

Pulseur de batterie

Alimentation électrique : l'arrivée de l'hiver relance tous les ans les discussions au sujet des pulseurs de batterie, l'objectivité n'étant pas toujours au rendez-vous. Michael Herrmann a examiné de plus près ces petits boîtiers et nous explique ce qui se passe à l'intérieur et surtout dans les batteries qui y sont branchées.

Rien qu'en Allemagne, environ 17 millions de batteries au plomb sont remplacés tous les ans par des batteries neuves. D'après l'avis des experts, dans 70 à 80 % des cas les défaillances de batterie sont dues à la sulfatation, un phénomène apparaissant dans les batteries au plomb déchargées ou partiellement déchargées. Ce processus est d'autant plus intense que la batterie est déchargée et qu'elle reste dans cet état. Ceci entraîne une diminution de plus en plus importante de la masse active qui participe aux processus de recharge et de décharge et par conséquent de la capacité de la batterie à se recharger.

PALSTEK 2/10

Dans le secteur de l'industrie, les batteries sont remplacées dès que leur capacité est inférieure à 80 % de la valeur nominale. Dans le secteur privé, on les utilise généralement jusqu'à ce que les systèmes consommateurs ne fonctionnent plus ou qu'il ne soit plus possible, malgré des recharges fréquentes, d'obtenir une puissance suffisante pour alimenter le réseau de bord.

Sulfatation

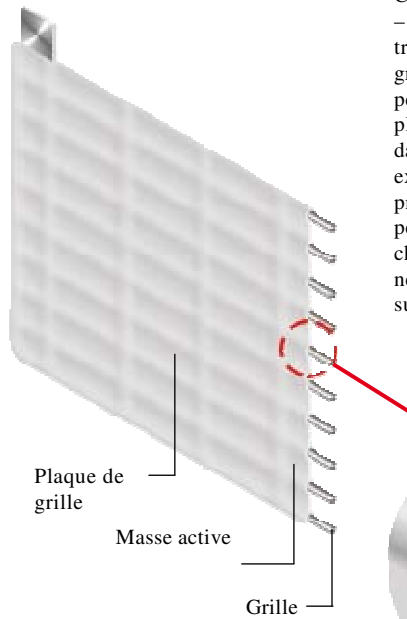
Si l'on veut comprendre comment se produit cette perte de capacité (et comment les pulseurs peuvent y remédier), il faut examiner de plus

près la chimie d'une batterie au plomb.

A pleine charge ou à l'état neuf, la masse active de la batterie reliée aux bornes de connexion est composée de plomb pur (au pôle négatif) et de dioxyde de plomb (au pôle positif) qui sont tous deux entourés par l'électrolyte, un acide sulfurique dilué d'une densité de 1,26 à 1,28 gramme par centimètre cube. Le plomb et le dioxyde de plomb se trouvent sous forme de pâte dans les plaques des grilles en plomb métallique.

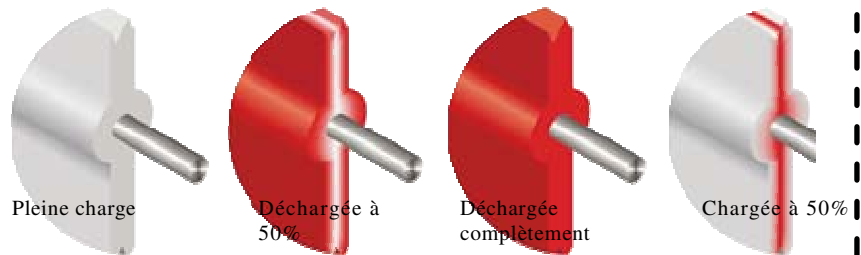
Lors de la décharge d'une batterie, le plomb et le dioxyde de plomb se combinent en absorbant du soufre

■ Sulfatation



Chaque fois que la batterie se décharge, la masse active se trouvant dans les plaques – le plomb sur la plaque négative et le dioxyde de plomb sur la plaque positive – est transformée en sulfate de plomb. Dans les illustrations, le plomb est représenté en gris et le sulfate de plomb en rouge, ce qui ne correspond certes pas à la réalité mais permet une meilleure visualisation. Au cours du processus de recharge, le sulfate de plomb se retransforme en plomb et en dioxyde de plomb. Le processus se déroule dans les deux sens de l'extérieur vers l'intérieur : ce sont d'abord les couches extérieures qui sont concernées, le noyau n'étant transformé que vers la fin du processus de recharge ou de décharge. Si, à ce stade, les batteries sont stockées pendant un certain temps ou utilisées alors qu'elles ne sont que partiellement chargées, des cristaux vont se former dans le sulfate actif amorphe qui, par la suite, ne participeront plus aux processus de recharge et de décharge. Plus ces cristaux de sulfate deviennent importants, plus il est difficile de les éliminer.

gris = plomb ou oxyde de plomb
rouge = sulfate de plomb



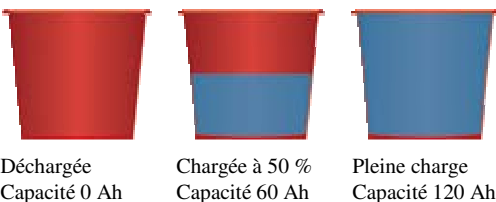
présent dans l'électrolyte pour former du sulfate de plomb et ceci jusqu'à ce que la batterie soit déchargée et que les masses actives des deux plaques se soient transformées, à l'exception d'un petit reste, en sulfate de soufre. Du fait que l'acide dépose des sulfatations sur les plaques, celui-ci s'appauvrit, le poids volumique d'une

batterie déchargée étant tout au plus de 1,12 gramme par centimètre cube. Le sulfate de plomb se présente tout d'abord également comme une sorte de pâte, dans un état amorphe. Sous cette forme, il est conducteur et comme il participe aux processus électrochimiques on l'appelle également « masse active ». Nous sommes donc

face à trois types de masse active se trouvant dans les plaques : du plomb et du dioxyde de plomb à l'état chargé et du sulfate de plomb à l'état déchargé. Si le sulfate de plomb se présente sous forme amorphe, il participe aux processus de recharge et de décharge même si sa conductivité est de mauvaise qualité.

■ Le principe du seau ou l'effet de la sulfatation

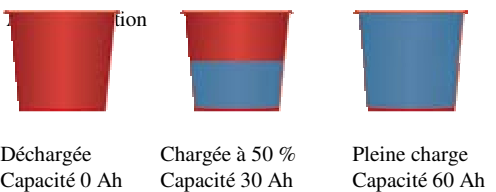
Sans sulfatation



Déchargée
Capacité 0 Ah

Chargée à 50 %
Capacité 60 Ah

Pleine charge
Capacité 120 Ah



Déchargée
Capacité 0 Ah

Chargée à 50 %
Capacité 30 Ah

Pleine charge
Capacité 60 Ah

L'effet de la sulfatation peut être clairement illustré avec le modèle de seau développé par l'ingénieur Klaus Ernst Krüger. A titre d'exemple, on prend une batterie de 120 ampères-heures représentée ici par un seau.

A l'état non sulfaté, cette batterie a une quantité d'énergie correspondant à 120 ampères-heures ; si elle est déchargée à moitié, on dispose encore de 60 ampères-heures (en haut).

Si la batterie est sulfatée au point que seulement 50 % de la masse active sont en mesure de participer aux processus de recharge et de décharge (en bas), la capacité est de 60 ampères-heures – le seau n'est plus rempli qu'à moitié.

Déchargée à moitié, il ne reste plus que 30 ampères-heures. Même en branchant la batterie sur un chargeur conventionnel pendant plusieurs jours, la batterie n'accumulera pas plus de 30 ampères-heures. La tension finale est alors atteinte ; la batterie se comporte de la même façon qu'une batterie de 60 Ah pleinement chargée. Les chargeurs à commande par lignes caractéristiques basculent sur le mode maintien de charge (ligne IU0U) ou s'arrêtent (lign IU) – la batterie ne se recharge plus.



Surface des plaques d'une batterie neuve vue sous le microscope électronique. Pas de cristaux mais uniquement du sulfate de plomb amorphe.



Batterie âgée de six mois sans pulseur vue sous le microscope électronique. Quelques cristaux d'une certaine taille sont déjà visibles.

Malheureusement, les cristaux ont tendance à fusionner s'il n'y pas de courant qui passe dans la batterie. Plus les cristaux sont importants, plus le rapport entre la surface et le volume diminue et plus il devient difficile de désagréger ces cristaux de sulfate. D'une manière générale, on considère que les cristaux de sulfate ne pourront plus être décomposés en plomb et sulfates avec les procédés de recharge traditionnels. Ils ne font alors plus partie de la masse active ce qui entraîne déjà une diminution de la capacité.

Du fait que les cristaux se trouvent en général sur la surface des plaques, ils ont en outre l'effet d'isoler la masse active restante.

Si la couche de sulfate est suffisamment épaisse, par exemple après une décharge totale, il se peut que la batterie ne capte plus du tout de courant de charge vu que les électrons ne peuvent plus accéder à la masse active. Ceci explique pourquoi une batterie totalement déchargée, si elle reste assez longtemps dans cet état, ne pourra plus être rechargée.

La sulfatation, c'est à dire la formation de cristaux de sulfate, se produit toujours lorsqu'une batterie partiellement ou totalement déchargée – le sulfate de plomb se trouve uniquement sur ses plaques – n'est pas rechargée dès la décharge. L'ampleur de la cristallisation du sulfate de plomb amorphe dépend du

niveau de décharge, de la durée pendant laquelle la batterie reste déchargée et du type de batterie. Les batteries de démarrage avec leurs plaques relativement importantes peuvent, lorsqu'elles sont totalement déchargées, se dégrader en quelques heures au point de ne plus pouvoir être rechargées avec les procédés traditionnels (chargeurs réglés ou non réglés, dynamo). Dans ces cas-là, les batteries atterrissent en général à la déchetterie.

Conséquences mécaniques

Il n'y a pas que les réactions chimiques dans la batterie qui subissent l'effet



Surface de plaque après deux ans sans impulsion : elle est recouverte en grande partie par des cristaux de sulfate, d'où forte perte de capacité.



Surface des plaques au bout de onze mois avec impulsions. La batterie peut encore être rechargée entièrement.

PALSTEK 2/10

négatif des cristaux de sulfate, la mécanique est également mise à mal. Le volume massique du sulfate de plomb correspond à peu près au double de celui du dioxyde de plomb et au triple de celui du plomb. Du fait du changement de volume des plaques occasionné par chaque processus de recharge ou de décharge, la cohésion des plaques se dégrade de plus en plus au fil du temps. Des particules se désintègrent des matériaux et sont, en tombant, l'une des origines du dépôt boueux qui se forme au fond de la batterie. Ici aussi, on peut dire : plus une batterie se décharge, plus la perte en matériau est importante.

Le dépôt boueux augmentant, cela provoque au final, pour la plupart des types de batterie, un court-circuit au niveau des plaques. Lorsque l'épaisseur de la couche de boue au fond de la batterie est telle qu'elle atteint les plaques, il se produit un court-circuit et la batterie ne fonctionne plus.

Il est relativement rare que le dépôt boueux soit la seule cause d'une défaillance de la batterie.

En général, les batteries concernées sont mises auparavant au rebut en raison de leur perte de capacité causée par la sulfatation. La formation du dépôt boueux est favorisée par la sulfatation et le changement de volume qui en résulte.

Corrosion

La corrosion des grilles se manifeste sur les plaques positives et provient du fait que la transformation du sulfate de plomb en dioxyde de plomb, qui se produit sur la plaque positive pendant la recharge, s'étend aussi à la grille qui assure la stabilité mécanique de la plaque et transmet le courant aux barrettes de connexion. Avec le temps, cette grille en plomb durci métallique se transforme également en dioxyde de plomb, qui n'est pas particulièrement stable, et perd ainsi de sa solidité. En fin de compte, la grille se décompose, la cellule concernée et donc la batterie ne fonctionne plus.

La corrosion des grilles est un processus lié au vieillissement qui se produit à chaque recharge. Une corrosion excessive apparaît

si on recharge avec des courants trop forts, des tensions trop élevées ou trop longtemps – en utilisant des chargeurs non réglés pour l'arrêt automatique.

Dans les cas extrêmes, une seule surcharge suffira pour détruire une batterie neuve.

La sulfatation n'a que très peu, voire pas du tout, d'effet sur la corrosion.

Les pulseurs

Si l'on respectait correctement les consignes des fabricants de batteries, c'est à dire toujours bien chargées et en les rechargeant aussitôt après chaque décharge (utilisation cyclique), alors il n'y aurait pas de sulfatation. Mais dans la pratique, la situation est autre : même dans les automobiles, les dynamos ne sont souvent plus en mesure d'assurer une charge suffisante de la batterie de démarrage. Sur les yachts, de longues phases sans recharge sont chose courante ; la plupart des réseaux de bords ne sont pas équipés d'un système de gestion d'énergie permettant un traitement optimal des batteries. Une sulfatation semble donc inévitable ce qui explique pourquoi les batteries de réseau de bord n'ont souvent qu'une durée de vie de trois à quatre ans.

Les pulseurs proposent un remède à ce problème si l'on en croit leurs fabricants. Ces petits appareils qui font souvent l'objet de scepticisme utilisent la tension de la batterie pour produire des impulsions brèves à intervalles réguliers qui sont censées décomposer les cristaux de sulfate. L'explication théorique est en gros la suivante : si les cristaux sont confrontés à des vibrations correspondant à leur fréquence de résonance, c'est à dire la fréquence mettant les cristaux en mouvement, alors ils se désagrègent. Certains électrons nécessaires à la formation des cristaux sont placés à un autre niveau énergétique et quittent la structure de la grille. La conséquence est que les grilles se décomposent et les composants des cristaux peuvent à nouveau être ►

intégrés dans les électrolytes ou la
masse active.
Reste à savoir si cette explication est
exacte ! Néanmoins, différentes

séries d'essai réalisées par des
instituts indépendants ont démontré
entre-temps l'efficacité des pulseurs.

■ Corrosion et dépôt boueux

Outre une sulfatation avancée, la corrosion des grilles et le dépôt boueux représentent d'autres effets de vieillissement qui peuvent entraîner la défaillance d'une batterie. Contrairement à la sulfatation qui est un processus lent, la mort d'une batterie en raison de la corrosion ou du dépôt boueux se produit plutôt spontanément.

La corrosion des grilles (à gauche) se manifeste principalement sur la plaque positive et s'accélère s'il y a des surcharges ou des courants de charge excessifs. Elle entraîne d'abord une perte de capacité étant donné qu'une partie de la masse active est écartée de la grille puis finalement une défaillance des cellules lorsque la liaison entre les barrettes de connexion et la grille est totalement interrompue.

Le dépôt boueux (à droite) est causé par l'usure mécanique de la masse active qui se produit lors de chaque recharge ou décharge.

Des parties de la masse active se désolidarisent de la grille et tombent au fond de la batterie. Au fil du temps, la couche de boue atteint les rebords inférieurs des plaques créant ainsi un court-circuit entre les plaques, un phénomène que l'on

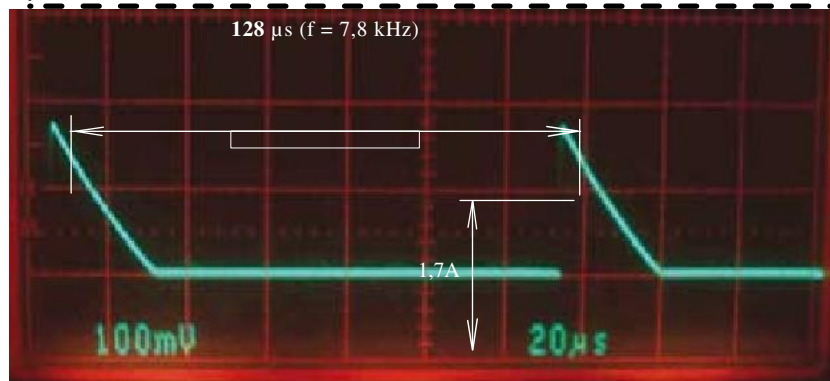
appelle le court-circuit interne. La cellule concernée ne fonctionne plus et rien qu'en raison de la diminution de la tension qui en résulte la batterie devient inutilisable.

La sulfatation accélère la formation du dépôt boueux.

Les batteries de type service dur (heavy duty) résistent dans l'ensemble aux effets causés par le dépôt boueux car chaque plaque est pourvue d'un compartiment pour collecter cette boue.



Corrosion des grilles



Forme des impulsions du Mégapulse de Novitec : l'appareil produit une impulsion toutes les 128 microsecondes (correspondant à une fréquence de 7,8 kHz) d'une intensité maximale de 1,7 ampère. La consommation de courant de l'appareil se situe entre 50 et 150 milliampères.

A cet effet, des batteries mises au rebut ont été soumises à un traitement à l'aide d'un pulseur. Ainsi, l'Institut en électronique industrielle et sciences des matériaux (Institut für industrielle Elektronik und Materialwissenschaften) de l'Université technologique de Vienne est arrivé à la conclusion qu'« en moyenne 86 % des batteries provenant de déchetteries utilisées comme spécimens ont vu leur fonctionnement rétabli à l'issue du traitement par impulsions.

Application

Cependant, une utilisation judicieuse de ces appareils ne consiste pas à attendre que la batterie ne fonctionne plus pour lui donner une deuxième vie. Il serait bien plus préférable d'utiliser les pulseurs dès le début de vie de la batterie afin d'empêcher ou tout du moins de diminuer les effets indirects de la sulfatation. En d'autres termes : plus on utilisera les pulseurs à un stade précoce, plus ils auront la possibilité de contribuer à une prolongation de la durée de vie d'une batterie au plomb.

A ce sujet, l'ingénieur Klaus E. Krüger, associé gérant de la société Novitec, déclare : « Rien ne s'oppose à ce qu'une bonne batterie ait une durée de vie de 15 à 20 ans, à condition qu'elle soit convenablement entretenue ce qui implique aussi la prévention de la sulfatation. »

Les pulseurs ne sont pas en mesure de contrer un dépôt boueux avancé ou la corrosion des grilles. Une batterie présentant déjà ces dégradations ne sera pas défaillante en raison de la sulfatation mais elle n'atteindra pas pour autant la durée de vie qui aurait été possible si le pulseur avait été utilisé plus tôt. Une dégradation supplémentaire des vieilles batteries causée par les pulseurs n'a pas été relevée jusqu'à présent. Les faibles impulsions (entre 1,5 et 2 ampères) sont nettement inférieures en intensité que les recharges conventionnelles, la consommation moyenne de courant se situant entre 50 et 150 milliampères. Le cas est différent pour les activateurs de batterie. Ces derniers ne fonctionnent pas avec des impulsions à basse fréquence mais envoient toutes les 15 à 20 secondes un courant de charge élevé se situant

entre 80 et 100 ampères dans la
batterie.

PALSTEK 2/10