$$v_{ch} = r_{ch} i_{ch}$$

$$v = z_{eq} i$$

en multipliant les équations ci dessus membre par membre

$$v \cdot i_{ch}$$

$$z_{eq} = \frac{r_{ch}}{v_{ch} \cdot i}$$

$$r_{eq} = z_{eq} \cos \phi$$

$$x_{eq} = z_{eq} \sin \phi$$

où  $z_{eq}$ ,  $x_{eq}$ , sont, respectivement, l'impédance équivalente et la réactance équivalente.

Par conséquent nous pouvons estimer que le fonctionnement en régime établi de l'alternateur redressé est similaire à un débit triphasé équivalent sur une impédance.

## 2.2 modèle du transformateur

La théorie du pont de Graetz développée a été établie en considérant son alimentation par un transformateur. dans notre cas ce dernier est représenté par trois FEM  $e_1, e_2, e_3$  constituant un système triphasé en série avec une inductance. Nous considérons ce modèle durant toute la suite de notre étude. *Fig N° 2.2*

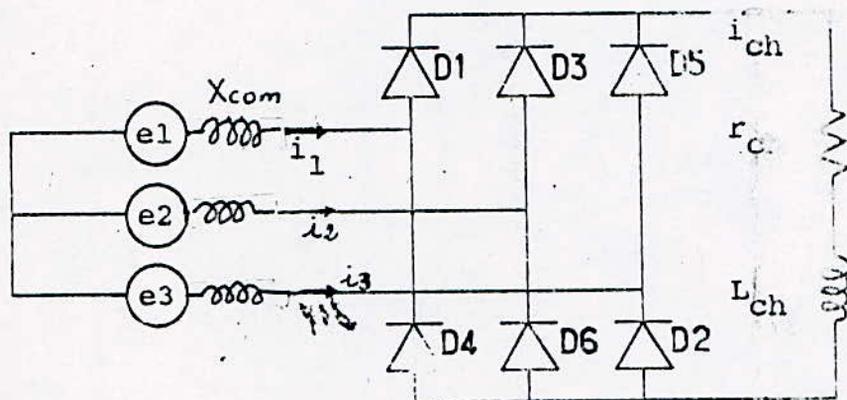


Fig N° 2.2

\*  $i_1, i_2, i_3$ : sont des courants dans les phases, ils constituent un système triphasé équilibré périodique.

\*  $X_{com}$ : l'inductance de commutation équivalente par phase. plusieurs études ont fait l'objet du choix de cette inductance pour l'alternateur redressé.

Nous essayerons dans notre étude de donner la loi pratique qui régit la variation de cette réactance en fonction de l'angle de commutation.

### 2.3 Etude de la commutation

L'Etude de la commutation regroupe trois modes de fonctionnement figurés sur la caractéristique de charge théorique par les zones I, II, III et ceci pour une réactance de commutation constante.

Le régime du débit en commutation binaire d'un montage redresseur (pont de Graetz) est caractérisé par un débit alterné sur deux phases résultantes, ces dernières débitent simultanément pendant l'angle de commutation  $\mu$ .

Quant la charge augmente, l'angle de conduction croit, il en est de même pour la chute de tension et la chute ohmique, qui en première approximation ne dépendent que de la valeur moyenne du courant redressé.

La caractéristique de charge est donc une ligne quasi rectiligne dans le cas d'un courant de charge parfaitement lissé et une résistance ohmique négligeable. proposons nous de déterminer le domaine de cette caractéristique.

La courbe partant de l'axe de tension est limitée en abscisses par la condition  $\mu = \pi/3$  dans le cas d'un pont de Graetz.

L'analyse du fonctionnement donne quelques relations connues qui sont:

### 2.3.1 mode I

$$(1) \quad V_{ch} = V_{ch0} - \Delta V_d$$

$$(2) \quad V_{ch} = 6/\pi \cdot E_m \cdot \sqrt{3}/2 - 3 \cdot X_{com} \cdot I_{ch}/\pi$$

$$(3) \quad 1 - \cos \mu = 2 \cdot X_{com} \cdot I_{ch}/E_m \cdot \sqrt{3}$$

D'après les expressions (1), (2), (3), on déduit:

$$V_{ch} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot E_m \cdot \cos^2 \mu/2$$

\* pour ce mode on prend  $\gamma = \mu/2$  et  $\theta = \phi$

En négligeant la chute ohmique on peut écrire

$$(4) \quad V\sqrt{2} \cdot \cos \phi = E\sqrt{2} \cdot \cos \gamma$$

Nous conserverons cette approximation dans toute la suite du fonctionnement.

nous avons:

$$Z_{eq} = V \cdot I_{ch} \cdot r_{ch} / V_{ch} \cdot I$$

$$** \quad Z_{eq} = (V/E) \cdot (\pi^2 \cdot r_{ch} / 18 \cdot \cos^2(\mu/2))$$

En remplaçant le rapport (V/E) tiré de l'équation (4) dans l'équation(\*\*), on obtient:

$$Z_{eq} = \pi^2 \cdot r_{ch} / 18 \cdot \cos \phi \cdot \cos \gamma$$

$$\operatorname{tg}^2 \gamma = 3 \cdot X_{com} / \pi \cdot r_{ch}$$

### Séquences de conduction des diodes

Chaque un des six intervalles d'une période regroupe trois diodes en commutation et deux diodes en conduction

<u>diodes en commutation</u>	<u>diodes en conduction</u>
D1 D5 D6	D1 D6
D1 D6 D2	D1 D2
D1 D3 D2	D3 D2
D3 D4 D2	D3 D4
D3 D5 D4	D5 D4
D5 D4 D6	D5 D6

### 2.3.2 Palier de commutation $\alpha=60^\circ$

Dans ce mode le débit se fait par groupes de trois diodes successives dont deux seulement sont en commutation, la troisième fonctionnant à courant constant. La succession de ces intervalles se fait comme suit:

D1 D2 D3      D2 D3 D4      D3 D4 D5      D4 D5 D6      D6 D1 D2

Reprenons l'équation de la caractéristique de charge. (2) et (3) qui peut s'écrire comme suit:

$$\sin(\mu/2) \cdot \sin(\mu/2) = \frac{I_{ch}}{2\pi/p \cdot V_{ch0} / X_{com}}$$

D'autre part l'équation de la caractéristique peut se mettre sous la forme suivante:

$$V_{ch}/V_{ch_0} = \cos(\mu/2) \cdot \cos(\mu/2)$$

Les équations ci dessus fournissent, dans le plan des  $V_{ch}$  et  $I_{ch}$ , les lieux d'égales valeurs de l'angle de commutation  $\mu$  c'est évidemment une ellipse ayant les demi axes suivants:  $\gamma = \dots$

$$v_{ch}: v_{ch_0} \cos \mu/2$$

$$I_{ch}: 2\pi/p \cdot \sin \mu/2 \cdot v_{ch_0}/x_{com}$$

dans le cas particulier de la valeur maximale de l'angle de commutation simple  $\mu=60^\circ$ , les demi axes deviennent:

$$\text{axes des } v_{ch} : v_{ch_0} \cdot \sqrt{3}/2$$

$$\text{axes des } I_{ch} : \sqrt{3} \cdot E_m/2 \cdot X_{com}$$

Les équations de charge sont données par:

$$V_{ch} = (3 \cdot \sqrt{3} E_m / \pi) \cdot (\sqrt{3} \cdot \cos \gamma / 2)$$

$$I_{ch} = E_m \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \gamma / 2 \cdot X_{com}$$

$$Z_{eq} = V \cdot I_{rch} / V_{ch} \cdot I_{ch}$$

$$Z_{eq} = (\pi^2 \cdot r_{ch} / 18) \cdot (2 / \sqrt{3} \cdot \cos^2 \gamma)$$

$$\text{tg } \gamma = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot X_{com} / \pi \cdot r_{ch}$$

$$\phi = \pi/12$$

$$\theta = \gamma - \pi/12$$

D'après la théorie, la valeur limite du palier à  $\mu$  constant est caractérisé par le point dont les coordonnées

$$(V_{ch}/V_{ch_0}, I_{ch}/I_{cc}) = (\sqrt{3}/4, 3/4).$$

D'où à la fin du mode II  $\gamma = 60^\circ$

$$V_{ch}/V_{ch_0} = \sqrt{3}/2 \cdot \cos \gamma = \sqrt{3}/4 \quad \cos \gamma = 1/2 \quad \gamma = 60^\circ$$

On peut par conséquent conclure que  $\gamma$  varie de  $30^\circ$  à  $60^\circ$ .

### 2.3.3 Commutation multiple

La caractéristique de charge dans la zone III du fonctionnement est caractérisée par une droite d'équation.

$$V_{ch} = 9/\pi(E_m - X_{com}.I_{ch})$$

$$V_{ch} = 9/\pi.E_m(1 - X_{com}.I_{ch}/E_m)$$

$$\pi/9.V_{ch}.E_m + X_{com}.I_{ch}/E_m = 1$$

D'où

$$(5) \quad V_{ch} = 9.E_m.\cos^2 \gamma / \pi$$

$$(6) \quad I_{ch} = E_m.\sin^2 \gamma / X_{com}$$

Des équations (5) et (6), on déduit:

$$\operatorname{tg}^2 \gamma = 9.X_{com}/\pi.r_{ch}$$

$$Z_{eq} = V.I_{ch}.r_{ch}/V_{ch}.I$$

$$Z_{eq} = \pi^2.r_{ch}/18.\sqrt{3}.\cos \gamma .\cos \phi$$

Si nous supposons que dans ce mode  $\gamma$  varie linéairement par rapport à  $\mu$ , on a ainsi :

$$\gamma = \mu/2 + \pi/6$$

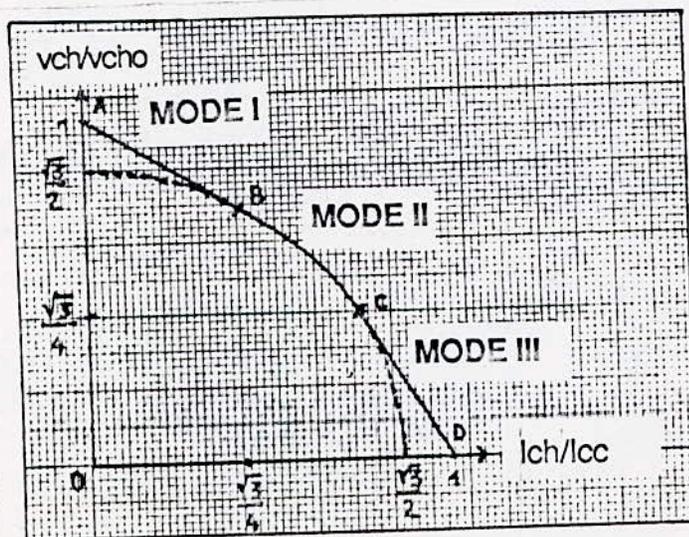


Fig 3.1

CARACTERISTIQUE THEORIQUE DE L'ALTERNATEUR redressé basé sur le modèle du transformateur.

chapitre3

### 3.1 INTRODUCTION

Comme, nous avons déjà noté au chapitre 2, la commutation dans l'alternateur redressé peut être étudiée en se basant sur le modèle du transformateur.

Dans ce présent chapitre nous allons étudier la commutation sur deux alternateurs différents, le premier muni d'amortisseurs et le second dont l'influence des amortisseurs est presque inexistante que nous le considérons dépourvu d'amortisseurs.

Afin de vérifier nos résultats basés sur le modèle du transformateur, nous avons fait débiter notre alternateur du laboratoire sur un pont de Graëtz avec charge R-L, nous avons visualiser le courant de ligne et la tension entre deux phases de l'alternateur pour y mettre en évidence la présence de la commutation. la durée de passage par zéro est mesurée de l'angle d'empiètement. nous avons remarqué que le courant part d'un signal quasi carré à vide à une sinusoïde en court circuit. Tandis que la tension part d'un signal sinusoïdale à vide à une forme accidentée à forte charge.

Nous avons effectué plusieurs essais avec différentes vitesses de rotations de l'alternateur et différents courants d'excitation, nous avons sélectionné 3 vitesses de rotation (1500, 1000, 500) tr/min et deux valeurs du courant d'excitation

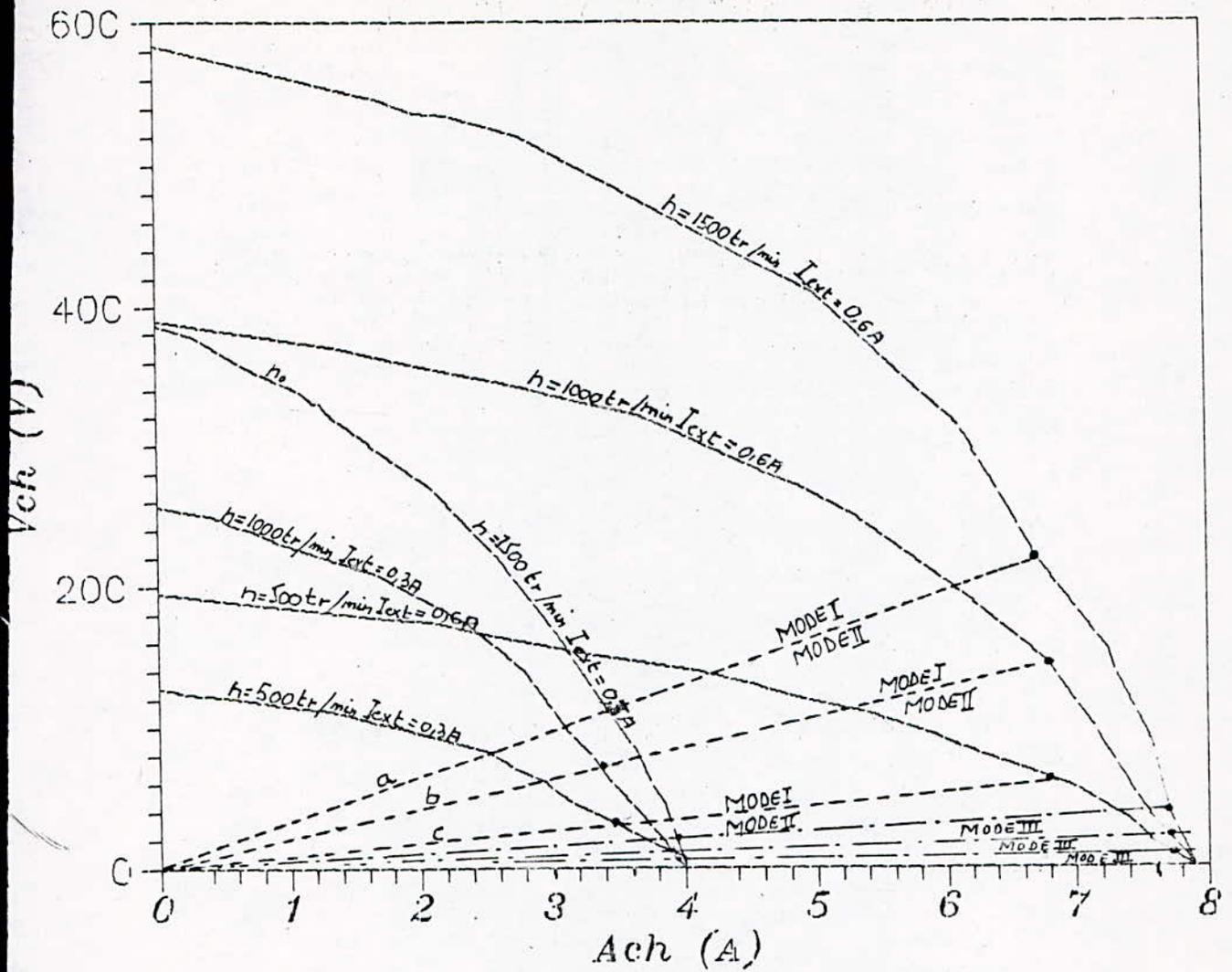
0.3 A, 0.6 A. Le banc d'essai pour le premier alternateur est présenter en annexe. Quant au second alternateur les résultats de la manipulation sont ceux utilisés par Mr SARI [3].

### 3.2 comparaison entre les résultats théoriques et pratiques

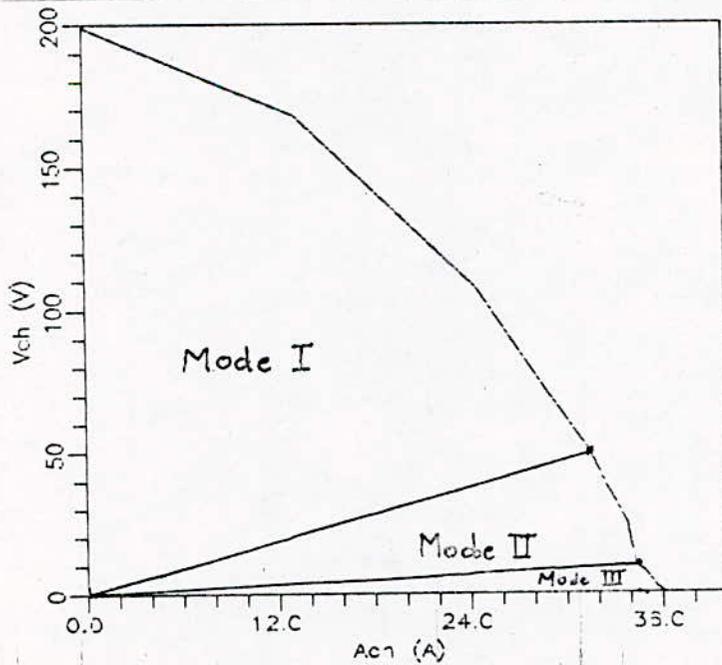
les résultats obtenus pratiquement, dans les deux cas, selon que l'alternateur redresse est pourvu ou pas d'amortisseurs, ne reproduisent pas les résultats basés sur le modèle du transformateur.

Proposons-nous de délimiter les domaines de ces caractéristiques, selon les modes de commutation. les caractéristiques  $v_{ch}$  ( $I_{ch}$ ) pratique tracées pour diverses valeurs du courant d'excitation et de vitesses de rotation de l'alternateur, partent de l'axe des tensions et sont limitées en abscisse par le courant de court circuit, ce dernier dépend uniquement du courant d'excitation de l'alternateur mais ne dépend nullement de la vitesse de celui-ci.

On remarque dans toutes les caractéristiques que, le mode 1 du fonctionnement de l'alternateur redresse s'étale sur une grande partie de la caractéristique de charge, il est limité en abscisse par une valeur du courant égale à  $0.84 I_{cc}$  (courant de court circuit) pour l'alternateur 1, et  $0.86 I_{cc}$  pour l'alternateur 2, le mode 2 du fonctionnement qui, lui représente une petite portion de la caractéristique se limite en une valeur approximativement



CARACTERISTIQUES DE CHARGE DE L'ALTERNATEUR REDRESSE AVEC AMORTISSEURS A DIFFERENTES VITESSES ET A DIFFERENTS COURANTS D'EXCITATION



CARACTERISTIQUE PRATIQUES DE L'ALTERNATEUR SANS AMORTISSEUR!

A N = 1500 tr/mn

Fig 1.3

egale à  $0.95 I_{cc}$  pour les deux alternateurs 1 et 2. Quant au mode 3, il représente une très faible portion de la caractéristique de charge. il correspond, pour les deux alternateurs, à une variation du courant de l'ordre de  $0.05 I_{cc}$ , près du court circuit. Fig 4.3.

### 3.3 SIMULATION ET DETERMINATION DE LA CARACTERISTIQUE THEORIQUE CORRIGEE

D'après ce qui a été dit au paragraphe précédent, les résultats expérimentaux ne sont pas conformes à ceux de la théorie basée sur le modèle du transformateur et ceci du fait qu'il n'y a pas de concordance entre les valeurs expérimentales et théoriques de l'angle d'empatement. nous nous intéresserons dans ce chapitre aux allures des caractéristiques théoriques basées sur le modèle du transformateur et de la réactance de commutation qui influent sur la durée du mode de commutation.

A partir des formules établies au chapitre 2, nous avons donc porté la loi théorique de la caractéristique de charge  $V_{ch}=F(I_{ch})$  avec différentes réactances de commutation, au même graphique que la caractéristique réelle  $v_{ch}=F(I_{ch})$  voir fig N 2.3, 3.3, 4.3, 5.3, 6.3, 7.3

Nous avons donc développé un programme de simulation, basé sur le modèle du transformateur, qui à partir d'une valeur de la réactance de commutation équivalente, détermine les valeurs de  $i_{ch}, v_{ch}, \dots, u$ . pour le tracé des courbes, nous avons pris comme valeur de référence la tension redressée à vide correspondante aux différents courants d'excitation et différentes vitesses de rotations.

la démarche que nous avons adopter pour la détermination de la réactance de commutation de l'alternateur redressé nécessite que l'on s'intéresse au préalable, aux différentes théories proposées par:

Mr SHILLING recommande la valeur de la reactance direct sub-transitoire,  $x_{com}=X_d''$  en cas d'un alternateur muni d'amortisseurs et  $x_{com}=X_d'$  (reactance transitoire) dans le cas contraire.

Mrs KUBLER et SMITH: considère que  $x_{com}=X_l$  (inductance de fuite) donne de bon resultats.

Mr ELEBOV et FRESL: voient que  $x_{com}=X_d''+(X_d''+X_q'')/2$ .

Mr BALLAY: propose  $X_{com}=(X_d'+X_q'')/2$ , au debut de la caracteristique, et  $(X_d+X_q)/2$  à la fin de la caracteristique.

D'après les figures N.2.3, 3.3, 4.3, 5.3, 6.3, 7.3 les resultats ne sont pas tres satisfaisants, c'est à dire, quant le courant de charge depasse une certaine valeur, toutes les caracteristiques correspondantes aux différents courant d'excitation et différentes vitesses de rotation, divergent et ne suivent plus la caracteristique réelle. Or notre but etait de determiner, dans des intervalles de courant donnés, la valeur de la reactance de commutation  $x_{com}$ , pour laquelle, precisement, la caracteristique de charge theorique soit la plus proche, relativement aux autres caracteristique, de la caracteristique réelle.

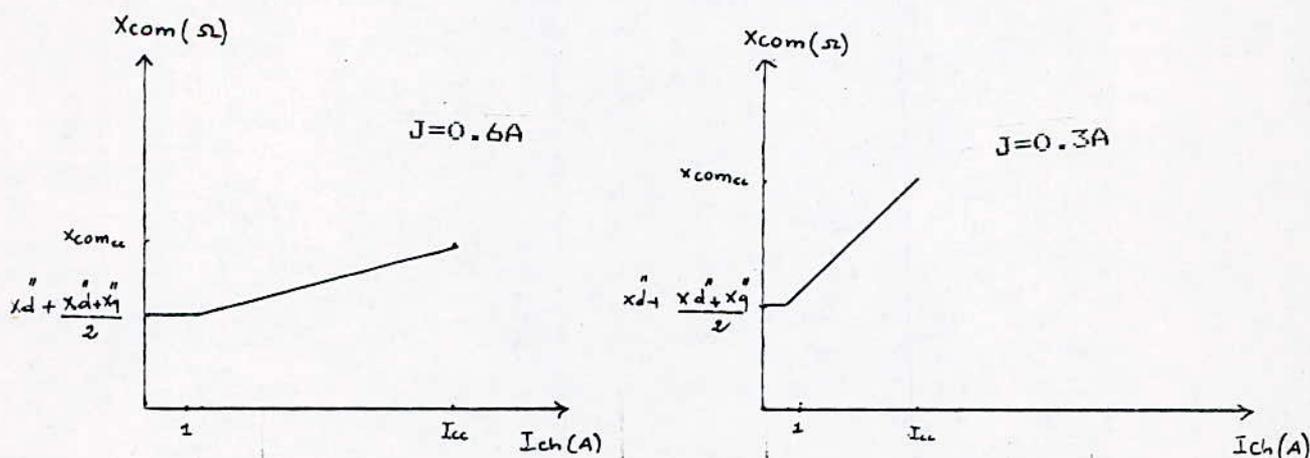
Pour la valeur du courant d'excitation  $J=0.6$  et à différentes vitesses de rotations la caracteristique theorique la plus proche de celle de l'experience, est celle qui corespond à la reactance de commutation égale à  $X_d''+(X_d''+X_q'')/2$  dans l'intevalle de courant  $[0,2.8]$ . pour  $J=0.3$ , la valeur de la réactance de

commutation a la même expression mais dans un intervalle de courant  $[0, 0.6]$  A. néanmoins, nous avons pu remarquer que la courant de court circuit est d'autant plus faible que la reactance de commutation est (grande), par conséquent la courbe diverge d'avantage de la courbe réelle, d'autre part la chute de tension devient plus faible, d'où la caractéristique sera moins tombante. Dès lors, nous avons fait varier la réactance de commutation d'une façon linéaire avec le courant, ainsi nous avons obtenu une caractéristique théorique, qu'on appelle dans toute la suite: caractéristique théorique corrigée, qui suit parfaitement la caractéristique pratique voir figure N 8.3, 9.3

la loi de variation de la reactance de commutation en fonction du courant de charge a été établie comme suit:

pour  $J=0.6A$ ; on prend  $x_{com} = x_d'' + (x_d'' + x_q'')/2$  et ce pour un intervalle de courant  $[0 - 2.8]$ , dans le reste de l'intervalle  $[2.8 - I_{cc}]$ ,  $x_{com}$  varie linéairement avec le courant.

pour  $J=0.3A$  on prend  $x_{com} = x_d'' + (x_d'' + x_q'')/2$  dans l'intervalle de courant  $[0 - 0.6]$ . pour l'intervalle  $[0.6 - I_{cc}]$ , la reactance  $x_{com}$  varie linéairement avec le courant voir la figure ci-dessous.



loi de variation de la reactance de commutation en fonction du courant

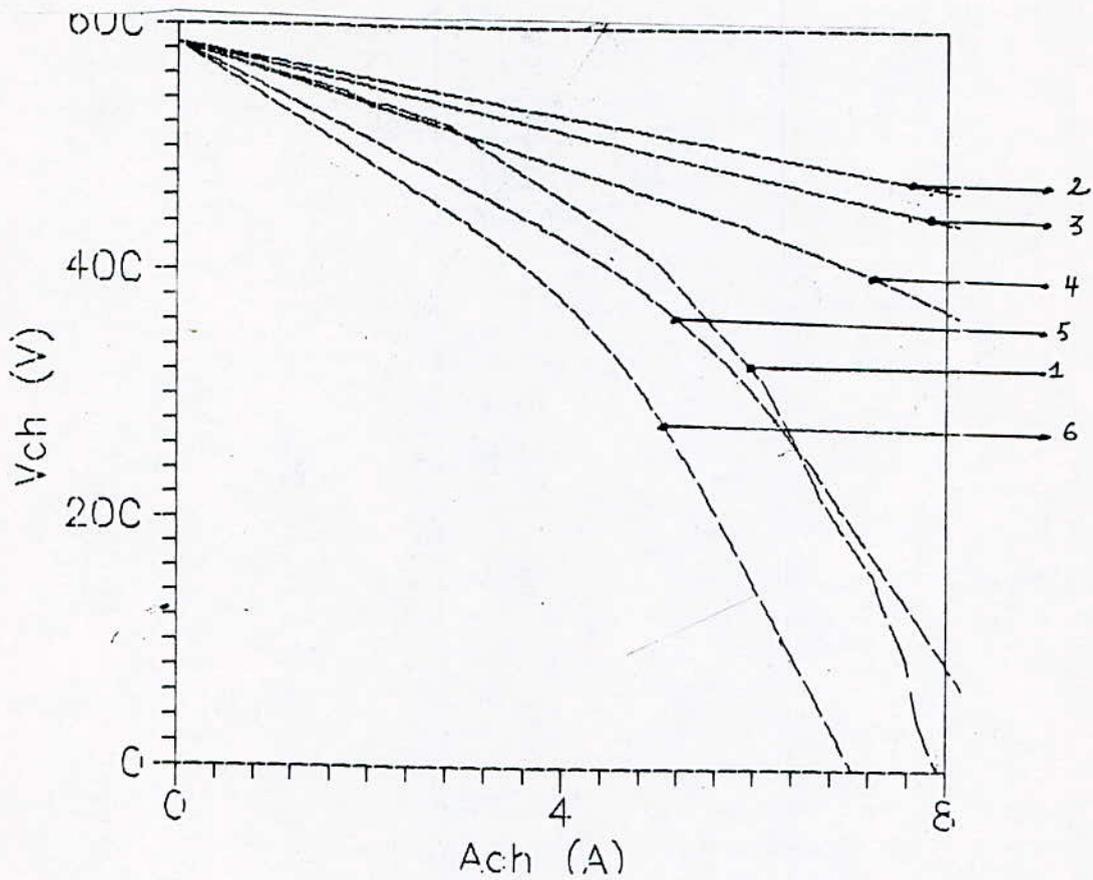


FIG N 2.3 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=1500 \text{ t/m}$  ET  $J=0.6A$

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_l$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X''_d + X''_q) / 2$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X''_d + (X''_q + X''_d) / 2$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = 40 \Omega$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X_d + X_q) / 2$

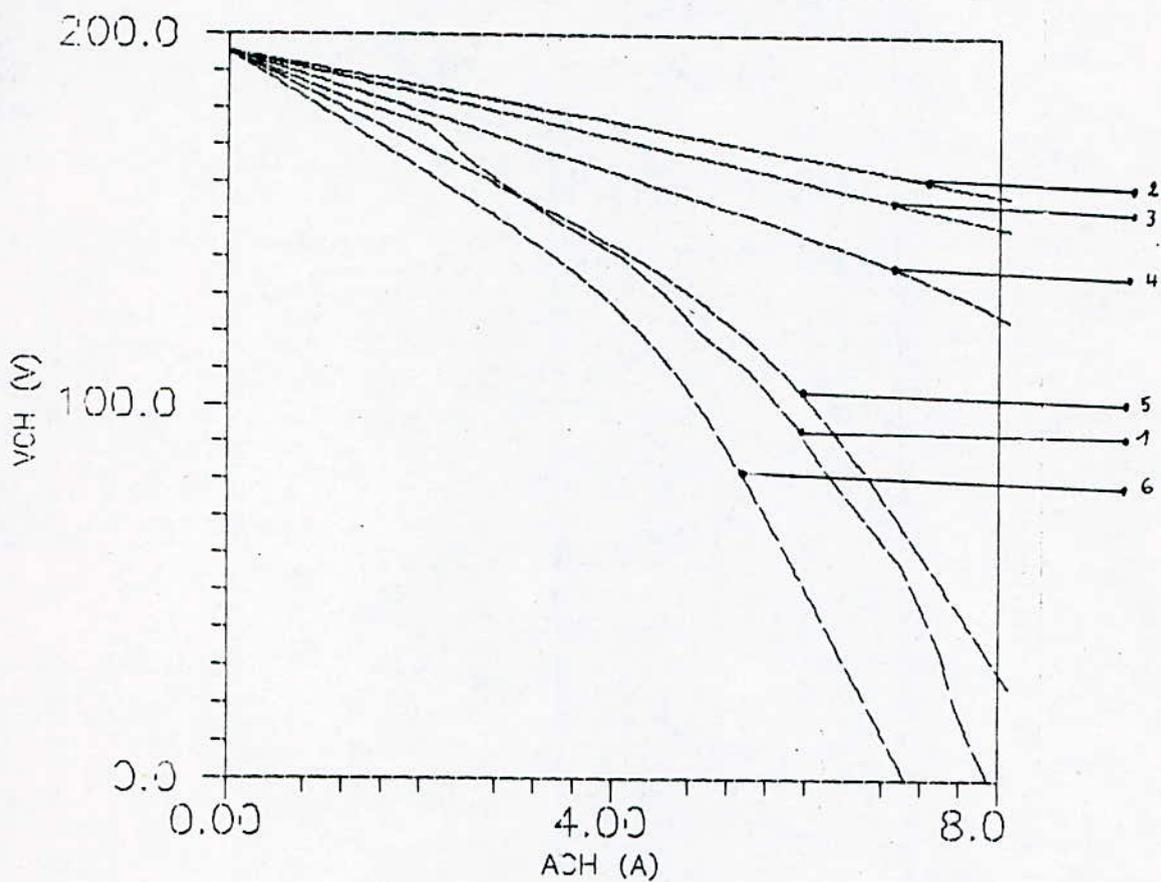


FIG N5.3 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE  
L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=5000r/min$  ET  $J=0.6A$

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_l$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X''_d + X''_q)/2$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X'_d + (X''_d + X''_q)/2$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = 40 \Omega$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X_d + X_q)/2$

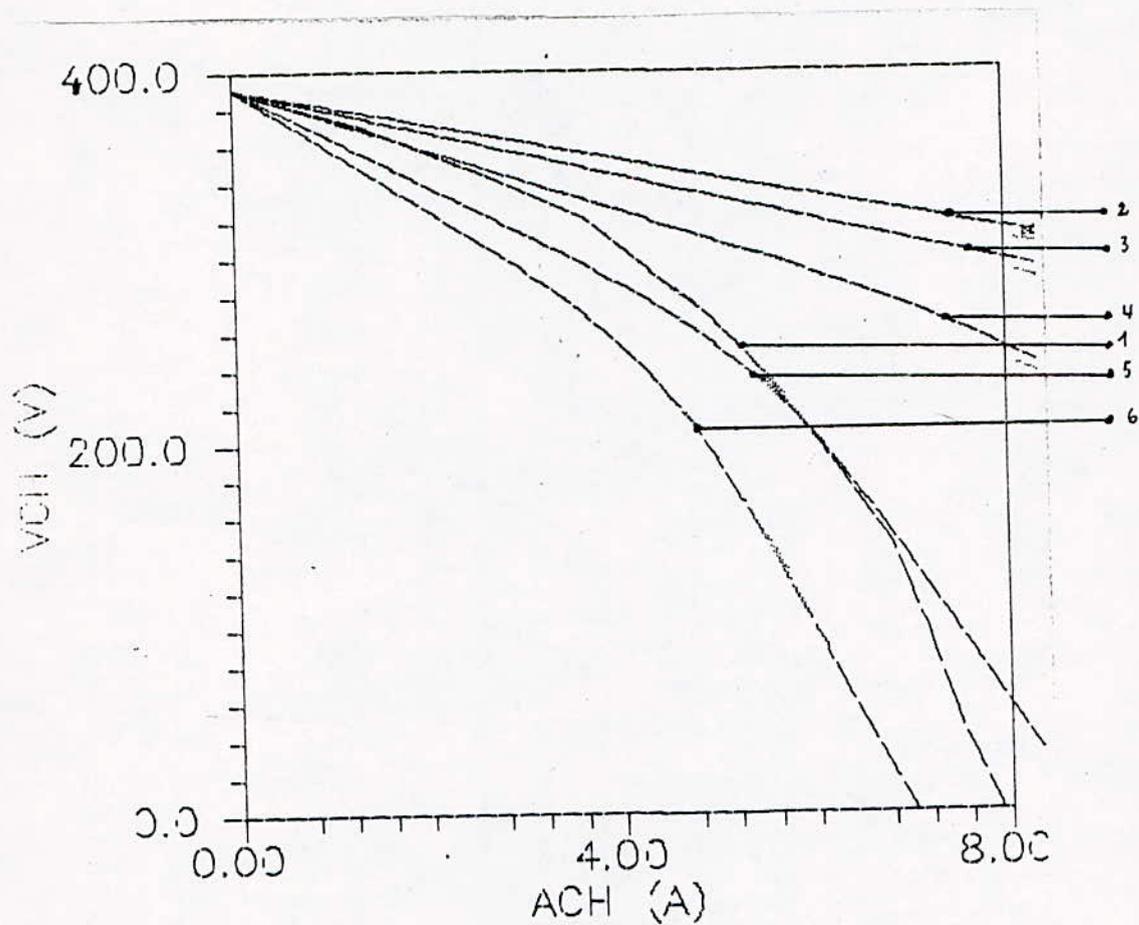


FIG N 33 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE  
L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=1000 \text{ tr/m}$  ET  $J=0.6 \text{ A}$

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_2$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X''_d + X''_q)/2$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X''_d + X''_q)/2 + X''_d$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = 40 \Omega$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X_d + X_q)/2$

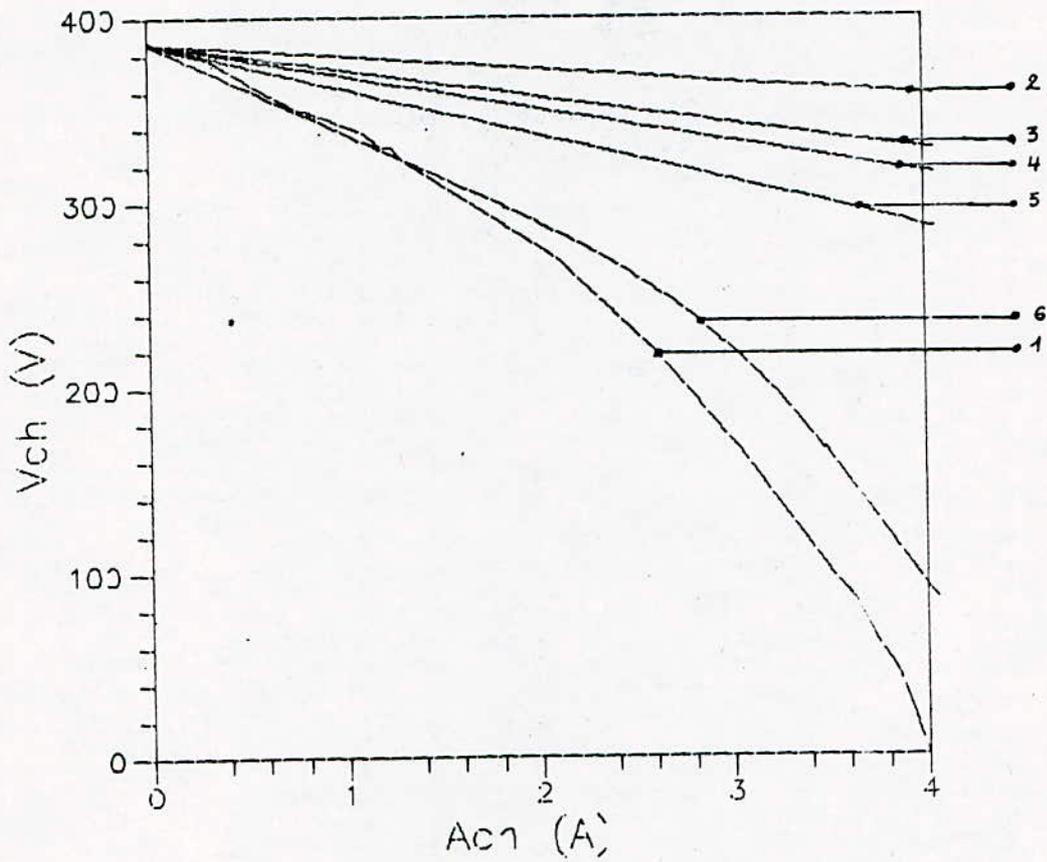


FIG N 6.3 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE  
L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=1500\frac{t}{m}$  ET  $J= 0.3 A$

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_d''$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_l$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = \frac{(X_d' + X_q'')}{2}$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_d'' + \frac{(X_d' + X_q'')}{2}$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = \frac{(X_d + X_q)}{2}$

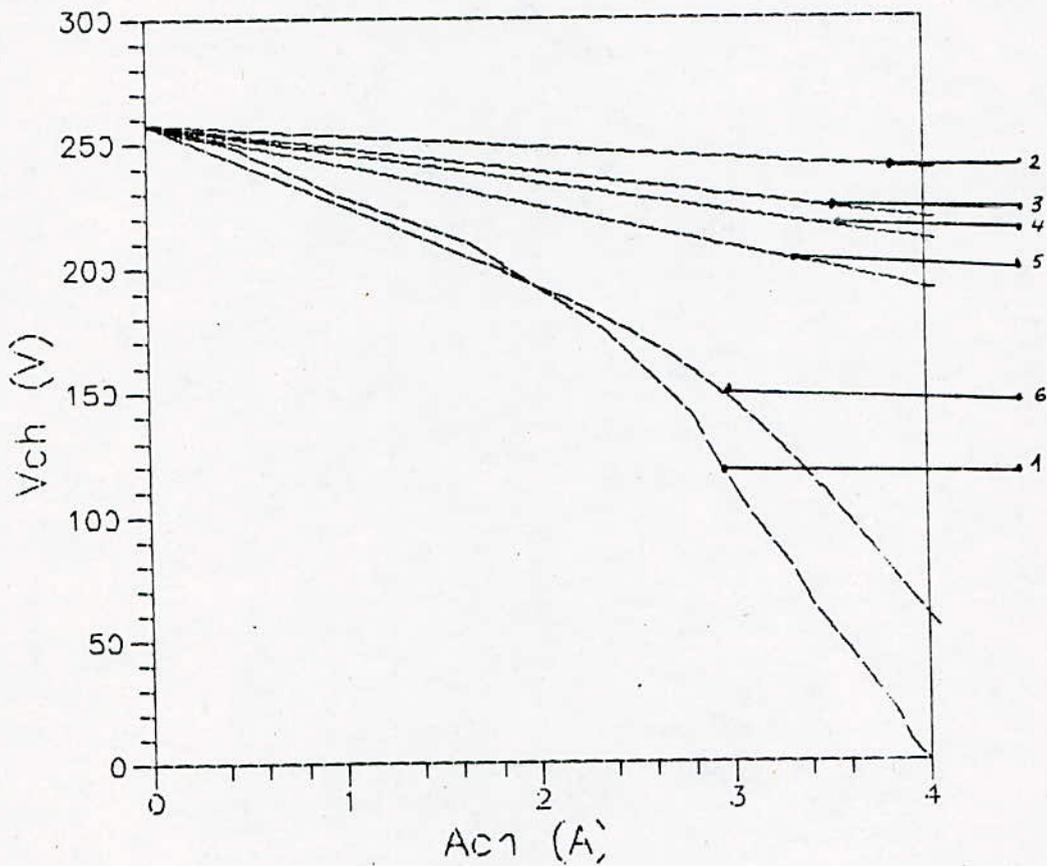


FIG N4.3 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE  
L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=1000 \text{ tr/m}$  ET  $J=0,3 \text{ A}$

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = x_d^{\circ}$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = x_p$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (x_d'' + x_q'')/2$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = x_d'' + (x_d' + x_q')/2$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (x_d + x_q)/2$

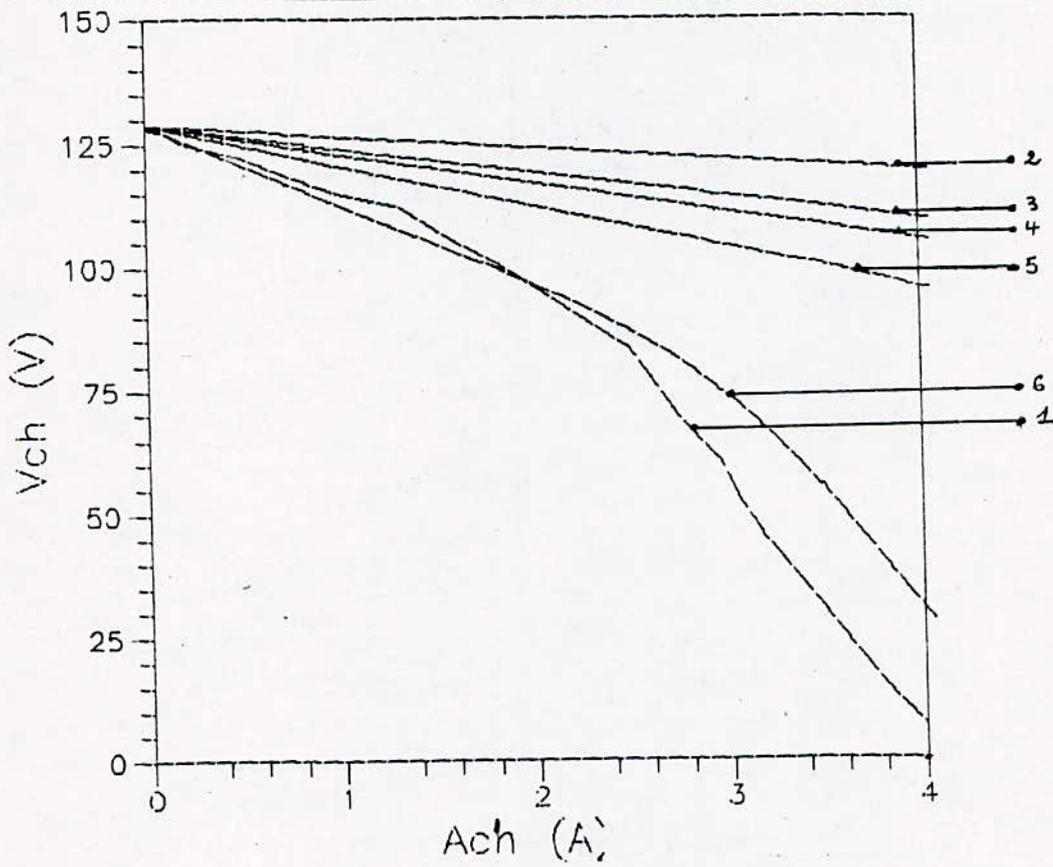


FIG N 7.3 CARACTERISTIQUES PRATIQUE ET THEORIQUE DE  
L'ALTERNATEUR REDRESSE A  $N=500 \text{ t/m}$  ET  $J=0.3 \text{ A}$

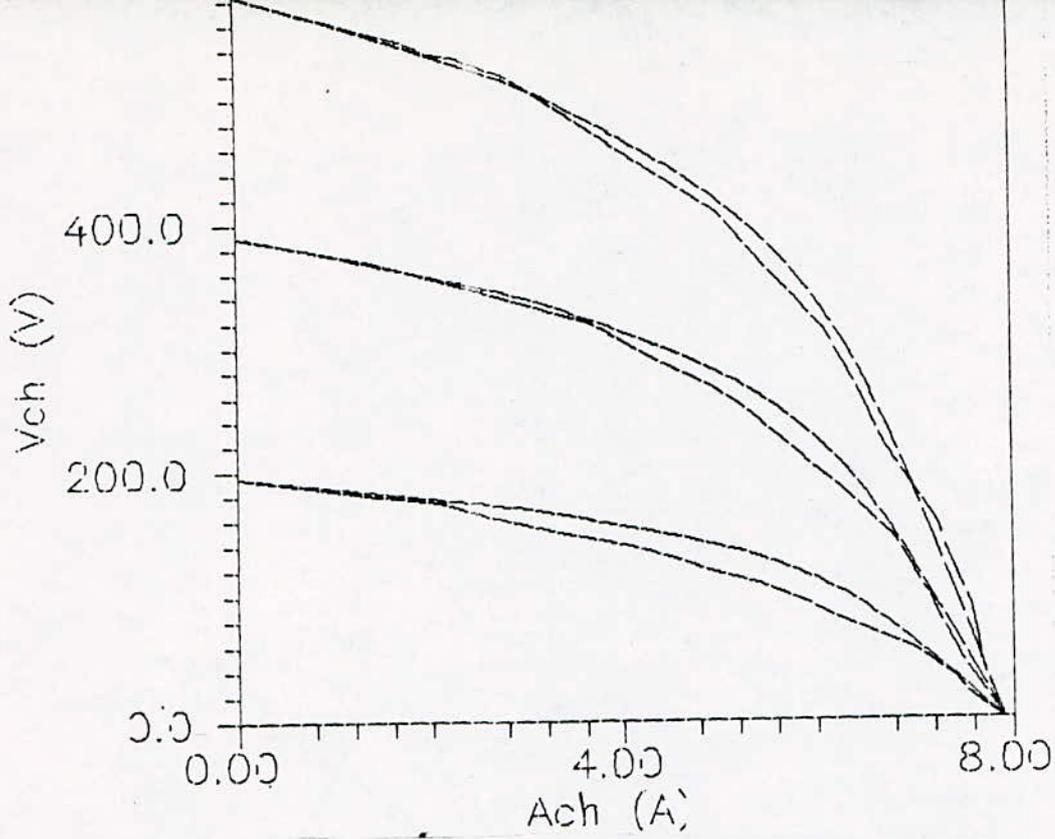
- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_d''$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_l$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X_d'' + X_q'')/2$
- 5 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = X_d'' + (X_d'' + X_q'')/2$
- 6 CARACTERISTIQUE THEORIQUE A  $X_{COM} = (X_d + X_q)/2$

### 3.4 comparaison entre la caractéristique théorique corrigée et la caractéristique pratique

la comparaison des différents résultats, entre la caractéristique de charge théorique corrigée et la caractéristique expérimentale ne donnent pas des résultats similaires quant aux valeurs de l'angle de commutation  $\alpha$ .

nous avons remarqué que la durée du modèle de la caractéristique expérimentale, et ceci à différentes vitesses de rotation et à différents courants d'excitation, représente les durées des modes 1e et 2 de la caractéristique théorique corrigée, correspondante en outre, pour une valeur du courant de charge donnée, soit

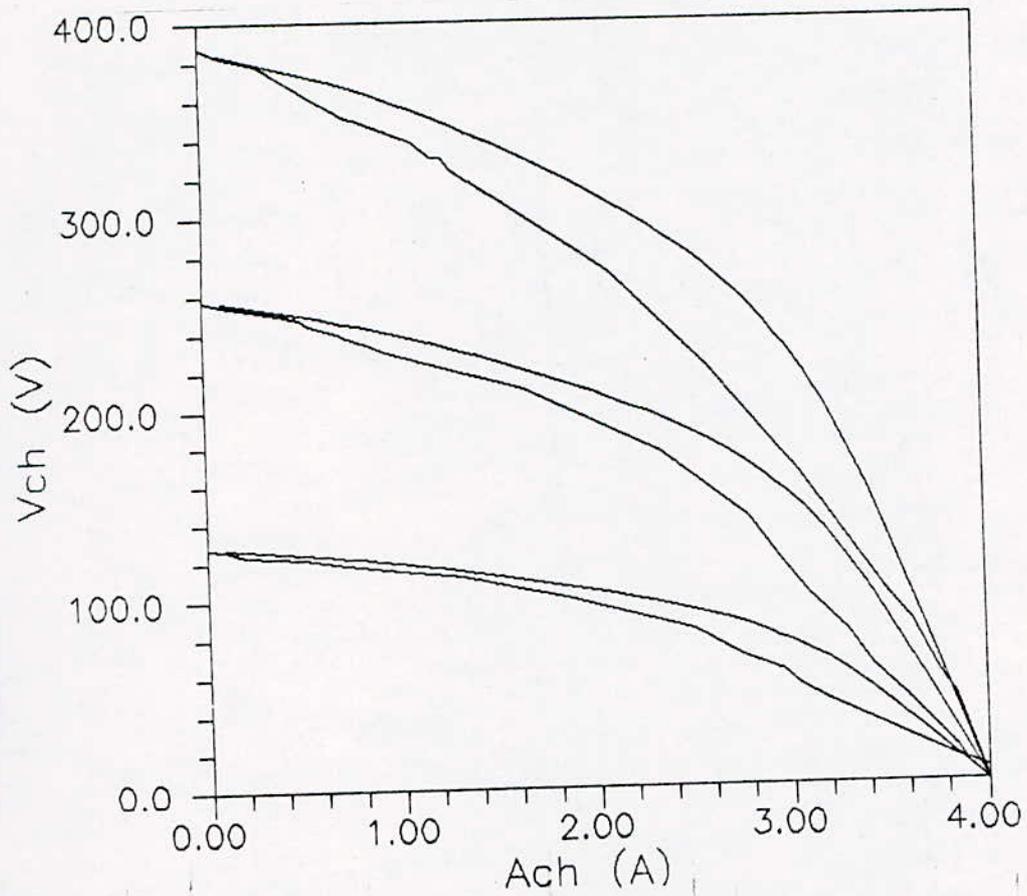
$I_{ch} = \frac{3}{4} I_{cc}$  qui limite le modèle ( $\alpha = 60^\circ$ ) de la caractéristique théorique corrigée basée sur le modèle du transformateur, l'angle de commutation mesuré correspondant à ce même courant vaut approximativement  $38.5^\circ$  et ceci pour différentes conditions de fonctionnement. D'autre part, on remarque que pour  $J = 0.3A$  il existe un écart plus important entre la caractéristique théorique corrigée et la caractéristique réelle, que dans le cas où  $J = 0.6A$ , et ceci est dû à la saturation, car les réactances dépendent de la saturation.



CARACTERISTIQUES REELLES ET CORRIGÉES

POUR  $N = (1500, 1000, 500)$  tr/mn  $J = 0,6$  A

Fig N 8.3.



CARACTERISTIQUES REELLES ET CORRIGÉES

POUR  $N = (1500, 1000, 500)$  tr/mn  $J = 0,3$  A

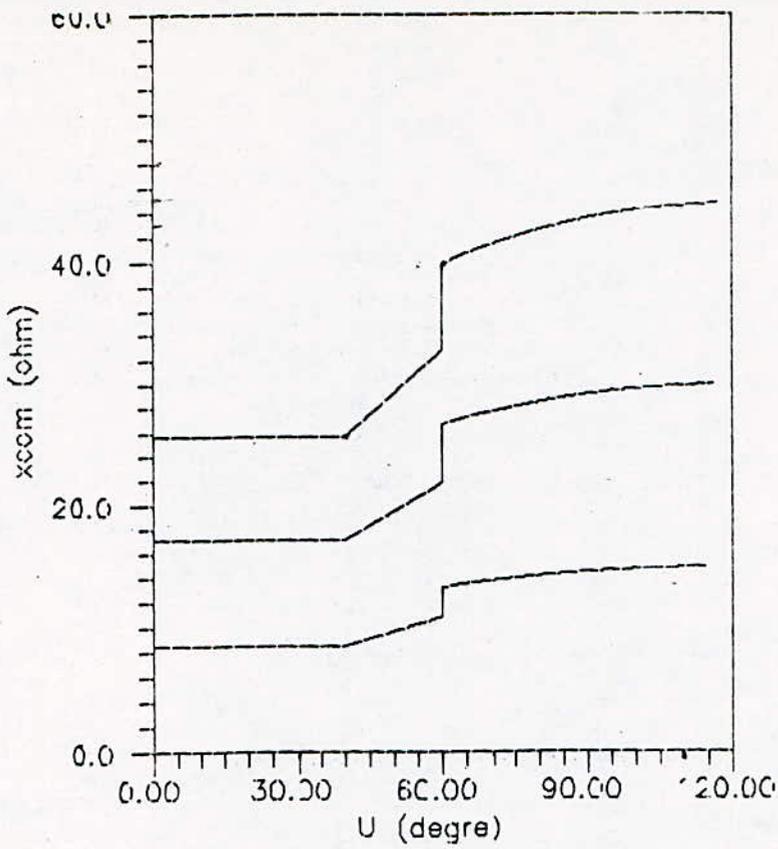
Fig N 9.3

### 3.5 loi de variation de la reactance de commutation et l'angle de commutation.

Pour une vitesse de rotation donnée de l'alternateur redressé fonctionnant à faible courant d'excitation soit  $J=0.3A$  (absence de la saturation), Les reactances de commutations sont plus grande que celle dans le cas du fonctionnement à courant d'excitation  $J=0.6A$  (presence de saturation).

les caracteristiques qui determine la loi de variation de  $x_{com}$  en fonction de l'angle d'empietement  $u$  correspondant à la caracteristique theorique de charge corrigée , demarrent de l'axe des reactances d'une valeur egale à  $x_d''+(x_d''+x_q'')/2$  pour atteindre une valeur approximativement égale à  $44\Omega$  en presence de saturation ; et atteint la valeur de  $\cos$  en absence de saturation

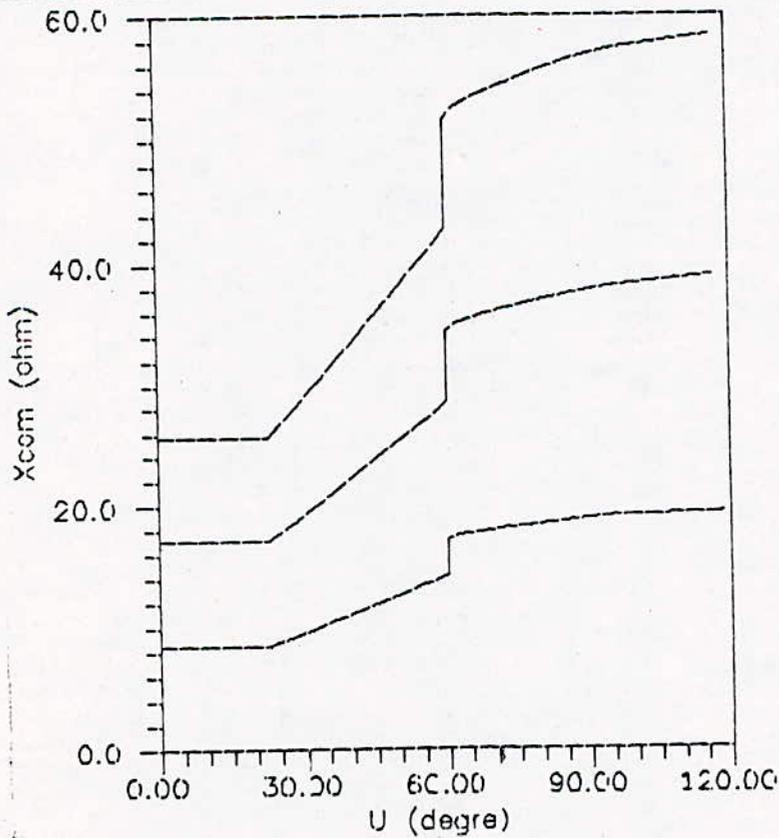
pour ramener cette derniere loi approximative qui regit la variation de  $x_{com}=f(u)$ , obtenue, à partir de la caracteristique de charge corrigée basée sur le modèle du transformateur à une loi qui regit la variation de  $x_{com}=f(u)$  pour l'alternateur. on trace cette loi en fonction des valeurs de l'angle d'empietement mesuré (pratiquement).



VARIATIONS XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  THEORIQUE

A J = 0,6A, N = (1500, 1000, 500) tr/mn

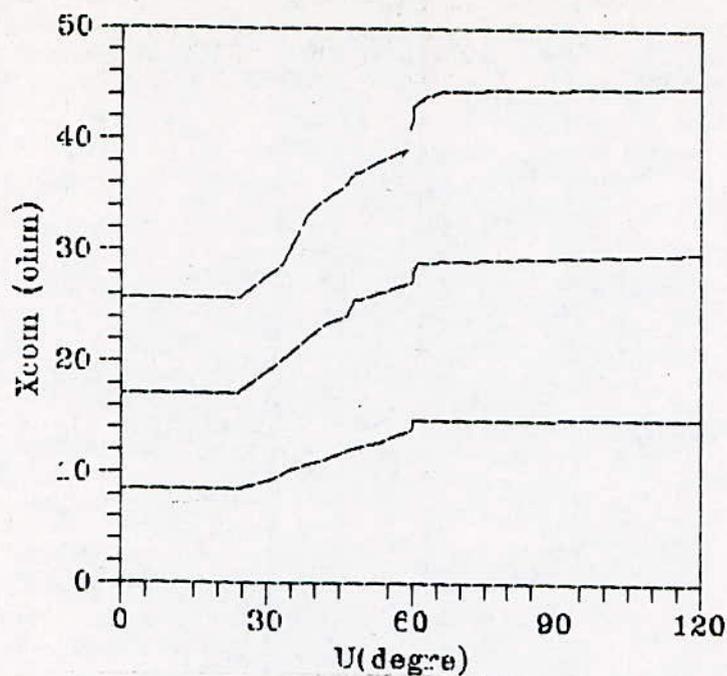
Fig N 10.3



VARIATIONS XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  THEORIQUE

A J = 0,3A, N = (1500, 1000, 500) tr/mn

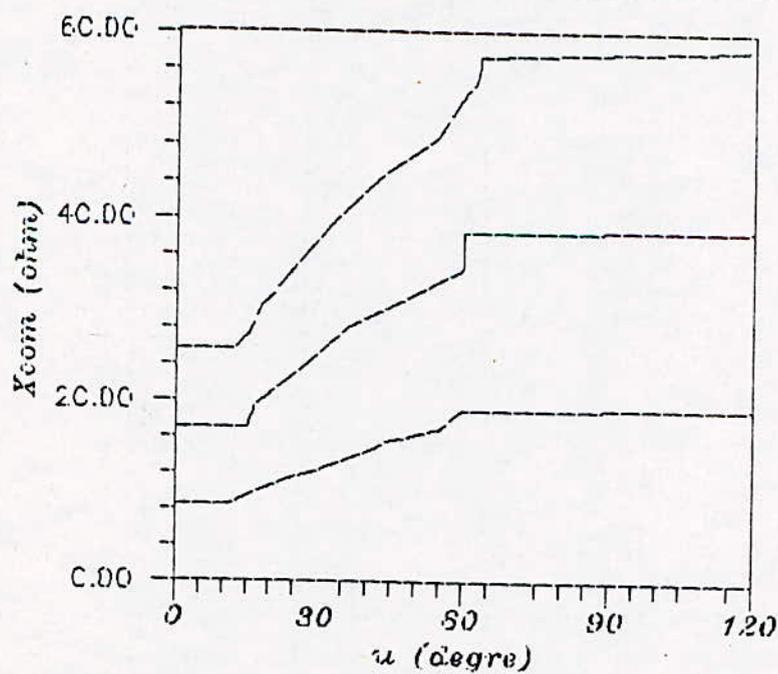
Fig N 11.3



VARIATIONS DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE

A J = 0,6 A N = (1500, 1000, 500) tr/min

Fig N 12.3



VARIATIONS DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE

A J = 0,3 A N = (1500, 1000, 500) tr/min

Fig N 13.3

## ALTERNATEUR 2

### 6 comparaison entre les caracteristiques theoriques, et pratiques.

nous avons deterniné pour ce deuxieme alternateur une seule caracteristique de charge correspondant à une seule valeur du courant d'excitation et une seule valeur de la vitesse,

$N=1500$  tr/m.

les caracteristique theoriques sont obtenues pour les differentes reactances de cimmutations suivantes:

$$x_{com}=X_{d'} \quad [3]$$

$$x_{com}=X_d$$

$$x_{com}=X_q$$

L'analyse de la figure N , nous permet de constater que l'etude comparative entre les caracteristique theoriques et pratique peut se diviser en deux intervalles.

le premier s'étend du point  $I_{ch}=0A$  jusqu'au point  $I_{ch}=16A$  où la caracteristique de charge dont la reactance est egale à  $X_q$  est la plus proche de la caracteristique pratique.

La caracteristique qui correspond à  $x_{com}=x_d$  suit ensuite la caracteristique pratique jusqu'à la fin du deuxieme intervalle

[16--36.2].

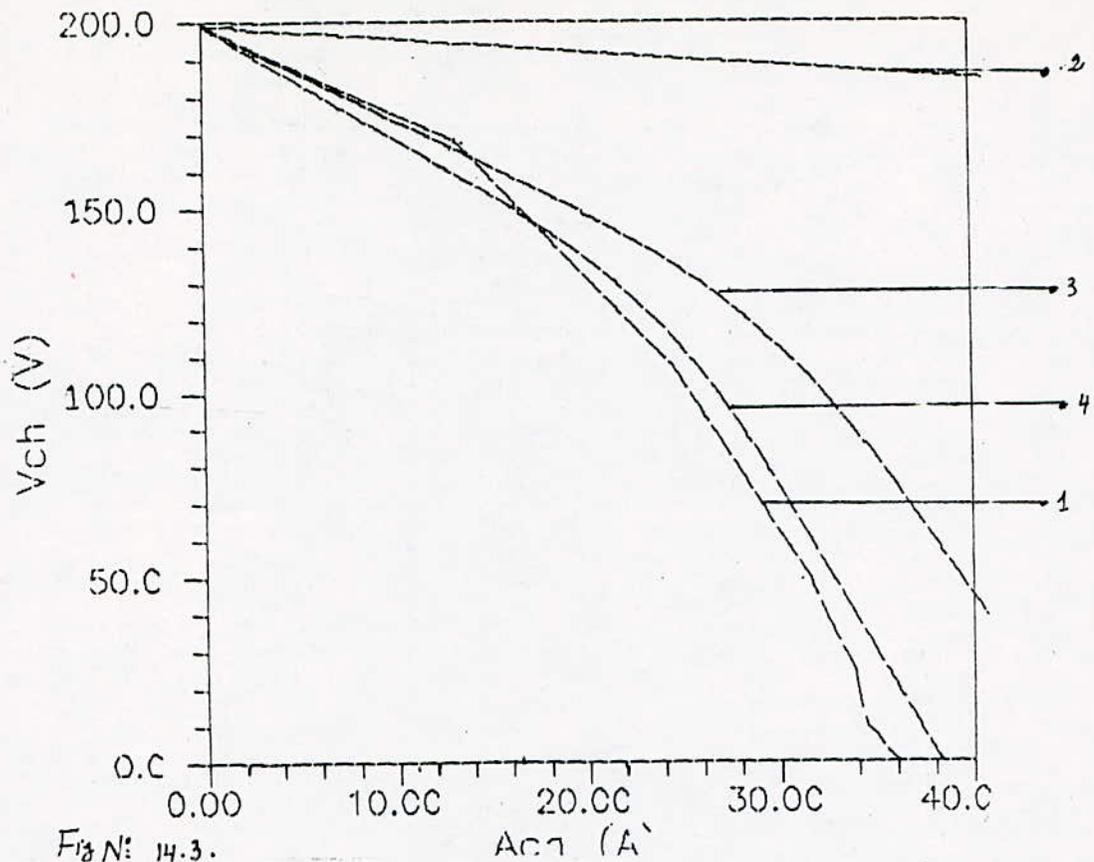


Fig N° 14.3.

CARACTERISTIQUES THEORIQUES ET PRATIQUE DE CHARGE  
DE L'ALTERNATEUR REDRESSE SANS AMORTISSEURS

A N = 1500 tr/mn

- 1 CARACTERISTIQUE DE CHARGE REELLE
- 2 CARACTERISTIQUE THEORIQUE AVEC  $X_{COM} = X_d'$
- 3 CARACTERISTIQUE THEORIQUE AVEC  $X_{COM} = X_q$
- 4 CARACTERISTIQUE THEORIQUE AVEC  $X_{COM} = X_d$

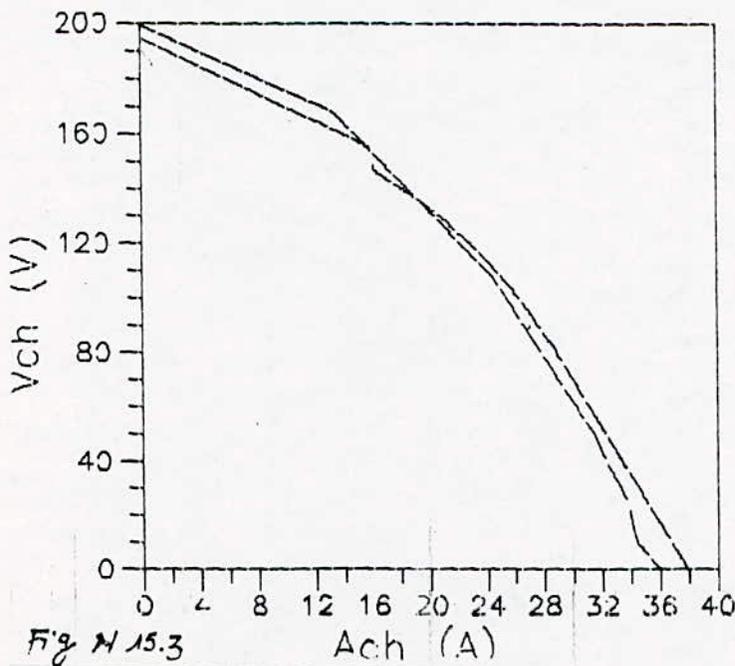


Fig N° 15.3

CARACTERISTIQUES DE CHARGE REELLE ET THEORIQUE CORRIGEE  
POUR L'ALTERNATEUR SANS AMORTISSEURS

D'après la fig N 15.3 , nous remarquons que le model de la commutation s'étale du point de fonctionnement à vide  $I_{ch}=0$  jusqu'au point où  $I_{ch}=0.86 I_{cc}$  (courant de court circuit)

Par consequent on, peut dire que l'existence des amortisseurs reduit la durée du model du fonctionnement de l'alternateur redresse (voir chap III. p16).

pour une valeur de courant egale à  $\sqrt{3}/4 I_{cc}$  qui limite la durée du model ( $u=60$ ) de la caracteristique theorique basée sur le modele du transformateur, correspond à  $u=24$  , pour la caracteristique réelle

L'allure de la caracteristique qui determine la variation de la reactance de commutation en fonction de l'angle d'empiètement  $u$  , dans le cas du modele du transformateur corrigé, se presente comme ceci:

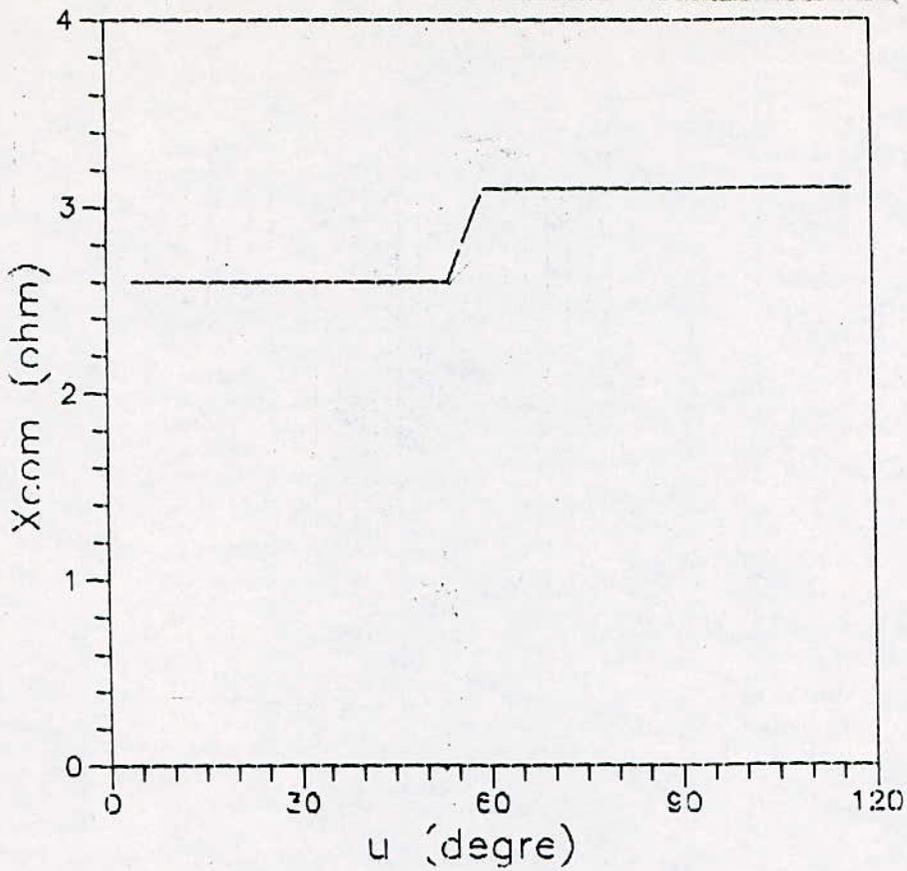
model	$x_{com}=X_q$
mode2 et mode3	$x_{com}=x_d$

voir fig N 16.3

pour ramener cette derniere loi à celle qui regit la variation de  $x_{com}$  dans le cas d'un alternateur, on trace cette caracteristique en fonction des valeurs de  $u$  mesurées pratiquement. cette derniere se devise en deux parties:

$x_{com}=x_q$	$u=[0, 20]$
$x_{com}=x_d$	$u=[40, 120]$

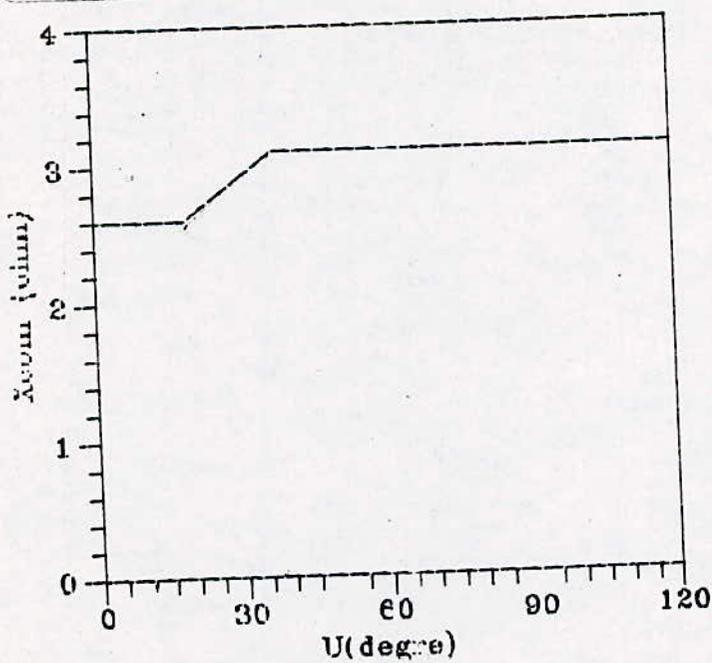
Fig 17.3



VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  THEORIQUE

A N = 1500 tr/mn

Fig N° 16.3.



VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE

A N = 1500 tr/mn

Fig N° 17.3

chapitre4

#### 4 LOI PROPOSEE, DE LA VARIATION DE LA REACTANCE DE COMMUTATION DANS LE MODELE DU TRANSFORMATEUR

pour établir une loi générale qui détermine la variation de la réactance en fonction de l'angle d'empatement, nous avons fait varier cette de commutation linéairement en fonction du courant de charge du pt  $(I, x_{com}) = (0, x_d'')$  jusqu'au pt  $(I_{cc}, x_{comcc})$

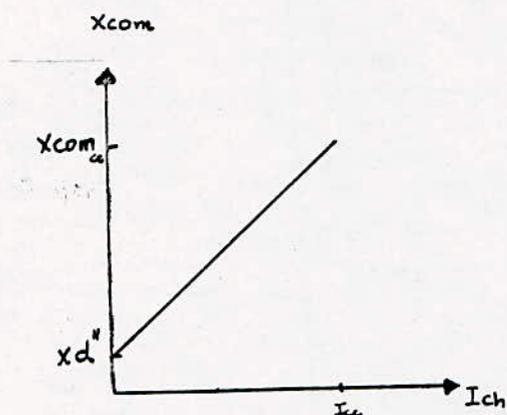


Fig N 19.3

A différentes vitesses de rotation et à courant d'excitation données les caractéristiques théoriques basées sur le modèle du transformateur présentent un écart entre elles et la caractéristique réelle. Cet écart peut être réduit en faisant augmenter la réactance de commutation dans le domaine de courant où l'écart existe. Car on sait, que plus la réactance de

commutation est grande plus la caractéristique de charge correspondant est plus tombante et par conséquent, la loi de variation de  $x_{com}$  en fonction de  $u$  sera présentée comme suit:

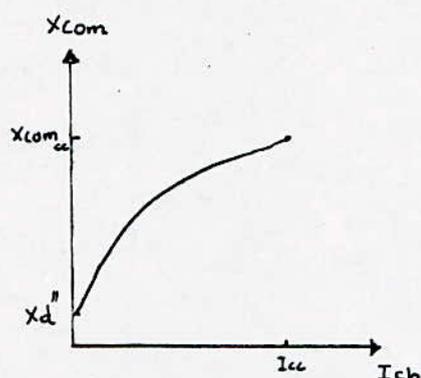
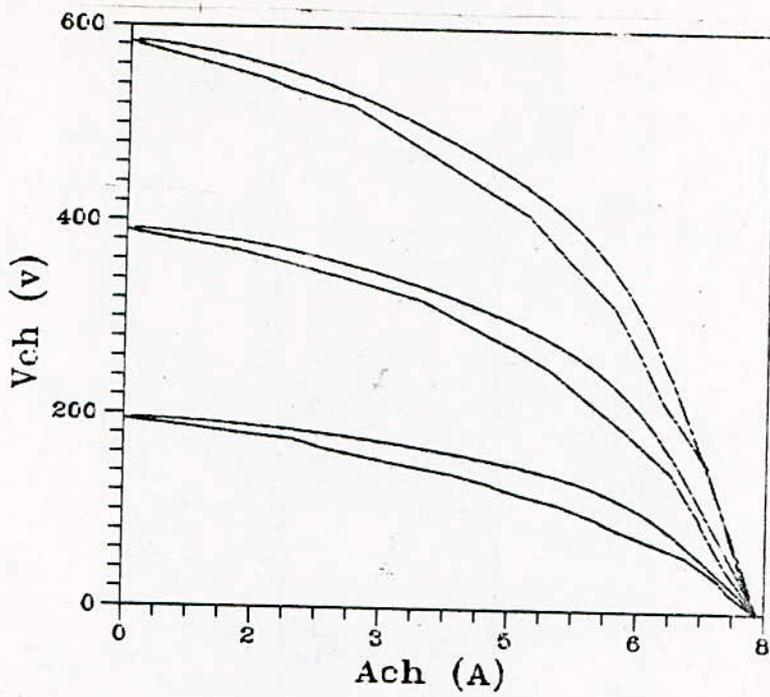


Fig N 19.3.

$x_d''$  sera remplacé par  $x_d'$  dans le cas d'un alternateur sans amortisseurs.

D'après les caractéristiques présentées sur la fig N 22.3. qui déterminent la variation de la réactance de commutation en fonction de l'angle d'empatement correspondant au modèle du transformateur, on remarque que:

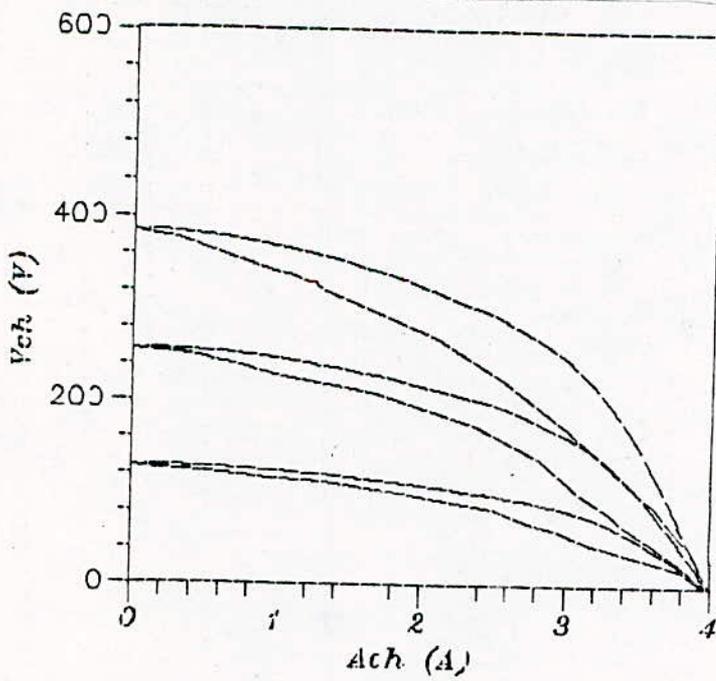
— La réactance de commutation varie d'une manière presque linéaire avec l'angle d'empatement, en mode 1. elle fait ensuite un saut en mode 2 pour atteindre une valeur qui se rapproche de celle du court circuit. en mode 3,  $x_{com}$  continue à varier jusqu'à  $x_{comcc}$  (réactance de commutation en court).



CARACTERSTIQUES REELLES ET CORRIGÉES

POUR  $N = (1500, 1000, 500)$  tr/mn  $J = 0.6 A$

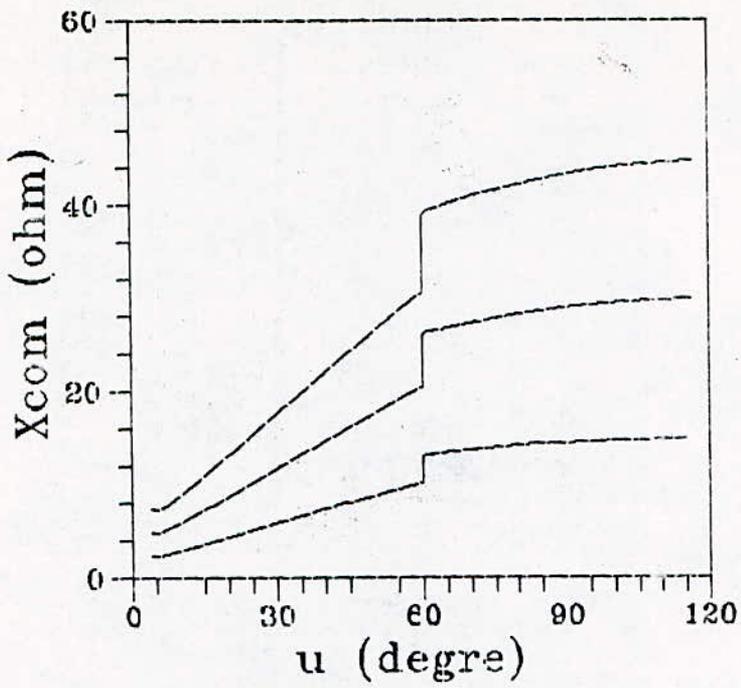
Fig N° 20.3



CARACTERSTIQUES REELLES ET CORRIGÉES

POUR  $N = (1500, 1000, 500)$  tr/mn  $J = 0.3 A$

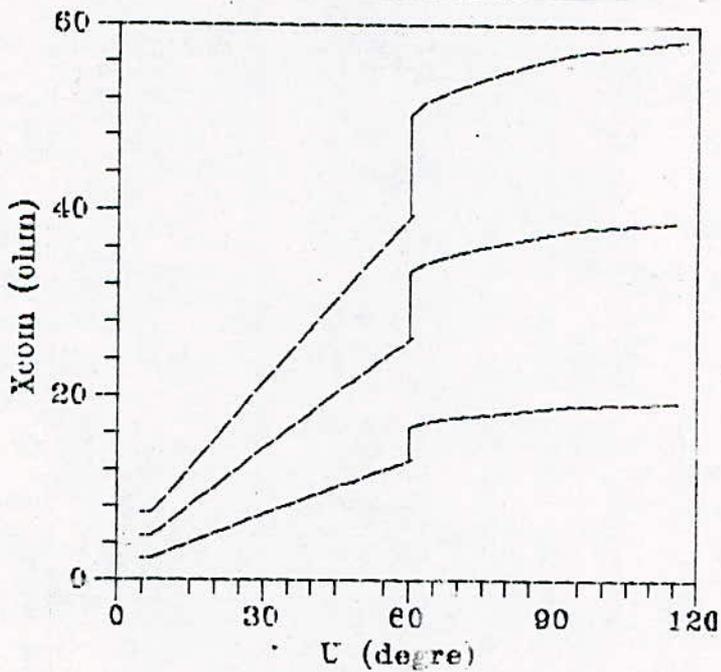
Fig N° 21.3



VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  THEORIQUE

A J = 0,6 A. N = (1500, 1000, 500) tr/mn

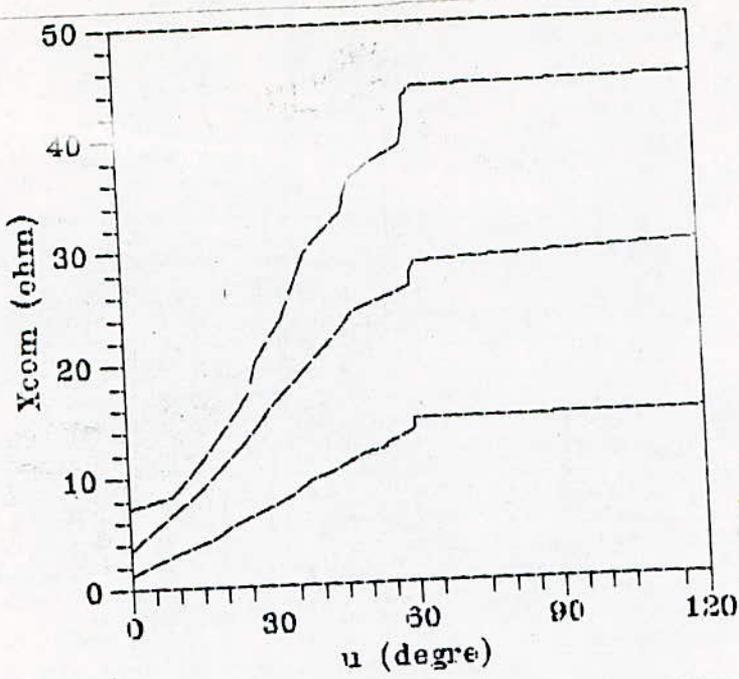
Fig N° 22.3



VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  THEORIQUE

A J = 0,3 A N = (1500, 1000, 500) tr/mn

Fig N° 23.3

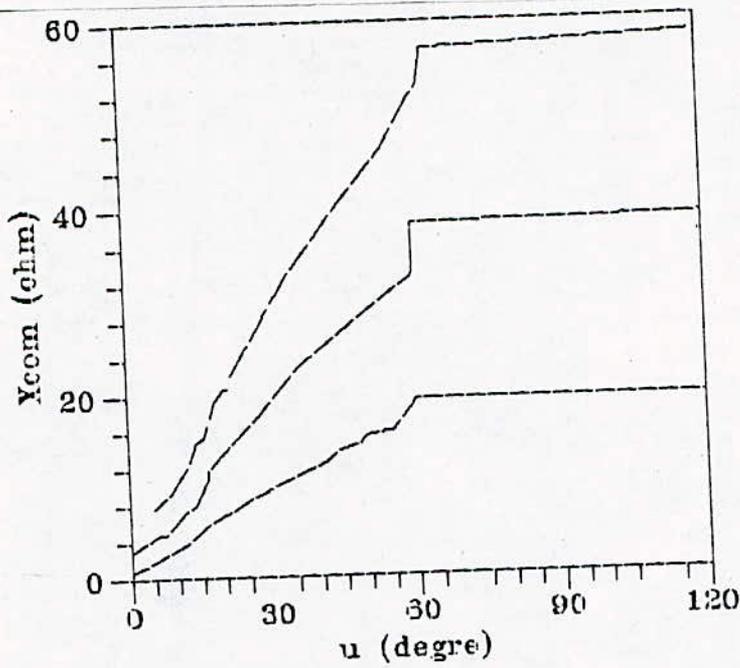


VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE

A J = 0,6 A.

N = (1500, 1000, 500) tr/mn

Fig N: 24.3

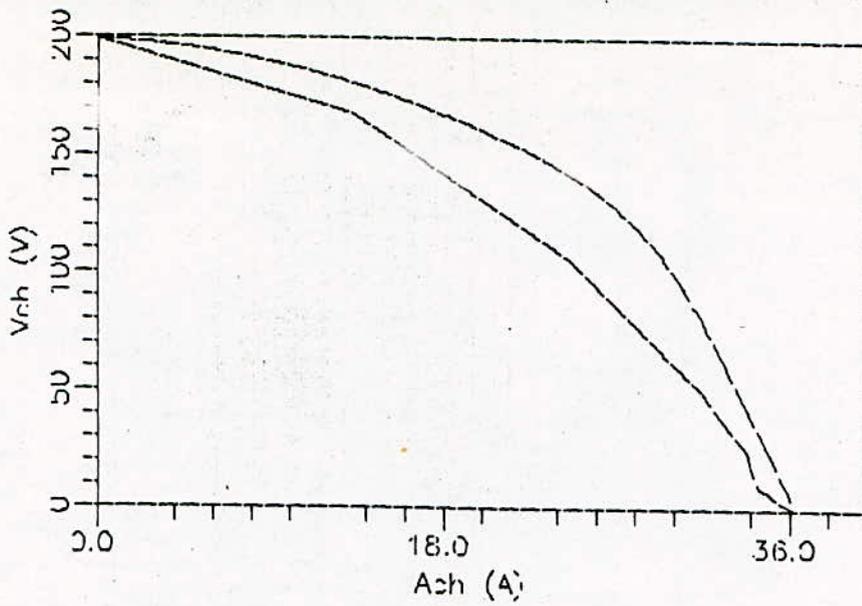


VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE

A J = 9.3 A.

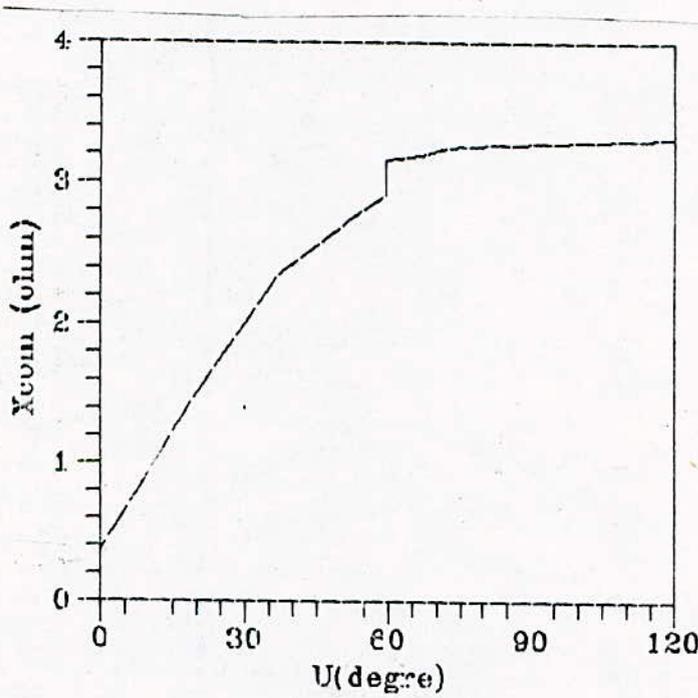
N = (1500, 1000, 500) tr/mn

Fig N: 25.3.



CARACTERISTIQUES DE CHARGE REELLE ET THEORIQUE CORRIGEE  
 POUR L'ALTERNATEUR SANS AMORTISSEURS

Fig N° 26.3.



VARIATION DE XCOM EN FONCTION DE  $\mu$  MESURE DE L'ALTERNATEUR  
 SANS AMORTISSEUR A N = 1500 tr/mn

Fig N° 27.3

## CONCLUSION

## 5 CONCLUSION

Dans le présent travail, nous nous sommes proposés d'étudier le fonctionnement de l'alternateur redressé en régime établi, cette étude nous a permis de tirer quelques conclusions:

Pour l'accomplissement de cette étude nous avons adopté un modèle basé sur la théorie du transformateur. ce modèle dépend essentiellement de la réactance de commutation équivalente par phases.

Les résultats ont montré qu'il n'y a pas une concordance entre les durées des modes de fonctionnement théorique et pratique et ceci à différentes vitesses de rotation, à différents courants d'excitation et pour différents types d'alternateurs.

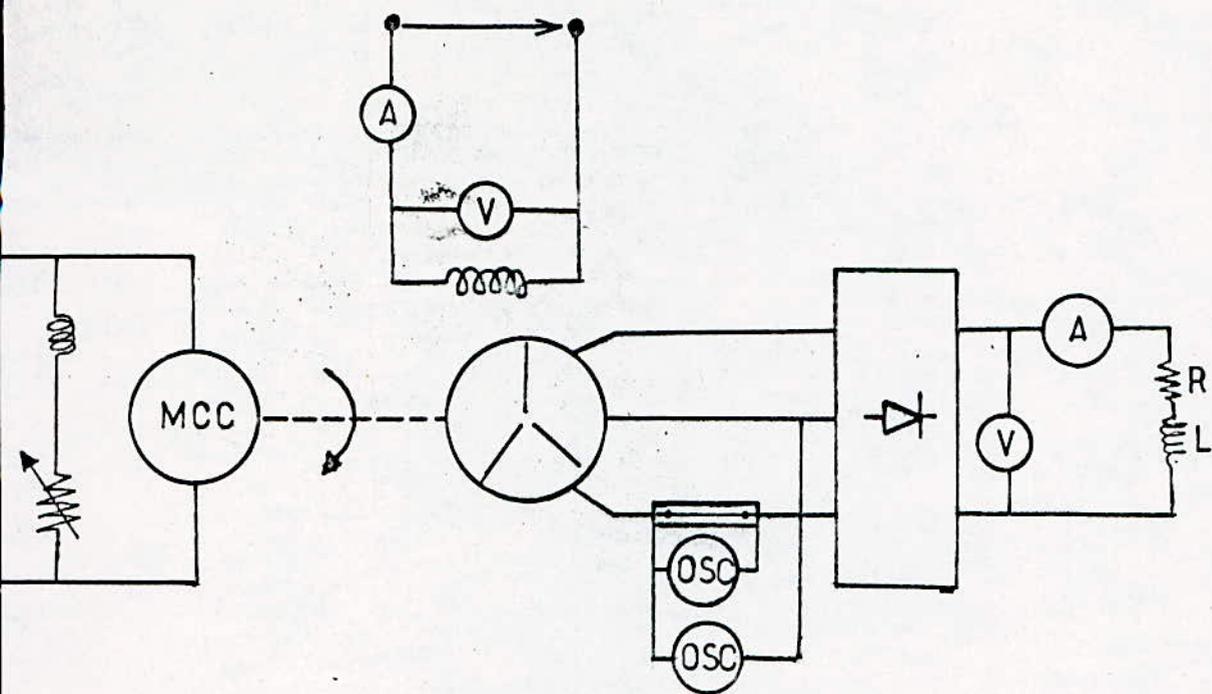
Par conséquent, le modèle du transformateur semble inadapté pour l'étude de l'alternateur en régime établi.

Néanmoins, nous proposons un modèle d'étude qui, est basé sur les résultats pratiques:

Nous avons vérifié sur deux alternateurs redressés que le courant de charge limitant le mode 1 du fonctionnement vaut approximativement  $0.85 I_{cc}$ ,  $0.95 I_{cc}$  pour le mode 2, et que lorsque la réactance varie linéairement avec le courant on a eu de bons résultats.

de I de l'alternateur equivaut aux modes I et II du modèle du transformateur  
de II de l'alternateur est egal au  $\frac{2}{3}$  du mode III du modèle du transformateur  
de III de l'alternateur est egal au  $\frac{1}{3}$  du mode III du modèle du transformateur

## ANNEXES



le banc d'essai pour le premier alternateur

```

C      commentaire
C
C      U: angle d'empietement      [degre]
C      xcom: reactance de commutation [Ohm]
C      E: la fem a vide             [Volt]
C      vch: tension de charge       [Volt]
C      Ich: courant de charge       [A]
C      Z: impedance equivalente     [Ohm]
C      RCH: resistance de charge    [Ohm]
C      PSI dephasage entre la fem et courant I [degre]
C      fi dephage entre la tension et courant I [degre]
C      *****DECLARATIONS*****
C
C      COMMON/BLOCK1/JJ,E,Xcom
C      OPEN ('90,FILE='FOR090.DAT',STATUS='NEW')
C
C      *****DONNEES*****
C      DATA JJ,E,Xcom/90,250.,22.76/
C
C      *****
C      WRITE(JJ,50)
50  FORMAT(3X,'n',4X,'u(rad)'7X,'ICH1(A)',7X,'VCH1(Volt)',5X,'Z1(Ohm)',10X,
1  'Z*I(V)',/)
    pi=4.*atan(1.)
    uu=60.*pi/180.
    ut=1.*pi/180.
    n=1
    DO 20 u=ut,uu,ut
    ACH=1.22*E*(1-cos(u))/Xcom
    Psi=u/2.
    th=U/4.
    fi=U/4.
    VCH=1.17*E*(1-cos(U))
    RCH=VCH/ICH
    Z=(pi**2/18)*(rch/cos(fi)*cos(psi))
    I=0.78*Ich
    ux=180.*u/pi
    write(JJ,40)ICH,vch
40  FORMAT(3X,F15.5,3X,F15.4)
    N=N+1
20  CONTINUE
C
C      *****
C      DEUXIEME MODE
C      *****
C      write(JJ,66)
66  FORMAT(//,2X,'DEUXIEME MODE DE Commutation',/)
    WRITE(JJ,41)
41  FORMAT(3X,'n',4X,'u(rad)'7X,'Ich(A)',7X,'VCH2',9X,'Z2(Oh)',9X,
1  'Z*I',/)
    PP=30.*pi/180.
    n=60
    do 30 psi=pp,uu,ut
    fi=uu/4.
    fi=psi th
    Ich=1.22*E*sin(psi)/Xcom
    Vch=2.02*E*cos(psi)
    I=Ich*0.78
    RCH=VCH/ICH
    Z=(pi**2/18)*(2*rch/1.73*cos(fi))
    ux=180.*u/pi
    write(JJ,42)Ich,vch
42  format(3X,f15.5,3X,F15.4)
    N=N+1
30  CONTINUE

```

```

C *****
C               troisieme           MODE
C *****
WRITE(JJ,36)
36  FORMAT(/,2X,'TROIXIEME   MODE',2X,/)
WRITE(JJ,35)
35  FORMAT(4X,'n',4X,'u(rad)',7X,'Ich3',7X,'Vch3',8X,'Z(Oh)',13X,'W')
ud-120.*pi/180.
NN-1
do 31 u-uu,ud,ut
PCI-(U/2.)*(PI/6.)
PI-(PI/2.)*PCI
Vch-4.05*D*(cos(psi))**2
Ich-1.414*D*((sin(psi))**2)/Xcom
RCH-VCH/ICH
Z-(pi**2/18)*(rch/1.73*cos(psi)*cos(fi))
I-0.78*Ich
C   ux-u*180./pi
write(JJ,44)Ich,VCH
44  format(3X,F15.5,3X,F15.4)
NN-NN+1
31  continue
stop
end

```

```

C *****
C *          PROGRAMME DETERMINANT LA CARACTERISTIQUE          *
C *          THEORIQUE CORRIGEE                                *
C *****
C -----COMMENTAIRE-----
C AACH: courant de charge [A]
C UCH: tension de charge [Volt]
C XCOM: reactance de commutation [Ohm]
C UX: angle d'empiement [degre]
C RCH: resistance de charge [Ohm]
C Z: impendance equivalente [Ohm]
C PSI: dephasage entre fem et courant [degre]
C FI: dephasage entre tension et courant [degre]
C E: fem avide [Volt]
C -----DECLARATIONS-----
C
C PARAMETER(N=1)
C DIMENSION XCOM(N),ACH(N)
C COMMON/BLOCK1/E,PP,YY
C OPEN (90,FILE='FOR090.DAT',STATUS='OLD')
C OPEN (92,FILE='FOR092.DAT',STATUS='NEW')
C
C ----- DONNEES -----
C DATA E,pp,yy,JJ,TT/110.1,6.403,13.279,92,4.7
C *****
C DO 40 I=1,N
C READ(90,25)XCOM(I),ACH(I)
C WRITE(92,25)XCOM(I),ACH(I)
C 25  FORMAT(2X,F7.2,3X,F7.2)
C 40  CONTINUE
C *****
C
C MODE I
C *****
C AACH=0.
C I=1
C 44 DO 21 AACH=AACH,ACH(I),0.1
C U=ACOS(1.-(AACH*XCOM(I)/(1.22*E))
C PSI=U/2.
C TH=U/4.
C FI=U/4.
C UCH=1.17*E*(1.+COS(U))
C RCH=UCH/AACH
C PI=4.*ATAN(1.)
C UX=180.*U/PI
C Z=0.547*RCH/(COS(PSI)*COS(FI))
C WRITE (JJ,39)UX,UCH,XCOM(I),AACH
C 39  FORMAT(3X,F10.4,3X,F10.5,3X,F10.4,3X,F10.4)
C UU=20.*PI/180.
C IF(U.GE.UU)GOTO 50
C 21  CONTINUE
C I=I+1
C IF(I.LE.N)GOTO 44
C *****

```

```

DO 20 AACH=AACH,TT,0.1
AXCOM=AACH*PP+YY
U=ACOS(1.-(AACH*AXCOM/(1.22*E)))
PSI=U/2.
TH=U/4.
FI=U/4.
VCH=1.17*E*(1.+COS(U))
RCH=VCH/AACH
Z=0.547*RCH/(COS(PSI)*COS(FI))
PI=4.*ATAN(1.)
UX=100.*U/PI
WRITE(JJ,35)UX,VCH,AXCOM,AACH
35  FORMAT(3X,F10.4,3X,F10.5,3X,F10.4,3X,F10.4)
UU=20.*PI/100.
IF(U.GE.UU)GOTO 50
20  CONTINUE
*****
                MODE II
*****

50  DO 120 AACH=AACH,TT,0.1
AXCOM=AACH*PP+YY
PSI=ASIN(AACH*AXCOM/(1.22*E))
FI=PI/0.494
VCH=2.02*E*COS(PSI)
RCH=VCH/AACH
IF(PSI.GT.UU)GOTO 100
Z=0.432*RCH/COS(FI)
UX=100.*UU/P
101  WRITE(JJ,101)UX,VCH,AXCOM,AACH
120  FORMAT(3X,F10.4,3X,F10.5,3X,F10.4,3X,F10.4)
CONTINUE
*****
                MODE III
*****

100 DO 220 AACH=AACH,TT,0.1
AXCOM=AACH*PP+YY
PSI=ASIN((AACH*AXCOM/(1.414*E))**.5)
VCH=4.05*E*(COS(PSI))**.2
RCH=VCH/AACH
FI=(PI/2.)-PSI
Z=0.314*RCH/(COS(PSI)*COS(FI))
UT=90.*PI/100.
IF(PSI.GE.UT)GOTO 200
U=2.*(PSI-PI/6.)
UX=100.*U/PI
201  WRITE(JJ,201)UX,VCH,AXCOM,AACH
220  FORMAT(3X,F10.4,3X,F10.5,3X,F10.4,3X,F10.4)
200  CONTINUE
STOP
END

```

Identification des deux alternateurs à la vitesse  $N = 1500 \text{ tr/mn}$ .

alternateur 1

$$x_d'' = 7.3 \ \Omega$$

$$x_q'' = 29 \ \Omega$$

$$x_d = 60.5 \ \Omega$$

$$x_q = 40 \ \Omega$$

$$l_w = 14 \ \Omega$$

alternateur 2

$$x_d' = 0.374 \ \Omega$$

$$x_q = 2.61 \ \Omega$$

$$x_d = 3.27 \ \Omega$$

## BIBLIOGRAPHIE

## BIBIOGRAPHIE

- [1] ballay, J.f regime transitoire d'un groupe excita  
trice et alternateur synchrone redresse,  
doctorat de l'INP 1977 grenoble.
- [2] DEMONTVIGNIER : soupapes electriques,redresseurs on  
duteurs 1970
- [3] Z.SARI ETUDE D'UN ALTERNATEUR REDRESSE EN REGIME  
TRANSITOIRE MAGISTER ENP 1990
- [4] BUHLER ELECTRONIQUE DE PUISSANCE  
DUNOD 1981
- [5] Haddad IDENTIFICATION D'UNE MACHINE SYNCHRONE  
PROJET DE FIN D'ETUDE ENP 1989