Prolonger la durée de vie des condensateurs grâce à des technologies de matériaux améliorées

par James C. Lewis, Directeur Marketing Technique, KEMET Corporation

La fiabilité est une considération essentielle pour la quasi-totalité des produits électroniques actuellement sur le marché. Bien que toutes les applications ne soient clairement pas stratégiques ni critiques au niveau sécurité, les marques qui proposent les appareils grand-public les plus simples ont besoin de bons avis d'utilisateur pour conserver leur réputation. Faire les bons choix lors de la sélection des composants permet de s'assurer que le produit fonctionnera correctement pendant toute sa durée de vie.

Critères de sélection des concepteurs

Lors du choix d'un condensateur, certaines propriétés comme le rendement volumétrique, la stabilité en fréquence, la température nominale ou la résistance série équivalente sont souvent les principaux facteurs dictant le choix de technologie. Dans ce contexte, bien comprendre les facteurs qui affectent la durée de vie permet d'aider les concepteurs à garantir que le produit offrira la fiabilité nécessaire. D'un autre côté, une durée de vie opérationnelle longue est parfois une condition indispensable pour certains produits finis, et peut donc être déterminante dans le choix d'un dispositif. Certains processus de fabrication de condensateurs comme le criblage, ou les procédés permettant de contrôler la pureté des matériaux ou des composants, peuvent fournir une assurance de fiabilité supérieure, permettant aux concepteurs de réduire le nombre de condensateurs utilisés, et donc de réduire la taille et le coût du produit fini, sans compromettre sa fiabilité.

Propriétés des condensateurs

Les condensateurs fabriqués à l'aide de film polyester ou polypropylène métallisé (Figure 1) par exemple, sont bien connus pour offrir une longue durée de vie opérationnelle. Leurs propriétés haute-tension et haute-température font de ces condensateurs des candidats parfaits pour les applications d'électronique automobile ou pour les ballasts de lampe, tandis que leurs qualités auto-réparatrices leur permettent de surmonter les effets dûs aux petites impuretés dans le diélectrique, qui peuvent aboutir à des pannes par court-circuit. D'un autre côté, ce processus d'auto-réparation s'accompagne d'une chute de la capacité disponible et d'une augmentation de l'ESR (Equivalent Series Resistance, ou résistance série équivalente). Au bout du compte, ceci a un impact sur la durée de vie du condensateur. L'utilisation de matériaux de haute qualité et de processus de fabrication de diélectrique performants, permet de ralentir les

phénomènes d'auto-réparation. Dans le cas d'applications d'énergies alternatives, avec lesquelles une faible ESR est particulièrement souhaitable pour minimiser les pertes d'énergie, KEMET a pu observer des durées de vie opérationnelles de plusieurs décennies, même avec des condensateurs fonctionnant à des températures de 70℃ ou plus.

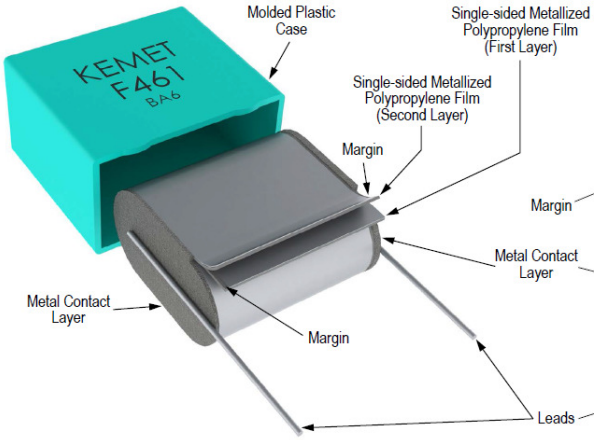

Figure 1. Construction interne d'un condensateur à film polypropylène.

Les condensateurs aluminium font appel à différents types de construction, chacune avec une durée de vie différente. Les condensateurs à électrolyte humide, par exemple, ont un mécanisme d'usure bien défini et bien connu. L'électrolyte est légèrement acide, et dégrade donc le diélectrique avec le temps. D'un autre côté, l'électrolyte fournit également l'oxygène nécessaire à la régénération du diélectrique. C'est pourquoi il est important de prendre en compte la "durée de stockage" d'un condensateur aluminium à électrolyte humide, même en l'absence d'alimentation, que ce soit en magasin ou sur une carte. Un point intéressant est que les condensateurs aluminium de diamètre 30 mm ou plus, tendent à avoir un électrolyte plus neutre et moins acide, et offrent des durées de stockage de deux à quatre ans, dans des conditions moyennes. Ces chiffres, naturellement, varient selon l'électrolyte utilisé dans chaque famille de produits.

D'un autre côté, les condensateurs solides "aluminium polymères" ou "organiques polymères", ont des caractéristiques de durée de vie très différentes. Ces dispositifs, comme les condensateurs KEMET AO-CAP, ne font appel à aucun électrolyte dans le produit fini. Au lieu de cela, la cathode est un matériau conducteur polymère solide. Cela se traduit par une durée de vie opérationnelle exceptionnellement longue dans les conditions nominales, qui peut être proche de celle d'autres condensateurs solides. Certaines fiches techniques décrivent l'endurance de ce type de condensateurs en

termes de variation de capacité, d'ESR (Equivalent Series Resistance, ou résistance série équivalente) et d'aspect, après 1000 heures de fonctionnement. Il est important de noter que ces 1000 heures ne représentent pas toute la durée de vie opérationnelle du condensateur. En revanche, ce test d'endurance est semblable aux tests de vieillissement accéléré servant typiquement à qualifier les composants passifs.

En ce qui concerne les condensateurs céramique commerciaux courants, la construction typique de l'électrode est un système BME (Base Metal Electrode, ou électrode à base métallique) (Figure 2) le plus souvent à base de nickel. Par rapport aux anciens systèmes PME (Precious Metal Electrode, ou électrode en métal précieux), une électrode BME autorise une plus grande résistance au stress en tension. Les diélectriques populaires X7R et X5R sont aujourd'hui basés sur le titanate de baryum, avec des additifs comme le bioxyde de manganèse, compatibles avec la chimie BME, qui empêchent la réduction du diélectrique par les processus d'allumage auxquels est soumis le condensateur lors de sa fabrication. Les améliorations apportées à la composition des diélectriques ont grandement amélioré la fiabilité et la durée de vie de la céramique. Une étude de KEMET[1] a montré que la céramique BME pouvait facilement avoir une durée de vie de plusieurs décennies même dans des conditions difficiles.

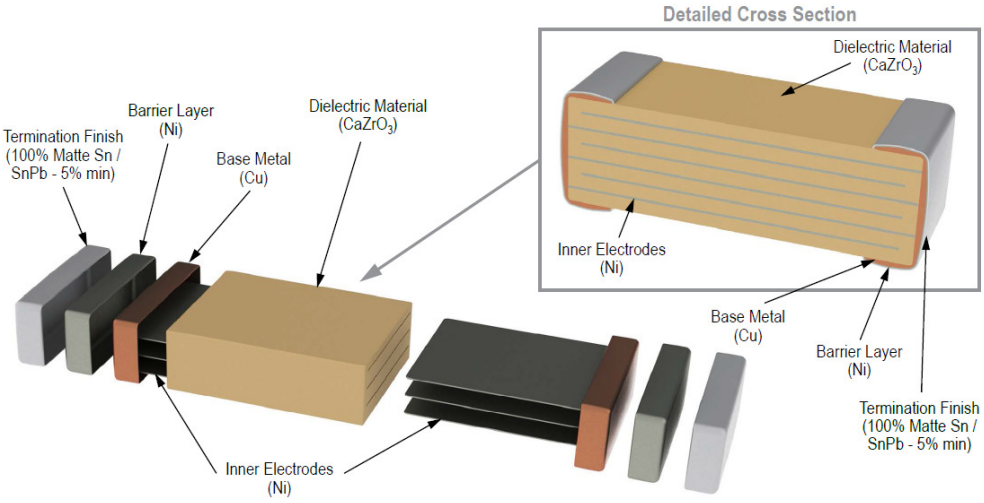

Figure 2. Les MLCC (Multi Layer Ceramic Capacitor, ou condensateur céramique multicouches) X5R et X7R, combinent électrode BME à base nickel, et diélectrique dopé au titanate de baryum.

1

http://www.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/50/Highly%20Accelerated%20Testing%20of%20Capacitors%20for%20Medical%20Applications.pdf

Fiabilité des condensateurs tantale

Les condensateurs à diélectrique tantale ont une durée de vie opérationnelle particulièrement longue. S'agissant de dispositifs 100% solides, il ne sont quasiment pas sujet à l'usure. Les pannes les plus courantes avec les dispositifs tantale sont ce que l'on appelle les pannes de type "allumage". Celles-ci peuvent se produire lorsque l'on applique un échelon de tension qui permet au condensateur de drainer un courant initial important. Ceci peut générer un défaut au sein du diélectrique, qui peut entraîner le défaut du condensateur si le diélectrique ne peut pas s'auto-réparer. Les dispositifs tantale-polymère profitent d'une capacité auto-réparatrice prononcée, et sont réputés pour être relativement robustes contre ce type de défaut. Des études réalisées par KEMET[23] ont montré que la durée de vie de tels condensateurs pouvait atteindre des centaines, voire des milliers d'années. Une telle durée de vie est susceptible d'être considérablement plus longue que la durée de vie d'autres matériaux utilisés au sein même du condensateur, comme les époxys.

Les fabricants de condensateur ont l'habitude de cribler les condensateurs tantale, pour identifier les individus potentiellement plus fragiles, en appliquant par exemple des pics de tension et de courant, selon une certaine séquence. Cependant, il vaut noter que les condensateurs peuvent être fragilisés sous l'effet de différentiels de dilatation thermique entre les différents matériaux entrant dans sa composition : par conséquent, les conditions de refusion ainsi que le nombre de cycles de refusion subis par le condensateur lors de l'assemblage du produit final, peuvent affecter la probabilité de panne du condensateur.

Par ailleurs, la tension nominale du dispositif, par rapport à la tension effectivement appliquée, peut sensiblement influencer la durée de vie du condensateur en règle générale. Pour cette raison, le développement récent de condensateurs tantale-polymère s'est concentré sur l'atteinte de tensions nominales plus élevées, comme 63V et au delà, pour des composants destinés à fonctionner sous des tensions d'alimentation courantes, telles que le 24V ou le rail avionique 28V.

– Fin –

---

2 http://www.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/127/2012%20CARTS%20-%20Performance%20and%20Reliability%20Study%20of%2050V%20and%2063V%20Tantalum%20Polymer%20Capacitors.pdf

3 http://www.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/21/2002%20CARTS%20PowerOn%20Failures.pdf