

So vermeiden Sie Probleme mit Sicherheitskondensatoren

Um Bauteilüberlastungen in einer Schaltung vorzubeugen, sollten bei der Auswahl von Sicherheitskondensatoren einige wichtige Aspekte berücksichtigt werden.

BRIAN WARD *

Bei der Auswahl von Sicherheitskondensatoren sollten folgende Dinge unbedingt beachtet werden: Sicherheitsanforderungen, Art der Filterung, Vor- und Nachteile verschiedener Kondensatortypen, Konsequenzen etwaiger Bauteilausfälle und einiges mehr.

Dieser Beitrag bietet einen schnellen Überblick über die wichtigsten dieser Faktoren

* Brian Ward

... ist Senior FAE MLCC und Business Marketing Manager für Nord- und Südamerika, Vishay Intertechnology in Raleigh, North Carolina, USA.

und soll bei der Auswahl eines geeigneten Sicherheitskondensators helfen.

Die Wahl des passenden Kondensatortyps

Welcher Kondensatortyp im Einzelfall der „richtige“ ist, hängt davon ab, ob Gegentakt- oder Gleichtakt-Störsignale unterdrückt werden sollen.

Gegentakt-Störsignale durchlaufen die Netzleitungen (Phase/Neutralleiter, P-N) in entgegengesetzten Richtungen. Zur Unterdrückung von Gegentakt-Störsignalen sind X-Kondensatoren erforderlich, die zwischen Phase und Neutralleiter geschaltet werden

und hochfrequente Störsignale wirksam zur Quelle zurückleiten.

Gleichtakt-Störsignale durchlaufen beide Netzleitungen (P-N) in gleicher Richtung. Zu deren Unterdrückung sind Y-Kondensatoren notwendig, die zwischen Phase und Gehäusemasse (bzw. Schutzleiter) sowie zwischen Neutralleiter und Gehäusemasse (bzw. Schutzleiter) geschaltet werden und Störsignale nach Masse ableiten.

Sicherheitsanforderungen, die zu erfüllen sind

Die verschiedenen Kondensatortypen müssen unterschiedliche Sicherheitsanforderungen erfüllen. So dürfen die Störemissionen elektronischer und elektrischer Geräte bestimmte Grenzwerte, die durch Standards für die jeweilige Produktkategorie vorgegeben sind, nicht überschreiten. Zur Reduktion von Störemissionen werden Filternetzwerke eingesetzt, bestehend aus Kondensatoren oder Drosseln oder einer Kombination von beiden.

Weil Sicherheitskondensatoren direkt mit den Netzleitungen verbunden sind, müssen sie den Anforderungen des Sicherheitsstandards IEC 60384-14 genügen.

Die Sicherheitsanforderungen an Y-Kondensatoren sind wesentlich höher, weil beim Kurzschluss eines solchen Kondensators Stromschlaggefahr besteht.

Unterschiede bei X1/X2- und Y1/Y2/Y4-Anwendungen

Wenn ein Kondensator in einer X1/X2-Anwendung einen Kurzschluss verursacht, ist das unter Sicherheitsaspekten relativ unkritisch.

Ein Kondensatorkurzschluss in einer Y1/Y2/Y4-Anwendung kann hingegen einen tödlichen Stromschlag verursachen, wenn eine Person das Gehäuse berührt. Ein Kurzschluss in einem X- oder Y-Kondensator hat zur Folge, dass das betroffene Gerät nicht mehr funktioniert oder beschädigt wird.

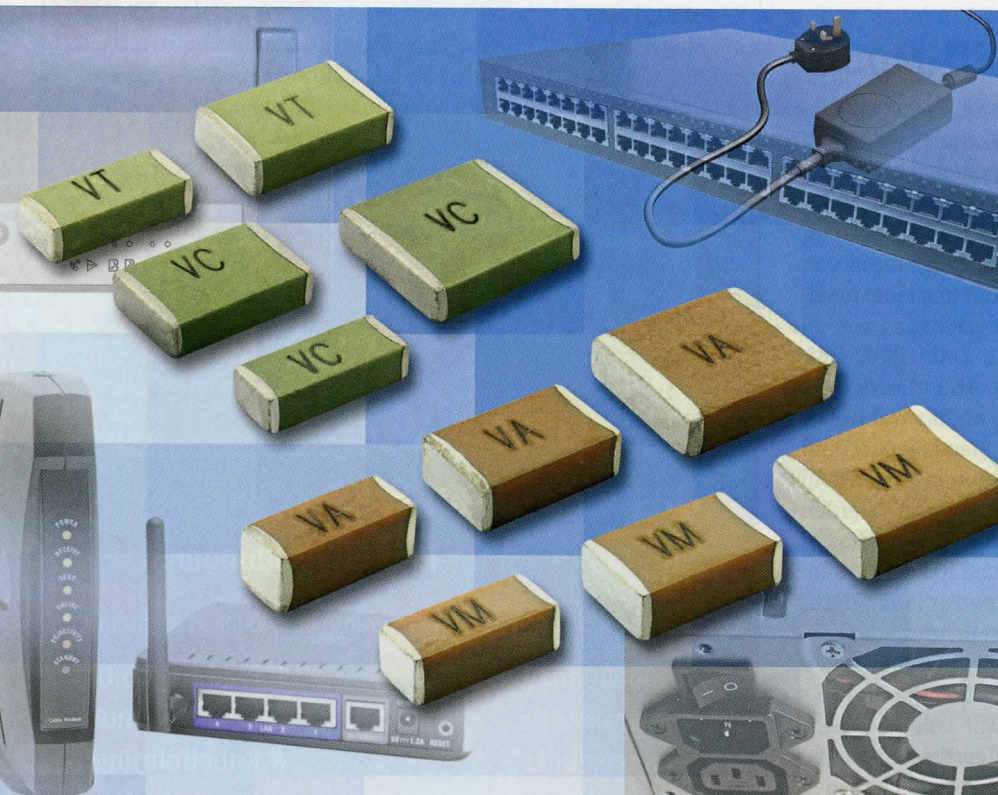


Bild 1: Die abgebildeten „VJ-sicherheitszertifizierten SMT-MLCCs (Multilayer Ceramic Chip Capacitors) gibt es mit COG- (NP0) und X7R-Dielektrika; beide Versionen erfüllen die Anforderungen der Sicherheitsklassen X1/Y2 und X2 und haben eine Nennspannung von 250 VAC.

Bei einer Reihenschaltung zweier SMT-Kondensatoren führt ein Riss in einem der beiden Bauteile nicht zu einem Kurzschluss der Gesamtschaltung, sofern der zweite Kondensator intakt ist; es verringert sich dadurch lediglich die Kapazität.

Da X-Kondensatoren zwischen Phase und Neutralleiter geschaltet sind, besteht bei einem Kurzschluss keine Stromschlaggefahr. Stattdessen wird in der Regel der Stromkreis durch eine Schmelzsicherung oder einen Schütz unterbrochen. In Extremfällen könnten allerdings auch etwas in Brand geraten.

Y-Kondensatoren sind zwischen Phase und einer metallischen Abschirmung (oder dem Gehäuse des Endprodukts) angeordnet. Im Kurzschlussfall liegt dort die volle Netzspannung an. Sollte jemand diese Abschirmung berühren, kann das einen Stromschlag zur Folge haben.

Vor- und Nachteile von Keramikkondensatoren

Bedrahtete Keramikkondensatoren sind die einzigen Kondensatoren, die alle Anforderungen der X1/Y1-Sicherheitsklasse 760 bzw. 500 V_{AC} erfüllen. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie unter allen Technologien die höchste Durchschlags- und Pulsfestigkeit (bis 10 kV) haben und in der Regel kostengünstiger sind als Folienkondensatoren.

Die Vorteile von SMT-Keramikkondensatoren sind, dass sie mit einer Kapazität von 1 nF und Temperaturkoeffizient NPO verfügbar sind und zudem eine kleine Grundfläche und geringe Bauhöhe haben.

Ein Nachteil ist, dass Keramikkondensatoren im Vergleich zu anderen Technologien relativ kleine Kapazitätswerte haben.

Folienkondensatoren in Filteranwendungen

Auch Folienkondensatoren in Filteranwendungen haben ihre Vor- und Nachteile. So bieten Folienkondensatoren im Vergleich zu anderen Technologien höhere Kapazitätswerte. Vishay bietet beispielsweise Folienkondensatoren mit folgenden Kapazitätswerten und Nennspannungen an:

- X2-Kondensatoren mit 40 µF bei 310 V_{AC},
- X2-Kondensatoren mit 8,2 µF bei 480 V_{AC},
- Y2-Kondensatoren mit 1,0 µF bei 305 V_{AC}.

Folienkondensatoren sind „selbstheilend“, d.h. nach einem Durchschlag weiterhin funktionsfähig, wenngleich mit etwas geringerer Kapazität. Der Selbstheilungseffekt beruht darauf, dass bei einem Durch-



Bild 2: Die abgebildeten EMV-Filter-Folienkondensatoren der Serie F339X2 wurden auf höchste Zuverlässigkeit und Sicherheit über ihre gesamte Lebensdauer hinweg ausgelegt und bieten auch unter rauen Einsatzbedingungen extrem stabile elektrische Eigenschaften.

schlag die Metallisierungsschicht an der betreffenden Stelle verdampft. Dadurch ist die Ursache des Durchschlags beseitigt.

Die Kapazität und der Verlustfaktor von Folienkondensatoren sind über einen weiten Temperaturbereich von -40 bis 110 °C sehr stabil.

Einige Kondensatoren sind intern als Serienschaltung ausgeführt. Dies trägt zu einer längeren Lebensdauer bei und zu einer hohen Langzeitstabilität der Kapazität in Serienimpedanz- oder „Across-the-line“-Anwendungen.

Neben all den genannten Vorteilen haben Folienkondensatoren jedoch auch Nachteile: Da es sich um bedrahtete Bauteile handelt, ist bei Endprodukten in SM-Technologie ein zusätzlicher Lötprozess nötig. Zudem sind Folienkondensatoren im Allgemeinen teurer als Keramikkondensatoren.

Die Anordnung der Bauteile ist zu beachten

Die Anordnung der Bauteile auf der Leiterplatte ist von Bedeutung für die Einhaltung der Sicherheitsstandards. Ungeachtet der Tatsache, dass der Markt nach immer kleineren Bauteilen verlangt, schreibt der Standard IEC 60384-14 für Sicherheitskondensatoren bestimmte Mindestkriech- und -Luftstrecken vor. Diese betragen für X1/Y1-Kondensatoren 10 mm oder 8 mm. SMT-Kondensatoren müssen Mindestkriechstrecken nach IEC 60384-14 aufweisen. Wählen Sie SMT-Kondensatoren, die die Anforderungen des strengen 4-mm-Tests erfüllen.

Sind SMT- oder bedrahtete Kondensatoren günstiger?

SMT-Kondensatoren sind beim Bestücken kostengünstiger als bedrahtete Kondensatoren. Bedrahtete Kondensatoren mögen von

Bild 3:

Bedrahtete Keramik-Sicherheitskondensatoren sind in diversen Ausführungen verfügbar, u.a. für Automobilanwendungen unter rauen Einsatzbedingungen, für Anwendungen, die hohe Pulsfestigkeit erfordern, für platzbeschränkte und kostensensitive Anwendungen sowie für X1/Y1-Anwendungen.



den Materialkosten her günstiger sein als SMT-Kondensatoren, verursachen aber höhere Bestückungskosten. SMT-Sicherheitskondensatoren können auf beiden Seiten der Leiterplatte reflow-gelötet werden, das bietet Entwicklern mehr Gestaltungsfreiheit beim Design und Platzersparnis. Eine Faustregel besagt, dass die Bestückung eines SMT-Bauteils weniger als 0,01 € kostet, die eines bedrahteten Bauteils hingegen etwa 0,05 €.

Scheibenkondensatoren sind nicht alle gleich

Nicht alle Scheibenkondensatoren sind gleich – auch wenn sie laut Datenblatt die gleichen Standards erfüllen. Dazu drei Beispiele:

- IEC 60384-14 gilt für Kondensatoren und Widerstands-Kondensator-Kombinationen zum Anschluss an die Wechselspannungsversorgung oder andere Netzversorgungen mit einer Nennwechselspannung $\leq 1000 V_{\text{eff}}$ oder Nengleichspannung $\leq 1000 V$ und einer Nennfrequenz $\leq 100 \text{ Hz}$. Danach muss ein X1/Y1-Kondensator eine Pulsfestigkeit von 8 kV aufweisen; es gibt aber auch Typen mit einer Pulsfestigkeit von 10 kV, das kommt der Zuverlässigkeit zugute.

- Es sind Typen verfügbar, die einen 1000-stündigen 85/85-Test unter Spannung bestehen, obwohl der IEC-Standard dies nicht verlangt (diese Norm schreibt nur einen 40/95-Test über 500 h vor).

- Kondensatoren mit Kupfer- statt Silberelektroden haben eine längere Lebensdauer,

weil sie keine Silbermigration aufweisen.

Kondensatoren, die harten Testbedingungen standhalten

Es sind sowohl Folien- als auch bedrahtete Keramik-kondensatoren verfügbar, die harten Testbedingungen standhalten. Einige für industrielle Anwendungen vorgesehene Kondensatorserien widerstehen 85 °C und 85% relative Feuchte über 1000 Stunden bei Nennspannung.

Verfügbar sind auch AEC-qualifizierte Typen, die noch strengeren Testanforderungen genügen, beispielsweise 1000 oder mehr Temperaturzyklen und Vibration.

Bauteile verschiedener Feuchtigkeitsklassen

Ein wichtiger Aspekt ist die Feuchtigkeit. Die aktuelle Fassung der IEC 60384-14 definiert eine Feuchteklasse, die die Eignung eines Bauteils für Einsatzumgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit beschreibt. Bauteile der höchsten Klasse (Grade III) müssen einen 1000-stündigen 85/85-Test bei 85 °C, 85% relativer Feuchte und Nennspannung bestehen sowie dabei bestimmte Grenzwerte für die Schwächung von Kapazität und Verlustfaktor einhalten.

Kondensatoren lassen sich auch parallel schalten

Zur Vergrößerung der Kapazität können mehrere Kondensatoren parallelgeschaltet

werden. Aufgrund von Leckstromgrenzwerten ist die maximale Kapazität von Y1-Kondensatoren auf 4,7 nF beschränkt, aber es gibt Anwendungen, die größere Kapazitätswerte erfordern. Dort können zwei oder mehr Kondensatoren parallelgeschaltet werden.

Bei einer Parallelschaltung mehrerer Kondensatoren verringert sich – je nach Anzahl der Kondensatoren – eventuell die maximal zulässige Betriebsspannung.

Die X1/Y1-Kondensatoren der Serie 440L von Vishay sind mit Kapazitätswerten bis 20 nF erhältlich (440LS20); sie sparen Platz und Bestückungskosten und senken zudem das Ausfallrisiko.

Einsatz preisgünstiger Scheibenkondensatoren

Wenn ein Y5V-Dielektrikum den Anforderungen genügt, können auch preisgünstigere Scheibenkondensatoren eingesetzt werden. Es gibt sowohl X1/Y1- als auch X1/Y2-Kondensatoren mit Y5V-Temperaturkoeffizienten. Y5V-Kondensatoren sind dank ihrer größeren Dielektrizitätskonstante kleiner und beanspruchen dadurch weniger Platz, Y5V-Typen sind dagegen preisgünstiger, da sie mit weniger Keramikmaterial auskommen.

In vielen Anwendungen ist die Betriebstemperatur relativ niedrig und gut vorher-sagbar – und selbst bei höheren Temperaturen genügt oft ein bestimmter Mindestkapazitätswert, um die Filteranforderungen zu erfüllen.

Für jede Anwendung die passende Lösung

Auf dem Markt ist eine Vielzahl von Anwendungen unterschiedlichster Art erhältlich, die Sicherheitskondensatoren erfordern. Je nach Anwendung müssen diese Kondensatoren höchst unterschiedlichen kunden- und/oder anwendungsspezifischen Anforderungen genügen. Vishay verfügt über eine große Auswahl an Kondensatortechnologien und kann seinen Kunden optimierte Lösungen in unterschiedlichen Preis/Leistungsklassen anbieten, die alle technischen Anforderungen abdecken.

// TK