

Kondensatory energoelektroniczne nowej generacji

Podwyższone parametry użytkowe dzięki zastosowaniu nowoczesnych materiałów oraz technologii

Jeden z największych producentów kondensatorów – firma Ducati Energia – wprowadza systematycznie na rynek nowe serie produktów o podwyższonych parametrach użytkowych dla spełnienia wymagań odbiorców z branży energoelektronicznej.

Wstęp

Ostatnie 20 lat w branży energoelektroniki to intensywny rozwój nowoczesnych technologii w zakresie półprzewodników mocy. Zastosowanie elementów WBG (od angielskiego *Wide Band Gap* – akronim określający grupę materiałów półprzewodnikowych o paśmie zabronionym szerszym od pasma krzemu, np. węgiel krzemu) wymusza nowe podejście przy projektowaniu przekształtników mocy. Możliwość znacznego zwiększenia częstotliwości pracy układów oraz powiększenie gęstości mocy wymagają kompleksowego, nowoczesnego podejścia do procesu projektowania. Wraz z rozwojem technologii półprzewodnikowych muszą rozwijać się także komponenty pasywne, a szczególnie kondensatory.

Dla efektywnego wykorzystania zalet nowoczesnych półprzewodników mocy należy budować obwody mocy o najmniejszej możliwej indukcyjności rozproszonej. Poza tranzystorami i diodami w obwodach tych kluczowe znaczenie mają systemy połączeń oraz kondensatory DC-Link.

Folie DH

Głównymi parametrami kondensatora suchego są jego pojemność oraz znamionowe napięcie pracy zależne od zastosowanej folii kondensatorowej. W układach energoelektronicznych równie ważnymi parametrami są czas życia oraz skuteczna wartość prądu ściśle powiązane z temperaturą wewnętrzną. Wszystkie wymienione cechy determinują gabaryty kondensatora. Konieczność poprawy parametrów użytkowych wiąże się z zastosowaniem nowych materiałów. Zestawienie dotychczas stosowanych folii w procesie produkcji kondensatorów mocy przedstawia rysunek 1.

Analiza tabeli uświadamia wybór producentów kondensatorów do najczęstszego stosowania folii polipropylenowych (PP). Wysoka wytrzymałość dielektryczna tego materiału pozwala



Kondensatory produkcji Ducati Energia

uzyskiwać możliwie duże pojemności w niewielkich objętościach przy zachowaniu odpowiedniego poziomu napięć. Folia ta jest stabilna temperaturowo, co daje możliwość określenia czasu życia elementu w danych warunkach. Dodatkowo wykazuje duże zdolności regeneracyjne oraz jest materiałem tanim w produkcji. Istotną wadą folii polipropylenowej jest niska temperatura maksymalna. Parametr ten istotnie ogranicza właściwości użytkowe kondensatorów energoelektronicznych opartych o folię PP i skłania do badań nad nowymi rozwiązaniami materiałowymi.

Firma Ducati wprowadziła na rynek folię polipropylenową metalizowaną, wysoko krystalizowaną, zwaną folią wysokiej gęstości (PPMDH z ang. *polipropylene metalized density high*). Nowy materiał wykazuje maksymalną temperaturę pracy na poziomie 125°C, co jest znaczącym wzrostem w stosunku

	PP	PET	PEN	PPS
Wytrzymałość dielektryczna	650V/ μ m	550V/ μ m	500V/ μ m	450V/ μ m
Stabilność temperaturowa	+	-	-	++
Stratność	++	--	--	+
Temperatura maksymalna	105°C	125°C	150°C	150°C
Zdolności regeneracyjne	++	○	-	-
Koszt	++	+	--	--

Rys. 1. Zestawienie najpopularniejszych folii kondensatorowych stosowanych w procesie produkcji kondensatorów mocy

	PP	PPM _{DH}	PET	PEN	PPS
Wytrzymałość dielektryczna	650V/ μ m	650V/ μ m	550V/ μ m	500V/ μ m	450V/ μ m
Stabilność temperaturowa	+	+	-	-	++
Stratność	++	++	--	--	+
Temperatura maksymalna	105°C	125°C	125°C	150°C	150°C
Zdolności regeneracyjne	++	++	○	-	-
Koszt	++	++	+	--	--

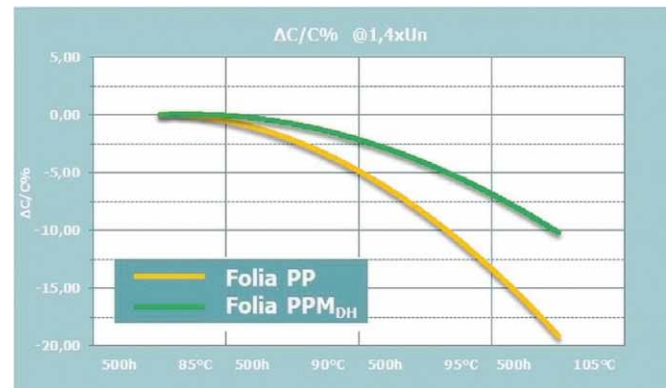
Rys. 2. Porównanie parametrów folii DH z tradycyjnymi foliami kondensatorowymi

do standardowej foli polipropylenowej. Pozostałe parametry zostały na podobnym poziomie przy zachowaniu równie niskich kosztów produkcji. Dodatkowo parametry mechaniczne folii o wysokiej gęstości są identyczne jak tradycyjnej, co pozwala na zachowanie typowych obudów i łatwą wymianę kondensatorów w istniejących aplikacjach. Porównanie folii o podwyższonej gęstości z dotychczas stosowanymi materiałami prezentuje rysunek 2.

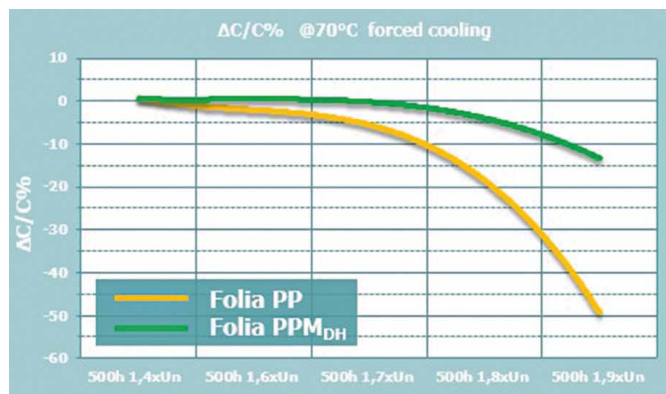
Poprawa parametrów użytkowych

W różnych aplikacjach energoelektronicznych kładziemy nacisk na różne parametry elektryczne oraz mechaniczne kondensatorów. Przy nowoczesnych rozwiązaniach wymagana jest kompaktowa, lekka budowa przekształtników, co wymusza założenie wyższej temperatury otoczenia dla kondensatorów. Jednocześnie użytkownicy końcowi wymagają od projektantów możliwie najdłuższego czasu życia urządzeń. Zastosowanie folii o wysokiej gęstości pozwala na pogodzenie powyższych wymagań.

Kompaktowa budowa przekształtników wymusza również zamknięcie jak największej pojemności w dostępnym miejscu przy podwyższonej temperaturze pracy. Na rysunku trzecim możemy zaobserwować zmiany pojemności kondensatorów



Rys. 3. Test zmienności pojemności w funkcji temperatury dla kondensatorów z folią DH i standardową folią polipropylenową



Rys. 4. Charakterystyka zmian pojemności kondensatorów z folią DH oraz standardową folią polipropylenową przy zmianach napięcia znamionowego

opartych o standardowe materiały w porównaniu do kondensatorów z folią o wysokiej gęstości przy zmianach temperatury. Różne typy kondensatorów w tych samych obudowach różniących się jedynie zastosowaną folią zostały poddane testom, w których cyklicznie, co 500 godzin, podnoszono temperaturę wewnętrzną o 5°C. Pojemność standardowych kondensatorów przy temperaturze bliskiej 105°C spadała aż o 20%, gdy kondensatory oparte o folię DH zachowywały około 90% swojej pojemności znamionowej.

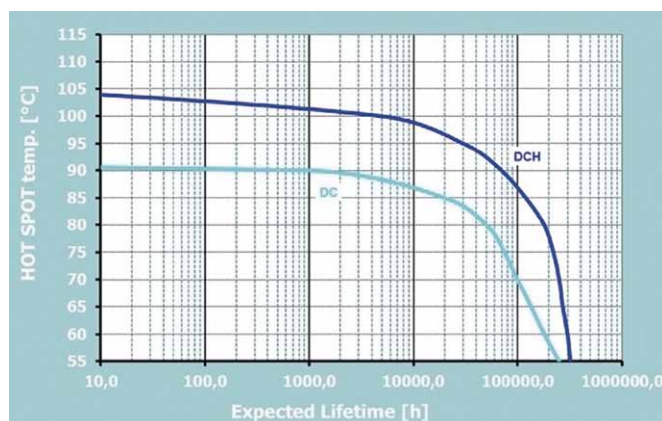
Podobny test można przeprowadzić, badając zmienność pojemności w zależności od przyłożonego napięcia przy stałej temperaturze pracy. Na rysunku czwartym zaprezentowano wynik, w którym wyraźnie widać odporność kondensatorów z folią DH na podwyższone napięcia w stosunku do napięcia znamionowego.

Wymiana kondensatorów standardowych na kondensatory DH w istniejących aplikacjach pozwala na wydłużenie żywotności baterii pojemnościowej. Dla jednej z popularnych serii kondensatorów firmy Ducati przeprowadzono symulację,

estymując czas życia w zależności od temperatury. Prezentację graficzną wyników zawiera rysunek 5. Wraz ze wzrostem temperatury różnica w czasie życia kondensatorów rośnie na korzyść kondensatorów z folią DH. Przykładowo przyjmując temperaturę wewnętrzną kondensatora na poziomie 85°C, czas życia standardowego komponentu nie przekracza 20 000 godzin, gdy przy tej samej temperaturze czas życia kondensatora z folią DH przekracza 100 000 godzin.

Podsumowanie

Wysoko sprawne, niezawodne i kompaktowe kondensatory mocy są niezbędnymi komponentami dla projektowania nowoczesnych układów energoelektronicznych. Ograniczanie masy i rozmiarów urządzeń oraz poprawa jakości przebiegów wyjściowych to wymagania wymuszające podnoszenie częstotliwości kluczowania oraz ograniczanie gabarytów układów chłodzenia. W tych wymagających warunkach doskonale odnajduje się nowa generacja kondensatorów firmy Ducati, która we współpracy z instytutami badawczymi oraz producentami folii kondensatorowych wprowadziła na rynek nowy materiał polipropylenowy o większym stopniu krystalizacji, zapewniający podwyższenie parametrów użytkowych produktu końcowego. W rezultacie otrzymaliśmy kondensatory mocy, które mogą pracować w wyższej temperaturze przy większych



Rys. 5. Estymacja czasu życia kondensatorów z folią DH oraz standardowych kondensatorów polipropylenowych mocy dla różnych temperatur pracy

wartościach prądu skutecznego, z zachowaniem czasu życia. Jednocześnie nowy materiał, jakim jest folia DH, pozwala na zachowanie zalet kondensatorów polipropylenowych: niskie straty, doskonałe właściwości samoregeneracji oraz niski koszt produkcji.

Drugim wyzwaniem stawianym przed producentami kondensatorów dla energoelektroniki jest ograniczenie indukcyjności pasożytniczych. Przy nowoczesnych obudowach półprzewodnikowych oraz chęci szerszego stosowania elementów z węgla krzemu istnieje konieczność zachowania niskich wartości indukcyjności obwodu głównego, a więc także kondensatorów DC-Link. W przeciwnym wypadku nie można efektywnie wykorzystać zalet nowoczesnych materiałów półprzewodnikowych. W ostatnich latach firma Ducati zaprojektowała we współpracy z klientami wiele indywidualnych rozwiązań w dziedzinie kondensatorów spełniających wymagania niskiej indukcyjności obwodu głównego. ■



Kondensatory Ducati Energia serii XD

MARKEL
energoelektronika to nasza pasja

Dane kontaktowe:
Radosław Sobieski

Markel Sp. z o.o.
ul. Okulickiego 7/9
05-500 Piaseczno
tel. 22-428 10 29
e-mail: markel@markel.pl