

Wytrzymałe komponenty bierne

Nowe materiały, procesy produkcyjne, a także zmiany w sposobach montażu i użytkowania są powodem, dla którego różnica pomiędzy trwałością a wytrzymałością komponentów na przeciążenie jest coraz mniejsza. Nawet najdrobniejsze nieprawidłowości w którymkolwiek z powyższych aspektów są często przyczyną awarii i usterek często obejmujących cały układ, ponieważ ich niezawodność i odporność zależy od procesów produkcyjnych oraz interakcji pomiędzy elementami.

Dla zapobieżenia awariom wprowadza się coraz bardziej rygorystyczne normy dla komponentów. Dotyczy to nie tylko półprzewodników, ale również komponentów biernych.

Kondensatory ceramiczne MLCC

Kondensatory ceramiczne, wielowarstwowe (MLCC) są najczęściej stosowanym rodzajem kondensatorów. Kwestia ich wytrzymałości musi być brana pod uwagę już na wczesnym obróbki mechanicznej płytek drukowanych podczas montażu. Zwykle płytki drukowane są dostarczane i montowane w postaci znormalizowanych formatek, które mają nacięte płytki o wymaganych wymiarach. W trakcie produkcji – najczęściej po zakończeniu montażu automatycznego – te płytki wylamuje się z formatek. Powoduje to ponad 90% problemów z kondensatorami MLCC, które pękają na skutek zginania będącymi efektem nadmiernego naprężenia mechanicznego. Aby uniknąć takich problemów, należy przede wszystkim zoptymalizować technologię produkcji, a w szczególności rozdzielanie oraz dalszy montaż gotowych płytek. Sytuacje, w których elementy bierne mogą ulec pęknięciu pokazano na rysunkach 1...4.

Wielowarstwowe kondensatory ceramiczne dostępne są w wersji z tzw. *soft termination* (w tym elastyczne zakończenie Flexiterm zwane również „miękką elektrodą”), czasami także w opcji połączeniowej *open* i *float* (wewnętrzne połączenie szeregowo), dzięki czemu uzyskuje się wytrzymałość na znacznie większe siły zginające (rysunek 5).

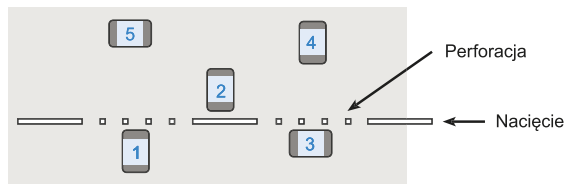
Kolejnym rozwiązaniem odpornym mechanicznie jest rodzaj specjalnego montażu w metalowej ramce znany pod nazwą pod nazwą piętrowych,

wielowarstwowych kondensatorów ceramicznych (*stacked MLCC*), wielowarstwowych kondensatorów ceramicznych z zaciskiem metalowym (*metal terminal*) lub *mega caps*. Kondensatory ceramiczne *mega caps* produkowane przez TDK pokazano na fotografii 6.

Wysokie temperatury przekraczające najczęściej obowiązującą w specyfikacjach norm wartość 125°C również stanowią istotną kwestię w wypadku wielowarstwowych kondensatorów ceramicznych, ponieważ niektóre komponenty mogą być używane w temperaturze do 150°C, a czasami nawet do 200°C. Odporność na wysoką temperaturę uzyskuje się dzięki odpowiednim dielektrykom: X8R, X8L oraz X9U (200°C). Ich zastosowanie gwarantuje dobry współczynnik temperaturowy – zmiany pojemności w maksymalnym zakresie temperatury wynoszą:

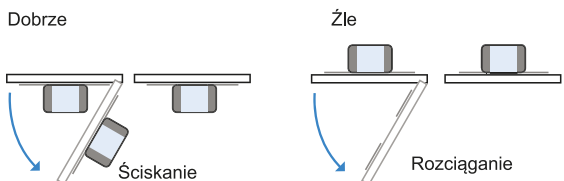
- dla X8R ±15%,
- dla X8L +15...-40%,
- dla X9U +15...-56%.

Co oczywiste, w niższej temperaturze uzyskuje się lepsze parametry np. ok. -7,5% przy 125°C.



Poziom naprężenie 1 > 2 ≈ 3 > 4 > 5

Rysunek 1. Narażenie na naprężenia w zależności od odległości pomiędzy linią łamania a komponentem (1 – najmniejsze, 5 – największe)

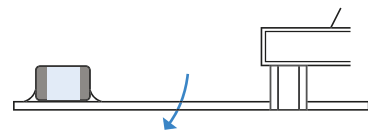


Rysunek 2. Właściwy i niewłaściwy sposób łamania płytki drukowanej

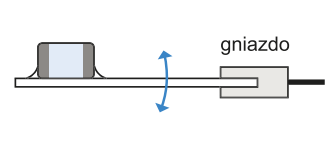
Dodatkowe informacje:
 Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH
 Office Gliwice
 ul. Bojkowska 37, 44-101 Gliwice
 tel.: +48 (32) 4612000, faks: +48 (32) 4612001
 e-mail: rutronik_pl@rutronik.com

Na rysunku 7 pokazano typowe wykresy zależności pojemności od temperatury dla opisywanych kondensatorów ceramicznych.

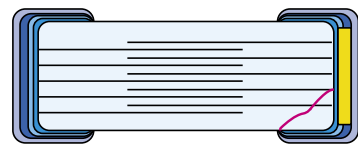
Istnieje również coraz więcej komponentów zoptymalizowanych pod kątem funkcji, jaką mają pełnić w określonym zastosowaniu. Mogą one wymagać na przykład skrajnie niskich parametrów pasożytniczych przy ściśle określonej charakterystyce DC i AC w danym przypadku. Określa się je w różny sposób, w zależności od najważniejszych aspektów jako: HiRel, RF (o częstotliwości radiowej) lub mikrofalowe, kondensatory niskostratne z ultra niską zastępczą rezystancją szeregową (*ESR – Equivalent Series Resistance*) lub z niezmienną charakterystyką



Rysunek 3. Pęknięcie komponentów biernych podczas montażu złącz, podstawek itp. (strzałka pokazuje kierunek naprężenia podczas wciskania komponentu w otwory w płytce)

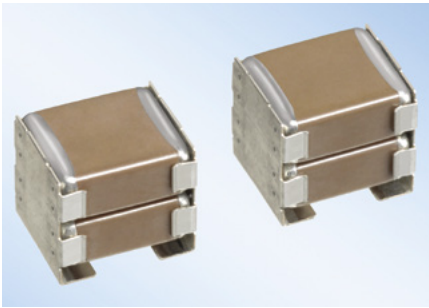


Rysunek 4. Pęknięcie komponentów podczas umieszczania/wyciągania płytki w/ze złącza



Tu następuje zatrzymanie przepływu prądu!

Rysunek 5. Kondensatory ceramiczne open (a) oraz float



Fotografia 6. Kondensatory typu mega cap firmy TDK

pojemności w zależności od przyłożonego napięcia DC.

Kondensatory tantalowe

Wymagania dotyczące kondensatorów tantalowych są coraz wyższe, podobnie jak temperatura otoczenia, na którą są narażone. Na przykład, w przemyśle naftowym i gazowniczym jest wymagane użycie kondensatorów wysokotemperaturowych do przetworników DC/DC w wiertniach, które stale są narażone na działanie temperatury sięgającej 175°C, tym wyższej, im głębiej jest wykonywane wiercenie. W wypadku alternatorów i rozruszników samochodowych niektórzy producenci wprowadzili gamę produktów dla przemysłu motoryzacyjnego wytrzymujących temperaturę roboczą do 175°C, która może wystąpić np. pod maską samochodu. Podwyższenie tej wartości będzie jednak trudne, ponieważ ciepło zaburza stabilność chemiczną i mechaniczną materiału kondensatora. Dlatego właśnie dobór odpowiedniego materiału ma kluczowe znaczenie. Kondensatory tantalowe słyną z niezwyklej niezawodności, solidności oraz stabilnych właściwości elektrycznych. Mogą być używane w temperaturze do 175°C, a obecnie nawet do 200°C.

W zastosowaniach medycznych krytycznym aspektem jest utrzymanie jak najmniejszej wartości prądu upływu, dzięki czemu akumulatory w urządzeniach przenośnych i wszczepianych, np. rozrusznikach serca,



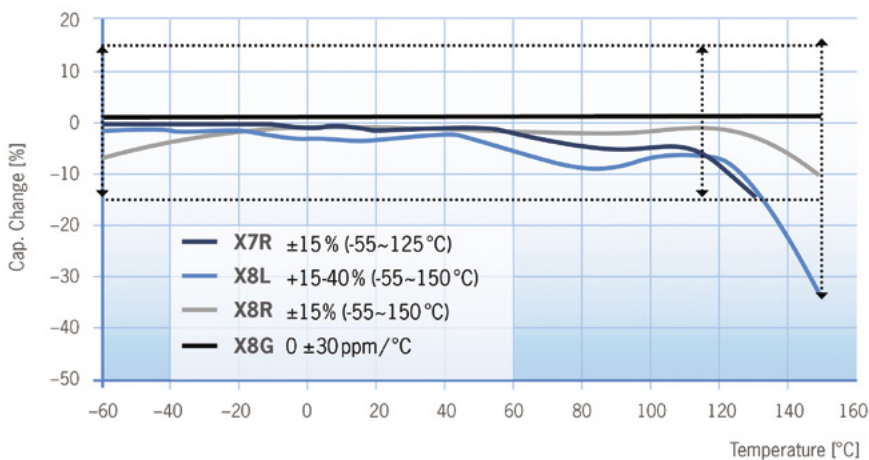
Fotografia 8. Przykładowe kondensatory tantalowe, wysokotemperaturowe

kardioverterach-defibrylatorach (ICD, *implantable cardioverter defibrillator*) oraz stymulatorach neurologicznych wystarczają na dłużej. Nowe czipowe kondensatory tantalowe SMD nie tylko spełniają opisane wymagania, ale także charakteryzują się dużą niezawodnością, wysoką stabilnością i skutecznością działania przy praktycznie nieograniczonym okresie użytkowania. Dzięki kompaktowym obudowom można je stosować w rozmaitych kombinacjach pojemności/ napięcia znamionowego. Sprawdzają się wszędzie tam, gdzie przestrzeń do ich montażu jest ograniczona (fotografia 8).

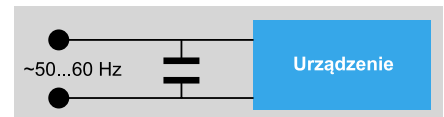
Kondensatory foliowe

Kondensatory foliowe, metalizowane często stosuje się w roli zabezpieczenia przed zaburzeniami. Zwykle kondensatory „X2” dla sieci zasilającej są stosowane w filtrach urządzeń zasilanych bezpośrednio z sieci. Zapewniają wiele korzyści, między innymi mają mały współczynnik rozproszenia D_f , który w niewielkim stopniu zależy od temperatury i częstotliwości.

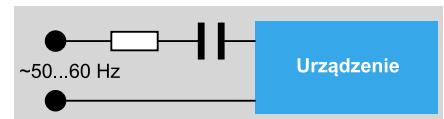
Jednak coraz mniejsze wymiary kondensatorów foliowych powodują, że są one bardziej podatne na przedwczesne starzenie, co objawia się zmniejszaniem się pojemności, a dodatkowo przebiega ono szybciej na skutek działania podwyższonej temperatury i wilgotności. Główną przyczyną jest łuk elektryczny (efekt korony – jonizowanie wewnętrzne powodujące parowanie powłoki



Rysunek 7. Charakterystyki temperaturowe kondensatorów ceramicznych wysokotemperaturowych



Rysunek 9. Kondensator włączony równolegle z zaciskami sieciowymi



Rysunek 10. Szeregowy obwód filtrujący zasilanie

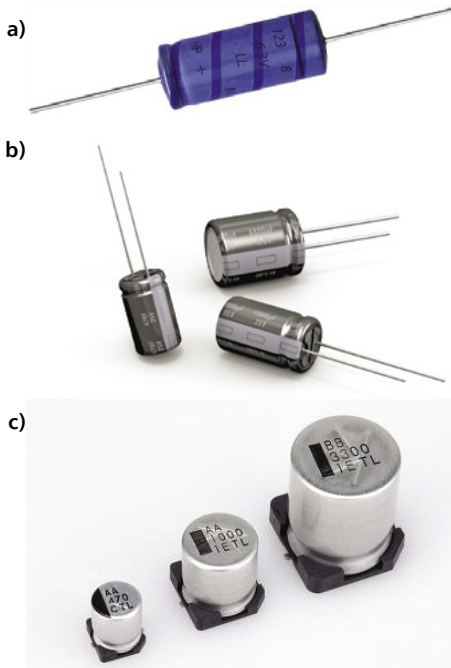
metalicznej. Chociaż jedynym skutkiem jest zmniejszenie skuteczności filtrowania w tradycyjnych obwodach „X2” (kondensator włączony równolegle z zaciskami sieciowymi, jak na rysunku 9), jeśli będzie stosowany pokazany na rysunku 10 coraz bardziej popularny filtr szeregowy, to przez przerwę w obwodzie zasilania całe urządzenie ulegnie uszkodzeniu.

Rozwiązaniem jest zastosowanie kondensatorów foliowych bez efektu korony, o budowie zapobiegającej powstawaniu łuku elektrycznego, w których wykorzystuje się specjalne materiały oraz sposób budowy, np. wewnętrzne obwody szeregowe. Pomaga to na uniknięcie jonizacji i utrzymanie stałej pojemności umożliwiając osiągnięcie wymaganej niezawodności, nawet w wypadku zastosowania w obwodach szeregowych.

Kondensatory elektrolityczne

Kondensatorom elektrolitycznym, które oprócz zastosowania w typowych aplikacjach, takich jak filtrowanie napięcia zasilającego na płytce, zasilacze diod LED, ładowarki akumulatorów oraz regulatory natężenia światła, znajdują zastosowania również w urządzeniach z branży motoryzacyjnej, stawia się coraz wyższe wymagania. Wymagania te dotyczą głównie czasu eksploatacji.

Urządzenia o coraz mniejszych wymiarach stanowią wyzwanie dla aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych, ze względu na wyższą temperaturę występującą wewnątrz obudowy urządzenia, ponieważ parametry aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych są zależne od temperatury. Dlatego warto stosować nowe typy kondensatorów elektrolitycznych, które nie tracą parametrów użytkowych w dłuższym okresie czasu i wytrzymują podwyższoną temperaturę. Odznaczają się one nie tylko dłuższym okresem eksploatacji (do 20 tys. godzin w temperaturze 105°C), ale również są tańsze w zakupie. Mogą one wytrzymać temperaturę sięgającą 150°C i mają niewielką impedancję oraz rezystancję szeregową w niskiej temperaturze. Przykłady takich kondensatorów dostępnych w ofercie Rutronika, a produkowanych przez firmy Elko, Panasonic i Rubycon pokazano na fotografii 11.



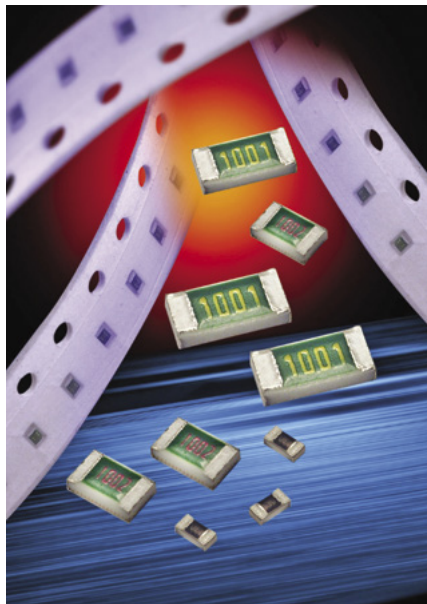
Fotografia 11. Kondensatory elektrolityczne produkowane przez Elko a), Panasonic b) i Rubycon c)

Rezystory grubowarstwowe

Rezystory grubowarstwowe są najczęściej stosowanym rodzajem rezystorów SMD. W konstrukcjach standardowych (obudowy od 01005 do 2512) typowe wartości tolerancji wynoszą 1% i 5%, a współczynnik temperaturowy to 100 ppm/K. Dzięki wieloletniemu doskonaleniu takie rezystory mogą spełnić konkretne wymagania, na przykład, mogą mieć określoną zdolność pochłaniania impulsów. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu jednolitego, nieprzyciętego materiału rezystancyjnego, dzięki czemu jest używana cała jego szerokość a funkcja nie jest ograniczona obszarem aktywnym (gorącym punktem temperaturowym). Umożliwia to uzyskanie odporności na pojedyncze impulsy o mocy do 4000 W i czasie trwania 100 mikrosekund. Tego rodzaju rezystory grubowarstwowe odporne na impulsy coraz częściej zastępują inne technologie dzięki konkurencyjnej cenie, niewielkim wymiarom i małemu ciężarowi (rysunek 12).

Rezystory czipowe z zabezpieczeniem przeciw tworzeniu się siarczków są przeznaczone do użytku w atmosferze żrących gazów, głównie w branży motoryzacyjnej. Takie właściwości uzyskuje się dodając niewielką ilość palladu do elektrody wewnętrznej. Uzyskany stop jest znacznie bardziej odporny na tworzenie się siarczków niż czyste srebro. Jednorodna warstwa ochronna zapobiega również przenikaniu agresywnych gazów. Pozwala to ochronić rezystor przed uszkodzeniem na skutek powstawania siarczku srebra lub kryształów.

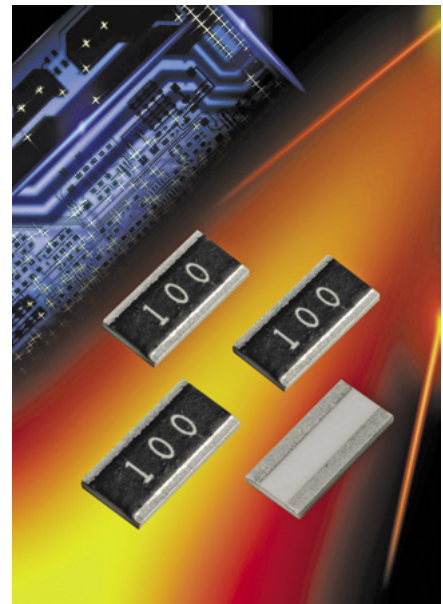
Rezystory z szerokim przyłączem (o zmienionej geometrii) mają styki na dłuższym boku. Ponieważ ciepło jest głównie przenoszone wzdłuż lutowanego złącza,



Rysunek 12. Rezystory thick film

umożliwia to przewodzenie ciepła do płytki, a tym samym ułatwia rozpraszanie mocy. Wydajność wynosi aż do 50% więcej niż w przypadku porównywalnych standardowych płaskich rezystorów czipowych tej samej wielkości. Konstrukcję rezystorów czipowych z doprowadzeniami na dłuższym boku opisuje się jako np. 0612 zamiast 1206, tzn. długość i szerokość podane są w innej kolejności. Przykładowe rezystory tego typu pokazano na rysunek 13.

Rezystory MELF (bezołowiowe, z elektrodą metalową) zapewniają dużą odporność na impulsy oraz wysoką stabilność temperaturową, stabilność długookresową oraz podwyższoną odporność dielektryczną. Są one dostępne w wersji o tolerancji standardowej 1% oraz jako rezystory precyzyjne w wariantach o tolerancji nawet 0,1%. Stworzone z zastosowaniem technologii powłoki węglowej i metalowej spełniają różne wymagania dotyczące m.in. układów sterowania silnikami, sprzętu AGD, przetwarzania sygnałów w zastosowaniach przemysłowych oraz medycznych urządzeniach pomiarowych.

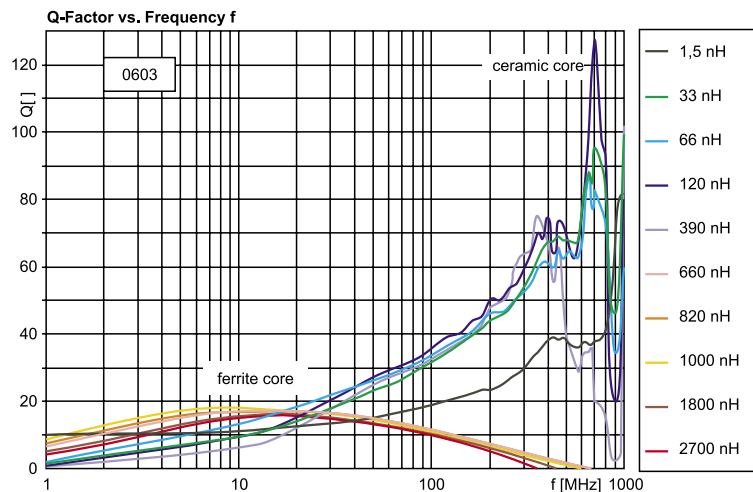


Rysunek 13. Rezystory z doprowadzeniami na dłuższym boku

Warystory

Warystory to rezystory, których działanie jest zależne od napięcia, a ich rezystancja gwałtownie spada przy określonym progu napięcia. Ponieważ są w stanie pochłoniąć duże ilości energii z zachowaniem krótkiego czasu reakcji (wynoszącego mniej niż nanosekunda) i przez to znakomicie sprawdzają się w roli zabezpieczenia przed przepięciami obwodów elektrycznych oraz układów wysokiego napięcia.

Promieniowe warystory z ołowiu i tlenków metali (MOV) stanowią ekonomiczną alternatywę. Mogą szybko absorbować dużą ilość energii i zwykle są produkowane na bazie tlenku cynku (ZnO). Proszek zagęszcza się do postaci pastylek wraz z innymi tlenkami np. tlenkiem bizmutu, chromu czy manganu i potem spieka w jedną całość. Wadą tych elementów jest szybkie starzenie, nawet w przypadku kilku mniejszych przepięć, co z czasem powoduje spadek napięcia progowego lub wzrost prądu upływu. Postęp inżynierii procesowej oraz optymalizacja



Rysunek 14. Przykładowe charakterystyki dławików HF



Rysunek 15. Dławiki czipowe HF

materiałów przyczyniły się jednak do znaczącego zmniejszenia starzenia oraz stabilności wartości najbardziej krytycznych właściwości.

Warystory wielowarstwowe (MLV) to dwukierunkowe komponenty służące do tłumienia stanów przejściowych, takich jak wyładowania elektrostatyczne, przepięcia czy zakłócenia impulsowe. Są podłączone szeregowo do zabezpieczonego układu elektronicznego i zapewniają alternatywną ścieżkę o niskiej rezystancji bocznikującą do ziemi. W porównaniu z diodą, warystory wielowarstwowe wykazują krótszy czas reakcji (poniżej 1 ns), zdolność pochłaniania energii, niski upływ prądu oraz mniejsze wymiary. Ponadto, ich parametry znamionowe nie ulegają obniżeniu w temperaturach od 125°C do 150°C.

Indukcyjności i transformatory

Cewki czipowe wysokiej częstotliwości (*chip HF inductors*) o znakomitych parametrach i zoptymalizowanych częstotliwościach rezonansu sprawdzają się również w krytycznych warunkach otoczenia. Wyposażone w specjalne doprowadzenia, które poprawiają możliwości lutowania i zapewniają solidniejsze połączenie między komponentem a płytką drukowaną. Dzięki większemu zakresowi temperatury pracy (od -55 to +180°C) oraz większej odporności na wstrząsy i drgania, często stosuje się je

w inżynierii medycznej oraz sieciach automatyki przemysłowej (rysunek 14).

Dławiki wysokoprądowe łączą maksymalną wydajność z wysoką odpornością temperaturową cewki. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu cewki miedzianej zgrzewanej do ażuru (ramki) przy użyciu ultradźwięków. Dodatkowo, zagęszcza się sproszkowane żelazo wokół cewki za pomocą spoiwa na bazie żywicy epoksydowej. Dławiki wysokoprądowe nadają się szczególnie do filtrowania zakłóceń elektromagnetycznych w przewodach zasilających oraz do magazynowania energii w przetwornicach DC/DC (rysunek 15).

Niskostratne transformatory EI30-EuP (fotografia 16) opracowano z myślą o urządzeniach, które mają zużywać mniej mocy lub są objęte Dyrektywą 1275/2008. Dzięki znakomitej przewodności cieplnej, którą zapewnia próżniowo zalewana obudowa na bazie żywicy epoksydowej, osiągają zgodność z Dyrektywą EuP dotyczącą produktów zużywających energię elektryczną. Wiele modeli osiąga poziom mocy rozpraszanej 0,2 W przy jednoczesnych kompaktowych wymiarach i zakresie mocy do 2,8 VA. Wśród korzystnych efektów ubocznych można wymienić osiągnięty dzięki temu długi okres eksploatacji.

Kwarcy i oscylatory

Kwarcy i oscylatory zachowujące stabilność i precyzję przy wysokich częstotliwościach



Fotografia 16. Niskostratny transformator EI30-EuP

oraz charakteryzujące się niewielkimi wymiarami układów MEMS powstają między innymi dzięki technologii QMEMS opracowanej przez firmę Epson. Wykorzystuje się proces fotolitografii do tworzenia kryształów o skrajnie niskiej rozbieżności kształtów. Wyprodukowane kwarcy charakteryzują się stałą charakterystyką częstotliwościową i temperaturową oraz minimalnymi wartościami tolerancji.

Na rynku dostępne są różne typy kwarców QMEMS oraz oscylatorów kwarcowych, na przykład oscylatory AT lub kwarcy kamertonowe.

Wytrzymałość kosztuje – podobnie jak jej brak

Na podstawie powyższego artykułu można zauważyć, że współcześnie jest wiele możliwości wyboru komponentów pasywnych, które spełniają różne wymagania. Niekorzystnym aspektem w wypadku wyboru komponentów o podwyższonej wytrzymałości jest z pewnością wyższa cena, niż komponentów standardowych. Jednak brak wytrzymałości komponentów ma swoją cenę nawet, jeśli takie koszty uświadamiamy sobie dopiero na późniejszych etapach. Wiele ostatnich przykładów z branży motoryzacyjnej znakomicie pokazało, jak koszty mogą wymknąć się spod kontroli, jeśli w porę nie wybierze się odpowiednio wytrzymałych komponentów, które pomogą zapobiec takim problemom.

Jochen Neller, Rutronik,
Technical Support Inductors
& Timing Devices
Jürgen Geier, Rutronik,
Field Application Engineer Capacitors
Matthias Bossert, Rutronik,
Product Sales Manager Resistors
Steffen Haag, Rutronik,
Technical Support Film, Tantalum
& Electrolytic Capacitors

www.ep.com.pl