



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de

la recherche scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued

Faculté de la Technologie

Département de génie mécanique

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ELECTROMECHANIQUE

Réalisation d'un véhicule électrique

Présenté par :

- * Ad Saci
- * Allali Oualid
- * Derdega Ayoub
- * Bekkouche Morad

Devant le jury composé de :

- Président
- Examineur
- Examineur
- Dr. ZINE Bachir Encadreur

2021-2022

Table de matières

Table de matières.....	I
Liste des symboles.....	IV
Liste des abréviations	VI
Liste des tableaux	VII
Remerciement.....	X
Dédicace	XI
L'entreprise qui nous a accueillis pour travailler sur notre projet	XII
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I : Généralités sur les véhicules électriques

I. Introduction :.....	3
II. Histoire des véhicules électriques :.....	3
III. différents organes des véhicules électriques :	5
III.1. La recharge :	5
III.2. Le convertisseur :	6
III.3. La batterie :.....	6
III.3. Freinage régénératif :.....	7
a. Prise spécifique sur un circuit dédié :	8
b. Connexion courant continu :	8
c. Chronologie du véhicule électrique avec quelques modèles	8
IV. différents générateurs du véhicule électrique :.....	9
IV.1. Véhicules électriques bi moteur (machine à courant alternatif):.....	10
V. les différents convertisseurs associés au générateur pour charger la batterie dans un véhicule électrique :.....	10
V.1.Prise domestique :.....	10
V.2.Prises et câbles domestiques avec dispositifs de protection :.....	10
VI. Conclusion :.....	11

CHAPITRE II : Modélisation des organes du véhicul

I. Introduction :.....	13
II. modélisation de la batterie :.....	13
II.1 Stockage d'énergie :.....	14
II.2. Les différents types de batteries :.....	14
a. La batterie Plomb Acide :.....	14

b. Les batteries Nickel-Cadmium (Ni-Cd) :	15
c. Les batteries Nickel-hydrure Métallique (Nickel-Métal hybride Ni-Mh) :	15
d. Les batteries Lithium-ion (Li-ion) :	16
II-2. Modélisation du redresseur triphasé et monophasé :	18
II-2.1. Redresseur monophasé :	18
II-2.2. Redresseur triphasé :	18
II.2.3. Modélisation du redresseur triphasé à MLI	19
II.2.4. Modèle du redresseur MLI dans le repère d, q	20
II 3. Générateur synchrone :	21
II.3.1. Principe de fonctionnement d'une génératrice synchrone	21
II.3.2. Générateur synchrone à aimants permanents (GSAP) :	21
II.4. Modélisation de la GSAP	22
II.4.1. Hypotheses simplificatrices	22
II.4.2. Modèle de la GSAP dans le repère (abc) :	22
A) Les équations électriques	22
B) Les équation magnétique :	23
C) Equations mécaniques :	24
II.5. Transformation triphasé – diphasé	24
II.5.1. Transformation de Park	24
II.5. Conclusion :	25

CHAPITRE III: Mesures, choix de la génératrice associé au convertisseur

III.1. Introduction	27
III.2. Description du véhicule à réaliser	27
III.2.1. L'onduleur	28
III.2.1.A. Onduleur 24VDC /24VAC	30
III.2.1.B. Transformateur 24 VAC /220 VAC	31
III.2.1.C. variateur de vitesse CHNT	32
III.2.1.D. Le redresseur	34
III.2.1.D.A. simulation du redresseur monophasée	34
III.2.1.D.B. Mesures expérimentales	36
III.2.2. La Batterie	38
III.2.4. Accessoires	41
III.2.4.A. Circuit coupe courante	41
III.2.4.B. Interrupteur à pédale	41
III.2.4.C. Indicateur de clignotant	42

III.2.4.D. Phare	43
III.2.4.E. klaxon.....	43
III.2.4.F. capteur de vitesse numérique	43
III.3. Conclusion.....	44
Conclusion general	46
Références :	48
Résumé :	51

Liste des symboles

Symboles :	Signification :
v_v	vitesse du vent
ρ	Masse volumique de l'air
C_p	Coefficient de puissance
S	la surface utile traversée par le vent
R	Rayon de la voilure
H	hauteur de la voilure
Ω	Vitesse angulaire de rotation des pales
λ	Rapport de vitesse entre le vent et les pales
P_v	puissance délivrée par le vent
P_{eol}	Puissance développée par la turbine de l'éolienne
C_{eol}	le couple fournie par éolien
J_t	Inertie de la turbine
f_m	Coefficients de frottements de la machine
f_t	Coefficients de frottements des pales
J_m	Inertie de la machine
R_s	La résistance des phases statoriques
p	Le nombre de paires de pôles
$\begin{bmatrix} v & v & v \\ a & b & c \end{bmatrix}'$	Les tensions des phases statoriques
$\begin{bmatrix} i & i & i \\ a & b & c \end{bmatrix}'$	Les courants des phases statoriques
$[L_{ss}]$	Matrice d'inductances statoriques
ϕ_f	Flux des aimants permanents
$\begin{bmatrix} \phi & \phi & \phi \\ a & b & c \end{bmatrix}'$	Les flux totaux à travers les bobines statoriques
M_L	l'indice de modulation
Mr	le rapport de modulation
L_{so}	Inductance propre d'une phase statorique
M_{sf}	Inductance mutuelle entre deux phases statoriques
θ	Caractère de la position angulaire du rotor par rapport au stator

$[p(\theta)]$	Matrice de Park
$[p(\theta)]^{-1}$	Matrice inverse de Park
d, q	Composante de Park directe et quadrature
v_d, v_q	Tensions statoriques dans de repère de Park
i_d, i_q	Courants statoriques dans le repère de Park
V_d^*, V_q^*	Tensions de référence selon l'axe d, q
v_{dc}	Tension du bus continu
i_{dc}	Courant de sortie du redresseur
i_{d-ref}, i_{q-ref}	Courants de référence selon l'axe d, q
L_d, L_q	Inductance de stator selon les axes d, q
t_{rep}	Temps de réponse
ζ	Coefficient d'amortissement
ω_o	Pulsation propre
e_d, e_q	Terme de découplage
C_{em}	Couple électromagnétique
P_{em}	Puissance mécanique
C_r	Le couple résistant impose par la charge mécanique
f	Coefficient de frottement visqueux
J	Couple d'inertie des masses tournantes
Ω	Vitesse de rotation mécanique
k_p	Coefficient proportionnel du régulateur PI
k_i	Coefficient intégral du régulateur PI
τ	Constante de temps électrique

Liste des abréviations

GSAP	génératrice synchrone à aimant permanent
MLI	modulation largeur d'impulsion
ER	énergie renouvelable
PI	Régulateur proportionnel et intégrale
CV	Commande vectorielle

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I.1	Chronologie du véhicule électrique avec quelques modèles	8
tableau II.1	Présente les différentes caractéristiques pour différents types de batteries utilisées dans les véhicules électriques	17
Table III.1	Description de la fonction de touche du clavier	32
Table III.2	Description de la Fonction de Touche combinée	33
Table III.3	Liste de menus de paramètres simples	33
Table III.4	paramètres de la génératrice à fabriquer	41

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Une des premières voitures électriques	4
Figure I.2	Exemple de véhicule électrique : « La jamais contente » réalisée en 1899	4
Figure I.3	Exemple de véhicule électrique d'aujourd'hui.	5
Figure I.4	Exemple de convertisseur	6
Figure I.5	GPL 12520 12V 52Ah.	7
Figure I.6	Freinage régénératif.	8
Figure I.7	Architecture d'un véhicule électrique mono moteur	9
Figure I.8	Architecture d'un véhicule électrique bi moteur.	10
Figure I.9	Véhicule tout électrique.	11
Figure I.10	Représente la vue interne d'une batterie utilisée dans les véhicules électriques.	13
Figure I.11	Circuit équivalent de la batterie (pour une cellule), Modèle statique	13
Figure I.12	Recharge et décharge d'une batterie au plomb.	15
Figure I.13	Batterie Ni-Mh d'une Toyota Prius seconde génération.	16
Figure II.1	Principe de fonctionnement d'une batterie Li-ion.	16
Figure II.2	Schémas représentant les différents designs de batteries Li-ion actuelles	17
Figure II.3	Schéma de principe du redresseur monophasé de structure tension	18
Figure II.4	Schéma de principe du redresseur triphasé de structure tension	19
Figure II.5	Structure du redresseur triphasé	19
Figure II.6	Principe du générateur synchrone	21
Figure II.7	Représentation de la MSAP dans le repère de Park.	24
Figure III.1	Véhicule avant modification	27
Figure III.2	Véhicule après modification	28
Figure III.3	Sortie onduleur 24 VDC TE 230 VAC	29
Figure III.4	L'onduleur 24VDC TE230 VAC	30
Figure III.5	Onduleur 24VDC/24VAC	31
Figure III.6	Transformateur 24VAC/230VAC	31

Figure III.7	Le variateur de vitesse CHNT NVF5-0.4/TD2	32
Figure III.8	Le courant du redresseur	34
Figure III.9	Zoome de la figureIII.8	34
Figure III.10	La tension du redresseur	35
Figure III.11	Zoome de la figureIII.10	35
Figure III.12	Outils de mesure	36
Figure III.13	. La courbe de la tension du redresseur	37
Figure III.14	La tension de la batterie en charge	37
Figure III.15	Image de la batterie GPL 12520 12V 52Ah	38
Figure III.16	Spécifications dans notre modèle de la batterie	39
Figure III.17	Differents composants de la génératrice à fabriquer	40
Figure III.18	Circuit coup courant	41
Figure III.19	Interrupteur à pédale	42
Figure III.20	Indicateur de clignotant	42
Figure III.21	Phare	43
Figure III.22	Klaxon	43
Figure III.23	Capteur de vitesse numérique de vélos	44

Remerciement

Nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné le pouvoir, le courage, la volonté. Patience et bien-être après toutes ces années, et que, grâce à lui ce travail a pu être achevé.

La recherche présentée dans cette thèse a été faite en collaboration avec l'incubateur de l'université d'El-Oued et les industries **Hard Facing Petroleum** et **Albelt**, à cet effet nous tenons à remercier **Dr. Fouad Farhat** le directeur de l'incubateur, **Mr. Ahmed Ammar Youssfi** le directeur de l'industrie **Hard Facing Petroleum** et **Mr. Alaa edine Youssfi** le directeur de l'industrie **Albelt**.

Nos remerciements vont également à tout le personnel de **l'Université d'El-oued**, le personnel de l'industrie **Hard Facing Petroleum** et le personnel de l'industrie **Albelt**.

Avant tout, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à notre encadreur **Dr. Zine Bachir** pour le soutien continu de notre étude de cette thèse et de nos recherches, pour leur patience, leur motivation, leur enthousiasme et leurs immenses connaissances. Ils nous ont guidés dans nos recherches.

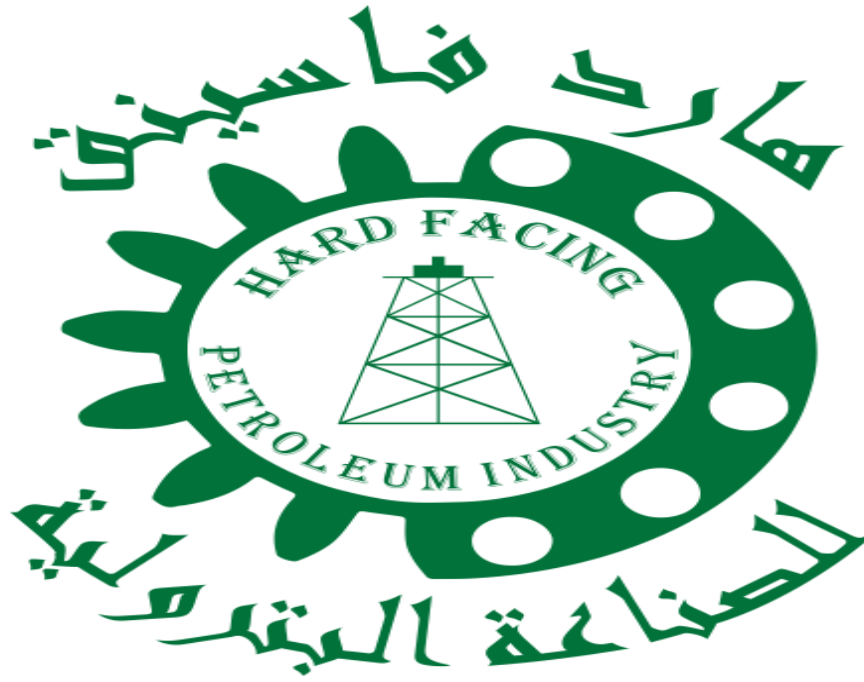
Nous tenons également à remercier nos membres du jury de cette thèse pour avoir accepté de juger ce travail et pour leurs commentaires et leurs corrections perspicaces.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de mon travail de près ou de loin.

Dédicace

Nous dédions ce modeste traité à nos pères qui ont su nous soutenir tout au long de nos études, parfois nous reconforter dans les moments difficiles, et sans qui nous n'aurions pas pu faire ce travail. Nous dédions cet humble acte à nos frères et sœurs à toute notre famille à tous nos amis fidèles à tous nos enseignants de la petite enfance à toute la classe de 2022, et notre dévouement va également à ceux qui ont été directement ou indirectement impliqués dans couronner nos efforts

**L'entreprise qui nous a
accueillis pour
travailler sur notre
projet**



Company. I: Hard Facing Petroleum Industry

Le directeur : Ahmed Ammar Yousefi

Carte d'hébergement : 12 travailleurs

Le nombre de machines : 10 énormes machines

Prestations de service :

1. Soudage de métaux spéciaux
2. soudage à froid
3. Réparation de tous les équipements de forage

Produit :

1. Pignons
2. Brides
3. les arbres et les axes



albelt
Bande Transporteuse

***Company. II : ALBELT : Pour la fabrication de
bandes transporteuses***

Le directeur : Alaa edine Yousefi

Carte d'hébergement : 12 travailleurs

Prestations de service :

1. Bandes transporteuses pour usines salariales et cimenteries
2. Fabrication de bandes alimentaires telles que semoule et four
3. Fabrication de ceintures aéroportuaires et d'équipements sportifs

Introduction générale

Introduction générale

Au niveau de la consommation d'énergie et la pollution environnementale, le secteur des transports routiers est l'un des plus polluants en termes d'émission de gaz à effet de serre. Pour cela, les scientifiques et experts proposent une solution prometteuse à ce problème qui est la conception et le développement des véhicules électriques.

L'autonomie du véhicule électrique c'est un élément très important qui est influé directement sur le cout et les performances de ce véhicule.

Parmi les solutions qui nous apportent dans ce travail pour augmenter l'autonomie du véhicule électrique est d'associer une génératrice à faible couple d'entraînement et à faible vitesse qui permet de produire une tension de 220V et d'associer à un redresseur monophasé afin de charge les batteries sans arrêt.

Le choix du générateur dans un véhicule électrique est un élément essentiel de manière à influencer sur l'autonomie donc le coût du véhicule.

Cette thèse est divisée en trois chapitres, dans le premier chapitre, nous avons traité des généralités sur l'histoire du véhicule électrique et de ses différents composants. Le deuxième chapitre présente la modélisation des différents composants du véhicule. Le troisième chapitre traite des mesures et du choix de la génératrice associé au redresseur pour charger les batteries de ce véhicule, ainsi que de tous les résultats théoriques et expérimentales basée sur notre propre véhicule réel.

CHAPITRE I

Généralités sur les véhicules électriques

I. Introduction :

Le premier chapitre a pour but de présenter un bref historique des véhicules électriques, quelques généralités, et d'examiner leur fonctionnement et les différentes architectures et éléments constitutifs.

II. Histoire des véhicules électriques :

Contrairement aux idées reçues, les origines des véhicules électriques coïncident avec les origines de l'histoire automobile, la plus ancienne étant la JEANTAUD en 1894, qui était une Phaeton biplace, et les véhicules électriques existent depuis longtemps, apparus pour la première fois vers 1830, par un homme d'affaires écossais : Robert Anderson. [1]

En 1831, Michael Faraday découvre la loi de l'induction électromagnétique pour favoriser le développement des moteurs électriques. [2]

Trois ans plus tard, l'Américain Thomas Davenport construit une petite locomotive électrique, la première voiture à batterie non rechargeable, qui réussit à parcourir une courte distance sur la voie ferrée, puis en 1838, Robert Davidson la modifie un peu pour arriver à un modèle similaire. Avec une vitesse de pointe de 6 km/h. Aucune des deux inventions n'utilise de piles rechargeables, car cette dernière n'a pas encore été inventée, elles utilisent des piles non rechargeables. [1]

La batterie au plomb rechargeable est apparue en 1859, inventée par le Français Gaston Planté, et s'est améliorée au fil du temps. Cette invention a jeté les bases de la prochaine génération de véhicules électriques et a marqué le début de leur développement. [1]

En novembre 1881, Gustave Trouvé présente une voiture électrique, ou plutôt un tricycle électrique, à l'Exposition internationale de l'électricité à Paris. Pourtant, ce n'est.

Qu'un prototype, et son utilisation est très subtile, car les conducteurs doivent plonger la plaque métallique dans un récipient d'acide à l'aide d'un système de poulies pour réguler la force du courant, et donc la vitesse. [3]

Vers 1897, les premiers taxis électriques commencent à apparaître dans les rues de New York, puis en 1899 en Belgique, une entreprise construit "La Toujours Contente", la première voiture électrique à parcourir plus de 100 kilomètres à l'heure.

Bien qu'en 1900, sur les 4 200 voitures construites aux États-Unis, 22 % étaient essence, 38 % électriques et 40 % à vapeur, les faibles performances kilométriques des voitures électriques à haute température ont rapidement mis fin au développement de voitures électriques. [1]

La première voiture électrique a été construite à Brandon, en Angleterre, en 1834 par un mécanicien du nom de Thomas Davenport. Ce petit véhicule fonctionne avec une batterie non rechargeable et parvient à parcourir une courte distance [11]. Vers 1838, l'Écossais Robert Davidson a présenté un modèle similaire capable d'atteindre des vitesses allant jusqu'à 6 km/h. En 1859, le Français Gaston Planté invente la batterie au plomb rechargeable et produit en 1869 le premier moteur à courant continu d'une puissance supérieure à 1 cheval-vapeur [10]. Douze ans plus tard, en 1881, Gustave Trouvé produit la première voiture électrique alimentée par une batterie secondaire. En 1884, on voit Thomas Parker sur la photo de la figure 1.5 dans une voiture électrique, peut-être la première voiture électrique au monde [12]. Vous pouvez voir le premier taxi électrique dans la rue en 1897



FIGURE I.1: Une des premières voitures électriques [13]

On voit sur l'image juste en bas, la photo de la première voiture électrique à pouvoir franchir les 100 kilomètres par heure : la jamais contente. [1]



Figure I.2: Exemple de véhicule électrique : « La jamais contente » réalisée en 1899. [7]

Le développement du véhicule électrique devenant impératif pour répondre au problème de la pollution des villes, des études portant sur le choix de la chaîne de traction sont menées par plusieurs équipementiers électriques (LEROY SOMER, AUXILEC, ...) ainsi que par de grands groupes automobiles (NISSAN, GENERAL MOTORS,) afin d'améliorer ses performances. [5]

Aujourd'hui, les véhicules électriques se concentrent sur un usage urbain. Ils sont généralement de petite taille. Cependant, elles restent assez chères, par exemple Mitsubishi vend une voiture électrique au Japon depuis 2009, et selon leurs annonces, elle a des performances respectables à une vitesse de 140 km/h et une autonomie de 160 km. [1]



Figure I.3 : Exemple de véhicule électrique d'aujourd'hui. [1]

D'un point de vue énergétique, la plupart des véhicules électriques sur le marché utilisent des batteries au plomb. De 1950 à 2012, la densité énergétique de ces batteries a augmenté d'environ 75 % (environ 40 Wh/kg pour les batteries plomb-acide de haute qualité), tout en restant insignifiante par rapport à l'essence (environ 13 000 Wh/kg). Il est vrai que de nouvelles batteries ont été développées pour les remplacer, telles que NiCd ou NiMH, mais ces nouvelles batteries ont encore de sérieux problèmes de coût et sont souvent encore en développement. [7]

III. différents organes des véhicules électriques :

III.1. La recharge :

Tout commence par la charge. Pour faire le plein, la voiture électrique doit être branchée sur une prise, un boîtier de recharge mural ou une borne de recharge. Les connexions s'effectuent via des câbles équipés de connecteurs adaptés. Il en existe plusieurs, correspondant au mode de charge souhaité. Lors de la recharge à la maison, au travail ou dans une petite borne publique, vous utilisez généralement votre propre câble avec un connecteur de "Type 2". Sur la borne rapide, le câble est branché et deux standards

sont disponibles : européen "Combo CCS" et japonais "Chademo". À première vue, cela peut sembler compliqué, mais une fois qu'on s'y est habitué, c'est en fait plus facile. Il n'y a aucun risque d'erreur : les connecteurs ont une forme différente et ne peuvent donc pas être insérés dans la mauvaise prise. [4]

Une fois la connexion établie, le courant alternatif (AC) circulant dans le réseau de distribution est transporté le long des câbles qui se connectent à la voiture. Il effectue une série de vérifications via son ordinateur de bord. Il assure notamment que le courant est de bonne qualité, bien configuré et que la phase de masse est suffisante pour une charge en toute sécurité. Si tout est conforme, la voiture laisse passer l'énergie par le premier élément embarqué : le convertisseur, aussi appelé "chargeur de voiture". [4]

III.2. Le convertisseur :

L'appareil convertit le courant alternatif du réseau en courant continu (DC). En effet, les batteries ne stockent l'énergie que sous forme de courant continu. Pour éviter cette étape et charger plus rapidement, certaines bornes se convertissent pour injecter du courant continu directement dans la batterie. Il s'agit de bornes de recharge DC dites "rapides" et "ultra-rapides", comme celles des gares routières. Ces bornes sont très coûteuses et encombrantes et ne sont pas adaptées à une installation chez les particuliers. [1]



Figure I.4 : Exemple de convertisseur

III.3. La batterie :

Dans une batterie, le courant est distribué à l'intérieur des cellules qui la composent. Ils se présentent sous la forme de petites piles ou de poches qui s'assemblent entre elles. La quantité d'énergie qu'une batterie peut stocker est exprimée en "litres" d'un réservoir de carburant. Le flux de courant ou de puissance est exprimé sous une forme que le fabricant

peut communiquer. C'est simple : la capacité utile représente la quantité d'énergie réellement disponible pour le véhicule. La différence entre utile et nominal constitue une marge pour permettre à l'exemple de comprendre : une batterie de 50 kWh chargée à 10 kW peut être chargée en 5 heures environ. Pourquoi "environ" ? Parce que plus de 80% de la batterie réduira automatiquement la vitesse de charge. Tout comme on met une bouteille d'eau dans le robinet, il faut réduire le débit pour éviter les éclaboussures.

Le courant stocké dans la batterie est alors dirigé vers un ou plusieurs moteurs électriques. La rotation est effectuée par le rotor du moteur sous l'action du champ magnétique créé dans le stator (les bobines statiques du moteur). Avant d'atteindre les roues, le mouvement passe généralement par une boîte de vitesses à rapport fixe de sorte que. [1]



Figure I.5 : GPL 12520 12V 52Ah. [8]

III.3. Freinage régénératif :

Autre avantage des voitures à batterie : elles peuvent produire de l'électricité. En effet, lorsque le moteur tourne "dans le vide" sans apport de courant, il génère du courant. Cela se produit chaque fois que vous retirez votre pied de la pédale d'accélérateur ou appuyez sur les freins. L'énergie récupérée est ainsi injectée directement dans la batterie. [6]

Les derniers modèles de VE offrent même un mode qui permet de sélectionner cette puissance de freinage régénératif. Réglé à sa valeur maximale, il permet de freiner fort le véhicule sans solliciter les disques et plaquettes de frein, tout en économisant plusieurs kilomètres de temps de conduite autonome. Sur une voiture chaude, cette énergie peut facilement être gaspillée et accélérer l'usure du système de freinage. [6]

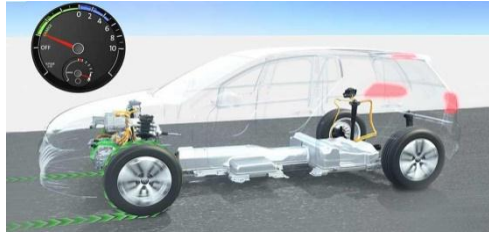


Figure I.6 : Freinage régénératif. [6]

a. Prise spécifique sur un circuit dédié :

Le véhicule électrique est raccordé directement au réseau principal de distribution AC grâce à une prise spécifique et un circuit dédié d'une puissance de 3,7 kW/16 A ou 22 kW/32 A (triphase). Vous pouvez disposer de cet appareil chez vous, qui s'appelle alors "Wallbox" et est installé par un électricien. Cette borne particulière, recommandée par le constructeur d'un véhicule électrique ou d'un véhicule hybride rechargeable, doit avoir son propre cordon d'alimentation dédié pour "fournir" suffisamment de courant. Le temps de charge (normal ou rapide) varie de 1 heure à 8 heures.[1]

b. Connexion courant continu :

Le véhicule est alimenté en courant continu par l'intermédiaire d'un chargeur externe, lui-même connecté à l'installation électrique fixe. Dans ce mode, le câble de charge du véhicule est connecté en permanence à l'appareil. Les connecteurs sont spécifiques. Mode de charge DC réservé à la charge rapide (environ 30 minutes) à des niveaux de puissance et de tension élevés (50 kW à 500 V). [1]

Pied de la pédale d'accélérateur ou que l'on freine. L'énergie récupérée est ainsi directement injectée dans la batterie.

c. Chronologie du véhicule électrique avec quelques modèles

Depuis 1981 à ce jour, plusieurs voitures électriques on était conçues, et de nombreux constructeurs ont proposés leurs prototypes. Le tableau (I.1) expose une chronologie réduite pour ces derniers. [9]

Tableau I.1: Chronologie du véhicule électrique avec quelques modèles [9].

Années	Constructeur/inventeur	Autonomie	Vitesse
1981	Charles Jean Taud	100 m	

1894	Henry. G. Morris & Pedro.G. Salomon	40km	32km/h
1899	Camille Jenatzy		100 km/h
1911	Detroit electric	130km	
1940	Paul Arzens	100km	70km/h
1941	Jean Albert Gregoire	250km	42km/h
1941	Peugeot	250km	42km/h
1947	Nissan Toyota electric	65km	35km/h
1959	Renault	60km	60km/h
1967	Ford	40 à 60km	64km/h
1984	Peugeot	140km	100km/h
1985	Renault	120km	80km/h
1997	Toyota		
2003	Renault	140km	
2010	BMW		

IV. différents générateurs du véhicule électrique :

Pour entraîner les véhicules électriques, il existe deux types de moteurs : les moteurs à courant continu et les moteurs à courant alternatif.

Véhicule électrique à moteur unique (moteur à courant continu) :

C'est une architecture qui comprend moteur à courant continu, batterie, driver (hacheur réversible), moteur à courant continu, réducteur différentiel (décélération, augmentation de couple). [1]

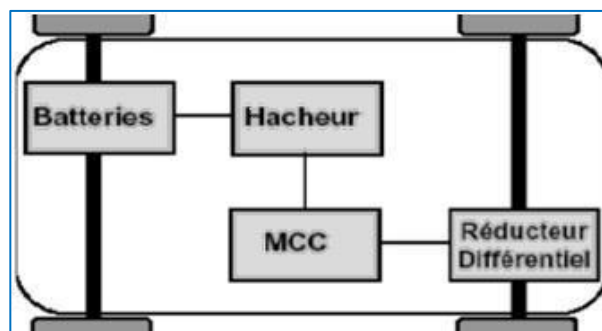


Figure I.6 : Architecture d'un véhicule électrique mono moteur [1]

IV.1. Véhicules électriques bi moteur (machine à courant alternatif):

Dans ce type, la chaîne énergétique est doublée, c'est une architecture avec moteur synchrone (dans la roue), une batterie, deux variateurs (onduleur), deux machines synchrones.

L'onduleur est utilisé pour convertir le courant électrique continu fourni par la batterie en courant alternatif nécessaire au moteur de la voiture électrique [1].

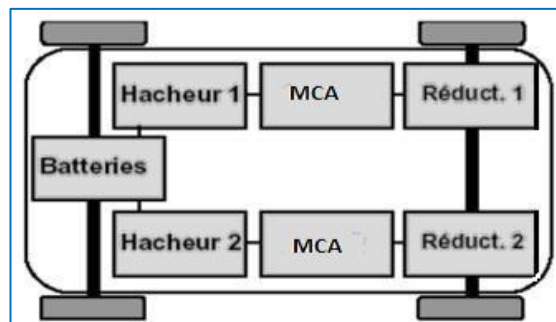


Figure I.7 : Architecture d'un véhicule électrique bi moteur. [1].

V. les différents convertisseurs associés au générateur pour charger la batterie dans un véhicule électrique :

V.1.Prise domestique :

Il s'agit d'une simple prise domestique. Les voitures électriques se branchent directement sur le réseau de la maison. Il existe très peu de véhicules équipés de prises "simples", et la Renault Twizy en fait partie. Le temps de charge est compris entre 8 et 11 heures, selon l'état du réseau domestique. En aucun cas le courant de charge ne dépassera 8 A. [1]

V.2.Prises et câbles domestiques avec dispositifs de protection :

Se compose d'une prise domestique (1,8 kW) avec une smart box dessus. Il est responsable d'assurer le bon fonctionnement et la sécurité de la charge. Dans cette case, vous pouvez choisir la force de charge souhaitée, mais pas plus de 8 A. Il y a tout de même une prise de 3,2 kW/14 A, mais l'intensité restera à 8 A, et en cas de problème, le processus de charge pourra être arrêté à tout moment, estimé entre 8h et 11h. [1]

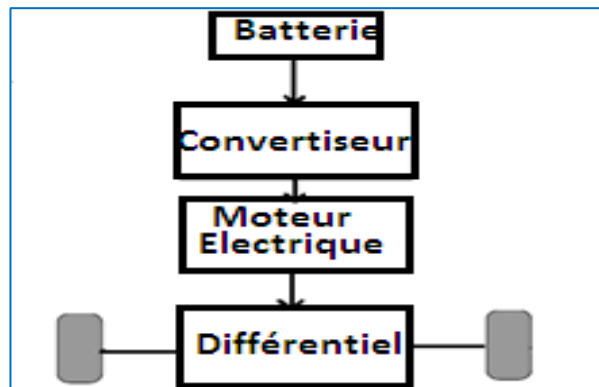


Figure 1.8: Véhicule tout électrique.[1]

VI. Conclusion :

Nous espérons avoir bien profité du premier chapitre dans lequel nous avons découvert le véhicule électrique et son histoire, et dans le chapitre suivant nous apprendrons à modéliser les composants d'un véhicule électrique.

CHAPITRE 2

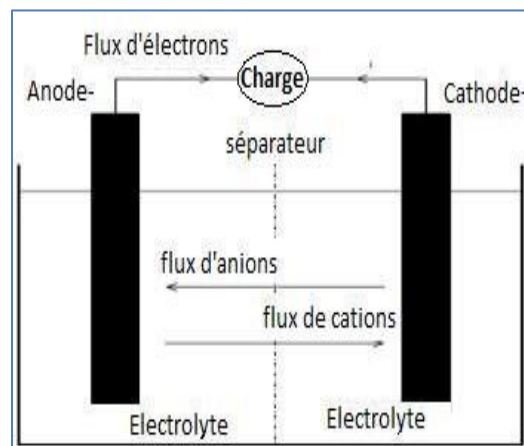
Modélisation des organes du véhicule

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons la modélisation des composants automobiles, car nous aborderons plusieurs sections, à savoir : modélisation de la batterie et redresseur triphasé et monophasé et modélisation génératrice monophasée et triphasé.

II. modélisation de la batterie :

Une batterie est une forme chimique de système de stockage électrique qui fonctionne de manière réversible (en courant plutôt qu'en tension) et se caractérise par sa capacité et son énergie spécifique afin d'alimenter le véhicule en permanence. L'énergie chimique stockée dans chaque batterie est directement convertie en énergie électrique lorsque les bornes de la batterie sont connectées au consommateur. [14]



La figure II.1. Représente la vue interne d'une batterie utilisée dans les véhicules électriques. [14]

Dans notre étude, la batterie est modélisée comme un générateur de tension parfait en série avec la résistance interne de la batterie, comme dans la figure II.2. [14]

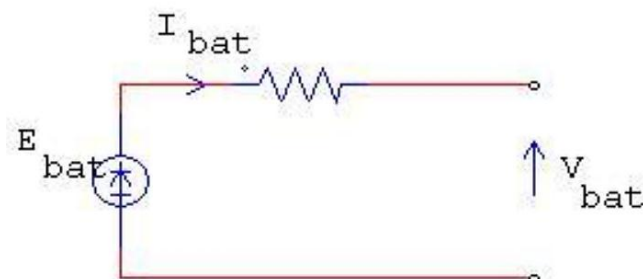


Figure II.2. Circuit équivalent de la batterie (pour une cellule), Modèle statique.

Pour calculer la tension de la batterie on utilise l'équation suivante : [14]

$$V_{bat} = E_{bat} - R_{bat} * I_{bat} \quad \text{II.1}$$

Tel que : E_{bat} est la tension à vide, r est la résistance interne, et I est le courant fourni par la batterie.

II.1 Stockage d'énergie :

La source de stockage d'énergie est bien entendu la batterie, qui est associée à un convertisseur DC/DC qui doit être bidirectionnel.

Le stockage de l'énergie est un obstacle majeur à l'adoption généralisée des véhicules électriques. La densité énergétique des batteries est inférieure à celle des produits pétroliers, ce qui se traduit par un poids plus important et une autonomie moindre.

Le coût et le temps de charge d'une batterie sont beaucoup plus longs qu'avec une pompe à air, ce qui est un autre obstacle.

II.2. Les différents types de batteries :

Il existe différents types de batteries disponibles à l'heure actuelle sur le marché mais aucune d'elles ne parvient à égaler ou surpasser la densité énergétique des carburants fossiles.

a. La batterie Plomb Acide :

Inventée en 1859, c'est la pile électrochimique la plus ancienne et la plus utilisée. La tension de chaque élément est de 2V. Sa version automobile, plus récente (1970-1975)[15]. Aujourd'hui, les batteries au plomb sont la technologie la plus répandue dans les applications automobiles car elles sont les plus matures, les moins chères et les plus faciles à recycler [16]. Cependant, cette technologie a une faible énergie spécifique, une forte pollution et un recyclage non rentable. A ce titre, il tend à disparaître compte tenu des contraintes environnementales de plus en plus sévères.

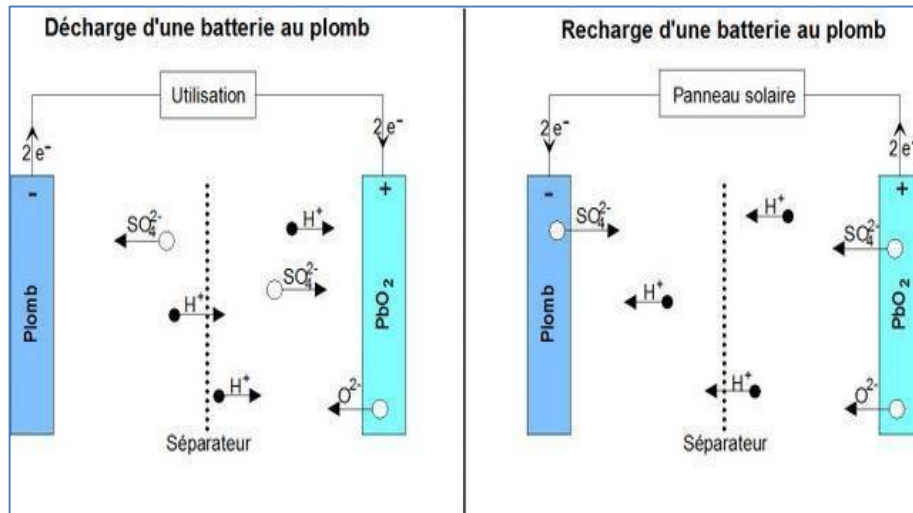


Figure II.3. Recharge et décharge d'une batterie au plomb. [17]

b. Les batteries Nickel-Cadmium (Ni-Cd) :

C'est aussi une technologie très ancienne, inventée en 1899 par le Suédois Waldemar Jungner. Il est très courant dans les appareils électroniques tels que les téléphones portables ou les appareils photo numériques qui nécessitent un courant élevé. Ce type de batterie a une durée de vie assez longue (environ 1000 cycles), mais le passage à la puissance et à la taille de la batterie nécessaire à l'électrification des véhicules présente des problèmes de fonctionnement et de fiabilité non résolus.[18]

c. Les batteries Nickel-hydrure Métallique (Nickel-Métal hybride Ni-Mh) :

C'est la technologie qui a suivi les batteries au nickel-cadmium qui sont arrivées sur le marché en 1990. Ces cellules sont de construction similaire aux batteries nickel-cadmium, avec une densité d'énergie double, mais avec une excellente résistance, nécessitant une phase de rodage des éléments pour produire de forts taux de courant. C'est une technique assez fragile car elle ne supporte pas la surcharge. [14]

Un avantage certain de cette technologie est qu'elle n'a pas d'effet mémoire mais a une Capacité d'auto-décharge élevée. Ce type de batterie est adapté à la transition vers les véhicules électriques, mais sa durée de vie n'est pas idéale. La technologie NiMH est la plus adaptée aux véhicules électriques, d'autant plus que son coût financier est inférieur à celui des batteries lithium-ion. [14]



Figure II.4. Batterie Ni-Mh d'une Toyota Prius seconde génération. [14]

d. Les batteries Lithium-ion (Li-ion) :

Actuellement, les batteries appartenant à la famille du lithium sont l'une des solutions les plus répandues pour alimenter de nombreux produits grand public disponibles sur le marché [19]. Ils ont une densité d'énergie et une énergie spécifique très élevées, ce qui est bénéfique pour leur utilisation dans le domaine des transports, notamment pour les véhicules électriques nécessitant des batteries de grande capacité. Dans cette partie, nous nous intéresserons aux systèmes de stockage à base de batteries Li-ion [20].

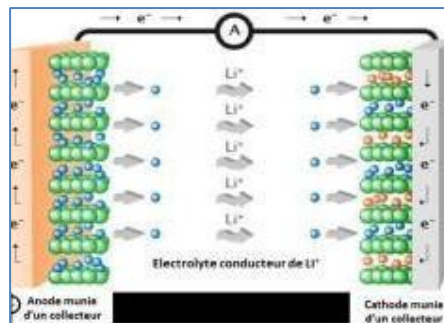


Figure II.5. Principe de fonctionnement d'une batterie Li-ion. [21]

e. Les batteries Lithium-ion Polymère (Li-po) :

Depuis 1999, il existe une nouvelle génération de batteries lithium-ion : le lithium-ion polymère (Li-po). L'électrolyte est un gel polymère qui donne des éléments très fins et plats qui peuvent prendre toutes les formes possibles. Encore chère aujourd'hui, cette dernière technologie a un long avenir. A terme, elle doit être moins chère à produire qu'une batterie lithium-ion classique.[22]

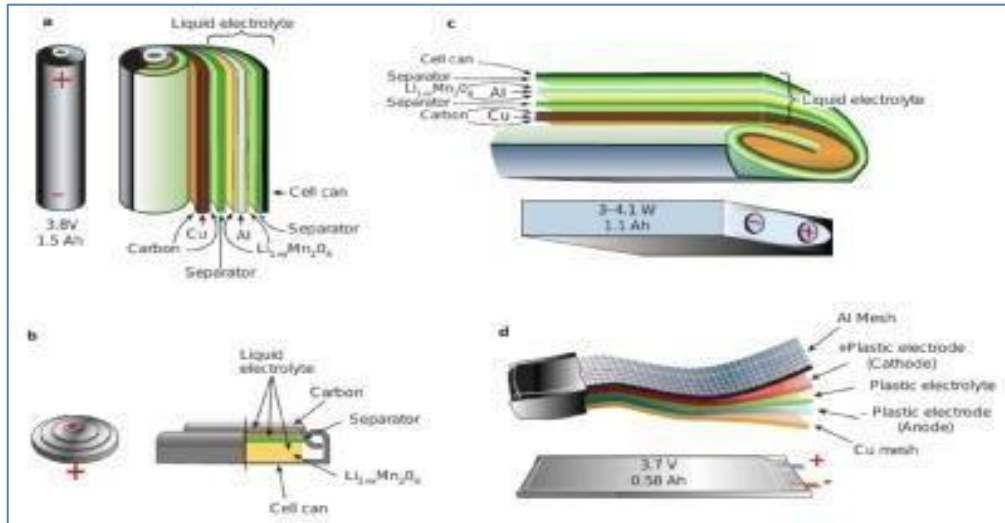


Figure II.6. Schémas représentant les différents designs de batteries Li-ion actuelles

a) Cylindrique, b) plate, c) prismatique et d) mince et plate. [23]

Le tableau II.1. Présente les différentes caractéristiques pour différents types de batteries utilisées dans les véhicules électriques. [23]

Batterie	Plomb Acide	Ni-Cd	Ni-Mh	Li-ion	Li-po
Densité Énergétique (Wh/kg)	30-50	45-80	60-120	160-200	100-130
Nombre de cycles (Charge décharge)	500 à 800	1000 à 2000	600 à 1500	400 à 1200	400 à 600
Temps de charge	6 à 12h	1h à 2h	2 à 4h	2 à 4h	2 à 4h
Température de Fonctionnement	-20 à 60°C	-40 à 60°C	-20 à 60°C	-20 à 60°C	0 à 60°C

La batterie affecte directement les performances et l'autonomie d'un véhicule électrique. Aujourd'hui, l'invention des batteries lithium ou lithium-ion permet d'améliorer les caractéristiques techniques des véhicules électriques, car le lithium peut stocker de grandes quantités de charges électriques sous forme d'ions sur des électrodes de manière très compacte. Ce dernier offre une autonomie d'environ 100 à 200 kilomètres avec un temps de charge d'une demi-heure à quelques heures. [14]

II-2. Modélisation du redresseur triphasé et monophasé :

II-2.1. Redresseur monophasé :

Dans la suite de ce travail, nous nous intéressons plus particulièrement à la structure tension. L'ensemble source - redresseur - charge est représenté par la figure (II.6).

La figure (II.6) montre le schéma de principe et indique les notations adoptées. Le redresseur est formé de quatre interrupteurs K_i ($i=1,4$) commandés bidirectionnels en courant. Chaque interrupteur est composé d'un transistor IGBT T_i et une diode D_i montée de manière à assurer la continuité des courants de source. Le redresseur est monté directement à la sortie du transformateur d'entrée. [17]

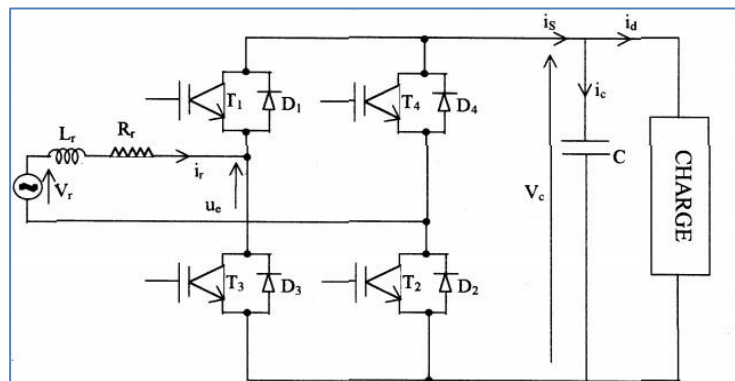


Figure II.7. Schéma de principe du redresseur monophasé de structure tension [17].

Le réseau est modélisé par une source de tension monophasée sinusoïdale V_r avec L_r , l'inductance totale du réseau et les inductances de fuite du transformateur ramenée au secondaire de celui-ci. [17]

Du côté continu ; on trouve une capacité C de filtrage de tension V_c en parallèle sur la charge caractérisant ainsi une source de tension. [17]

Le redresseur est alimenté par une source de courant à cause de l'inductance L_r [17]

II-2.2. Redresseur triphasé :

Il est représenté par la figure (II.7), les transistors IGBT et les diodes constituant le pont sont supposés idéaux. C'est à dire que l'on néglige les phénomènes de commutation ainsi que les pertes par conduction. [17]

Le redresseur de type pont de Graëtz est constitué de transistors IGBT comprenant chacun une diode en antiparallèle d'une manière à assurer la continuité des courants de sources. [17]

Le redresseur est monté directement à la sortie du transformateur d'entrée. [17]

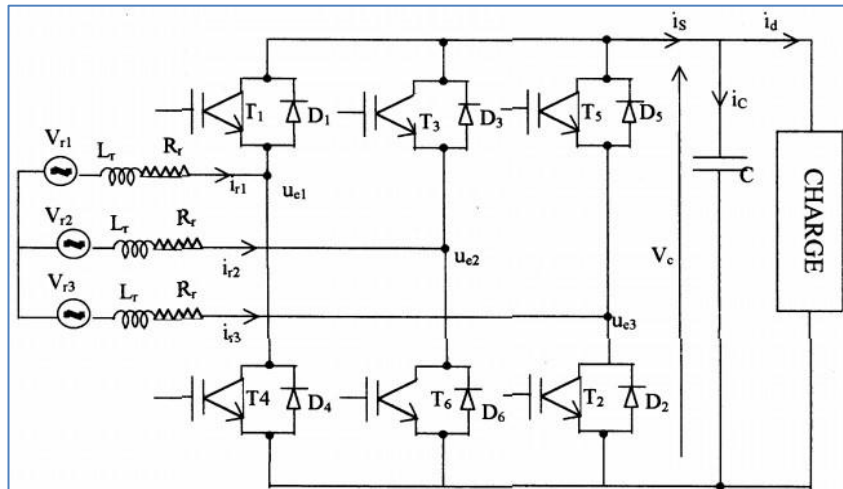


Figure II.8. Schéma de principe du redresseur triphasé de structure tension [17]

II.2.3. Modélisation du redresseur triphasé à MLI

La modélisation peut être facilitée en appliquant les hypothèses suivantes : [24]

- Source parfaite : La tension est constante et ne change pas avec l'échange de courant.
- Commutation parfaite : La commutation de l'interrupteur est instantanée, avec une résistance nulle à l'état passant et infinie à l'état éteint. [25]

La modélisation et la réduction du temps de simulation peuvent être facilitées en modélisant le redresseur par un ensemble d'interrupteurs idéaux complémentaires et dont les états sont définis par la fonction suivante : [25]

$$s_i = \begin{cases} +1, \bar{s}_i = -1 \\ -1, \bar{s}_i = +1 \end{cases} \quad \text{Pour } i = a, b, c$$

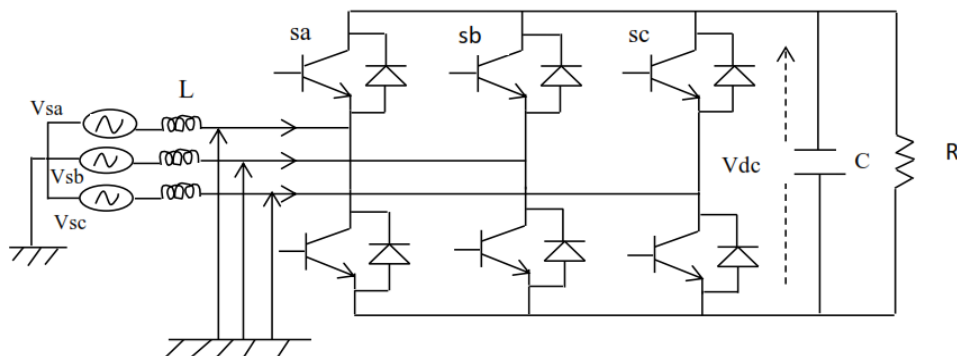


Figure II.9: Structure du redresseur triphasé.

Les tensions de phase d'entrée et le courant de sortie peuvent être écrits en fonction de S_i, V_{dc} et les courants d'entrée i_a, i_b, i_c .

$$i_a + i_b + i_c = 0 \quad \text{II.2}$$

Les tensions d'entrée entre phases du redresseur MLI peuvent être décrites par : [25]

$$\begin{cases} v_{sab} = (s_a - s_b)v_{dc} \\ v_{sbc} = (s_b - s_c)v_{dc} \\ v_{sca} = (s_c - s_a)v_{dc} \end{cases} \quad \text{II.3}$$

Les équations de tension pour le système triphasé équilibré sans raccordement neutre peuvent être écrites ainsi : [25]

$$\begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + L \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{sa} \\ v_{sb} \\ v_{sc} \end{bmatrix} \quad \text{II.4}$$

Avec :

$$\begin{cases} v_{sa} = \frac{2s_a - s_b - s_c}{3} v_{dc} \\ v_{sb} = \frac{2s_b - s_a - s_c}{3} v_{dc} \\ v_{sc} = \frac{2s_c - s_a - s_b}{3} v_{dc} \end{cases} \quad \text{II.5}$$

Finalement, on déduit l'équation de couplage entre côtés alternatif et continu par :

$$C \frac{dv_{dc}}{dt} = s_a i_a + s_b i_b + s_c i_c + i_l \quad \text{II.6}$$

i_l : Le courant de charge du redresseur. [25]

II.2.4. Modèle du redresseur MLI dans le repère d, q

$$\begin{aligned} e_d &= R \cdot i_d + L \frac{di_d}{dt} - \omega \cdot L \cdot i_q + v_{sd} \\ e_q &= R \cdot i_q + L \frac{di_q}{dt} - \omega \cdot L \cdot i_d + v_{sq} \\ C \frac{dv_{dc}}{dt} &= s_d \cdot i_d + s_q \cdot i_q - i_l \end{aligned} \quad \text{II.7}$$

Avec :

$$s_d = \frac{1}{\sqrt{6}} (2 \cdot s_a - s_b - s_c) \cdot \cos(\omega_r t) + \frac{1}{\sqrt{2}} (s_a - s_c) \cdot \sin(\omega_r t) \quad \text{II.8}$$

$$s_q = \frac{1}{\sqrt{2}} (s_b - s_c) \cdot \cos(\omega_r t) - \frac{1}{\sqrt{6}} (2 \cdot s_a - s_b - s_c) \cdot \sin(\omega_r t) \quad \text{II.9}$$

II 3. Générateur synchrone :

C'est ce type de machine qui est utilisé dans la plupart des procédés classiques de production d'électricité, notamment dans les très fortes puissances (centrales hydrauliques ou nucléaires). Utilisé dans le domaine éolien, il est beaucoup plus cher qu'un générateur à induction de même taille. De plus, lorsqu'une telle machine est directement connectée au réseau, sa vitesse de rotation est fixe et proportionnelle à la fréquence du réseau. Du fait de cette grande rigidité de la connexion au réseau du groupe électrogène, les fluctuations de couple captées par les turbines aéronautiques se propagent dans tout le groupe motopropulseur, jusqu'à l'électricité produite.[26]

II.3.1. Principe de fonctionnement d'une génératrice synchrone

Les inductances d'une génératrice synchrone sont entraînées mécaniquement pour générer un champ magnétique avec une distribution spatiale variable dans les enroulements du stator, c'est-à-dire fem la circulation de courant induit provoquée par l'induction dans ces enroulements, qui à son tour génère un champ magnétique du stator dans l'entrefer, qui est fem tournent à la même vitesse que le champ magnétique inductif [27].

Dans un alternateur à aimants permanents, le champ magnétique créé par les aimants est constant [28].

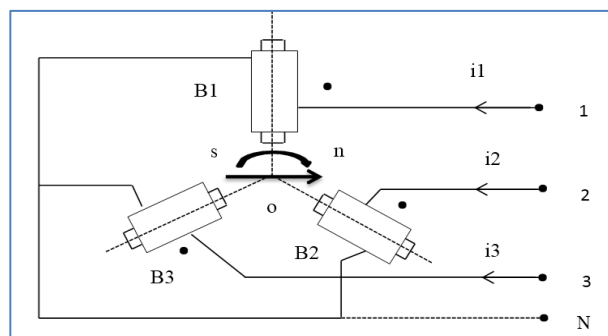


Figure II.10: Principe du générateur synchrone [26].

II.3.2. Générateur synchrone à aimants permanents (GSAP) :

La nature auto-excitante du GSAP lui permet de fonctionner avec un facteur de puissance élevé et une bonne efficacité, ce qui le rend adapté aux applications dans les systèmes d'éoliennes. En fait, son faible coût et sa simplicité en font le générateur le plus utilisé dans la catégorie des petites turbines. Cependant, dans les applications de puissance supérieure. Les aimants et les convertisseurs (qui doivent transmettre toute l'électricité

produite) en font le moins compétitif [14].

Au vu des caractéristiques générales des différents types de machines, nous avons choisi le moteur synchrone à aimants permanents car ses principales caractéristiques en font un moteur avec un couple de haute qualité et un bon rendement, notamment pour des applications spécifiques. Ses principaux inconvénients sont le coût associé aux aimants et une faible capacité de survitesse.

II.4. Modélisation de la GSAP

De par ses nombreux avantages par rapport aux autres types de moteurs (robustesse, maintenabilité, prix), les PMSM sont intéressants pour une utilisation en tant que générateurs couplés à des éoliennes. Les moteurs à courant alternatif sont généralement modélisés par des équations différentielles non linéaires. Cette non-linéarité est due à l'inductance et aux coefficients des équations dynamiques qui dépendent de la position du rotor et du temps. Conversion du triphasé au diphasé nécessaire pour simplifier le modèle [25].

II.4.1. Hypotheses simplificatrices

Le modèle mathématique de PMSM suit quelques hypothèses de base simplifiées [25], [29].

- Le circuit magnétique n'est pas saturé
- La distribution sinusoïdale de la MMF produite par les bobinages du stator.
- La distribution des inductances dans l'entrefer est quasi-sinusoïdale.
- Supposons que MSAP est symétrique et linéaire
- La réactance de fuite est indépendante de la position du rotor
- Pertes négligeables dues à la saturation et à l'hystérésis du circuit magnétique et aux

Courants de Foucault, qui permettent une relation linéaire entre le flux et le courant.[29]

II.4.2. Modèle de la GSAP dans le repère (abc) :

A) Les équations électriques

Les équations électriques des machines électriques dans le repère fixe lié au stator sont décrites par : [30]

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = -R_s \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_a \\ \phi_b \\ \phi_c \end{bmatrix} \quad \text{II.10}$$

On désigne par : [26]

R_s : La résistance des phases statoriques.

$[V_a \ V_b \ V_c]^T$: Les tensions des phases statoriques.

$[i_a \ i_b \ i_c]^T$ Les courants des phases statoriques.

$[\phi_a \ \phi_b \ \phi_c]^T$ Les flux totaux à travers les bobines statoriques

B) Les équation magnétique :

Les relations entre flux et courants s'écrivent sous forme matricielle comme suit :

[30]

On désigne par : [30]

$$[\phi_s] = [-L_{ss}][i_s] + [M_{sf}][i_f] \quad \text{II.11}$$

$[L_{SS}]$ Matrice d'inductances statoriques. Elle contient des termes constants regroupons dans $[L_{s0}]$ et $[L_{s2}(\theta)]$ des termes variables dépendant de constantes θ , que nous regroupons dans $[L_{s2}(\theta)]$:

$$[[L_{SS}]] = [L_{s0}] + [L_{s2}(\theta)] \quad \text{II.12}$$

Avec :

$$L_{s0} = \begin{pmatrix} l_{s0} & M_{s0} & M_{s0} \\ M_{s0} & l_{s0} & M_{s0} \\ M_{s0} & M_{s0} & l_{s0} \end{pmatrix} \quad \text{II.13}$$

$$L_{s2}(\theta) = L_{s0} \begin{pmatrix} \cos(2\theta) & \cos 2\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos 2\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) \\ \cos 2\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos 2\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) & \cos(2\theta) \\ \cos 2\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) & \cos(2\theta) & \cos 2\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \end{pmatrix} \quad \text{II.14}$$

Où :

M_{s0} Inductance mutuelle entre deux phases statoriques.

L_{s0} : Inductance propre d'une phase statorique.

θ : Caractère de la position angulaire du rotor par rapport au stator.

$$[M_{sf}]M_f = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \tag{II.14}$$

C) Equations mécaniques :

La dynamique de la machine est donnée par l'équation mécanique suivante :

$$C_m - C_{em} - f\Omega = J \frac{d\Omega}{dt} \tag{II.15}$$

Où :

- C_m : couple moteur appliqué sur la génératrice,
- Ωt : couple de frottement,
- J : moment d'inertie total de la machine,
- f : coefficient de frottement visqueux.

II.5. Transformation triphasé – diphasé

II.5.1. Transformation de Park

Pour un système diphasé (d,q) constitué de deux bobines décalées de $\pi/2$ dans l'espace, on peut générer le même champ tournant que le triphasé (a,b,c) décalé de $3\pi/2$, c'est-à-dire stator Les enroulements (a b c) sont remplacés par deux enroulements en quadrature (d, q) comme indiqué sur la figure ci-dessus. Ce passage est obtenu grâce à la transformation de Park. [30]

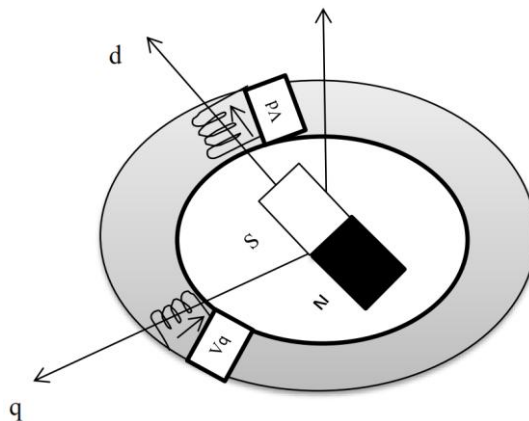


Figure II.12: Représentation de la MSAP dans le repère de Park.

A l'aide de transformation de Park on passe de grandeurs réelle (v_a, v_b, v_c) et (i_a, i_b, i_c) a leurs composantes (v_o, v_d, v_q) et (i_o, i_d, i_q) La matrice de Park s'exprime par: [30]

$$P(\theta) = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ -\sin(\theta) & -\sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad \text{II.16}$$

La transformation inverse de Park et donne par : [30]

$$p(\theta)^{-1} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right) & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad \text{II.17}$$

II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présente les fondements sur la machine synchrone à aimants permanents (GSAP), ainsi que sa modélisation sous forme d'équation mathématiques, Dans le chapitre suivant, nous étudierons les mesures et choisirons le générateur associé au transformateur.

CHAPITRE III

**Mesures, choix de la
génératrice associé au
convertisseur**

III.1. Introduction

Dans ce chapitre Nous aborderons les mesures, le choix de la génératrice associé au redresseur, la simulation du redresseur monophasée associé à cette génératrice, nous parlerons également au (transformateur, variateur de vitesse, batterie et accessoires de notre véhicule).

III.2. Description du véhicule à réaliser



Figure III.1. Véhicule avant modification

Nous sommes choisies le véhicule électrique car il est écologique ; ne pollue pas la nature, nous avons apporté quelques modifications sont cites comme suit : au moteur à combustion internet qui est changer par un moteur électrique, au châssis et aux roues et changé les amortisseurs.

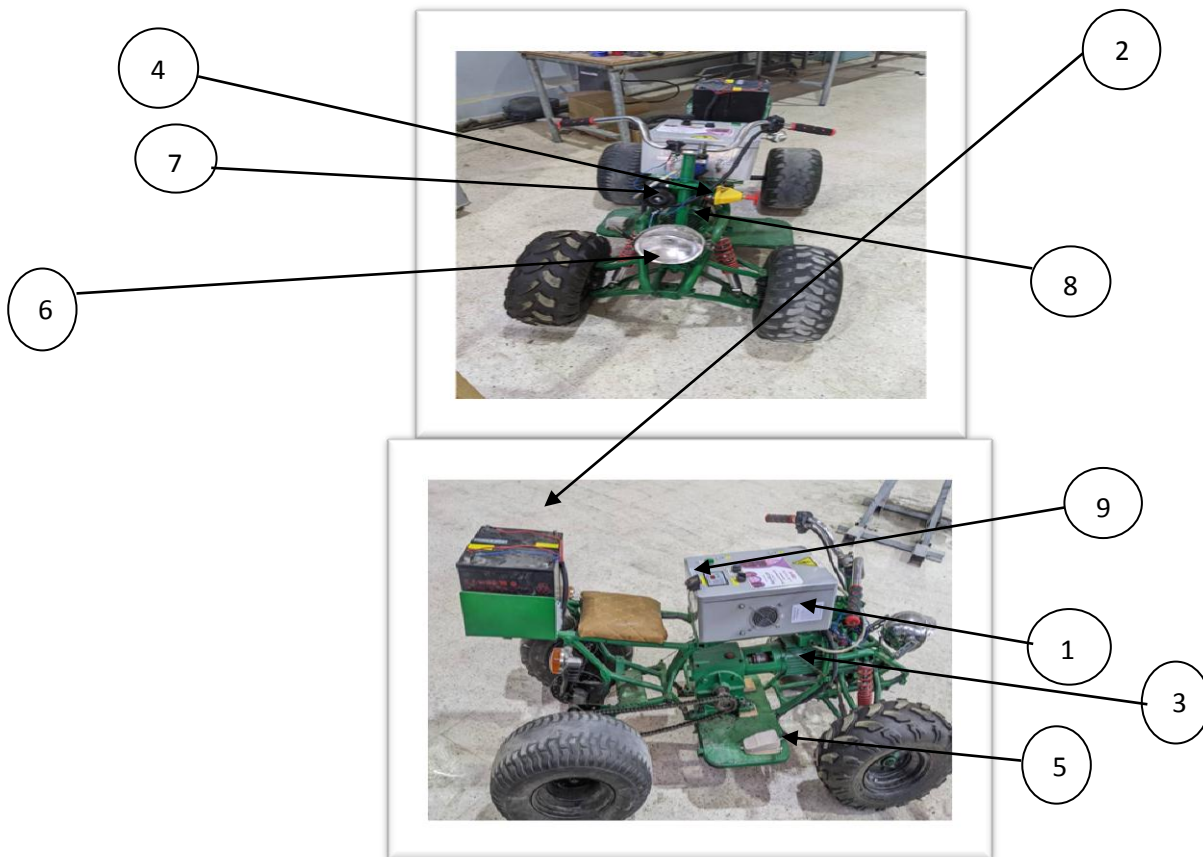


Figure III.2. Véhicule après modification

- 1 : L'onduleur
- 2 : La batterie
- 3 : Le moteur électrique
- 4 : Une coupe courante
- 5 : Un interrupteur à pédale
- 6 : Un phare
- 7 : Un klaxon
- 8 : Clignotants
- 9 : capteur de vitesse numérique du vélo

III.2.1. L'onduleur

Un onduleur peut être défini comme un appareil électrique compact et rectangulaire utilisé pour convertir une tension continue (24 DC) en une tension alternative (230 AC). Les applications du courant continu comprennent plusieurs petits types d'équipements tels que les systèmes d'énergie solaire.

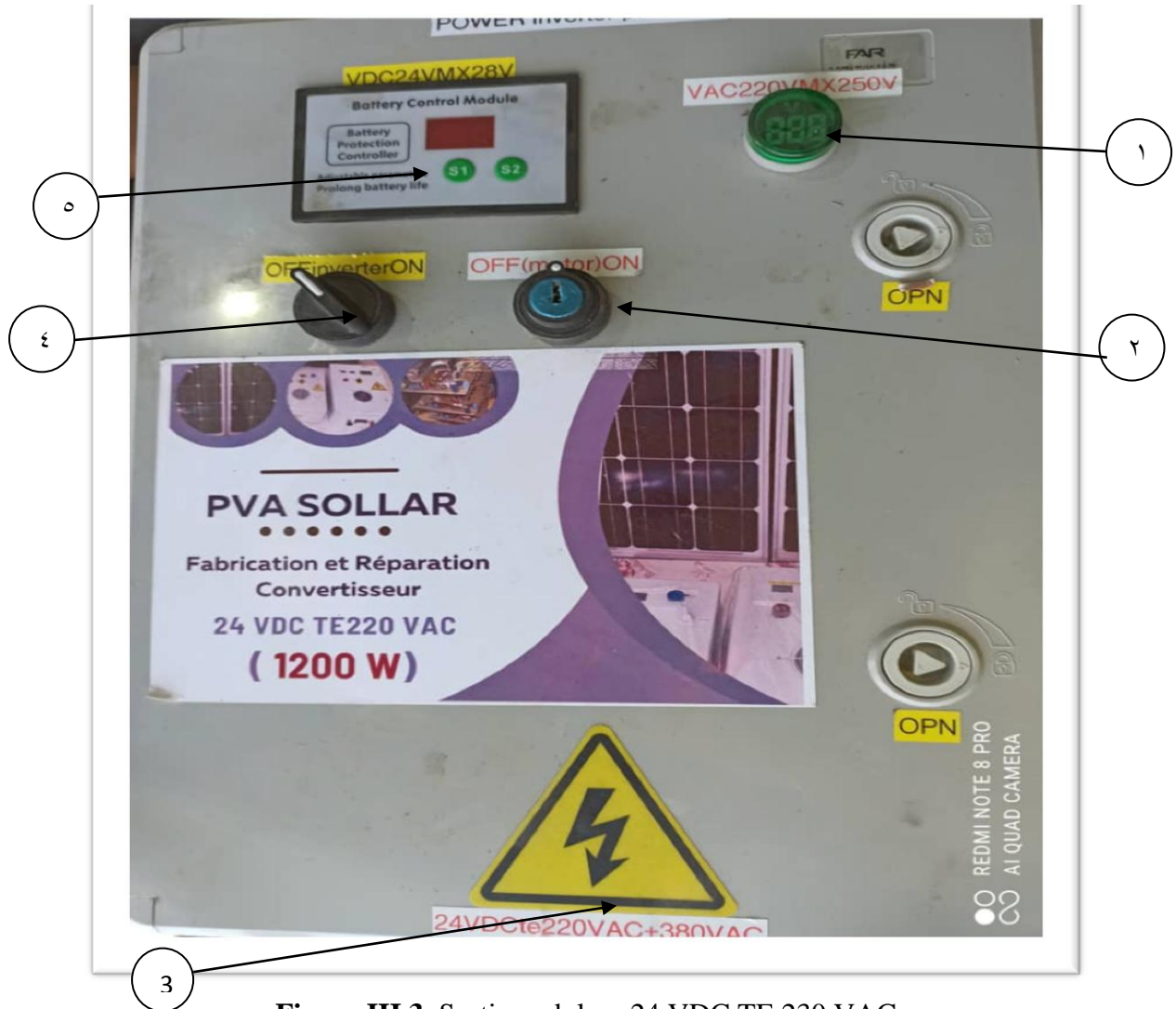


Figure III.3. Sortie onduleur 24 VDC TE 230 VAC

1 : lampe 230v

2 : sélecteur rotatif : trois positions (zéro, un, deux)

- Position zéro : OFF, arrêt
- Position un : ON, le moteur tourne dans le sens avant
- Position deux : ON, le moteur tourne dans le sens arrière

3 : sortie triphasée : 230v AC

4 : sélecteur rotatif : deux positions (zéro, un)

- Position zéro : OFF, arrêt
- Position 1 : marche

5 : module de contrôle de la batterie : est chargé de surveiller et de contrôler l'état de charge de la batterie, ainsi que de réguler le courant et la tension qui lui sont délivrés. Il régule également la communication entre les nombreux composants de la voiture et la batterie, tout en aidant à économiser l'énergie en réglant la batterie sur la valeur la plus basse possible pendant l'utilisation.

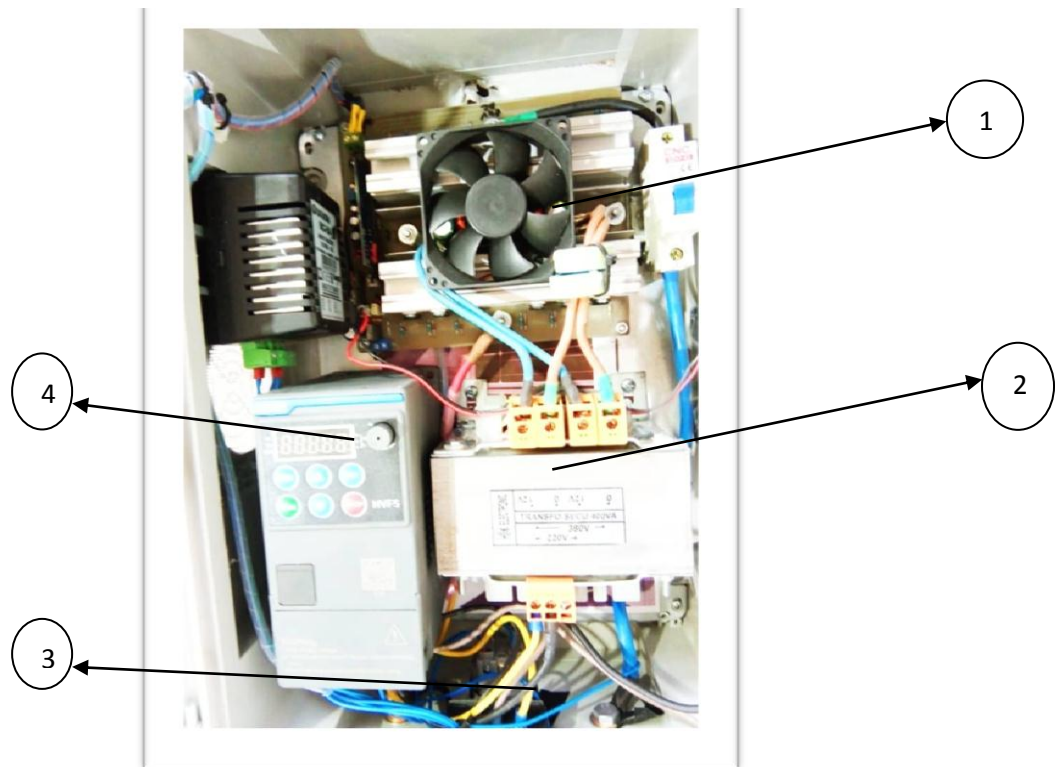


Figure III.4. L'onduleur 24VDC TE230 VAC

- 1 : onduleur 24VDC/24VAC
- 2 : Transformateur 24 VAC /220 VAC
- 3 : sortie triphasée 230VAC
- 4 : variateur de vitesse CHNT

III.2.1.A. Onduleur 24VDC /24VAC

Il est utilisé pour convertir la tension à courant continu (24V DC) en une autre tension à courant alternatif (24V AC)



Figure III.5. Onduleur 24VDC/24VAC

III.2.1.B. Transformateur 24 VAC /220 VAC

Le transformateur est un système de conversion électromagnétique qui permet de changer la tension et l'intensité du courant électrique 24V AC en un autre tension ou bien un autre courant de 240V AC, comme indiqué dans l'équation suivant :

$$T = \frac{v_2}{v_1} \quad (\text{III.1})$$

$$\frac{240}{24} = 10 \quad (\text{III.2})$$

T : rapport de transformation



Figure III.6. Transformateur 24VAC/230VAC

III.2.1.C. variateur de vitesse CHNT

Le variateur de vitesse ou variateur de fréquence est un convertisseur de tension alternative à fréquence fixe (monophasée ou triphasée) en tension alternative à fréquence variable (triphasee).

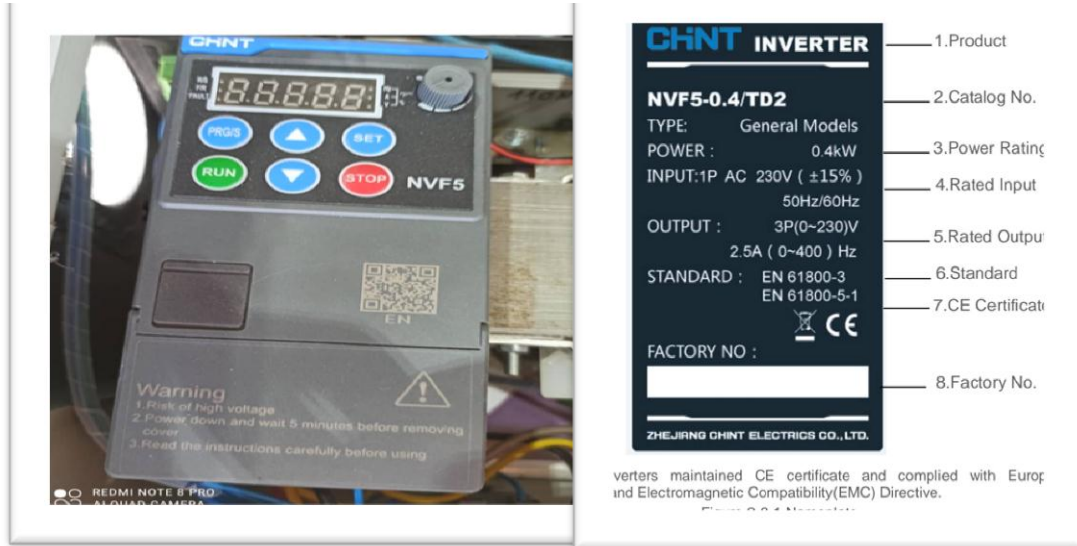


Figure III.7. Le variateur de vitesse CHNT NVF5-0.4/TD2

Table III.1. Description de la fonction de touche du clavier

Key	Description	
	Long press PRG/S key, if the LED flash state is changed, then you can loosen this function switch key	
	Shift function : In parameter edit state, bit left shift ; In main interface, switch display parameters	PRG function : Enter and exit parameters group in parameter edit state
	Run Key	
	Stop key when normal state ; Reset fault key when fault state	
	Increase key (Change parameter group No., parameters and so on) , When inverter is power on, you can use ▲ key increase frequency reference directly. Setting frequency changing rate can be changed by parameter F0.12	
	Decrease key (Change parameter group No., parameters and so on) , When inverter is power on, you can use ▼ key decrease frequency reference directly. Setting frequency changing rate can be modified by parameter F0.12	



	Enter key (Save a change/Enter next level parameter menu)
	When parameter F0.02 = 9, the potentiometer can be used on adjusting frequency. Also, you can modify parameter F7.12 and F7.13 to adjust frequency range.

Table III.2. Description de la Fonction de Touche combinée




Key	Description	
	Parameter Menu Mode Selection (F7.11) 1、 Simple Parameter Menu Mode (U-1) ; 2、 Custom Parameter Menu Mode (U-2) ; 3、 Engineering Parameter Menu Mode (U-3)	
	The system is under the main interface	Lock Combinational Key
	In custom menu mode, in menu level one	Add custom parameters
	The system is under the main interface	Unlock Combinational Key
	In custom menu mode, in next level menu	Delete custom parameters

Table III.3. Liste de menus de paramètres simples

Code	Name	Parameter Description	Default
F0.00	Motor Control Mode	0 : Sensorless Vector Control 1 : Reserve 2 : V/F Mode	·
F0.14	Accelerate Time 1	(0.0~6500.0) s	Depend on Series
F0.15	Decelerate Time 1	(0.0~6500.0) s	Depend on Series
F2.00	Motor Type	0 : AC Induction Motor 1 : Reserve 2 : Reserve	·
F2.01	Motor NP Power	550w	Depend on motor type
F2.02	Motor NP Voltage	230v	Depend on motor type
F2.03	Motor NP Current	1.8A	Depend on motor type
F2.05	F2.05	2 ~ 24	4
F2.06	Motor NP RPM	(0~60000) rpm	1380rpm
F5.01	DI1 Function Selection	1	Forward (FWD)
F5.02	DI2 Function Selection	2	Reverse (REV)

III.2.1.D. Le redresseur

III.2.1.D.A. simulation du redresseur monophasée

Nous avons utilisé le redresseur pour obtenir une tension continue constante à partir d'une tension alternatif sinusoïdale, et les résultats étaient les suivants :

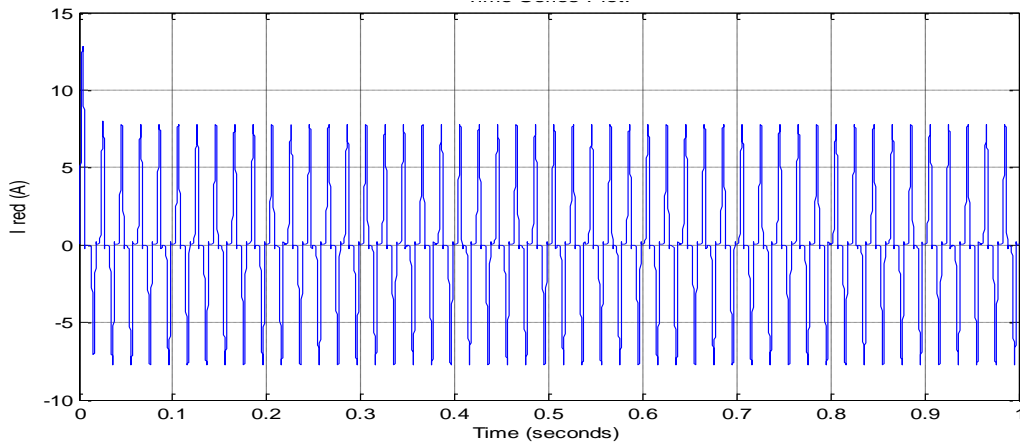


Figure III.8. Le courant du redresseur.

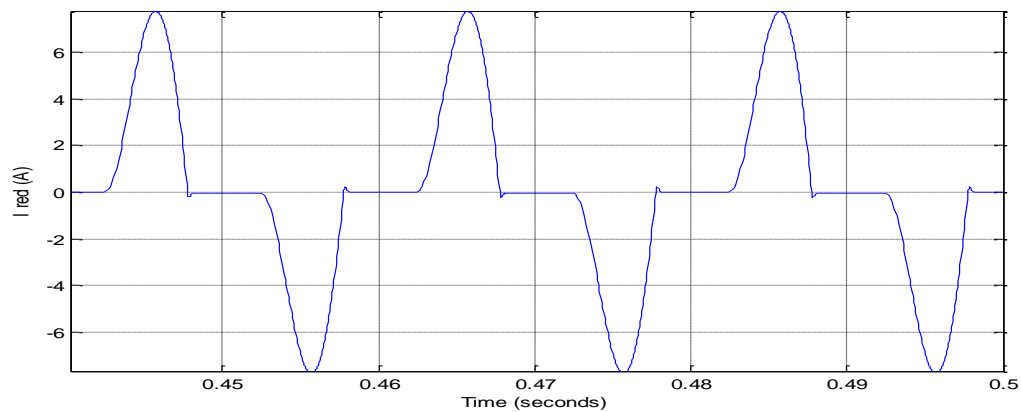


Figure III.9. Zoome de la figure III.8

Dans la figure III.8 et la figure III.9 on a remarqué que la valeur du courant du redresseur est environ 5 A, cette valeur il est bien choisie pour n'est pas endommager les batteries en court de charge.

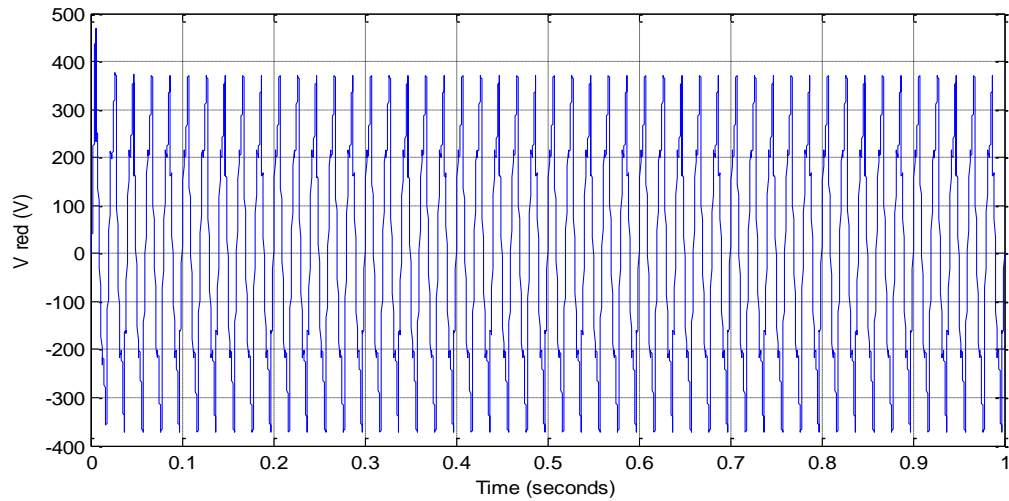


Figure III.10. La tension du redresseur

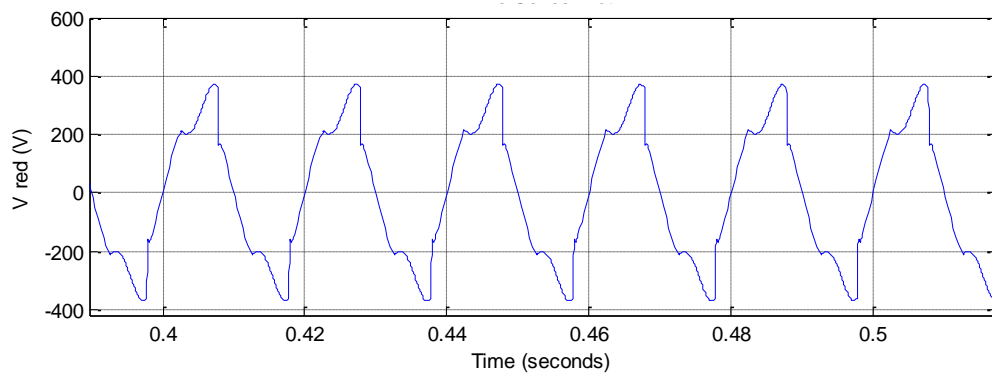


Figure III.11. Zoome de la figureIII.10.

Dans la figure.III.10 et la figure.III.11 on a remarqué que la valeur efficace de la tension du redresseur est de 220V, cette valeur elle est produite par le générateur synchrone à aimant permanent.

III.2.1.D.B. Mesures expérimentales

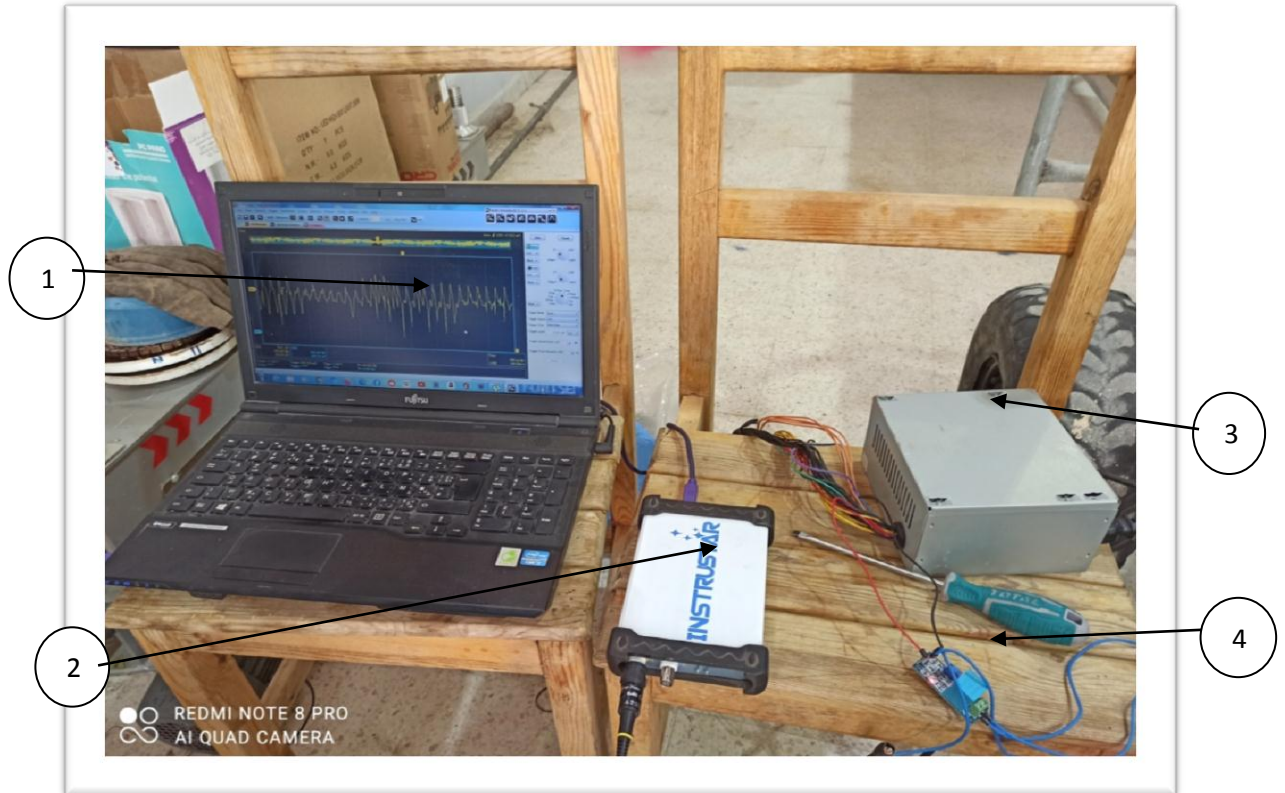


Figure III.12. Outils de mesure

- 1 : Un ordinateur
- 2 : Un oscilloscope
- 3 : Une alimentation stabilisée
- 4 : capteur de tension et capteur du courant

La figure.III.12. Montre la procédure de visualiser l'onde de la tension et du courant du redresseur, tels qu'en utilise un logiciel associé à l'oscilloscope qui installera dans l'ordinateur, un capteur de tension pour deviner la tension réelle afin d'endommager pas l'oscilloscope (ne de passe pas 5V) et l'alimentation stabilisée pour alimenter le capteur de tension (+-5V).



Figure III.13. La courbe de la tension du redresseur



Figure III.14. La tension de la batterie en charge

D'après la figure.III.13 et la figure.III.14, on remarque que la tension n'est pas purement continue (théoriquement) il y a de fluctuation, malgré une tension continue, sera justifier par les pertes dans les thyristors, la qualité du réseau électrique.

III.2.2. La Batterie



Figure III.15. Image de la batterie GPL 12520 12V 52Ah

GPL 12520 est une batterie à usage général jusqu'à 10 ans en service de veille ou plus de 260 cycles à 100 % de décharge en service de cycle. Comme toutes les batteries CSB, toutes sont rechargeables, très efficaces, étanches et sans entretien. Puisque la batterie génère 12 volts, nous avons connecté deux batteries en série pour obtenir 24 volts.

► Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	52 Ah @ 20hr-rate to 1.75V per cell @25°C (77°F)
Weight	Approx. 18 kg(39.68 lbs)
Maximum Discharge Current	500A(5sec)
Internal Resistance	Approx. 5.5 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -15°C~50°C (5°F~122°F) Charge: -15°C~40°C (5°F~104°F) Storage: -15°C~40°C (5°F~104°F)
Nominal Operating Temperature Range	25°C±3°C (77°F±5°F)
Float Charging Voltage	13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	15.6A
Equalization and Cycle Service	14.4 to 15.0 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Self Discharge	CSB Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C (77°F). Please charge batteries before using . For higher temperatures the time interval will be shorter.
Terminal	B4-L terminal to accept M6 nut & bolt
Container Material	Polypropylene(UL 94-V0/File E50955)*Flammability resistance of (UL 94-HB/File E216959) can be available upon request.

Figure III.16. Spécifications dans notre modèle de la batterie

III.2.3.Le choix de la génératrice

L'idée principale de choisir le ventilateur domestique comme génératrice c'est à cause de faible prix (c'est presque gratuit), de simplicité de modifier l'induit (ajouter des aimants permanents), à faible couple donc à vitesse faible d'entraînement. En suit, ne nous somme pas besoin d'une grande puissance (environ 500W, 220V, 5A) c'est juste pour alimenter le redresseur pour charger les batteries (24V : chacune (12V) alimenter en série, 52Ah). Mais il est très difficile de fabriquer une génératrice d'une tension constante. Les équations qui nous ont utilisé :

La loi de Boucherot :

$$E = 4.44.N.f.\varphi_{max} \tag{III.3}$$

Tels que: N: le nombre de spire, f : la fréquence, φ_{max} : le flux maximum d'une spire

$$N_s = \frac{60.f}{P} \tag{III.4}$$

Tels que: N_s : la vitesse de synchronisme, P : le nombre des paires de pôles.

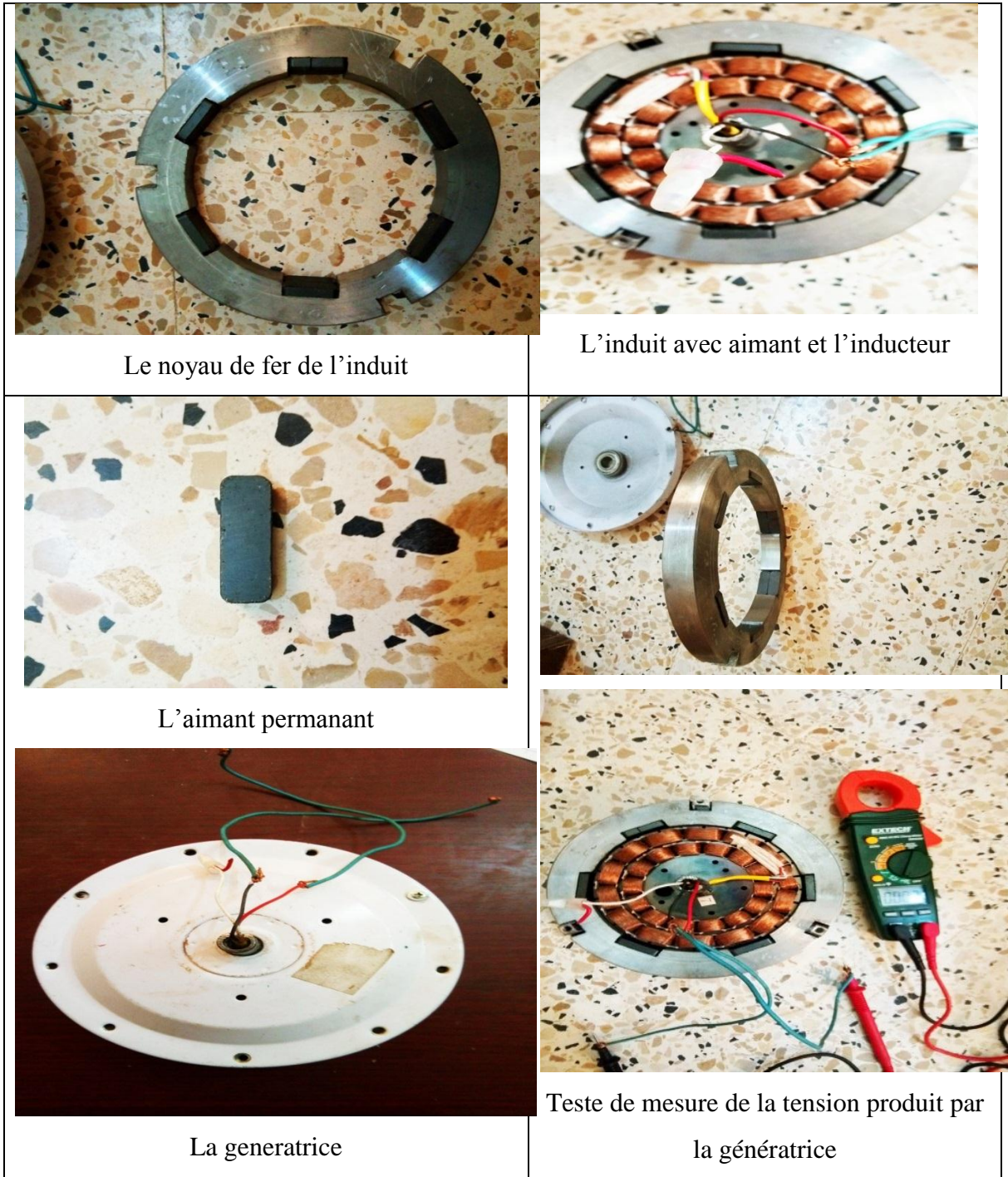


Figure III.17. Différents composants de la génératrice à fabriquer

Table III.4 paramètres de la génératrice à fabriquer

Les paramètres	génératrice
La puissance [W]	500
La fréquence [Hz]	50
La vitesse [Tr/Min]	500
La tension [V]	220
Le Courant [A]	5
Nombres de poles	12

III.2.4. Accessoires

III.2.4.A. Circuit coupe courante

Une coupe courant de voiture ou un disjoncteur de batterie est une partie importante de notre véhicule. Il s'agit d'un dispositif de sécurité souvent obligatoire pour la voiture de course. Il permet de sécuriser notre voiture et donc il est également indispensable pour notre propre sécurité ainsi que celle de nos passagers.



Figure III.18. Circuit coup courant

III.2.4.B. Interrupteur à pédale

Un interrupteur au pied, souvent appelé interrupteur "stop", est activé en appuyant sur l'actionneur, qui est généralement un bouton-poussoir ou une pédale.



Figure III.19. Interrupteur à pédale

Un avantage de l'utilisation d'un interrupteur à pied est qu'il est libéré les mains d'une personne pour d'autres tâches tout en permettant un contrôle complet de la commutation par un opérateur humain.

III.2.4.C. Indicateur de clignotant

Les clignotants de votre voiture sont un élément de sécurité important qui vous aide à exprimer vos intentions aux autres automobilistes. Un nombre croissant de personnes négligent d'utiliser leurs indicateurs, ce qui entraîne une augmentation des accidents.



Figure III.20. Indicateur de clignotant

III.2.4.D. Phare

Le but principal des phares automobiles est d'éclairer la route et de permettre une conduite sans fatigue et en toute sécurité. Par conséquent, les phares et leurs sources lumineuses sont des composants importants du véhicule pour la sécurité.



Figure III.21. Phare

III.2.4.E. klaxon

Un klaxon est un dispositif sonore qui peut être installé dans les voitures, les bus et d'autres types de véhicules. Le klaxon est utilisé par le conducteur pour alerter les personnes de l'approche ou de la présence d'un véhicule, ainsi que pour attirer l'attention sur les dangers potentiels.

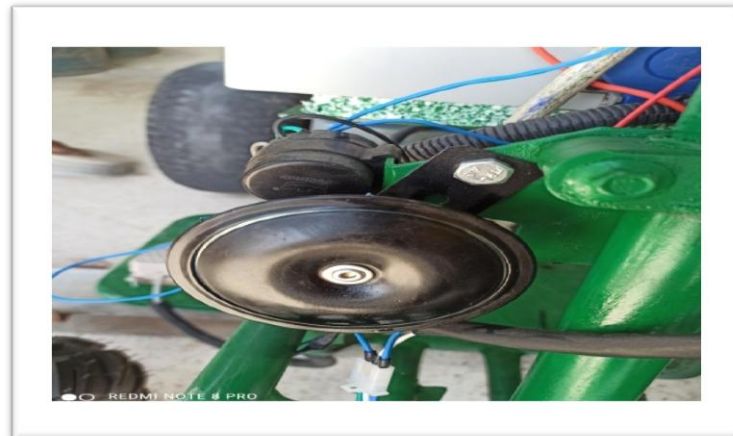


Figure III.22. Klaxon

III.2.4.F. capteur de vitesse numérique

Le capteur de vitesse de vélo est un petit appareil électromagnétique qui mesure la vitesse et la distance parcourue.



Figure III.23. Capteur de vitesse numérique de vélos

III.3. Conclusion

Dans ce troisième et dernier chapitre, qui est la partie application de ce notre travail, dans lequel nous avons traité de façon à calculer et de sélectionner la génératrice et le redresseur approprié, ainsi que divers autres composants pour un véhicule électrique.

Conclusion general

Conclusion général

L'objectif de ce travail c'est que de choisir une génératrice a faible couple d'entraînement, a faible vitesse, a faible puissance. Pour applique ces conditions on a joué sur le nombre de pole de l'induit, qui est contient de 6 pole à aimant permanent.

Afin de charger les batteries de ce véhicule à travers un redresseur.

La clé cette étude est de réaliser expérimentalement un véhicule électrique afin de justifier les choix du moteur électrique à partir du poids, le couple et la vitesse de ce véhicule.

A partir des résultats expérimentaux et théoriques durant cette thèse, on a conclu que :

- ✚ Les résultats théoriques et expérimentaux de la tension et le courant du moteur à choisir ne sont pas convenable, ces sont grâce aux paramètres du moteur tels que (la résistance statorique, la résistance rotorique, l'inductance statorique, l'inductance rotorique) qui sont pas disponible.
- ✚ L'avantage du moteur à choisir a un grand couple c'est ça permet de faire rouler le véhicule dans n'importe quel trajectoire (plan, incline).
- ✚ L'inconvénient du moteur à choisir c'est a faible vitesse (environ 1Km/h), c'est ça permet de minimiser le domaine d'application du véhicule (par exemple le chassis roulant d'handicaput).
- ✚ Le véhicule a grande autonomie c'est presque plus de 6 heures.
- ✚ Simple à recharger les batteries de ce véhicule à partir d'une alimentation à simple prise du courant, et même déconnecte automatiquement lorsque les batteries sont chargées.
- ✚ Comme perspectives on a :
 - ✚ Utiliser les moteurs à roues (2,3 et 4) moteurs, afin d'augmenter la vitesse de ce véhicule.
 - ✚ Minimiser le coup de la consommation de l'énergie électrique durant la charge des batteries par l'utilisation des panneaux photovoltaïques pour faire rouler le véhicule et même charger les batteries à partir de l'énergie solaire.
 - ✚ Utiliser le logiciel solid works pour faire le désigne du coke de ce véhicule .

Références

Références :

- [1] DJELLOUL Houria, MOKRI Abdelmalek, Dimensionnement du moteur électrique d'un véhicule hybride parallèle, Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de master en génie électrique, Faculté des Sciences et de la Technologie département de génie électrique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, ALGERIE, 2018/2019, P03-05.
- [2] Harun TURKER. « Véhicules Electriques Hybrides Rechargeables, Evaluation des Impacts sur le Réseau Electrique et Stratégies Optimales de Recharge », thèse de doctorat, université de Grenoble, France, 2012.
- [3] <https://www.mobilitytechgreen.com/dossier-lhistoire-de-la-voiture- electrique/>.
- [4] Samantha LACROIX. « Modélisation et commande d'une chaîne de conversion pour véhicule électrique intégrant la fonction de charge des batteries », thèse de doctorat, école doctorale, Paris, France, 2013.
- [5] Bertrand CHAUCHAT. « Chargeur de batteries intégré pour véhicule électrique », thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble, France, 1997.
- <https://www.mobilitytechgreen.com/dossier-lhistoire-de-la-voiture- electrique/>.
- [6] SDEC ENERGIE.LA MAISON DE LENERGIE. Voiture électrique. P06.
- [7] Michel WASTRAETE, Formateur expert, Dossier créé avec la collaboration du Groupement National pour la Formation Automobile, Dossier technique–Véhicules électriques et hybrides, ANFA / Édition 2011, Pdf; P06-07.
- [8] Etude des techniques d'estimation de l'état de charge de la batterie d'un système embarqué Mémoire de fin d'étude 2019/2020.p64.
- [9] Mr MERFED Djamel, Mr HAMROUN Kamal, Etude et Stratégies de Commande d'un Véhicule Hybride Série, mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique, département d'électrotechnique, faculté de génie électrique et d'informatique, Université mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Tizi Ouzou, ALGERIE, Promotion 2012/2013, P04-05.
- [10] Nouh I., (2008), contribution au développement d'un simulateur pour les véhicules électrique routière. Thèse de doctorat, université de technologie de Belfort-Montbéliard.
- [11] Mestre V., (2007), Étude et Simulation d'un Véhicule Électrique à Moteur

Références

synchrone mono source. Thèse de doctorat, École Centrale de Lille.

[12] Gaoua Y., (2014), modèles mathématiques et techniques d'optimisation non linéaire et combinatoire pour la gestion d'énergie d'un système multi-source : vers une implantation temps réel pour différentes structures électriques de véhicules hybrides. Thèse de doctorat, université de Toulouse.

[13] Daanoune A., (2012), Contribution à l'étude et à l'optimisation d'une Machine Synchrone à Double Excitation pour Véhicules Hybrides. Thèse de doctorat, université de Grenoble.

[14] G. Iekhmissi « étude d'une chaîne de conversion d'énergie éolienne en utilisant une voile mécanique », thèse de Master en Génie électrique, université d'Oum el Bouaghi. Le 20/06/2013.

[15] Mehazzem F., (2010), Contribution à la Commande d'un Moteur Asynchrone destiné à la Traction électrique. Thèse de doctorat, École Doctorale ICMS.

[16] Mosdale R., (2003), transport Électrique Routier-Batteries pour Véhicule Électrique. Technique d'ingénieur, Traité Génie Électrique, D5665.

[17] MEZIANI Sofiane, Etude et réalisation de la commande par DSP d'un convertisseur AC/DC, Mémoire Présenté pour Obtenir le diplôme de Magister en électrotechniques Option : Machines Electriques, Faculté de Génie Electrique et d'Informatique Département d'Electrotechnique, Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, ALGERIE, P51-60.

[18] Nouh Aiman, « Contribution au développement d'un simulateur pour les véhicules électriques routiers ». Thèse doctorat 26 mars 2008.

[19] Redah SADOUN, « Intérêt d'une Source d'Energie Electrique Hybride pour véhicule électrique urbain – dimensionnement et tests de cyclage », thèse de doctorat ECOLE CENTRALE DE LILLE, France, 2013

[20] Gaoua Y., (2014), modèles mathématiques et techniques d'optimisation non linéaire et combinatoire pour la gestion d'énergie d'un système multi-source : vers une implantation temps réel pour différentes structures électriques de véhicules hybrides. Thèse de doctorat, université de Toulouse.

Références

- [21] Adame, Quel temps fera-t-il demain ? le changement climatique, Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), <http://www.ademe.fr/particuliers/Fiche/cli-mat/index.html>.
- [22] Marc DEBRUYNE « Apport de l'électronique de puissance pour la traction électrique » technique d'ingénieur. 2010
- [23] Kevin Tanguy, « Modélisation et optimisation de la recharge bidirectionnelle de véhicules électriques Application à la régulation électrique d'un complexe immobilier », Québec, Canada, 2013.
- [24] F. Kendouli « Centrale éolienne et qualité de l'énergie électrique », thèse de doctorat, en Sciences en Electrotechnique.
- [25] A.Housseem et A.wafaa «Synthèse de lois de commande non-linéaires pour un entraînement électrique à vitesse variable basé sur un moteur synchrone à aimants permanents» Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen.
- [26] N. Hamdi « Modélisation et commande des génératrices éoliennes », thèse de magister en Électrotechnique, Université Mentouri de Constantine. Le 24 /01/2008.
- [27] DJELLOUL Houria, MOKRI Abdelmalek, Dimensionnement du moteur électrique d'un véhicule hybride parallèle, Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de master en génie électrique, Faculté des Sciences et de la Technologie département de génie électrique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, ALGERIE, 2018/2019, P03-05.
- [28] H. Bourekache « étude et commande d'une éolienne à base d'une machine synchrone à aimants permanents », Ingénieur d'état en électrotechnique. Le 05/06/2013.
- [29] A. Housseem et A. wafaa « Synthèse de lois de commande non-linéaires pour un entraînement électrique à vitesse variable basé sur un moteur synchrone à aimants permanents » Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen.
- [30] S. Belakehal, A. Bentounsi, « Modélisation et commande d'une génératrice Synchrone à aimants permanents dédiée à la conversion de l'énergie éolienne ». Le 14 Janvier 2010 accepté le 28 Mars 2010.

Résumé :

Mots clés : véhicule électrique, l'autonomie, génératrice, convertisseur électronique

Résumé : Le véhicule électrique c'est un moyen de transport qu'il n'a pas de danger à la nature.

Alors que le grand défi de ce véhicule c'est l'autonomie. C'est à dire que combien d'heures le véhicule roule sans charger les batteries, donc on a associé une génératrice afin de récupérer l'énergie du véhicule.

Alors le choix de la génératrice permet de minimiser le cout et d'augmenter l'autonomie de ce véhicule.

Donc dans cette thèse on a étudié le choix de la génératrice associé au convertisseur électronique afin de recharger les batteries pour augmenter l'autonomie du véhicule.

Keywords: electric vehicle, autonomy, generator, electronic converter

Abstract: The electric vehicle is a means of transport that has no danger to nature.

While the great challenge of this vehicle is autonomy. That is to say, how many hours the vehicle runs without charging the batteries, so we have associated a generator to recover the energy of the vehicle.

So, the choice of the generator makes it possible to minimize the cost and increase the autonomy of this vehicle.

So, in this thesis we studied the choice of the generator associated with the electronic converter in order to recharge the batteries to increase the autonomy of the vehicle.

الكلمات المفتاحية: السيارة الكهربائية، الحكم الذاتي، المولد، المحول الإلكتروني

الملخص:

المركبة الكهربائية وسيلة نقل لا تشكل خطراً على الطبيعة.

بينما التحدي الأكبر لهذه السيارة هو الاستقلالية. بمعنى، كم عدد الساعات التي تعمل فيها السيارة

دون شحن البطاريات، لذلك قمنا بربط مولد لاستعادة طاقة السيارة.

لذا فإن اختيار المولد يجعل من الممكن تقليل التكلفة وزيادة استقلالية هذه السيارة.

لذا في هذه الأطروحة درسنا اختيار المولد المرتبط بالمحول الإلكتروني من أجل إعادة شحن

البطاريات لزيادة استقلالية السيارة