Comment le processus de conception permet aux ingénieurs de créer des téléviseurs plus plats et des serveurs moins volumineux

par Takanori Hibino, Chef de Produits – Condensateurs, Murata Electronics Europe

Le secteur de l'électronique subit une pression constante pour réduire la taille et le poids tout en améliorant la rapidité et l'esthétique. Cette tendance n'est nulle part aussi forte que dans le secteur de l'électronique grand public, où l'aspect, la convivialité et l'expérience utilisateur offerts par un produit ont souvent plus d'importance que les caractéristiques détaillées de ses fonctionnalités ; à titre d'exemple, qui achète des écouteurs plus pour leur qualité acoustique que pour leur côté pratique ou esthétique ?

Cette pression à la miniaturisation de l'électronique est ressentie de manière particulièrement vive par les fabricants de composants qui subissent les contraintes des lois de la physique en ce qui a trait aux caractéristiques et fonctionnalités qu'ils peuvent intégrer dans les limites d'une surface ou d'un volume donné. Les fournisseurs de circuits intégrés ont peut-être bénéficié durant des décennies de l'évolution des procédés technologiques, leur permettant de continuer à doubler la densité des circuits tous les 18 à 24 mois, mais pour les composants passifs moins complexes (comme les inductances, les résistances et les condensateurs), les options qui s'offrent à eux peuvent être plus limitées. Par exemple, l'énergie électrique qu'un condensateur peut emmagasiner se définit par la surface de ses deux plaques, par le matériau diélectrique choisi pour les séparer et par l'écart qu'il y a entre elles. Il a fallu déployer des trésors d'ingéniosité au fil des ans pour travailler dans le cadre de ces contraintes et maximiser la densité de stockage des condensateurs.

Cure d'amincissement

Il existe en ce moment une demande particulière qui pousse à intégrer des condensateurs (et d'autres composants constitutifs) de taille réduite aux alimentations électriques des appareils audiovisuels, comme par exemple les téléviseurs à écran plat. On enregistre simultanément une demande croissante d'alimentations électriques extra-plates capables de se loger dans les équipements 1U montés en rack destinés aux serveurs et aux systèmes de stockage utilisés dans les centres informatiques.

Tous ces équipements, qu'il s'agisse du tout dernier téléviseur 4K UHD haut de gamme ou d'un serveur de centre informatique courant, nécessitent un environnement électriquement neutre pour fonctionner correctement. Le bruit non maîtrisé qui se dégage sur les rails conducteurs d'un téléviseur peut faire sauter l'image de l'écran de temps en temps, ce qui est un phénomène irritant. Sur du matériel de centre informatique, en revanche, s'il n'est pas limité, le bruit risque de provoquer des pannes, des redémarrages intempestifs et une perte de service potentiellement catastrophique.

Les concepteurs d'alimentations électriques s'attaquent à la question du bruit en utilisant des condensateurs de classe Y pour mettre à la terre les câbles électriques en vente dans le commerce et les condensateurs de couplage pour relier le côté primaire et le côté secondaire. Ces condensateurs doivent se conformer à des normes de sécurité draconiennes pour pouvoir résister à des tensions exceptionnellement élevées et présenter de bonnes propriétés ignifugeantes. Malheureusement pour les utilisateurs finals, les organismes édictant les normes de sécurité comme UL et CQC ont étudié les problèmes auxquels ce type de composants sont confrontés et ont mis au point des stratégies de tests et des procédures de certification garantissant que des composants correctement testés et certifiés ne présentent aucun danger.

Si l'on veut réduire l'encombrement des alimentations électriques, il est clair qu'il faut aussi réduire la taille de tous les composants. Les contraintes peuvent parfois provenir du facteur de forme des composants les plus couramment utilisés dans les circuits. Par exemple, les condensateurs plats en céramique à sortie radiale accompagnent de manière satisfaisante la tendance à la réduction de l'encombrement des alimentations électriques en augmentant la densité de stockage de leurs condensateurs. Toutefois, la hauteur installée des composants à sortie radiale est considérable et parfois cet inconvénient limite les efforts engagés pour réduire encore l'encombrement des appareils.

En réponse, Murata lance le condensateur en céramique de type EA dans la série DK, composant monté en surface de classe X1/Y1 à la norme CEI 60384-14. Les condensateurs de la série DK présentent des valeurs de capacitance comprises entre 10 et 1500 pF à des tensions nominales Y1 allant jusqu'à 300 V c.a. efficaces.

N°	Composant	Nom du matériau
1	Boîtier	Résine époxy (certifiée UL 94-0)
2	Elément diélectrique	Céramique
3	Brasure	Brasage au Sn-Sb
4	Electrode	Cuivre
5	Borne métallique	Alliage de fer (plaqué Sn/Ni)

No.	Component material	Material name
1	Enclosure	Epoxy resin (UL94-0 certified)
2	Dielectric element	Ceramics
3	Solder	Sn-Sb solder
4	Electrode	Copper
5	Metal terminal	Iron alloy (Sn/Ni plating)

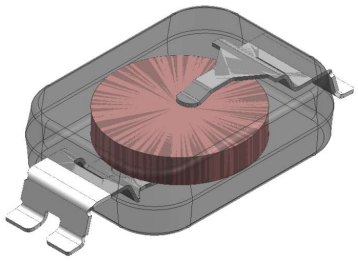


Figure 1 : Un condensateur monté en surface et moulé en résine et sa structure interne

Outre sa faible hauteur, le composant monté en surface contribue à résoudre un autre problème rencontré sur les composants à sortie radiale, qui est que leurs conducteurs radiaux sont habituellement introduits par un trou percé dans la carte électronique correspondante, engendrant ainsi un renflement sur sa face inférieure. La hauteur du renflement peut être faible en elle-même, mais les normes de sécurité des blocs d'alimentation exigent de maintenir une distance imposée (distance d'isolement) entre les extrémités des fils conducteurs et les autres composants métalliques, comme le châssis de l'alimentation électrique. En conséquence, ceci gêne les efforts visant à créer des appareils plus plats.

Le condensateur de type EA dans la série DK permet à un condensateur en étoile d'être monté en surface en brasant les bornes métalliques plates sur un diélectrique en céramique à disque (l'élément condensateur), puis d'emboîter le résultat dans une résine en fusion. La configuration du montage en surface confère au composant un caractère extra-plat et élimine les fils conducteurs de la face inférieure de la carte électronique. Ceci supprime la nécessité de tenir compte de la distance de séparation entre les extrémités des fils conducteurs et le châssis. La réduction d'épaisseur qui en résulte a un gros impact sur les facteurs de forme de

l’alimentation électrique.

Le fait que ces composants utilisent un élément diélectrique en céramique à disque comme nœud de stockage signifie qu’ils peuvent offrir la rigidité diélectrique requise pour remplir les conditions de la classe X1/Y1 de CEI 60384-14, aboutissant également à une hauteur de 2,50 mm par rapport à la surface de la carte électronique.

La composition chimique et la quantité de brasure qui soude les bornes métalliques à l’élément en céramique ont été choisies pour pouvoir utiliser le condensateur dans des procédés par refusion qui reposent sur des températures élevées et des temps de brasage relativement longs. Les surfaces des bornes métalliques ont également été étamées pour en faciliter le brasage.

Murata propose déjà la série DE de condensateurs plats en céramique à sortie radiale à sécurité certifiée. Certifiée pour la classe X1/Y1 selon CEI 60384-14, la série DE de type KX est très répandue. Les éléments condensateurs implantés dans les composants de type EA de la société utilisent la même céramique en disque que la série DE, ils peuvent donc présenter une rigidité diélectrique élevée entre les bornes de 4 kV c.a. pendant 60 secondes, comme l'impose CEI 60384-14 pour la conformité à la classe Y1.

À titre d’exemple des performances en rigidité diélectrique, la Figure 2 présente un comparatif de la tension de claquage de l’isolant entre bornes pour la série DK de type EA et pour la série DE de type KX. La valeur minimale pour le claquage de l’isolant entre bornes sur la série DK est la même que sur la série DE, fournissant une rigidité diélectrique plus que suffisante entre bornes pour remplir les conditions requises en vue de la certification de sécurité.

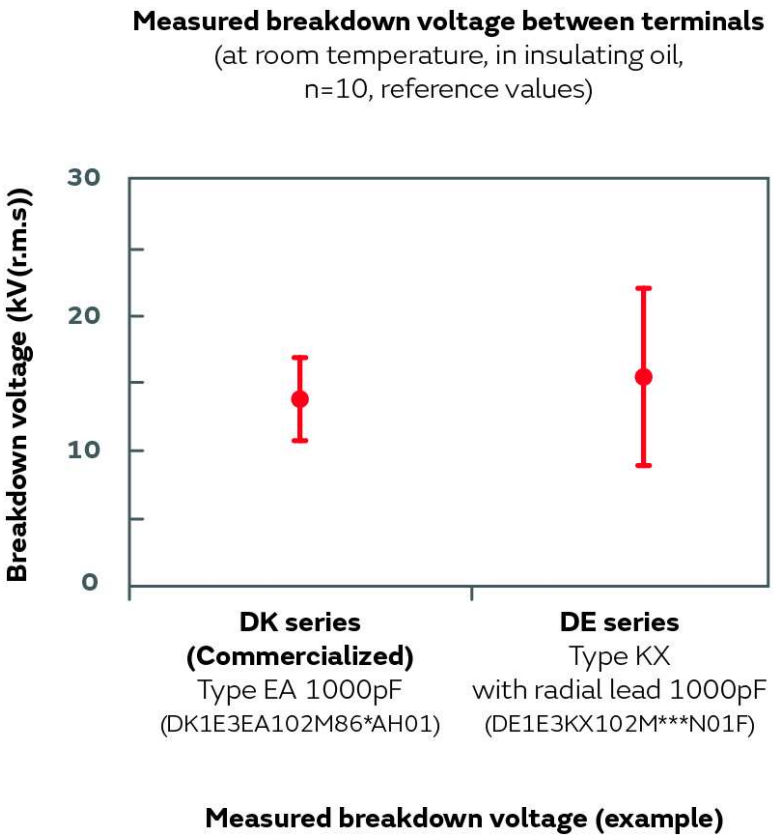


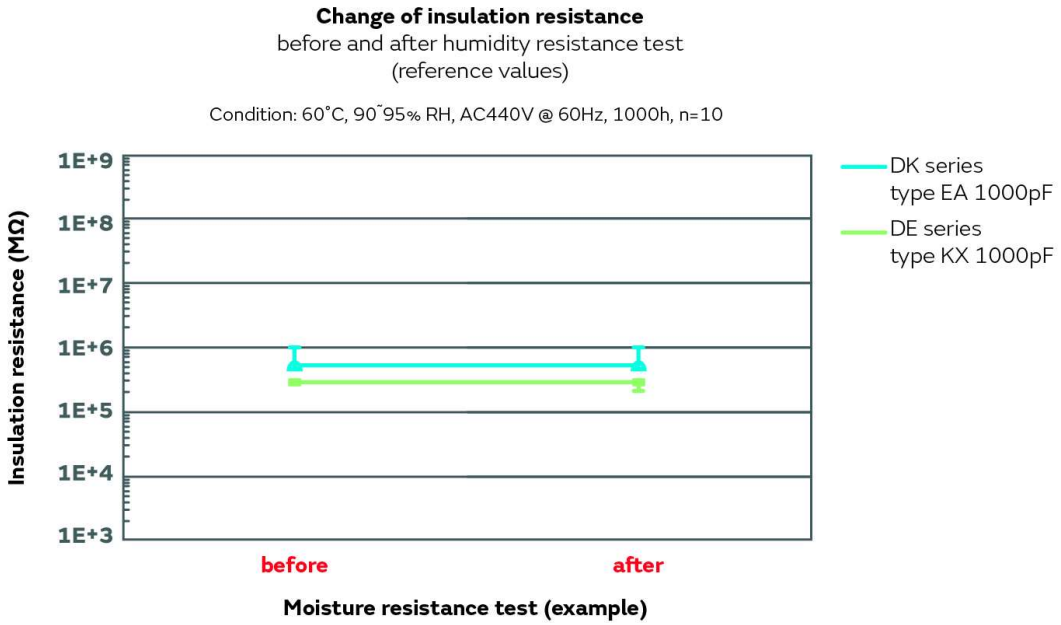
Figure 2 : Résultats des mesures de tension de claquage entre isolants (caractéristiques-types)

Aborder les problèmes de fiabilité

La nature composite de ces composants, faisant appel à des matériaux à la fois de type céramique et de type résine, signifie qu'il est important de s'assurer que les

coefficients de dilatation thermique différents des deux matériaux n'engendrent pas de problèmes de fiabilité. Si l'adhérence entre la céramique et la résine est insuffisante, cela peut aboutir à une baisse de la rigidité diélectrique et de la résistance à l'humidité. D'autre part, si les coefficients de dilatation linéiques des deux matériaux diffèrent considérablement, la dilatation inégale des deux matériaux au cours des cycles de température peut provoquer une tension mécanique qui risque d'entraîner une fissuration.

La figure 3 montre comment la résistance d'isolement varie avant et après un essai de résistance à l'humidité sous charge (effectué à 60°C, 95% d'humidité relative, 440V c.a., sur 1000 heures) pour cette série DK et pour la série comparable DE de type KX. La série DK présente une résistance à l'humidité égale à celle de la série DE, et aucune de ces séries ne présente le type de variation de résistance à l'humidité qui s'exprimerait par une réduction marquée de la résistance d'isolement après l'essai. La série DK permet également d'éliminer les soucis de structure au sujet des fissures relevées sur les puces résultant de la flexion des cartes électroniques et des fissures de brasage dues aux cycles thermiques, comme cela arrive parfois sur de grands condensateurs céramique multicouches.



Légendes de la figure ci-dessus :

Variation de la résistance d'isolation

avant et après l'essai de résistance à l'humidité

(valeurs de référence)

Conditions : 60°C, 90-95% d'humid. rel., 440 Vc.a. à 60 Hz, 1000 h, n=10

Résist. d'isolation (MΩ)

Série DK

de type EA 1000 pF

Série DE

de type KX 1000 Pf

avant **après**

Test de résistance à l'humidité (exemple)

Figure 3 : Résultats des essais en charge de résistance à l'humidité (données-types)

Conformité aux règles de sécurité

Les normes de sécurité applicables aux condensateurs de classe Y1 qui relient à la terre les lignes électriques industrielles abordent des problèmes qui englobent la rigidité diélectrique entre bornes, l'écartement entre les électrodes (ligne de fuite) et la résistance à la combustion. Nous avons déjà considéré la question de la rigidité électrique ci-dessus. En ce qui concerne la limitation de la ligne de fuite, la coque du condensateur et la forme de ses bornes ont été conçues pour obtenir au moins un espace palier d'au moins 8 mm autour du composant monté, comme l'exige la norme de sécurité.

La coque du condensateur est moulée dans un matériau conforme à UL 94 V-0, reconnu comme le plus exigeant pour les tests d'inflammabilité. Le procédé de fabrication contrôle également l'épaisseur de la résine couvrante pour maintenir la rigidité diélectrique entre les bornes et le boîtier, là encore afin de se conformer aux règles édictées par la norme de sécurité. Ces étapes ont abouti au fait que le composant a obtenu les principales certifications de sécurité en vigueur en Europe, aux États-Unis et en Asie, comme UL, CQC et KTC.

Conclusion

Un condensateur paraît être un élément relativement simple, mais même un paramètre aussi élémentaire que son facteur de forme peut avoir des implications

lourdes sur les décisions ultérieures au stade de la conception, comme la hauteur totale d'une alimentation électrique, la manière dont on peut la loger dans un châssis et l’espace nécessaire sur la carte électronique pour surmonter tout problème de distance entre composants.

Le condensateur monté en surface de type EA et de série DK de Murata emprunte une technologie éprouvée aux précédentes gammes de pièces plates en céramique à sortie radiale, mais en la présentant de telle manière que sa hauteur installée à partir de la surface de la carte électronique est très réduite, ce qui permet une plus grande liberté de conception. Une fois ce composant adopté, sa disponibilité devrait se traduire pour tous par des téléviseurs plus plats et des serveurs moins volumineux.