

Livre électronique de l'apprenant

Septembre 2024

INTRODUCTION

Le projet EVTECH vise à accroître l'offre, la qualité et la pertinence de l'enseignement et de la formation professionnels (EFP) dans l'industrie automobile, en vue de répondre aux nouveaux besoins professionnels et à l'inadéquation des compétences, résultant de l'augmentation des taux d'adoption des véhicules électriques (VE). Le projet a élaboré un programme d'apprentissage comportant des possibilités d'apprentissage en milieu de travail sur les travaux d'entretien, d'entretien et de réparation des véhicules électriques. Outre les procédures d'entretien et de réparation propres aux véhicules électriques, l'accent est mis sur les aspects qui font actuellement défaut dans les cours existants (c.-à-d. les systèmes informatiques, la visualisation des données et les protocoles de sécurité).

Cet e-book est un point d'entrée pour le cours EVTECH, et il est basé sur la structure du programme du projet. Son objectif est de fournir une vue d'ensemble succincte du cours développé par le consortium EVTECH et plus particulièrement des partenaires directement impliqués dans le domaine de l'industrie automobile, à savoir FREMM (Espagne), CKZ (Pologne) et CELF (Danemark). Le cours s'adresse aux techniciens automobiles et aux étudiants de l'enseignement et de la formation professionnels initiaux (EFPI) dans les programmes de technicien automobile, qui souhaitent étendre leurs connaissances techniques et leurs compétences numériques ainsi que suivre les tendances sectorielles pour faire face aux exigences émergentes du lieu de travail.



TABLE DES MATIERES

[UPDATE THE TABLE]	2
[UPDATE THE TABLE]	4
1.1 [UPDATE THE TABLE]	4
1.2 [UPDATE THE TABLE]	5
1.3 [UPDATE THE TABLE]	6
1.4 [UPDATE THE TABLE]	8
[UPDATE THE TABLE]	9
[UPDATE THE TABLE]	10
[UPDATE THE TABLE]	12
[UPDATE THE TABLE]	12
[UPDATE THE TABLE]	13
[UPDATE THE TABLE]	14
[UPDATE THE TABLE]	15
[UPDATE THE TABLE]	16
[UPDATE THE TABLE]	17
[UPDATE THE TABLE]	17
[UPDATE THE TABLE]	18
[UPDATE THE TABLE]	19
[UPDATE THE TABLE]	20
[UPDATE THE TABLE]	20
[UPDATE THE TABLE]	22
[UPDATE THE TABLE]	23
[UPDATE THE TABLE]	24
[UPDATE THE TABLE]	24
[UPDATE THE TABLE]	25



[UPDATE THE TABLE] 26
 [UPDATE THE TABLE] 28

MODULE 1 : EV ESSENTIALS

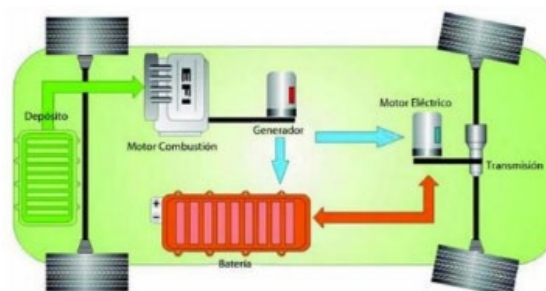
1.1 PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE DES VE

Véhicules électriques hybrides (VHE)

Le fonctionnement d'un véhicule hybride (HEV - Hybrid Electric Vehicle) repose sur la combinaison de deux types de moteurs, l'un électrique et l'autre conventionnel (moteur à combustion interne) par l'intermédiaire d'un système de commande hybride et d'un bloc-batterie. En général, un véhicule hybride fonctionne comme un véhicule classique auquel on a ajouté un moteur électrique.

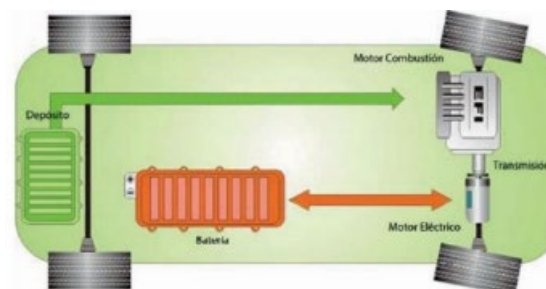
Véhicules hybrides de série

Ce véhicule est uniquement propulsé par le moteur électrique grâce à l'énergie électrique fournie par un générateur, qui est alimenté par un moteur à combustion interne (ICE).



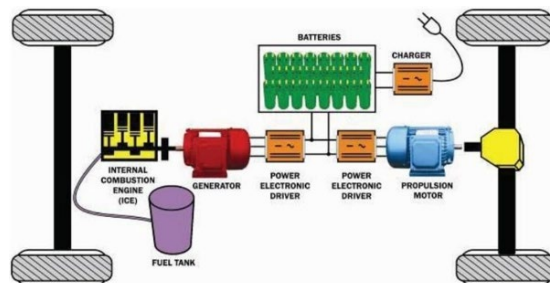
Véhicules hybrides parallèles

Dans les véhicules hybrides à architecture parallèle, le moteur à combustion (ICE) et le moteur électrique de traction (TEM) fonctionnent simultanément pour mettre les roues du véhicule en mouvement.



Véhicules électriques hybrides rechargeables (VHÉR)

Le type de véhicule électrique hybride rechargeable (VHÉR), qu'il s'agisse de véhicules hybrides en série ou en parallèle, dispose d'une batterie prête à être chargée non seulement par l'intermédiaire du générateur électrique installé dans le véhicule lui-même, mais également en le connectant au réseau électrique externe (dans un bâtiment, à une station de charge, etc.).



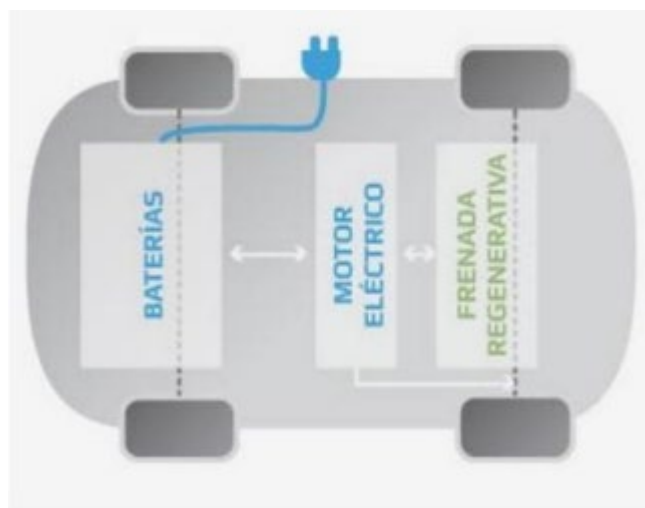
Véhicules hybrides non rechargeables

Ce type de véhicule (hybride série ou parallèle) comporte une batterie qui n'est pas destinée à être chargée par connexion à un réseau électrique externe.

Véhicules électriques purs (EV)

En ce qui concerne ces véhicules, le système de traction se compose d'un ensemble de moteurs électriques, alimentés exclusivement par une batterie (bloc-batterie) installée dans le véhicule lui-même.

Ce type de véhicule est appelé électrique pur car il n'y a pas d'autre source d'énergie que l'électricité (ils n'ont pas de moteur à combustion interne).



1.2 IMPLÉMENTATIONS ACTUELLEMENT DISPONIBLES

Moteur Électrique Central

Actuellement, sur le marché, deux types fondamentaux sont disponibles :

- Véhicules à moteur électrique central (un ou deux moteurs)

· Véhicules équipés de moteurs à moyeu de roue (deux ou quatre moteurs)

Types de châssis dans les véhicules électriques

- Carrosserie sur châssis
- Châssis monocoque
- Plate-forme de véhicule électrique (châssis de planche à roulettes)



1.3 ARCHITECTURE EV (COMPOSANTS PRINCIPAUX)

Contrôle et régulation des moteurs

Comprendre le fonctionnement des moteurs est essentiel dans le monde des véhicules électriques. Les moteurs synchrones, couramment utilisés, sont capables de s'adapter à diverses conditions de conduite. Le système de commande, qui rappelle un schéma comportant un moteur à courant continu et deux batteries connectées en série, est un modèle pour le contrôle requis du système de traction.

PotBox (Accélérateur)

Le PedalBox, synonyme de pédale d'accélérateur, n'est pas seulement un levier mécanique mais une interface reliant le conducteur au système de commande du groupe motopropulseur. Il permet aux conducteurs de fixer des niveaux de performance, fonctionnant comme le conduit principal de l'unité de contrôle de traction.

Contrôleur (pilote)



Le contrôleur, indifféremment appelé onduleur ou driver, possède un double rôle. Il convertit adroitement le courant continu du bloc-batterie en courant alternatif triphasé essentiel nécessaire pour alimenter le moteur électrique.

Chargeur embarqué et convertisseur DC/DC

Le convertisseur CC/CC réduit efficacement la tension du bloc-batteries pour alimenter le circuit basse tension du véhicule, reflétant le rôle des véhicules à moteur à combustion classique.

Système de gestion des véhicules électriques (EVMS)

Le centre nerveux de la fonctionnalité de l'EV, l'EVMS règne sur la charge, la décharge de la batterie et le circuit du véhicule 12VDC. Faciliter la communication entre le système de gestion de la batterie (BMS) et l'autobus CAN du véhicule, surveiller l'état des blocs-batteries, contrôler les dispositifs de sécurité et offrir des données cruciales aux conducteurs par l'intermédiaire du tableau de bord font partie de ses responsabilités multidimensionnelles.

Bloc-batterie et connexions électriques

Le bloc-batterie est le cœur de la propulsion des VE. Chaque bloc-batterie comprend des composants essentiels pour préserver sa fonctionnalité. La présence d'un fusible principal, d'un capteur d'intensité de courant et d'un système de gestion de batterie (BMS) assure une surveillance et une gestion méticuleuses de la tension et de la température de la pile du pack.

Unités de commande de système électrique haute tension

Une grappe d'unités de contrôle assure une gestion transparente des circuits du groupe motopropulseur. Chaque unité de contrôle, y compris la MCU (Motor Control Unit) qui gère les opérations du moteur, le système EVMS qui supervise la charge et les nombreuses autres unités de contrôle incluses dans les onduleurs, les chargeurs embarqués et les convertisseurs CC/CC, sont essentiels à la fonctionnalité et à la sécurité globales du VE.

Contrôleurs de moteur (inverseurs)



Les contrôleurs de moteur, fonctionnant comme des onduleurs, reçoivent des entrées haute tension et distribuent du courant alternatif triphasé essentiel à l'alimentation des moteurs électriques.

Stratégies de contrôle moteur

Des stratégies comme PWM, VVF, FOC, DTC et PID incarnent la sophistication du contrôle des opérations motrices, adaptées aux différents types de moteurs : les moteurs synchrones à aimants permanents (PMSM) ou les moteurs à induction. Ces stratégies, équipées d'approches sur mesure, assurent des performances et un couple optimaux pour chaque type de moteur dans divers scénarios de conduite.

Interrupteur à inertie et interrupteur à clé (clé d'allumage)

La sécurité est primordiale pour les VE. Pour la sécurité des passagers, le commutateur à inertie déconnecte rapidement les circuits haute tension dans les scénarios de collision. Simultanément, l'interrupteur à clé, essentiel pour le fonctionnement du VE, déclenche l'alimentation électrique contrôlée et l'interaction avec le moteur électrique primaire, assurant une fonctionnalité et une sécurité sans faille.

1.4 SYSTÈMES DE STOCKAGE D'ÉNERGIE

Paramètres fondamentaux de la batterie

Comprendre la tension, la capacité et les valeurs nominales C de la batterie est essentiel pour une charge et une décharge sûres, pour éviter des dommages irréversibles et pour gérer les performances de la batterie. Cela comprend l'exploration de paramètres tels que la tension en circuit ouvert (OCV), la tension en circuit fermé (CCV), la capacité de la batterie, les constantes de charge/décharge (C-nominal) et la tension minimale admissible (coupure) pour assurer une utilisation optimale de la batterie.

Concept de batterie de véhicule électrique (VE)

Les batteries de VE sont des assemblages de cellules lithium-ion interconnectées en série et en parallèle, chacune avec une tension, une capacité et une capacité nominales C spécifiques. Cette configuration détermine les performances, la tension et la capacité globales de la batterie, essentielles pour alimenter les moteurs électriques des véhicules.

Assemblage d'un bloc-batterie

Dans les véhicules électriques (VE), la propulsion du moteur électrique nécessite un ensemble de cellules connectées en série et en parallèle pour générer la tension et le courant nécessaires. Ce pack comprend différents composants : des cellules, un capteur de courant, un système de gestion de batterie (BMS) et un boîtier. Ces pièces permettent non seulement d'éviter les risques électriques, mais également d'assurer la résistance mécanique et l'étanchéité pour des conditions de conduite dynamiques.

Types de refroidissement du bloc-batterie

- **Refroidi à l'air** : utilise le flux d'air frais pour refroidir la batterie. C'est simple et rentable, mais la régulation de la température dépend des conditions extérieures.
- **Refroidissement par liquide** : la circulation d'un fluide de refroidissement à travers le bloc-batterie est couramment utilisée. Cette méthode assure un refroidissement efficace et contrôlé, mais elle est potentiellement complexe et sujette aux fuites.
- **AACC Fluid Cooling** : utilise le gaz de climatisation du véhicule pour refroidir le bloc-batterie, en s'appuyant sur des stratégies de contrôle de la température spécifiques.

1.5 RECHARGE DE LA BATTERIE

Normalisation du système de tarification

Le chapitre se penche sur la normalisation des systèmes de charge à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule, conformément aux normes internationales telles que la norme CEI 61851. Il décompose les différents modes normalisés de recharge (Mode 1 à Mode 4) et les connecteurs associés à chaque mode, en mettant en lumière leurs caractéristiques spécifiques et leur applicabilité.

Chargement des connecteurs et des pilotes

L'invention concerne un aperçu complet de connecteurs de recharge normalisés, englobant différents types de connecteurs et leurs applications dans différents modes de charge. Il développe les fonctions du pilote de contrôle (CP) et du pilote de proximité (PP) pour faciliter la communication et la sécurité pendant la charge.

Systèmes de recharge embarqués et hors-bord

La distinction entre les systèmes de recharge embarqués et hors-bord est expliquée, en expliquant leur rôle et leurs limites dans l'activation des différents modes de recharge. Il souligne la nécessité d'un chargeur embarqué pour les modes 1 et 2, tout en soulignant l'importance des chargeurs hors-bord pour les modes de charge à plus forte puissance.

Régénération d'énergie et systèmes de freinage

Le concept de régénération d'énergie dans les véhicules électriques est exploré, en détaillant les mécanismes impliqués dans le freinage par récupération et les systèmes de récupération d'énergie cinétique (KERS). Il souligne l'importance de ces systèmes pour augmenter la portée des véhicules tout en mettant en lumière leurs limites et la nécessité des systèmes de freinage traditionnels.

Stratégies de freinage régénératif

Deux stratégies principales dans la mise en œuvre des systèmes de freinage à récupération (commande en série et commande en parallèle) sont mises en évidence, en se concentrant sur leurs approches uniques et leur impact sur la portée du véhicule. Le rôle des systèmes de freinage électrique dans la facilitation des stratégies de freinage par récupération à commande en série est également examiné.

1.6 FONCTIONNEMENT DE MOTEURS ÉLECTRIQUES

Les principales technologies utilisées dans les moteurs électriques pour les systèmes de traction comprennent plusieurs types :

1. Moteurs asynchrones triphasés (moteurs à induction)



Ces moteurs, appelés moteurs à induction à courant alternatif, sont robustes, fiables et rentables. Cependant, leurs limites incluent des vitesses maximales plus faibles et un rapport couple-vitesse moins idéal pour certains systèmes de traction du véhicule. Dans les configurations de transmission intégrale, elles peuvent être bénéfiques, car un moteur peut être arrêté dans des scénarios de faible traction, ce qui atténue certains problèmes d'efficacité présents dans d'autres types de moteur.

2. Moteurs (synchrones) à aimants permanents

Ces moteurs utilisent des aimants permanents dans le rotor, offrant une efficacité et une densité d'énergie supérieures à celles des moteurs à induction. Cependant, ils sont mis au défi par le coût élevé des aimants en terres rares et la complexité de la gestion de leur zone de couple constant à basse vitesse.



3. Moteurs À Réductance Commuté

Il s'agit d'une amélioration par rapport aux moteurs à aimants permanents, avec une conception plus simple qui utilise un rotor sans matériaux magnétiques. Ils exploitent la résistance magnétique dans le rotor contre le champ électromagnétique pour générer un mouvement, commandé par l'électronique de puissance.

4. Moteurs À Flux Axial

Différents des agencements de flux radial, ces moteurs présentent un flux de champ magnétique parallèle à l'axe du rotor. Ils permettent une conception plus compacte et plus légère, offrant une densité d'énergie plus élevée, idéale pour les moteurs électriques montés sur roues.



MODULE 2 : VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES

2.1 CIRCUITS ÉLECTRIQUES DE VÉHICULES À COURANT CONTINU - PRINCIPES ET PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES APPLIQUÉS AUX DISPOSITIFS DE CIRCUITS DE VÉHICULES

L'électricité et le magnétisme sont les fondamentaux des circuits électriques de véhicules à courant continu. L'électricité décrit le mouvement de charges électriques négatives (électrons) à travers des matériaux conducteurs, générant du travail, tel que l'alimentation des lumières ou

des moteurs. Le concept de mouvement de charge se quantifie dans Coulombs (C), avec un courant électrique mesuré en Ampères (A), représentant le flux de charges libres dans un conducteur.

La génération de ce mouvement nécessite une force électromotrice (EMF) mesurée en volts (V), souvent fournie par des batteries ou des alternateurs. Le sens du courant électrique, classiquement du positif au négatif, simplifie l'analyse du circuit, même si le mouvement réel est inverse.

Le magnétisme examine le comportement des matériaux magnétiques, leur interaction et l'intensité des champs magnétiques mesurés dans Gauss (G) ou Tesla (T). La compréhension de l'aimantation, mesurée en ampères par mètre (A/m), décrit l'alignement des dipôles magnétiques sous un champ magnétique externe.

Le courant électrique crée un champ magnétique autour des conducteurs qu'il traverse. Ces connaissances sont essentielles pour comprendre les phénomènes naturels et concevoir des dispositifs technologiques tels que les générateurs et les moteurs.

2.2 INTERPRÉTATION DES SCHÉMAS DE CÂBLAGE

Comprendre les systèmes électriques dans les automobiles

L'électricité est la clé des véhicules modernes, alimentant les fonctions essentielles de l'allumage du moteur à l'électronique intérieure. Pour composer avec la complexité des systèmes électriques automobiles, il faut comprendre les unités fondamentales, les éléments de circuit de base, les types de circuits, les composants principaux, les symboles électriques et l'interprétation des schémas de câblage.

Unités électriques de base et éléments de circuit

Le concept de différence de potentiel électrique, mesurée en Volts (V), signifie la distinction de potentiel entre deux points d'un circuit.

Le courant électrique, quantifié en Ampères (A), représente le flux d'électrons dans un circuit.

La résistance électrique, mesurée en Ohms (Ω), caractérise l'opposition rencontrée par un conducteur à la circulation du courant.

La consommation électrique est définie en watts (W), en mettant en évidence la puissance consommée par un dispositif affichant un ampère sous une différence de potentiel d'un volt.

Eléments de base dans un circuit

Les véhicules dépendent de diverses sources d'énergie, comme les batteries, les accumulateurs et les générateurs, pour convertir l'énergie en énergie électrique. Dans les automobiles, le courant continu (CC) avec une tension de 12 ou 24 volts est répandu, généralement fourni par des batteries.

Des fils, jouant le rôle de conducteurs enfermés dans des isolateurs, facilitent la transmission du courant électrique. Regroupés dans des faisceaux, ces fils forment des chemins complexes, identifiés par leurs codes de couleur.

Les destinataires et les consommateurs des systèmes électriques des véhicules utilisent cette énergie. Les interrupteurs jouent un rôle crucial dans le contrôle de la connectivité du circuit et dans l'activation ou la désactivation de divers composants du véhicule.

2.3 DISPOSITIFS DE PROTECTION DE CIRCUIT

Les **fusibles** jouent un rôle crucial dans la sécurisation des systèmes électriques des véhicules automobiles et électriques (VE), la protection des composants électroniques et la prévention des dommages dus à une surintensité.

La classification des fusibles est basée sur :

- **Courant nominal** : chaque fusible a un courant nominal représentant le courant maximal qu'il peut transporter avant d'ouvrir le circuit. Le choix de fusibles dotés de courants nominaux appropriés est crucial en fonction des besoins électriques spécifiques de chaque circuit du véhicule.
- **Tension nominale** : la tension nominale du fusible indique la tension maximale pour laquelle il est conçu. Il doit correspondre à la tension du système pour garantir des performances sûres.
- **Temps de réponse** : Certains fusibles sont conçus pour répondre plus rapidement à la surintensité, tandis que d'autres offrent des temps de réponse plus lents. Le choix dépend de l'application et de la sensibilité de l'électronique du véhicule.



EMPLACEMENT ET DISTRIBUTION DE DISPOSITIFS DE PROTECTION DANS DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES DE VÉHICULE

Les fusibles sont placés stratégiquement dans le système électrique pour protéger des composants spécifiques. Par exemple, un fusible peut fixer le système d'éclairage, tandis qu'un autre peut protéger le système de commande du moteur.

En cas de surcharge ou de court-circuit, le fusible est détruit, ce qui interrompt la circulation du courant et évite ainsi d'endommager des composants électriques et électroniques coûteux et sensibles.

2.4 PRINCIPES ET MÉTHODES DE MISE À LA TERRE

La mise à la terre des véhicules électriques et hybrides est essentielle pour leur fonctionnement sûr et pour atténuer les risques électriques potentiels. Des principes et des méthodes spécifiques sont essentiels pour établir une mise à la terre efficace, réduire le risque de choc électrique et assurer la sécurité des passagers et de l'électronique du véhicule.

Fondements des principes fondamentaux

La mise à la terre du véhicule électrique établit principalement une référence de potentiel commune entre les composants électriques du véhicule et la terre. Cette connexion empêche les différences de potentiel dangereuses qui pourraient survenir pendant le fonctionnement du système électrique. La déconnexion du système électrique haute tension du véhicule est une opération critique que les constructeurs planifient soigneusement pour assurer la sécurité. Ce procédé consiste à séparer physiquement le circuit électrique du véhicule du bloc-batterie, en respectant les spécifications de sécurité énoncées dans le règlement no 100 de la CEE-ONU.

Importance des outils de vérification de l'isolation

Des instruments comme les ohmmètres et des dispositifs comme Launch ES200 complètent la suite d'outils de vérification de l'isolation, assurant des tests complets et efficaces de la résistance de l'isolation. Chaque instrument, du mégohmmètre au localisateur de défauts, joue un rôle spécifique dans l'évaluation et l'entretien de l'isolation électrique, essentielle pour le fonctionnement sûr et fiable des véhicules électriques et hybrides.



2.5 DIAGNOSTIC, RÉPARATION ET ENTRETIEN DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES

L'invention concerne des techniques de diagnostic de défauts dans des systèmes électriques et électroniques de véhicules électriques.

Pour diagnostiquer les défauts électriques dans les véhicules, des dispositifs et des logiciels spécifiques sont essentiels aux côtés des outils conventionnels. Ils lisent les codes d'erreur stockés dans les modules électroniques du véhicule et offrent des données détaillées sur les opérations du système, les schémas de câblage, les procédures de réparation et les vérifications de l'actionneur. Les grandes marques automobiles recommandent ou proposent leurs dispositifs et logiciels de diagnostic.

Logiciel de diagnostic spécialisé

Des logiciels distincts comme Tesla's Diagnostic Tool, Nissan Consult, BMW ISTA, GM Global Diagnostic System, Ford Integrated Diagnostic System et Volvo VIDA, conçus pour des marques de véhicules spécifiques, aident à la lecture des codes d'erreur, à la surveillance du système et à la reprogrammation des modules, assurant ainsi des diagnostics précis.

Tests de composants et de câblage

Les multimètres jouent un rôle polyvalent dans le diagnostic des véhicules électriques :

- Mesure de la tension : évalue la tension sur les circuits du véhicule.
- Mesure de l'intensité du courant : mesure le flux de courant dans les circuits/composants.
- Mesure de la résistance : évalue l'intégrité du composant.
- Détection des courts-circuits : identifie les courts-circuits en mesurant la résistance entre les points.

Les oscilloscopes analysent les signaux électriques dans le temps :

- Analyse de forme d'onde : Visualise les formes d'onde de signal, identifiant les problèmes comme les fluctuations ou les distorsions.
- Mesure de la fréquence : Identifie les irrégularités de fréquence dans les signaux.
- Diagnostics des systèmes électroniques : aide à analyser les signaux des capteurs et des actionneurs.

Procédures de réparation et d'entretien



Le remplacement des composants défectueux suit un protocole spécifique, traitant les causes premières pour une réparation optimale. Les réglages, l'entretien préventif, les mises à jour logicielles et les tests fonctionnels complètent les procédures de réparation et d'entretien, assurant un service efficace, fiable et sûr pour les véhicules électriques.

MODULE 3 : APPLICATION PRATIQUE DES TECHNOLOGIES EV ET MESURE SUR LES SYSTEMES HV

3.1 EXPLICATION DU SYSTÈME HAUTE TENSION DE BASE - SYSTÈME HYBRIDE COMPLET

Un véhicule hybride complet n'a pas de prise de charge, ce qui signifie qu'il ne recharge ses batteries qu'en utilisant une charge régénérative. Ainsi, lors du freinage ou lors du fonctionnement du moteur thermique, l'un des 2 groupes électrogènes produit de l'électricité qui est ensuite stockée sur la batterie haute tension.

Dans le cas des véhicules équipés de batteries haute tension, la tension est d'environ 140 volts. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas d'autres niveaux de tension dans le véhicule, c'est seulement la composante haute tension qui est autour de cette valeur. La plupart des composants électroniques du véhicule utilisent encore 12 volts.

En plus du bloc-batterie, il y a la prise de service, qui peut être tirée vers le bas et vers l'extérieur, de sorte qu'on peut la déconnecter. En outre, il y a 3 capteurs de température situés sur le bloc-batterie, qui permettent de contrôler tout refroidissement nécessaire.

Le pack de batterie est souvent une batterie au nickel métal hydrure, qui est très stable et durable, et sa durée de vie est entre 10 et 20 ans. Bien entendu, la capacité de la batterie est variable dans le temps. C'est ce qu'on appelle l'état de santé (SoH).

Il y a aussi un composant de mesure incluant une unité de capteur qui mesure combien d'Ampères sont ajoutés ou retirés de la batterie. C'est ce qu'on appelle l'état de charge (SoC).

La réglementation de l'UE stipule qu'un bloc-batterie ne peut perdre que 30% de sa capacité sur une période de 8 ans ou après 160.000 km, sinon la garantie du consommateur doit le couvrir.

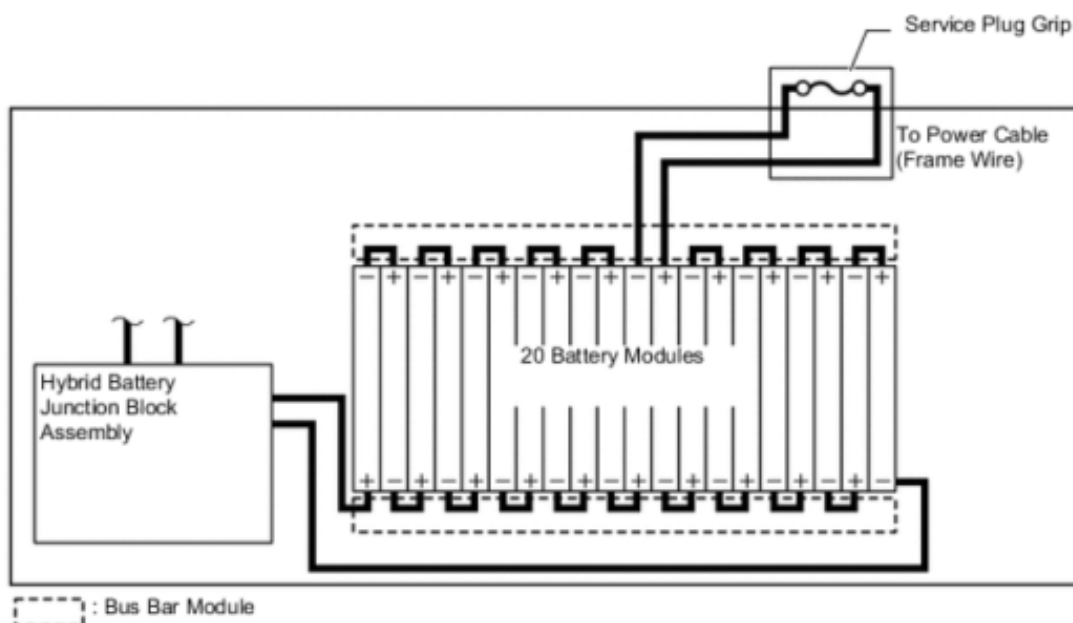
Le pack batterie se compose de 20 modules batterie qui, combinés, atteignent 140 Volts. Il y a une division simple qui vous informe de ce que contient chaque module.

Il existe également une unité de commande haute tension. Cette unité contient à la fois un onduleur et un convertisseur. Un convertisseur est le petit bloc à l'extrémité des chargeurs de téléphone mobile. Il convertit le courant alternatif en courant continu (AC à DC). Il est souvent



de 220 à 3,7 Volts. Comme cette unité est également un onduleur, elle peut également convertir le courant continu en courant alternatif.

Il est nécessaire de charger la batterie haute tension occasionnellement car sans batterie chargée, le véhicule ne démarrera pas. Lorsque le véhicule freine, l'électricité du moteur passe par 3 câbles, l'électricité alternative dite à 3 phases.



3.2 EXPLICATION DU SYSTÈME HAUTE TENSION DE BASE - HYBRIDE À BRANCHER

Ces véhicules ont une prise de charge, ce qui signifie que leurs batteries peuvent être rechargées. Leur prise de charge se connecte à une prise murale standard de 220 volts ou à une station de charge. Lors du freinage du véhicule, le moteur/générateur électrique produit du courant alternatif qui est ensuite redressé et stocké sur la batterie haute tension. Si le moteur à combustion fonctionne, le démarreur/générateur peut charger la batterie haute tension.

Dans le cas des véhicules équipés de batteries haute tension, il est d'environ 400 volts. Cela ne signifie pas qu'il n'y a pas d'autres niveaux de tension dans le véhicule, c'est seulement la composante haute tension qui est autour de cette valeur. La plupart des composants électroniques du véhicule utilisent encore 12 volts.

Une autre façon de charger la batterie est lorsque le véhicule est en marche et que le démarreur est actif. Il peut alors faire du courant alternatif qui est ensuite redressé dans l'onduleur/convertisseur. Le démarreur/générateur est fixé avec des tuyaux de refroidissement

pour la régulation de la température. Cela est nécessaire car il peut produire de grandes quantités d'électricité.

3.3 EXPLICATION DE BASE DU SYSTÈME HAUTE TENSION - VÉHICULE ÉLECTRIQUE COMPLET

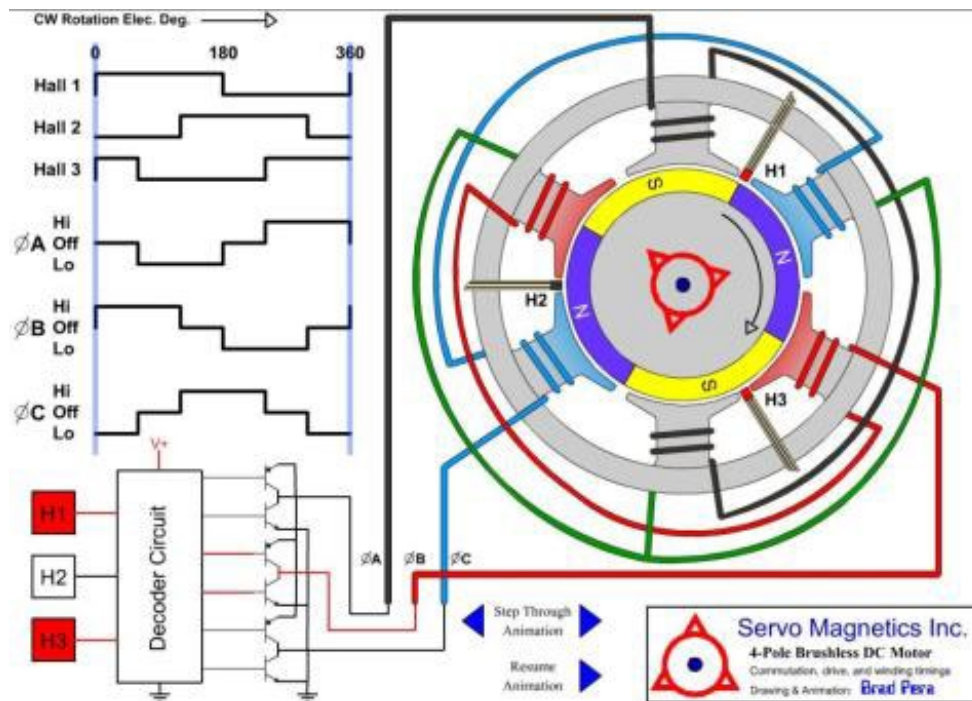
Dans un véhicule électrique complet, il y a une prise de charge et quelques fils derrière elle. Deux d'entre eux vont directement à la batterie et ils ne contiennent que du courant continu pour la charge rapide de la batterie. Le reste des fils haute tension de la prise de charge se déplacent le long du côté droit de la batterie jusqu'à l'onduleur/convertisseur. Ces fils contiennent du courant alternatif qui est ensuite redressé par l'onduleur/convertisseur en courant continu.

Ainsi, ce véhicule n'a pas de chargeur embarqué, mais l'onduleur/convertisseur rectifie le courant alternatif, de sorte qu'il peut être stocké sur la batterie pour une utilisation ultérieure.

Un VE a un gros bloc-batterie parce que c'est la seule source d'énergie pour le moteur électrique à aller aussi loin que possible pour le consommateur.

Un autre dispositif fondamental des VE est le rotor, composé d'aimants permanents très puissants. Ces aimants permanents sont assez sensibles à la chaleur et s'ils deviennent trop chauds, ils perdent leur efficacité. Les champs magnétiques dans les bobines du stator et les champs magnétiques des aimants permanents déterminent le couple que le moteur va produire. Ces deux champs magnétiques sont donc très importants, et doivent être aussi forts que possible, sinon le véhicule perd du couple.

Le rotor est la partie qui est reliée aux engrenages et propulse le véhicule à travers le différentiel.



MODULE 4 : BATTERIES ET BMS

4.1 INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE DES BATTERIES - ÉLECTRICITÉ

L'électricité est une forme d'énergie qui résulte du déplacement de particules chargées, principalement des électrons. Il s'agit d'une source d'énergie polyvalente qui alimente divers appareils, des ampoules et des appareils électroménagers aux circuits complexes des appareils électroniques.

Les atomes sont les éléments constitutifs de la matière. Les atomes sont constitués d'un noyau central composé de protons chargés positivement et de neutrons neutres, entourés d'électrons chargés négativement en orbite dans des niveaux d'énergie ou coquilles. Les électrons portent une charge électrique négative. Un atome est électriquement neutre lorsque le nombre d'électrons est égal au nombre de protons.

Parfois, des électrons peuvent être transférés d'un objet à un autre par frottement ou contact, ce qui entraîne la charge négative d'un objet (électrons supplémentaires) et la charge positive de

l'autre (électrons manquants). Ce phénomène est connu sous le nom d'**électricité statique**, et il peut entraîner des attractions ou des répulsions entre les objets chargés.

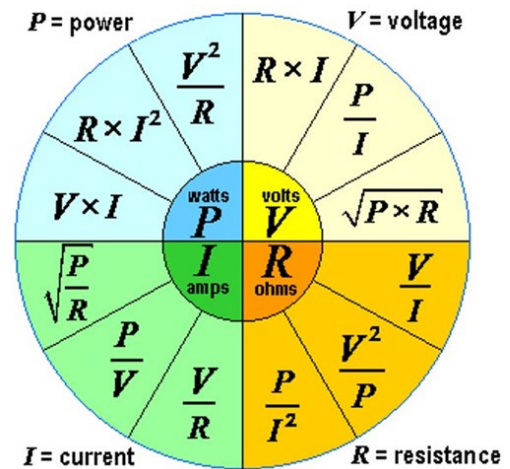
L'électricité devient vraiment intéressante quand on parle de **courant électrique**. Le courant électrique est le flux d'électrons à travers un conducteur, généralement un matériau qui permet aux électrons de se déplacer librement, comme le métal.

Trois concepts fondamentaux dans le domaine de l'électricité sont :

1. **Tension (V)** : La tension est comme la « poussée » qui provoque le déplacement des électrons. Elle est mesurée en Volts (V) et représente la différence de potentiel électrique entre deux points d'un circuit.

2. **Courant (I)** : Le courant est le débit d'électrons traversant un conducteur. Elle est mesurée en Ampères (A) et exprime le nombre d'électrons passant par un point d'un circuit par seconde.

3. **Résistance (R)** : La résistance décrit la lutte du courant électrique pour circuler dans un matériau. Elle est mesurée en ohms (Ω) et dépend des propriétés et de la forme du matériau.



La formule $P = I \times V$ indique essentiellement que la **puissance** (en Watts) dans un système électrique est égale au courant (en Ampères) qui le traverse multiplié par la tension (en Volts) qui le traverse. Cette formule est fondamentale en génie électrique et est utilisée pour calculer la consommation ou la génération d'énergie dans tout dispositif ou système électrique.

Les composants électriques - comme les résistances, les condensateurs et les transistors - sont connectés de différentes manières pour former des circuits électriques. Les circuits nous permettent de contrôler le flux d'électricité et de créer les fonctions dont nous avons besoin.

En conclusion, l'électricité est le flux d'électrons à travers les conducteurs, et elle peut être utilisée à diverses fins dans notre monde moderne. Comprendre les bases de la tension, du courant, de la résistance et la façon dont ils sont liés les uns aux autres est essentiel pour travailler avec l'électricité de manière efficace et sûre.

4.2 L'UTILISATION DE BATTERIES HAUTE TENSION

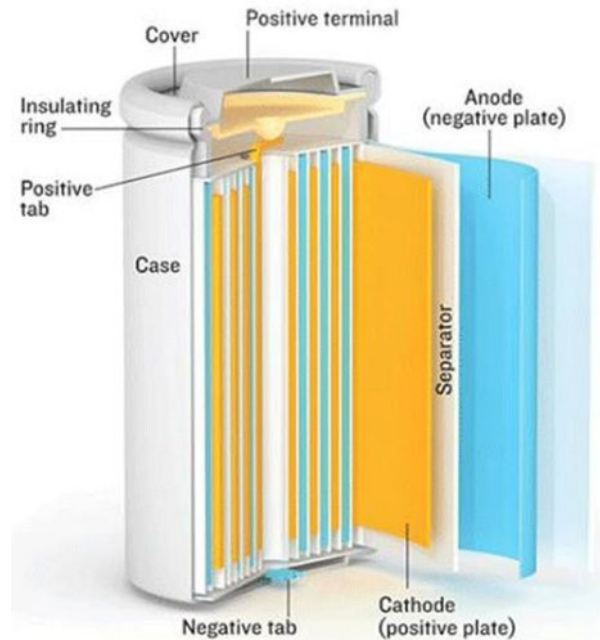
Les batteries lithium-ion (Li-ion) sont rechargeables et sont largement utilisées dans les véhicules électriques modernes en raison de leur haute densité d'énergie, de leur faible autodécharge et de leur longue durée de vie. La chimie et la fonctionnalité des batteries lithium-ion font intervenir plusieurs composants et processus clés.

1. Cathode (électrode positive) : la cathode est généralement constituée d'un composé d'oxyde métallique de lithium (comme LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , etc.). Il détermine la tension et la capacité de la batterie.

2. Anode (électrode négative) : L'anode est généralement faite de graphite, qui sert d'hôte pour les ions lithium. Lorsque la batterie est chargée, les ions lithium sont stockés dans l'anode.

3. Électrolyte : L'électrolyte est un sel de lithium dissous dans un solvant organique. Il conduit les ions lithium entre la cathode et l'anode.

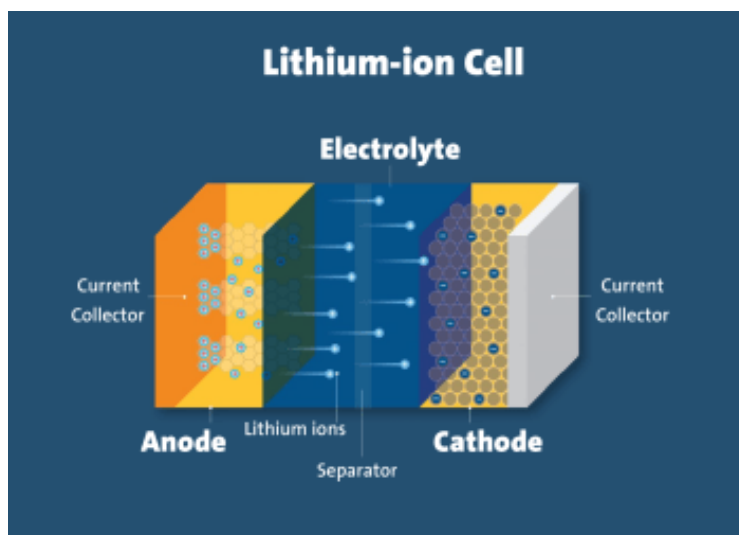
4. Séparateur : il s'agit d'une membrane poreuse qui empêche la cathode et l'anode de se toucher directement, empêchant les courts-circuits tout en permettant aux ions lithium de passer à travers.



Chimie et fonctionnement

Charge : Pendant la charge, les ions lithium se déplacent de la cathode à l'anode à travers l'électrolyte. Les électrons circulent de la cathode à l'anode à travers le circuit externe, fournissant l'énergie électrique nécessaire à la charge de la batterie.

Décharge : Lorsque la batterie est en cours d'utilisation (décharge), les ions lithium remontent de l'anode à la cathode, et les électrons circulent dans le circuit externe de l'anode à la cathode, alimentant le dispositif connecté.



4.3 BATTERIES, Y COMPRIS LES BMS, DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET HYBRIDES

Un **système de gestion de batterie (BMS)** est un composant essentiel de la technologie de batterie lithium-ion, conçu pour assurer un fonctionnement sûr et efficace du bloc-batterie.

Les batteries au lithium-ion sont utilisées dans un large éventail d'applications, des petits appareils électroniques au stockage d'énergie à grande échelle, en passant par les véhicules électriques.

Le BMS joue plusieurs rôles clés :

1. Surveillance et équilibrage des cellules
2. Gestion De La Température
3. Calcul de l'état de charge et de l'état de santé
4. Contrôle de charge et de décharge
5. Protection
6. Communication

MODULE 5 : SÉCURITÉ SUR LE LIEU DE TRAVAIL DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

5.1 RISQUES ET DÉFIS POTENTIELS LORS DE LA RÉPARATION, DE LA MANUTENTION OU DE L'ENTRETIEN DES VE

Transport de véhicules électriques

Le remorquage des voitures électriques est très similaire au transport d'une voiture classique avec transmission automatique. En particulier, les constructeurs interdisent de les remorquer, même sur une courte distance. Les voitures électriques doivent être transportées sur une remorque.

Levage sécuritaire de véhicules électriques

Lors du levage de voitures électriques, il convient de veiller au positionnement approprié des jambes de levage afin que l'accès à la batterie haute tension soit possible ; des vérins qui soulèvent le véhicule par les roues pourraient être utilisés. Lors du démontage et de l'installation d'une batterie haute tension, un ascenseur de batterie est recommandé. Le poids important de la batterie est un problème qui doit être pris en compte, car il peut causer non seulement un danger électrique, mais aussi un danger mécanique.

Dangers survenant pendant l'exploitation, l'entretien et la réparation des véhicules électriques

Les véhicules électriques et hybrides sont équipés d'installations électriques à haute tension. Comme défini dans le Règlement no 100 de la CEE-ONU, le terme haute tension dans les véhicules désigne la classification des composants ou circuits électriques qui fonctionnent à une tension de fonctionnement comprise entre 60 V et 1500V en courant continu (CC) ou entre 30 V et 1000V en courant alternatif (CA). Une batterie de voiture électrique peut peser jusqu'à 700 kg, ce qui constitue un risque direct pour les techniciens des véhicules électriques. Une batterie électrique peut atteindre des températures élevées (la température de fonctionnement autorisée pour la plupart des batteries est de 50°C). Une fois que la température de la batterie



lithium-ion atteint 70°C, une réaction entre l'électrolyte et l'anode de la pile a lieu. A une température d'environ 1300°C, le séparateur commence à fondre, provoquant un court-circuit interne. Cependant, à une température d'environ 1500°C, la soupape de sécurité de la batterie s'ouvre et les gaz inflammables s'échappent. La fumée noire et les flammes sont libérées.

5.2 SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE ET DU SYSTÈME FONCTIONNEL

Court-circuit électrique (danger et risque)

Lors de la réparation de systèmes à haute tension dans les voitures électriques, le plus grand danger est le risque de choc électrique, qui entraîne un courant circulant dans le corps humain. Bien qu'une telle situation soit très dangereuse, elle ne se produit pas souvent parce que le mécanicien devrait toucher en même temps le pôle positif et le pôle négatif de la batterie. Cependant, il faut garder à l'esprit que l'énergie stockée dans les batteries de traction présente un risque très grave de choc électrique.

Protection personnelle

Seule une petite partie des vêtements de protection individuelle offre une protection adéquate contre l'impact thermique d'un arc électrique. Lorsqu'on effectue des travaux liés aux systèmes à haute tension dans les véhicules électriques, il est extrêmement important de fournir aux employés des vêtements spécialisés et de l'équipement de protection qui répondent à des normes de sécurité strictes. Ceci est important en raison des dangers potentiels associés à une explosion à l'arc électrique. Les effets de ce phénomène, comme les températures extrêmes, le flash et les émissions d'énergie sous forme de chaleur, de lumière, de son et de pression, peuvent être dangereux pour la santé et la vie des employés qui effectuent des réparations ou de l'entretien des systèmes à haute tension. Les vêtements de protection minimisent le risque de brûlures et d'autres blessures lors du travail avec de tels systèmes.

Système de freinage à récupération

Dans les voitures électriques, supportées par un actionneur à vide, le vide est généré par une pompe électrique. La pompe à vide est alimentée par 12 V à partir du réseau de bord. Pour que la pompe produise le vide approprié, le système de freinage est équipé d'un capteur approprié qui mesure la pression dans le maître cylindre de frein. En fonction du niveau de pression, la pompe est mise en marche ou hors tension. Au lieu d'une pompe de frein à vide, les fabricants



utilisent de plus en plus une pompe de frein électromécanique avec assistance électrique. Le moteur électrique supporte alors la pression du pied du conducteur sur la pédale de frein, en remplacement du dispositif à vide classique.

Système de refroidissement et de chauffage

Les batteries lithium-ion et nickel-hydroxyde doivent fonctionner à une température spécifique pour maintenir une puissance et une durabilité optimales. La température de cœur d'un élément de batterie lithium-ion ne doit pas dépasser 400°C. Si cette limite est dépassée pendant une longue période, la batterie vieillira rapidement. C'est le cas des batteries nickel-hydroxyde, qui sont légèrement moins sensibles à la chaleur et peuvent atteindre des températures de 500°C.

Différentes méthodes de refroidissement sont utilisées pour éviter la surchauffe de la batterie. Le système le plus simple est l'air aspiré depuis l'intérieur climatisé du véhicule et utilisé pour refroidir la batterie. La deuxième option est une plaque d'évaporateur spéciale située dans la cellule de la batterie et reliée au système de climatisation du véhicule. Le troisième choix est la méthode dite de séparation, utilisée du côté haute et basse pression à travers des conduites flexibles et une vanne de détente. Il est utilisé dans les batteries de plus grande capacité, où la température correcte est d'une importance fondamentale. Par conséquent, à des températures très basses, un chauffage supplémentaire de la batterie est nécessaire pour maintenir la



température dans la plage optimale.

5.3 SÉCURITÉ DU SYSTÈME DE BATTERIE

Types de protection de batterie



Pour protéger les batteries contre des conditions qui pourraient causer des dommages, un véhicule est équipé de plusieurs mécanismes qui le protègent contre les défaillances. Un système de refroidissement de batterie est utilisé pour éviter une augmentation excessive de la température. Une partie importante du système de sécurité est un boîtier solide qui protège contre les dommages mécaniques et assure une rigidité structurelle appropriée. Un pare-feu créé mécaniquement sépare les modules et autres composants du véhicule les uns des autres et limite les pertes potentielles. Le système de déconnexion haute tension agit de manière similaire lorsque le véhicule est en stationnement.

Facteurs externes affectant le risque d'endommagement de la batterie

Il existe des facteurs externes qui peuvent également nuire aux batteries. Leur existence ne dépend pas de l'état technique du véhicule ou de sa structure. Lorsqu'elle est exposée à des températures élevées, la batterie d'un véhicule peut perdre sa capacité à refroidir correctement. Une augmentation excessive de la température peut déclencher plusieurs réactions qui pourraient déclencher un incendie. Un autre danger aux conséquences imprévisibles est celui des dommages mécaniques, l'impact sur les composants de la batterie n'étant pas prévisible et dépendant, entre autres, de l'ampleur, du temps et de la direction des facteurs mécaniques.

Un BMS endommagé ou manquant peut provoquer des courants excessifs, entraînant une augmentation dangereuse de la température. Une défaillance impliquant une augmentation incontrôlée de la température est généralement accompagnée d'étincelles et de la production de grandes quantités de fumée noire. Ce processus se déroule dans des cellules individuelles, de sorte que son risque potentiel augmente lorsque la chaleur se propage, également sous la forme d'un feu.

Sécurité de la batterie retirée du véhicule

Les batteries retirées du véhicule, après évaluation initiale alors qu'elles se trouvaient encore dans le véhicule, sont transportées vers un poste spécialement équipé où elles sont démontées. Les travailleurs des services doivent accorder une attention particulière à la sécurité. Souvent, les piles ne sont pas déchargées. Lors de la réparation des batteries, pour des raisons de sécurité, le travail est effectué par deux employés en même temps. Il est recommandé d'utiliser un grand conteneur métallique pour le transport du système de stockage d'énergie haute tension ou des pièces lorsqu'il est déconnecté du véhicule. Les règles de manutention des batteries sont précisées dans les directives du Parlement européen.



Marquages pour l'entretien et la réparation de véhicules électriques

Des informations graphiques et des panneaux d'avertissement sont utilisés pendant l'entretien, la réparation et l'exploitation et ils constituent un élément important du système de sécurité.

Déconnexion et connexion sécurisées des batteries

Pour débrancher ou brancher en toute sécurité des composants haute tension, il faut connaître et suivre les procédures conformément aux directives et aux recommandations fournies par le fabricant. Le fait de suivre des procédures conçues pour un véhicule spécifique permet de faire fonctionner un véhicule électrique de façon professionnelle et sans problème. Un technicien connaissant les caractéristiques du système et la façon de les contrôler peut déconnecter professionnellement les batteries HV et 12V sans un manuel de service, mais doit d'abord effectuer plusieurs mesures. Cela nécessite des connaissances et une expérience professionnelles.

5.4 OUTILS ET ÉQUIPEMENTS POUR LES TECHNICIENS DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Les voitures, quel que soit leur type d'entraînement, doivent être entretenues, car la réparation et l'entretien sont des éléments essentiels de l'exploitation de toute installation technique. L'entretien d'une voiture électrique ou hybride nécessite des activités comme celles d'un véhicule conventionnel (ne s'applique pas à l'entretien du moteur à combustion dans les véhicules électriques).

Systèmes nécessitant un entretien dans les voitures électriques : système de refroidissement du système de conversion de puissance, système de climatisation de la cabine, transmission d'entraînement, système de freinage, système de direction, système de suspension, train roulant, systèmes électriques.

Outils utilisés pour l'entretien des véhicules hybrides et électriques

L'environnement des modules haute tension nécessite des ateliers pour assurer une sécurité maximale aux employés, protéger les composants du véhicule contre les dommages, protéger contre la responsabilité de la garantie et la responsabilité en cas d'activités d'entretien

incorrectes, et disposer d'instruments permettant des mesures dans l'environnement haute tension dans les véhicules électriques et hybrides.

L'équipement d'un atelier d'entretien de batteries et de voitures électriques peut être divisé en :

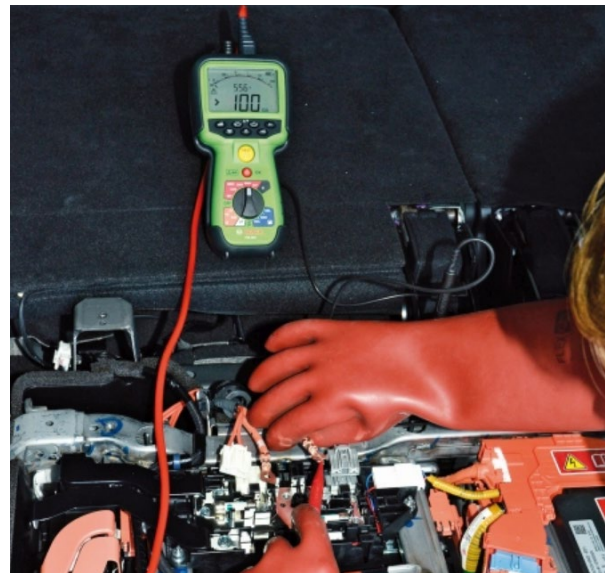
- les véhicules traditionnels utilisés pour la réparation de véhicules traditionnels (ils peuvent être utilisés si le véhicule a perdu son statut de véhicule dangereux),
- des équipements spécialisés utilisés pendant le travail sans débrancher la tension dangereuse (travaux de réparation ou d'entretien sans débrancher la haute tension, réparation de la batterie après ouverture du boîtier).

Équipement de protection individuelle pour un employé dans une station-service pour véhicules hybrides et électriques

L'équipement nécessaire dans les ateliers de fabrication d'automobiles pour les conducteurs de voitures hybrides et électriques comprend des gants isolants certifiés, des chaussures, un tablier, un écran facial et une protection respiratoire. Il devrait également y avoir un poste de lavage oculaire à proximité. L'équipement de protection individuelle vise principalement à protéger un employé et à réduire au minimum le risque de blessure corporelle.

Équipement pour l'entretien et la réparation de véhicules électriques

Une station-service pour véhicules électriques devrait établir une barrière séparant cette zone du reste. Il peut s'agir par exemple d'une clôture en matière plastique à base de caoutchouc. Les outils utilisés pour l'entretien des véhicules électriques et hybrides devraient être accompagnés de déclarations et de certificats appropriés. Leur état et leur propreté devraient être impeccables. Tout dommage ou expiration de la date d'autorisation d'utilisation les disqualifie pour une utilisation ultérieure.



Compteurs universels de mesure et de contrôle d'isolation



Le compteur de base utilisé pendant l'entretien et la réparation sont des contrôleurs de tension. Ils doivent répondre aux exigences conformément aux normes NR EN 61010-600V cat. 3 et CEI 61243-3 (TVA/DDT).

Les multimètres universels sont également souvent utilisés, mais ils devraient avoir des déclarations et des certificats appropriés.

Un paramètre très important pour vérifier l'état des éléments d'installation électrique haute tension est la mesure de la résistance d'isolement. La tension de commande pendant les mesures d'isolation est déterminée sur la base de la tension HV nominale du véhicule. Les prescriptions minimales sont définies conformément au Règlement no 100 de la CEE et doivent être comprises entre la barre omnibus haute tension et la masse de $500 \Omega/V$ de la tension nominale.

Dispositifs spécialisés pour l'entretien des batteries

Les batteries de traction constituent un groupe distinct de systèmes pris en charge dans les voitures électriques et hybrides. Le diagnostic et les réparations nécessitent l'utilisation d'instruments spécialisés et de mesures fiables. Pour répondre aux besoins des ateliers spécialisés, les entreprises proposent des dispositifs spéciaux pour :

- Mesure de la résistance des modules de batterie de traction
- Chargement et déchargement de modules de batterie de traction
- Vérification de l'étanchéité du boîtier de la batterie de traction

Périphériques utilisés pour les diagnostics informatiques

La nécessité de lire les informations des contrôleurs, d'effacer les erreurs, de programmer les réglages de base, d'effectuer des tests de fonctionnement, de visualiser les paramètres actuels, de lire les trames dites figées, d'activer les modes de fonctionnement appropriés, la possibilité de leur configuration, de leur codage et bien d'autres nécessitent l'utilisation de dispositifs compatibles avec un système de véhicule donné. Cependant, les constructeurs de véhicules électriques limitent l'accès à de nombreuses fonctions du système de contrôle du véhicule.

Les testeurs de voitures qui existent sur le marché, selon le type d'appareil, ont une gamme plus ou moins large de fonctions qui peuvent être mises en œuvre. Cela permet souvent d'effectuer des réparations de service dans des ateliers non autorisés. Certains testeurs permettent la connexion en ligne aux serveurs de service et effectuent des travaux de diagnostic ou de réparation sur la base d'un abonnement périodique ou moyennant des frais de connexion



unitaires. Le choix d'un testeur dépend principalement du type et de la portée de la réparation d'un véhicule électrique et de sa marque.

Types de connecteurs de charge

	AC	DC
Ameryka Combined Charging System Typ 1 (CCS1)		
Azja AC Typ 1/DC CHAdeMO		
Europa AC Typ 2/DC Charging System Typ 2 (CCS2)		