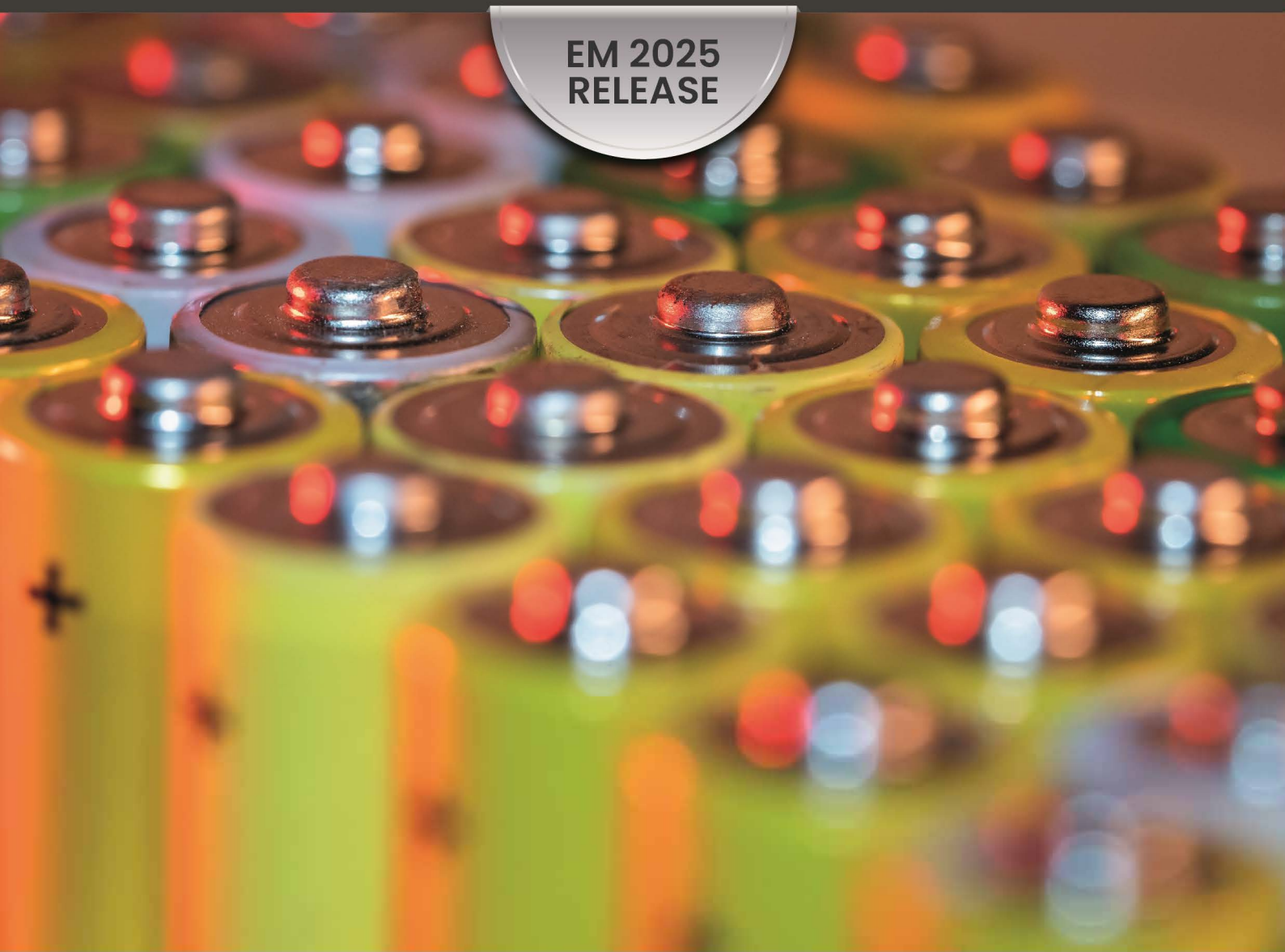


MATRIX | ELECTRICAL MACHINES

Battery Simulator

EM 2025
RELEASE



MATRIX

CP1166

www.matrixtsl.com

Copyright © 2023 Matrix Technology Solutions Limited

Simulateur de batterie

	Utilisation du simulateur de batterie	3
	Note sur les charges d'essai	6
Feuille de travail 1	Chimie des piles	7
Feuille de travail 2	Cellules en série et en parallèle	8
Fiche de travail 3	Résistance interne	10
Fiche de travail 4	Capacité de la batterie	12
Fiche de travail 5	Courbes de débit	14
Fiche de travail 6	Comportement à la sortie de l'hôpital	15
Feuille de travail 7	Chargement de la batterie	16
	Document de l'élève	17

Fonctionnement du simulateur de batterie

Simulateur de batterie

Le simulateur de batterie

Le simulateur de batterie Matrix est une alimentation en courant continu qui simule le fonctionnement d'une batterie électrochimique. Nous l'utiliserons pour découvrir l'utilisation et les caractéristiques de différents types et configurations de batteries. En plus de comprendre les batteries en tant que telles, nous étudierons leur application dans le cadre d'une machine électrique.

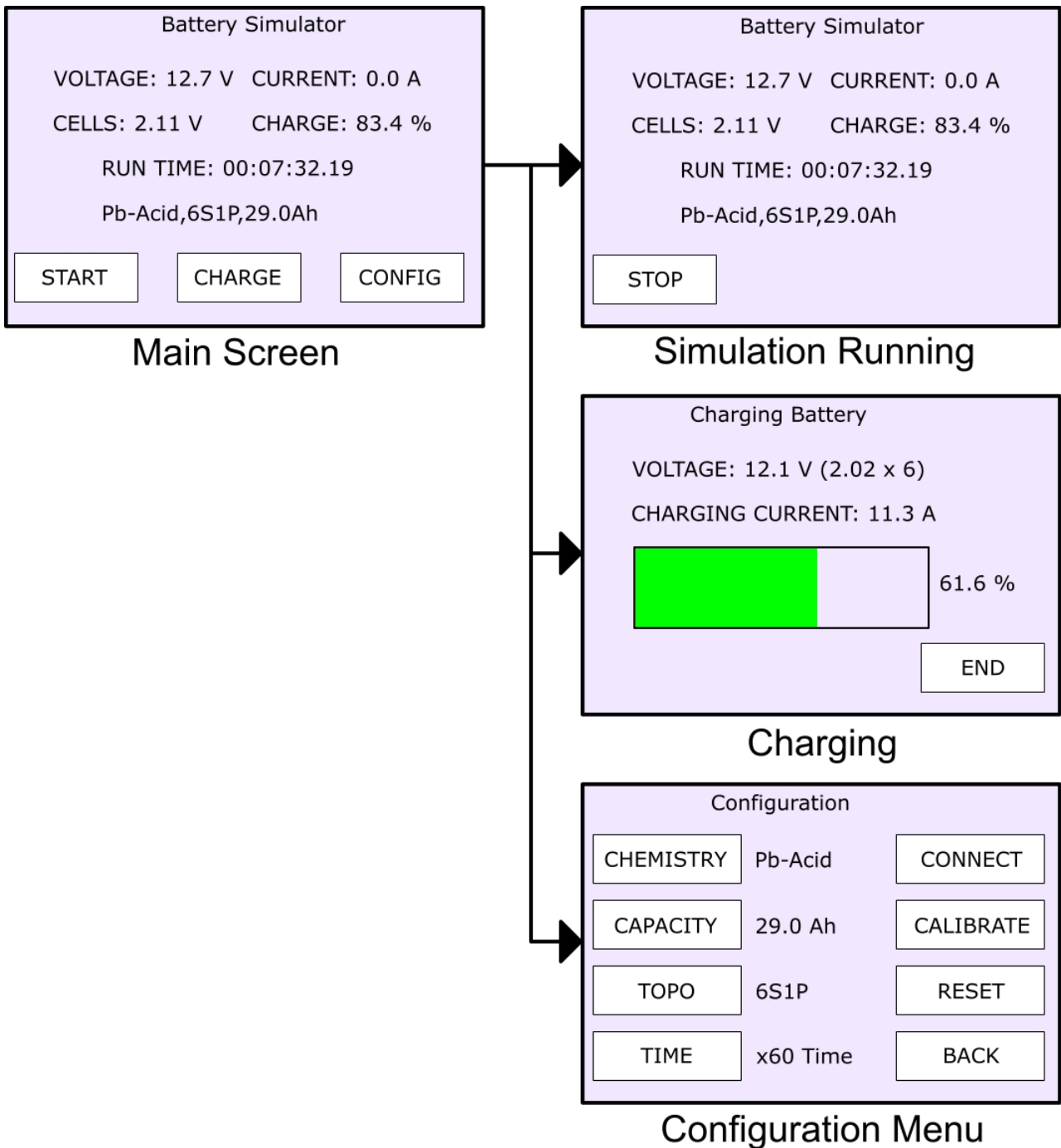


Fonctionnement du simulateur de batterie

Simulateur de batterie

Fonctionnement du simulateur de batterie

Le simulateur de batterie peut être contrôlé à l'aide de l'écran tactile du panneau avant ou de l'application FlowCode disponible sur le site Web de Matrix. Voir le manuel pour plus de détails sur la façon contrôler et de configurer l'appareil.



L'écran principal permet de démarrer et d'arrêter la simulation, de charger la batterie simulée et d'accéder au menu de configuration.

Fonctionnement du simulateur de batterie

Simulateur de batterie

Configuration

CHEMISTRY	Pb-Acid	CONNECT
CAPACITY	29.0 Ah	CALIBRATE
TOPO	6S1P	RESET
TIME	x60 Time	BACK

Configuration Menu

Cell Chemistry

Li-ion

LiFePO4

Pb-Acid

Pb-Acid

CANCEL

Cell Chemistry

Battery Capacity

- 29.0 Ah +

0 - 50 0 - 500

CANCEL DONE

Battery Capacity

Topology

S- S+

P- P+

6S1P

CANCEL DONE

Battery Topology

Time Multiplier

REAL TIME X 10

X 60 X 300

1 S = 1 min

CANCEL DONE

Time Multiplier

Le menu de configuration permet de configurer la batterie et la simulation.

La chimie de la cellule peut être plomb-acide (Pb-acide), lithium-ion (Li-ion) ou lithium-fer-phosphate (LiFePO4). Chaque chimie se comporte différemment et ses caractéristiques seront étudiées.

La capacité de la batterie simulée peut être ajustée. Cela affecte la quantité d'énergie qui peut être fournie avant que la tension de la batterie ne chute et que la simulation ne s'éteigne.

La topologie de la batterie peut être choisie. Les cellules simulées peuvent être connectées en série ou en parallèle. La topologie choisie est représentée par un code composé du nombre de cellules en série suivi de la lettre "S", suivi du nombre de chaînes parallèles et de la lettre "P". Par exemple, vingt cellules disposées en quatre chaînes parallèles avec cinq cellules en série dans chaque chaîne s'écrivent 5S4P.

Tous ces écrans sont décrits plus en détail dans le manuel d'utilisation.

Note sur le test Charges

Simulateur de batterie

Note sur les charges d'essai

Le simulateur de batterie est capable d'alimenter d'autres composants de la gamme des machines électriques, ce qui permet de simuler un système alimenté par une batterie. Pour tester le comportement d'une batterie isolée, il est pratique d'utiliser des résistances.

Avant de connecter une résistance au simulateur de batterie, il est important de vérifier la puissance nominale de la résistance. Lorsqu'une batterie ou une alimentation en tension est connectée à une résistance, la puissance dissipée par la résistance peut être calculée à l'aide de la formule : -

$$P = V^2 / R$$

Où P est la puissance en watts, V la tension et R la résistance en ohms. puissance nominale de la résistance doit être supérieure ou égale à la puissance dissipée.

Si la puissance dissipée est proche de la valeur nominale maximale de la résistance, celle-ci s'échauffe. Si elle dépasse la valeur nominale maximale, la résistance peut surchauffer et être endommagée.

Exemples concrets : -

(1) Une résistance de 10 ohms a une puissance nominale de 100 W. Quelle est la plus grande tension qui peut être utilisée en toute sécurité ?

Nous pouvons réarranger la règle ci-dessus : -

$$V^2 P_{\max} \cdot R$$

Puisque R est égal à 10 et que P_{\max} est égal à 100, il s'ensuit que V^2 doit être inférieur ou égal à 1000, de sorte que la plus grande tension autorisée est $\sqrt{1000} = 31,6$ V.

(2) Quelle résistance serait nécessaire pour tirer quatre ampères de vingt volts.

Nous pouvons calculer la résistance nécessaire en utilisant la loi d'Ohm.

$$R = V / I$$

La résistance est de $20V / 4 A = 5\Omega$. En utilisant soit $P = V^2 / R$, soit $P = V \cdot I$, nous obtenons une puissance nominale minimale de 80W. La résistance doit avoir une puissance nominale de 80W ou plus.

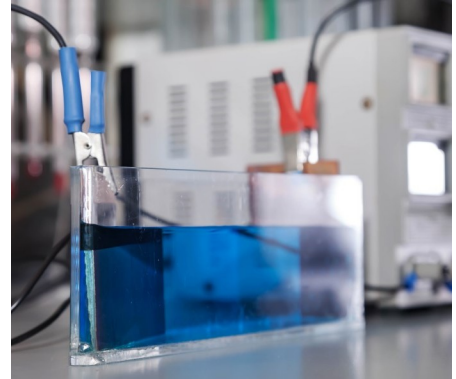
Fiche de travail 1

Chimie des batteries

Simulateur de batterie

Chimie des batteries

Une batterie est constituée de cellules électrochimiques qui convertissent l'énergie chimique stockée en énergie électrique utilisable. Une réaction chimique à l'intérieur de la cellule génère une tension entre les bornes. Cette tension est alors capable de fournir un courant électrique pour alimenter un circuit.



Chaque cellule possède une borne positive et une borne négative. Le courant électrique sort de la borne positive, effectue son travail dans une charge et retourne à la borne négative.

Les batteries rechargeables peuvent également reconverter l'énergie électrique en énergie chimique stockée. Lors de la charge, le courant est injecté dans la borne positive. Les caractéristiques d'une batterie sont déterminées par sa composition chimique.

Trois chimies différentes sont simulées : plomb-acide (Pb-acide), lithium-ion (Li-ion) et lithium-fer-

-phosphate (LiFePO₄). Dans cette feuille de travail, nous allons commencer à caractériser les trois types.

À vous de jouer :

Depuis l'écran d'accueil, appuyez sur le bouton CONFIG pour accéder à l'écran de configuration. Réglez la topologie sur 1S1P, une seule cellule. Réglez la chimie sur Pb-acide.

Revenir à l'écran d'accueil et toucher START. Enregistrer la tension de sortie.

Arrêtez la simulation et revenez à l'écran de configuration. Changez la chimie en Li-ion. Lancez la simulation et enregistrez à nouveau la tension de sortie.

Enfin, mesurez la tension de sortie d'une cellule LiFePO₄.

Et alors ?

Outre les différences de tension des cellules, les chimies présentent d'autres différences qui rendent adaptées à des applications différentes.

Défi :

Outre les trois chimies disponibles dans le simulateur, il existe de nombreuses autres chimies de batteries. Faites des recherches et voyez combien de types vous pouvez trouver. Où les différents types sont-ils utilisés ?

Il est possible de créer une pile en enfonçant deux métaux différents dans une orange ou un fruit similaire. Cherchez comment faire et essayez. Quelle tension cela produit-il ?

Feuille de travail 2

Batteries en série et en parallèle

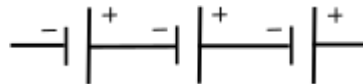
Simulateur de batterie

Batteries en série et en parallèle

Dans de nombreuses applications, une seule cellule ne produit pas suffisamment de tension ou de courant. Si nous en voulons plus, nous pouvons câbler les bornes de deux ou plusieurs cellules ensemble. De cette façon, elles fonctionnent ensemble. Dans cette feuille de travail, nous allons étudier les deux façons de câbler les cellules : en série et en parallèle.

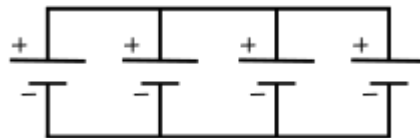


Pour câbler les cellules en série, la borne positive d'une cellule est reliée à la borne négative de la suivante. Cette opération peut être répétée avec autant d'éléments que nécessaire. Lorsque nous décrivons une batterie dont les éléments sont câblés en série, nous écrivons le nombre d'éléments suivi de la lettre "S".



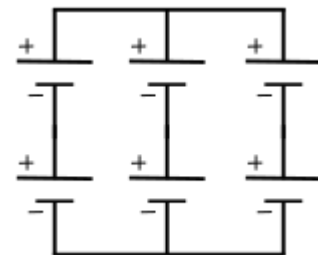
Trois piles en série, 3S

Pour câbler des cellules en parallèle, les bornes positives des cellules sont connectées ensemble. Les bornes négatives sont connectées séparément. Lorsque nous décrivons une batterie dont les éléments sont câblés en parallèle, nous écrivons le nombre d'éléments suivi de la lettre "P".



Quatre cellules parallèles, 4P

Nous pouvons créer une batterie en combinant les deux méthodes. Tout d'abord, un certain nombre de cellules sont connectées en série. Un certain nombre de chaînes de cellules en série peuvent ensuite être connectées en parallèle. Pour décrire une telle batterie, on écrit le nombre de cellules dans chaque chaîne en série, la lettre "S", le nombre de chaînes en parallèle, puis la lettre "P". Par exemple, "3S4P" décrit une batterie avec quatre chaînes parallèles de trois cellules en série chacune.



Trois chaînes parallèles de deux cellules en série, 2S3P

Feuille de travail 2

Batteries en série et en parallèle

Simulateur de batterie

Lorsque l'on combine des connexions en série et en parallèle, il est important de s'assurer que chaque chaîne connectée en parallèle possède le même nombre de cellules en série. C'est un peu comme si l'on plaçait une plate-forme sur des colonnes de blocs de construction. Vous pouvez avoir n'importe quel nombre de blocs dans chaque colonne et n'importe quel nombre de colonnes. Cependant, les colonnes doivent toutes être de la même hauteur, sinon la plate-forme ne serait pas de niveau.

Le simulateur de batterie se charge de connecter les cellules pour nous. Il suffit de lui indiquer le nombre de cellules en série que nous voulons dans chaque chaîne et le nombre de chaînes à connecter en parallèle.

À vous de jouer :

Dans l'écran de configuration, sélectionnez la chimie Pb-acide. Réglez la topologie sur 2S1P, deux cellules en série. Lancez la simulation et enregistrez la tension de sortie. Changez la topologie en 4S1P, quatre cellules en série, et enregistrez à nouveau la tension de sortie.

Complétez les tensions de sortie dans le tableau du document de l'élève pour les combinaisons en série et en parallèle jusqu'à six cellules en série et quatre cellules en parallèle. Tracez la tension en fonction du nombre de cellules en parallèle sur un graphique. Tracez également la tension en fonction du nombre de cellules en série.

Et alors ?

Lorsque les éléments sont connectés en série, la tension totale est augmentée. Cela permet de construire des batteries dont la tension est plus élevée que celle d'un élément individuel. Lorsque les cellules sont connectées en parallèle, la tension reste la même. L'une des raisons de connecter des éléments en parallèle est d'augmenter la capacité. Dans la prochaine feuille de travail, nous étudierons un autre avantage.

Défi :

Recherchez les topologies des différentes batteries et les raisons de leur utilisation. Par exemple, batterie de démarrage de voiture est décrite comme une "batterie au plomb de 12 volts". Pourquoi une torche ou une télécommande nécessite-t-elle deux piles AA ?

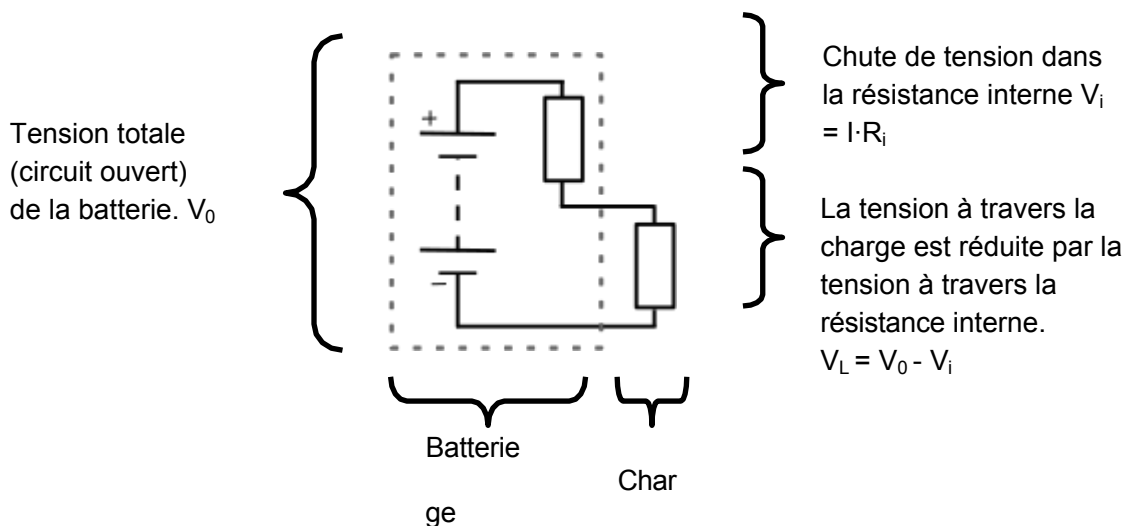
Fiche de travail 3

Résistance interne

Simulateur de batterie

Résistance interne

Une batterie idéale fournit une tension constante dans toutes les conditions. Dans une batterie réelle, la tension de sortie chute lorsque le courant augmente. Cela donne l'impression que la batterie contient une résistance interne qui fait partie du circuit électrique.



Nous pouvons calculer la résistance interne d'une batterie. Tout d'abord, nous mesurons la tension en circuit ouvert de la batterie, c'est-à-dire la tension à vide. À vide, il n'y a pas de courant et donc pas de chute de tension dans la résistance interne. (En réalité, un multimètre tire un très petit courant, mais il est suffisamment petit pour être ignoré).

Ensuite, nous connectons une charge et mesurons la tension et le courant de sortie. La tension aux bornes de la résistance interne est considérée comme la différence entre la tension en circuit ouvert et tension de sortie de la charge. Le courant qui traverse la charge traverse également la résistance interne. À partir de la loi d'Ohm, nous pouvons calculer la résistance interne : -

Résistance interne = (Tension en circuit ouvert - Tension en charge) / Courant de charge

$$R_i = (V_0 - V_L) / I$$

Fiche de travail 3

Résistance interne

Simulateur de batterie

À vous de jouer :

Réglez la chimie sur plomb-acide et configurez la topologie pour six cellules en série 6S1P. Cela donne une batterie nominale de 12 volts. Démarrez la simulation et mesurez la tension de sortie en circuit ouvert. Attachez une charge et mesurez la tension et le courant de sortie avec la charge attachée. Calculez la résistance interne.

Une résistance de dix ohms est suffisante pour cette expérience, mais pour obtenir des résultats plus précis, il convient d'utiliser une charge d'environ trois ohms. Vérifiez que la puissance nominale de la résistance utilisée est suffisante. Voir page 6 pour plus de détails sur le calcul de la puissance nominale. Soyez prudent lorsque vous manipulez la résistance car sa surface peut devenir chaude pendant l'utilisation !

Modifiez la topologie pour avoir douze cellules en deux ensembles parallèles de six en série, 6S2P. Répétez l'expérience et calculez la résistance interne dans cette configuration. Modifiez la topologie pour obtenir 24 cellules en quatre ensembles parallèles de six en série, 6S4P. Mesurez à nouveau la résistance interne.

Changez la chimie en lithium-ion. Comme la tension des cellules des batteries Li-ion est plus élevée que celle des batteries plomb-acide, nous n'avons besoin que de trois cellules pour construire une batterie nominale de 12 volts. Répétez l'expérience avec les configurations 3S1P, 3S2P et 3S4P.

Changez la chimie en phosphate de fer lithié et répétez l'expérience avec les configurations 4S1P, 4S2P et 4S4P.

Et alors ?

La résistance interne est une limitation sérieuse dans les applications pratiques des batteries. C'est particulièrement le cas dans les applications à courant élevé. La mise en parallèle des cellules réduit l'effet de la résistance interne. La résistance interne effective est la résistance d'une cellule divisée par le nombre de cellules.

Les cellules simulées dans le simulateur de batterie sont uniformes pour chaque type de chimie. Dans les vraies batteries, la résistance interne est régie par la géométrie des électrodes. Les concepteurs de batteries doivent en tenir compte lorsqu'ils conçoivent des batteries pour des applications spécifiques.

Défi

Considérez quelques applications réelles des piles. Dans quelles applications la résistance interne serait-elle un facteur important ? Dans quelles applications serait-elle moins importante ?

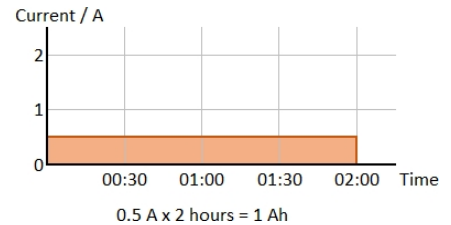
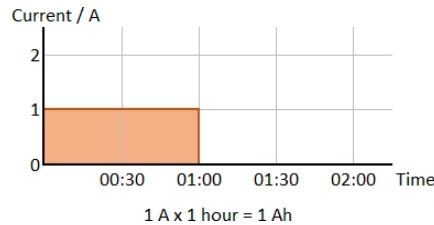
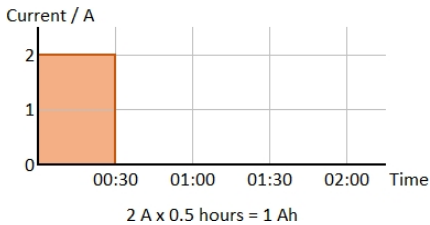
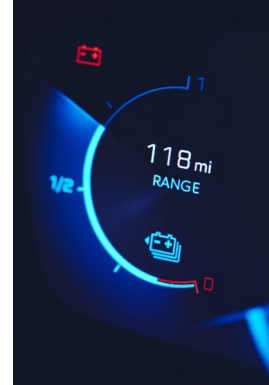
Fiche de travail 4

Capacité de la batterie

Simulateur de batterie

Capacité de la batterie

La fonction d'une batterie est de stocker de l'énergie. La capacité d'une batterie est mesurée en ampères-heures (Ah). Une batterie d'un ampère-heure est capable de fournir un courant d'un ampère pendant une heure avant d'être complètement déchargée. La même batterie peut fournir deux ampères pendant une demi-heure. Elle peut également fournir un demi-ampère pendant deux heures.



Graphiques simplifiés du courant en fonction du temps

La capacité en ampères-heures est le produit de la multiplication du courant par le temps pendant lequel la batterie est capable de fournir ce courant. C'est la même chose que la surface sous le graphique du courant en fonction du temps. Dans les graphiques ci-dessus, les surfaces sont toutes identiques, un ampère-heure. Dans une application réelle, le courant pourrait changer au fil du temps, mais l'aire sous le graphique serait toujours égale à la capacité de la batterie.

À vous de jouer :

Configurez une batterie plomb-acide 10S1P d'une capacité de 1 Ah. Dans l'écran de configuration, sélectionnez TEMPS et réglez le multiplicateur de temps sur x60. La simulation s'exécutera 60 fois plus vite que la réalité, de sorte qu'une heure de simulation prendra une minute de temps réel.

Connectez une résistance d'une dizaine d'ohms à la sortie du simulateur. Vérifiez que la puissance de la résistance est suffisante.

Au démarrage, le courant de sortie devrait être d'environ deux ampères. Avec le multiplicateur de temps réglé sur x60, il ne faut qu'une demi-minute pour simuler une demi-heure de décharge.

Observez l'indicateur de charge restante et, lorsqu'il atteint 50 %, enregistrez le courant de sortie. Lorsqu'il atteint 0 %, qu'il est complètement déchargé et qu'il s'éteint, notez le temps simulé indiqué.

Répétez l'expérience avec des piles 5S1P et 2S1P. Les différentes tensions des piles entraîneront des courants différents et donc des taux de décharge différents.

Fiche de travail 4

Capacité de la batterie

Simulateur de batterie

Et alors ?

Une batterie entièrement chargée conserve une certaine quantité de charge. Un courant plus élevé utilise cette charge plus rapidement et la batterie se décharge plus vite. Un courant plus faible utilise cette charge plus lentement et la batterie peut fournir ce courant pendant plus longtemps.

Défi :

1. En théorie, les trois expériences auraient dû montrer que la batterie simulée fournissait exactement un ampère-heure de charge. Quel est le degré de précision de vos résultats ? Pouvez-vous imaginer un moyen d'améliorer l'expérience ?
2. Trouvez les capacités nominales des batteries courantes. Par exemple, les batteries automobiles, les batteries de téléphones portables, les banques d'alimentation et les batteries rechargeables d'usage général. La capacité d'une batterie est parfois indiquée en wattheures (Wh) ou en milli-ampères-heures (mAh). Pouvez-vous expliquer comment convertir ces valeurs en ampères-heures ? Conseil : rappelez-vous que 1 A correspond à 1000 mA. Rappelez-vous également que la puissance en watts correspond à la tension multipliée par le courant.

Feuille de travail

Courbes de décharge de la batterie

Simulateur de batterie

Courbes de décharge de la batterie

Dans la feuille de travail précédente, vous avez peut-être remarqué que la tension de sortie variait. Une batterie idéale fournirait une tension constante de la pleine charge jusqu'à la décharge complète. En réalité, au fur et à mesure que l'énergie stockée dans une batterie est utilisée, sa tension de sortie diminue. Les différentes compositions chimiques réduisent la tension de sortie dans des proportions différentes. Dans cette feuille de travail, nous allons étudier le comportement de chaque chimie.



À vous de jouer :

Réglez le multiplicateur de temps sur x60, ce qui simule une heure de décharge en une minute. Réglez la capacité de la batterie à 2 Ah. Réglez la chimie sur Pb-acide et la topologie sur 6S1P. Démarrez le simulateur et connectez une résistance de 10 ohms à la sortie.

Enregistrez la tension de sortie immédiatement après avoir connecté la charge. Attendez que la charge restante de la batterie tombe à 90 % et enregistrez à nouveau la tension de sortie. Enregistrez la tension chaque fois que la charge diminue de 10 % supplémentaires. Remplissez le tableau figurant dans le document de l'élève.

Changez la chimie en Li-ion et la topologie en 3S1P. Répétez l'expérience en remplissant la colonne suivante du tableau.

Changez la chimie en LiFePO₄, la topologie est toujours 3S1P. Remplissez la dernière colonne.

Tracez ces résultats sur un graphique.

Et alors ?

Les concepteurs de systèmes électriques doivent tenir compte de la baisse de tension lorsque les piles se déchargent. Il s'agit par exemple de s'assurer qu'une horloge alimentée par des piles continue de fonctionner lorsque sa pile AA unique perd une fraction de volt, ou de concevoir des véhicules électriques de manière à ce qu'ils soient pleinement performants sur toute la durée de vie de leurs piles.

Dans la recherche de nouvelles technologies de batteries, la chute de tension est un élément que les chercheurs doivent prendre en compte. Une batterie qui perdrait la majeure partie de sa tension au début de sa décharge ne serait pas très utile.

Défi

Un système électrique alimenté par une batterie est capable de mesurer le courant qu'il tire de la batterie et dispose également d'une horloge intégrée pour mesurer le temps. Pouvez-vous expliquer comment le système peut utiliser ces deux mesures pour estimer le niveau de charge restant dans la batterie ?

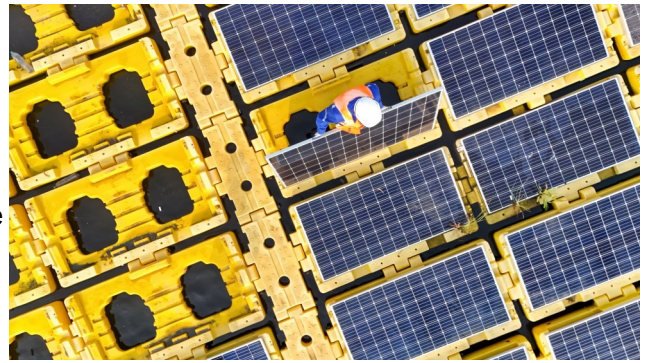
Feuille de travail 6

Comportement de décharge de la batterie

Simulateur de batterie

Comportement de décharge de la batterie

Jusqu'à présent, nous avons vu que les piles ont une tension qui varie au cours de leur décharge. Nous avons également constaté que les piles présentent une résistance interne. Une question évidente se pose : la résistance interne change-t-elle au cours de la décharge ? La réponse est oui et, dans cette feuille de travail, nous allons étudier comment elle varie pour chacune des chimies.



La mesure de la résistance interne est un peu plus complexe que la simple mesure de la tension de sortie. Rappelez-vous de la feuille de travail précédente que la mesure de la résistance interne nécessite de mesurer à la fois la tension de la charge et la tension en circuit ouvert. Heureusement, la décharge de la batterie s'interrompt si la charge est déconnectée, ce qui laisse le temps de noter la tension.

À vous de jouer :

Définissez la configuration comme suit : -

Chimie : plomb-acide Topologie :

6S1P

Capacité : 2 Ah

Réglez le multiplicateur de temps sur x60. Lancez la simulation et enregistrez la tension en circuit ouvert. Connectez une charge de dix ohms et enregistrez la tension et le courant.

Attendez que la charge tombe à 90 %, enregistrez la tension et le courant. Déconnectez la charge et enregistrez la tension en circuit ouvert.

Reconnectez la charge et attendez que la charge tombe à 80 %. Comme précédemment, mesurez la tension et le courant de la charge ainsi que la tension en circuit ouvert. Prenez des mesures chaque fois que la charge diminue de 10 %. Une fois la décharge terminée, calculez la résistance interne en chaque point et reportez la tension en circuit ouvert et la résistance interne sur un graphique.

Et alors ?

L'augmentation de la résistance interne entraîne une baisse de la tension sous charge et une réduction de l'efficacité, en particulier lors de l'utilisation de courants plus élevés. La perte de puissance due à la résistance interne peut également provoquer un échauffement de la batterie. Les concepteurs de systèmes électriques doivent en tenir compte.

Fiche de travail 7

Chargement de la batterie

Simulateur de batterie

Chargement de la batterie

Après avoir déchargé une batterie, il faut la remettre en place. Tout comme le comportement de décharge d'une batterie suit des schémas bien définis, la charge doit en faire de même. La différence avec la charge est qu'elle est pilotée par le circuit de charge externe. Les batteries doivent être chargées correctement, sinon elles risquent d'être endommagées, voire d'exploser.



Les chargeurs de batterie doivent être adaptés au type de batterie qu'ils chargent. Le boîtier de simulation de batterie peut simuler la charge de chacune des trois chimies. En général, un chargeur fournit un courant constant pendant un certain temps, puis passe à une tension constante jusqu'à ce que la batterie soit complètement chargée. En fonction du type de chimie de la batterie, le chargeur s'éteindra ou fournira une charge flottante pour maintenir la batterie à 100 %.

À vous de jouer :

Configurez la batterie pour qu'elle soit composée de six éléments plomb-acide en série. Configurez la capacité à 1,0 Ah et réglez le multiplicateur de temps sur x60. Démarrez le simulateur avec une charge d'essai et faites-le fonctionner jusqu'à ce que la charge soit épuisée et que la simulation s'arrête.

Lorsque la batterie est entièrement déchargée, appuyez sur le bouton de charge pour lancer le chargement. Toutes 20 minutes (20 secondes dans la réalité), enregistrez la tension de la batterie, le courant de charge et l'état de charge tels qu'ils apparaissent à l'écran.

Au début, la batterie se charge assez rapidement. Vers 80 %, le chargeur passe en mode de tension constante et la charge est plus lente. À ce stade, il est possible d'arrêter la charge, de modifier le multiplicateur de temps à x300 et de reprendre la charge. Les relevés peuvent maintenant être effectués toutes les heures (12 secondes dans la réalité).

Lorsque la batterie est entièrement chargée, arrêtez le chargeur et reportez les relevés sur un graphique. Changez la composition chimique en Li-ion et répétez le test.

Répétez test, cette fois-ci en réglant la chimie sur LiFePO4.

Défi

Dans le simulateur de batterie, toutes les cellules qui composent une batterie sont parfaitement équilibrées. Dans une vraie batterie, les cellules peuvent déséquilibrer. Certaines cellules d'une chaîne en série peuvent être plus déchargées que d'autres. Pour rétablir l'équilibre des cellules pendant la charge, les chargeurs plus sophistiqués utilisent un système de gestion de la batterie (BMS). Recherchez ces systèmes et expliquez leur fonctionnement.

Document de l'élève

**Simulateur de
batterie**

Feuille de travail 1 - Batterie Chimie

Tension de cellule pour Pb-acide =Volts

Tension de cellule pour Li-ion =Volts

Tension de cellule pour LiFePO4 =Volts

Défi :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

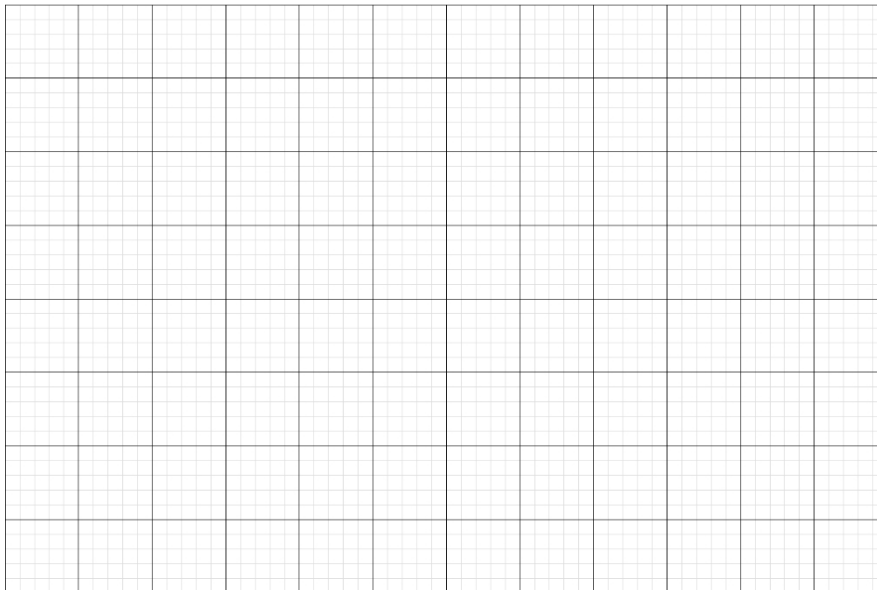
.....

Simulateur de batterie

Feuille de travail 2 - Batteries en série et en parallèle

Tensions des combinaisons en série et en parallèle : -

Parallèle \ Série	1S	2S	4S	6S
1P				
2P				
4P				



Défi :

.....

.....

.....

.....

.....

Simulateur de batterie

Feuille de travail 3 - Résistance interne

Batterie	Tension en circuit ouvert	Tension de charge	Courant de charge	Résistance interne
Pb-acide 6S1P				
Acide Pb 6S2P				
Acide Pb 6S4P				

Batterie	Circuit ouvert Tension	Tension de charge	Courant de charge	Interne Résistance
Li-ion 3S1P				
Li-ion 3S2P				
Li-ion 3S4P				

Batterie	Tension en circuit ouvert	Tension de charge	Courant de charge	Résistance interne
LiFePO4 4S1P				
LiFePO4 4S2P				
LiFePO4 4S4P				

**Simulateur de
batterie**

Fiche de travail 3 - Résistance interne

Défi :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

**Simulateur de
batterie**

Fiche de travail 4 - Capacité de la batterie

Batterie	Courant de sortie à 50	Temps simulé de décharge complète	Heure X actuelle = Capacité Ah
10S1P			
5S1P			
2S1P			

Défi :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Simulateur de batterie

Fiche de travail 5 - Courbes de décharge de la batterie

Charge restante	Pb-acide 6S1P	Li-ion 3S1P	LiFePO4 3S1P
100%			
90%			
80%			
70%			
60%			
50%			
40%			
30%			
20%			
10%			



**Simulateur de
batterie**

Fiche de travail 5 - Courbes de décharge de la batterie

Défi :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Simulateur de batterie

Feuille de travail 6 - Comportement de la batterie en cas de décharge

Charge	Tension en circuit ouvert	Tension de charge	Actuel	Résistance interne
100%				
90%				
80%				
70%				
60%				
50%				
40%				
30%				
20%				
10%				



**Simulateur de
batterie**

Feuille d'activité 7 - Batterie Chargement

Temps de simulation	Tension de la batterie	Courant de charge	État de charge

Temps de simulation	Tension de la batterie	Courant de charge	État de charge

**Simulateur de
batterie**

Fiche de travail 7 - Chargement de la batterie

Temps de simulation	Tension de la batterie	Courant de charge	État de charge



**Simulateur de
batterie**

Fiche de travail 7 - Chargement de la batterie

Défi :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....