



Komponenty pasywne dla motoryzacji

Współczesny rynek motoryzacyjny stawia coraz wyższe wymagania komponentom elektronicznym przy jednoczesnym wzroście różnicowania poszczególnych serii i typów. Komponenty trzeba dobierać już nie tylko do określonej aplikacji, lecz często również dla poszczególnych funkcji w urządzeniu. Tendencja ta dotyczy również pasywnych elementów elektronicznych, którym stawia się surowe wymagania i żąda zgodności z odpowiednimi normami.

Coraz częściej jest wymagana konieczność stosowania elementów pasywnych spełniających wymagania norm i regulacji wewnętrzbranżowych. Dotyczy to zwłaszcza aplikacji związanych z bezpieczeństwem użytkownika (na przykład poduszki powietrzne, ABS, ESP itp.) oraz zasilaczy, głównie tych dołączanych bezpośrednio do akumulatora samochodu (zacisk 30). Stawiane im wymagania to przede wszystkim: praca w szerokim zakresie temperatury, duża odporność na działanie podwyższonej temperatury, wibracje oraz udary. Dalsze wymagania wynikają z norm i regulacji obowiązujących w branży motoryzacyjnej, np. raport 8D, IMDS (*International Material Data System*), PPAP (*Part Production Approval Process*) itd.

W praktyce nie da się już obejść bez komponentów, które uzyskały kwalifikację AEC-Q200. Są one kontrolowane w dużo szerszym zakresie, niż elementy przeznaczone do innych zastosowań. Te testy przeprowadza się przede wszystkim pod kątem zachowania stabilności parametrów w szerokim przedziale temperatury, odporności na działanie wilgoci i obciążenia mechaniczne (wstrząsy, wibracje, wyginanie płytki) oraz możliwości lutowania w utrudnionych warunkach.

Kondensatory

Najczęściej w segmencie motoryzacyjnym stosuje się wielowarstwowe kondensatory ceramiczne MLCC (*Multi Layer Ceramic Capacitor*). Ich czas funkcjonowania

jest praktycznie nieograniczony, ale są one bardzo wrażliwe na zginanie. Może to powodować pęknięcia najczęściej skutkujące zwarciem, co może spowodować różne niebezpieczeństwa, np. pożar. Dlatego do funkcji krytycznych, np. wspomnianego zasilania bezpośrednio z akumulatora samochodowego, stosuje się kondensatory MLCC typu otwartego (*open mode*), z wewnętrznym układem szeregowym (*float mode*) i/lub w technologii *soft termination* (nazywaną również *Flexiterm*, zakończeniem z polimerem lub *soft electrode*). Budowę kondensatorów MLCC zilustrowano na **rysunku 1**.

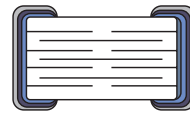
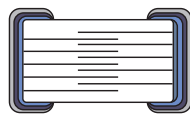
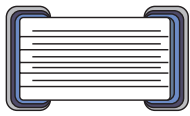
Do coraz większej liczby modułów dostępne są kondensatory MLCC w wykonaniu promieniowym i osiowym z kwalifikacją AEC-Q200, pozwalające na eliminowanie zakłóceń dzięki możliwości bezpośredniego podłączenia do czujnika, z reguły, do jego wyprowadzeń.

W technice motoryzacyjnej nadal stosuje się również inne kondensatory, które też mają swoje zalety. Na przykład, kondensatory foliowe mają wprawdzie ograniczony zakres temperatur, lecz za to doskonałą stabilność mechaniczną i elektryczną. Na

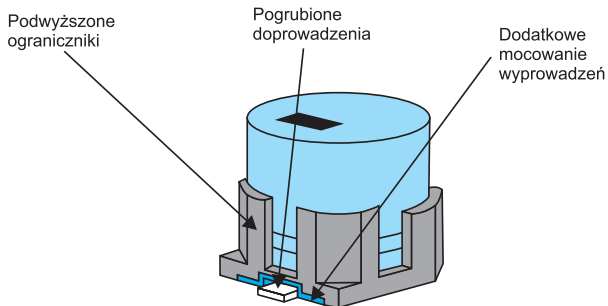
Soft Termination + Standard Design

Soft Termination + Open Mode Design

Soft Termination + Float Mode Design



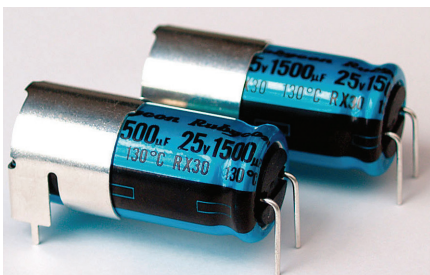
Rysunek 1. Budowa różnych typów kondensatorów MLCC



Rysunek 2. Kondensator SMD wykonaniu antywibracyjnym

rynku są już dostępne pierwsze serie z kwalifikacją AEC-Q200. Kondensatory tantalowe wyróżniają się wysoką stabilnością, a jednocześnie mają dużą pojemność w odniesieniu do wymiarów. Z uwagi na brak odporności na impuls przetężenia, nie mogą być jednak stosowane jako kondensator filtra wejściowego. Kondensatory elektrolityczne, aluminiowe to rozwiązanie niedrogię, umożliwiające wytwarzanie kondensatorów o dużej pojemności. Aby jednak zapewnić kondensatorom elektrolitycznym wymagany okres użytkowania, trzeba dokładnie określić ich warunki pracy. Służą do tego tzw. *mission profiles*, umożliwiające dobór komponentów z uwzględnieniem wymagań aplikacji, takich jak: przepięcia, temperatura pracy, prądy tętnień oraz wibracje. Specjalne, antywibracyjne kondensatory elektrolityczne SMD pokazano na **rysunku 2**. Aby poprawić odporność na wibracje kondensatorów THT stosuje się specjalne podstawki i uchwyty – przykładowe pokazano na **fotografii 3**.

Kondensatory EDLC (Electric Double Layer Capacitor), znane również jako superkondensatory lub ultrakondensatory (**fotografia 4**), zyskują coraz większe znaczenie w napędach hybrydowych i elektrycznych w aplikacjach odzyskiwania energii. Tu jeszcze długo nie będzie modeli z kwalifikacją AEC-Q200, ponieważ nie spełniają one określonych tam kryteriów temperatury. Lecz dystrybutorzy komponentów dla branży



Fotografia 3. Gniazda antywibracyjne dla kondensatorów THT

motoryzacyjnej współpracują ściśle z producentami pojazdów, aby określić, jakie e są rzeczywiste wymagania dla poszczególnych aplikacji i funkcji.

Rezystory

Nawet tak proste komponenty elektroniczne jak rezystory, muszą sprostać rosnącym wymaganiom. W sektorze motoryzacyjnym głównie wymaga się stabilności, odporności na impulsy prądowe oraz na szkodliwe gazy. Standardowo rezystory są wykonane w technologii grubowarstwowej, o tolerancji znamionowej 1% i współczynniku temperatury 100 ppm/K, w obudowach od 1005 do 2512.

Wersją przeznaczoną specjalnie do aplikacji motoryzacyjnych są rezystory grubowarstwowe w wykonaniu siarkoodpornym, o niewielkiej zawartości palladu w elektrodach. Mechaniczną ochronę przed wnikaniem szkodliwych gazów, umożliwiającą również stosowanie tych u elementów w trudnych warunkach, zapewnia homogeniczna warstwa ochronna lakieru epoksydowego (**rysunek 5**).

Rezystory cienkowarstwowe najczęściej stosuje się w aplikacjach, które wymagają długotrwałej stabilności, dużej dokładności oraz niewielkiego szumu wywołanego przepływem prądu. W porównaniu z rezystorami grubowarstwowymi umożliwiając one uzy-

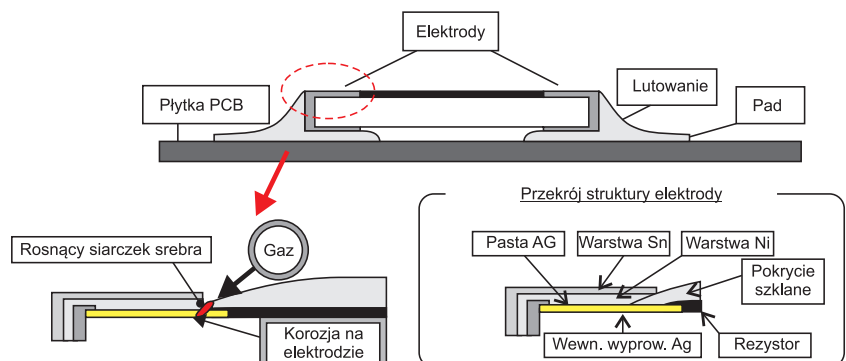


Fotografia 4. Superkondensatory są z powodzeniem stosowane aplikacjach branży motoryzacyjnej

skanie lepszych tolerancji znamionowych, mają niższy współczynnik temperaturowy, mniejsze indukcyjności i pojemności pasywność oraz wyższą stabilność przy wysokich częstotliwościach. Wszystko to zapewnia praktycznie stałą wartość rezystancji bez względu na czynniki zewnętrzne, takie jak: temperatura, czas i impulsy przepływającego prądu.

Rezystory pomiarowe – boczniki, nadają się zwłaszcza do aplikacji pomiarowych. Zwykle ten niskoomowy rezystor służy do pomiaru i przetwarzania prądu na spadek napięcia. Elementy te mogą pracować w temperaturze do 275 °C i przy mocy strat do 5 W. Dostępne są rezystory o rezystancji nawet w zakresie miliomowym i współczynniku temperatury 50 ppm/K. Typowymi obszarami zastosowania w sektorze motoryzacyjnym są sterowniki poduszek powietrznych, systemy zarządzania akumulatorami, układy ABS, centralne zamki, systemy zarządzania silnikiem oraz klimatyzacja.

Drabinki rezystorów SMD jest złożona z 2, 4 lub 8 rezystorów zintegrowanych w jednej obudowie. Pady lutownicze są dostępne w wersji wklęsłej (*concave*) lub wypukłej (*convex*). Sieci rezystorowe są, w porównaniu z pojedynczymi rezystorami, są tańsze biorąc pod uwagę koszty zamówienia, przechowywania i montażu.



Rysunek 5. Zabezpieczenie przed wnikaniem gazów

Cewki i dławiki

Od układów zasilających w pojazdach oczekuje się przede wszystkim jak najmniejszych wymiarów. Uzyskuje się to poprzez zwiększanie częstotliwości kluczkowania przetwornicy. Pozwala to na zmniejszenie wymiarów dławika stosowanego w filtrze EMI oraz do akumulowania energii w przetwornicach DC/DC. Jednocześnie od cewki wymaga się przenoszenia dużego prądu i odporności na podwyższoną temperaturę.

Cewki ekranowane magnetycznie, wysokoprądowe są wykonane z lakierowanego drutu miedzianego, który wytrzymuje temperaturę do 200°C (fotografia 6). Jest on zgrzewany ultradźwiękowo do wyprowadzeń elementu zatopionych w tworzywie będącym mieszkanką materiału ferromagnetycznego i kleju epoksydowego (technologia kompozytowa). Elementy te są również dostępne z kwalifikacją AEC-Q200. Wyróżniają się bardzo niską rezystancją szeregową, a co za tym idzie, wysoką obciążalnością prądową. Są więc pierwszym wyborem do konwerterów DC/DC i filtrów EMI, pozwalając na dostarczenie stabilnego i dobrze odfiltrowanego prądu przy niewielkich wymiarach.

Istnieje coraz więcej standardowych cewek i rdzeni indukcyjnych z kwalifikacją AEC-Q200, które przeznaczone są do zastosowania w liniach sygnałowych i zasilających niskoprądowych. Są one dostępne w technologii wielowarstwowej jak i drutowej. Ponadto dostępne są nowe cewki przeciwzakłóceńowe, zoptymalizowane do sieci CAN i FlexRay o zakresie temperatury pracy do 150°C. Zawdzięczają to swej zoptymalizowanej strukturze, odpornemu, przewodzącemu klejowi oraz wewnętrznej konstrukcji absorbującej naprężenia.

Rezonatory ceramiczne

Rezonatory ceramiczne stosuje się, podobnie jak rezonatory kwarcowe, jako źródła sygnałów zegarowych. Nie mają one jednak ich dokładności i stabilności. Standardowo tolerancja częstotliwości wynosi 0,5% w temperaturze pokojowej i zmienia się o około 0,3% w zakresie temperatury od -20 do +80°C oraz na skutek starzenia o ok. 0,5% przez 10 lat. Mimo to znajdują zastosowanie w wielu aplikacjach w sektorze motoryzacyjnym, obok rezonatorów kwarcowych i filtrów z akustyczną falą powierzchniową (SAW), ponieważ w porównaniu z nimi mają mniejsze wymiary, wyższą odporność na czynniki mechaniczne i z reguły są tańsze.

Rezonatory są również objęte surowymi procedurami kwalifikacyjnymi. Muszą przechodzić regularne audyty, zastrzone testy środowiskowe i badania końcowe. Ponadto. Mają rozszerzony zakres temperatury pracy, od -40 do +125°C (150°C). W ra-

mach testu temperaturowego przechodzą od 500 do 1000 cykli, zamiast 10 dla zwykłych rezonatorów. Na przykład, w zakresie częstotliwości od 4 MHz do 7,99 MHz dostępne są serie o ulepszonej charakterystyce temperaturowej z przeznaczeniem do przemysłu motoryzacyjnego. Za ich pomocą można zbudować generatory do aplikacji

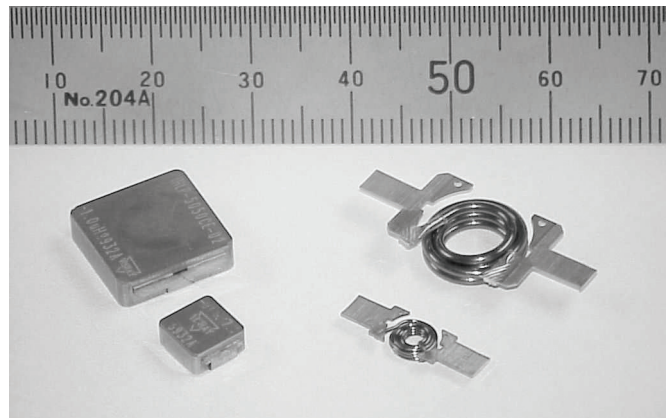
HS-CAN o maksymalnej tolerancji łącznej 0,27% w zakresie temperatury od -40 do +125°C. Wielu producentów oferuje usługi projektowe, umożliwiające dostosowanie rezonatora do danego układu. W efekcie klient otrzymuje wyspecyfikowany generator zgodny ze specyfikacją, z indywidualnym numerem części.

Kwarc

W każdym pojeździe mechanicznym można znaleźć wiele różnych kwarców. Zapewniają one wymaganą dokładność na poziomie ppm oraz stabilność temperaturową w zakresie do 150 C/160 C. Zmiany na skutek starzenia się również wpływają na częstotliwość rezonansową kwarcu w jednocyfrowym zakresie ppm. Całkowita tolerancja częstotliwości rezonatora kwarcowego nie przekracza 200 ppm, spełniając w ten sposób wymagania szybkich interfejsów komunikacyjnych.

Dobór kwarcu zależy od tego, czy są przeznaczone do aplikacji multimedialnych, czy bezpieczeństwa, jak układy hamulcowe, poduszki powietrzne, systemy monitorujące ciśnienie w oponach. Z reguły, już na wczesnym etapie projektowym, odbywa się ewaluacja płytki mająca na celu przetestowanie działania i konfigurację układu oscylatora oraz testy bezpieczeństwa. Aby zagwarantować jakość kwarców motoryzacyjnych, producent musi spełnić różne normy, np. AEC-Q200, TS16949, QS900. Do dopuszczenia wymagana jest dokumentacja PPAP. Elementy, które są produkowane w pomieszczeniach o najwyższych klasach czystości, wyróżniają się odpornością termiczną na stres termiczny w nawet 3000 cyklach zmiany temperatury oraz odpornością na wstrząsy. Kwarc przechodzą rozszerzone testy, co najmniej według AEC-Q200 i specjalne kontrole bezpieczeństwa. Wielu producentów bez problemu spełnia powyższe wymagania.

Dostępne na rynku produkty obejmują kwarc, generatory kwarcowe i RTC. Zakres częstotliwości kwarców sięga od 32,768 kHz do 4...40 MHz. Generatory kwarcowe są do-



Fotografia 6. Wysokoprądowa cewka indukcyjna i jej budowa wewnętrzna

stępne w wersjach od 2 do 60 MHz, -40 + 125 C, 100 ppm i 1,8 V do 3,3 V. Klasykzny RTC ma wyjście 32,768 kHz oraz wyjście 1 Hz. Pracuje w temperaturze -40 C do +85 C lub +125 C oraz ma port I²C, SPI lub port równoległy. Poza typami stosowanymi powszechnie w branży motoryzacyjnej – od rezonatorów w metalowych obudowach SMD typu HC49 po wersje ceramiczne o wymiarach 2,5 mm×2,0 mm – dostępne są również typy wykonane na specjalne zamówienie klientów.

Jakość ma swoją cenę

Obecnie dostępny jest szeroki wybór pasywnych elementów elektronicznych, spełniających kompleksowe, ostre wymagania aplikacji branży motoryzacyjnej. Istnieje jednak druga strona medalu – są one znacznie droższe od standardowych komponentów. Projekty i wdrożenia produktów, urządzenia i surowce produkcyjne niezbędne do uzyskania produktów klasy „zero błędów”, wiążą się z dużo wyższymi kosztami. Do tego dochodzą wyższe koszty technologiczne z powodu większych nakładów czasu na obszerne badania i testy, procedury dopuszczenia i dokumentację. Jeśli jednak dzięki temu unika się kosztów reklamacji, zwłaszcza w przypadku poważnych awarii samochodów, bądź ryzyka akcji serwisowych –komponenty pasywne z kwalifikacją AEC-Q200 nie mają alternatywy.

Poza spełnieniem specjalnych wymagań i wyborem optymalnych elementów coraz większe znaczenie zyskuje również możliwość zakupu tego samego elementu z różnych źródeł. Jest to jedno z wymagań zabezpieczenia procesów produkcyjnych w wypadku poddostawców z branży motoryzacyjnej. Wymaganie to spełni partner, który dla jednego elementu jest w stanie zaoferować dwie równorzędne alternatywy.

Jürgen Geier
Field Application Engineer Capacitors
Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH