

Miniaturowe, niskonapięciowe przetwornice DC/DC

Przetwornice izolowane?

Na wstępie powinniśmy ustalić, czy w projektowanej aplikacji należy zastosować przetwornice izolowane, czy też nie jest to wymagane.

Projektując urządzenia, w których ważne jest spełnienie wymogów bezpieczeństwa, np. w telekomunikacji czy medycynie, izolacja galwaniczna będzie konieczna z powodów oczywistych. W tych przypadkach bardzo często zastosowane przetwornice będą musiały mieć certyfikat, np. bardzo rygorystycznej normy UL1950. Jedynie elementy przebadane (pod kątem wytrzymałości izolacji oraz fizycznej separacji uzwojeń) przez niezależne instytucje certyfikujące mogą być bezpiecznie zastosowane w tego typu aplikacjach.

Także w wielu nowoczesnych, wrażliwych na szumy układach koniecznym staje się izolowanie obciążenia i szumów obecnych w lokalnych obwodach zasilania od pozostałych obwodów. Aby to osiągnąć, wystarczy zastosować przetwornicę DC/DC z wysokiej jakości barierą galwaniczną. Separacja wejścia od wyjścia możemy wykorzystać, aby otrzymać izolowane źródło zasilania lub w celu łatwego stworzenia różnych poziomów zasilania, napięć symetrycznych i/lub niestandardowych napięć zasilających.

Przy stosowaniu tych elementów ważnym jest prawidłowe rozróżnienie parametru określanego w dokumentacji jako *napięcie przebicia izolacji*, i różnicy potencjałów na barierze galwanicznej występującej podczas stałej pracy w układzie. Parametrem określającym izolacyjność przetwornicy i jednocześnie miarą wytrzymałości elektrycznej użytego materiału izolacyjnego

jest napięcie przyłożone pomiędzy wejście a wyjście na pewien określony czas (zazwyczaj 1 sekunda). *Napięcie przebicia izolacji* jest zazwyczaj wyższe od napięcia pracy, które jest rozumiane jako maksymalne napięcie przyłożone w sposób ciągły do bariery izolacyjnej. Przykładowe wartości tych parametrów zestawiono w **tab. 1**.

Upływność bariery izolacyjnej

Bariera izolacyjna przetwornicy ma swoją określoną pojemność, która jest najważniejszą drogą przepływu prądu bezpośrednio z obwodów pierwotnych do wtórnych. Znając tę pojemność możemy obliczyć impedancję dla określonej częstotliwości oraz prąd przy założonym napięciu. W celu otrzymania jak najmniejszych prądów upływu należy wybierać te przetwornice, które mają małą pojemność izolacji.

Specyficzne wymagania aplikacji

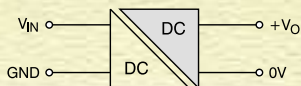
Kreatywne zastosowanie standardowych przetwornic pozwala na spełnienie specyficznych, na pozór trudnych do zrealizowania, wymagań aplikacji. Po pierwsze, dzięki izolacji galwanicznej wytworzyć można różne napięcia, zarówno pojedyncze, symetryczne, jak i dwa niezależne izolowane od siebie. Dołączając wyjście napięcia dodatkiego do masy układu otrzymujemy na wyjściu o niższym potencjale napięcie ujemne względem masy. Kiedy potrzebujemy napięcia wyższego niż określone napięcie zasilające, dołączamy niższy potencjał wyjścia przetwornicy do napięcia, względem którego otrzymamy podwyższone napięcie wyjściowe. Możemy również, dołączając „środkowe” wyprowadzenie (o potencjale zero) symetrycznego wyjścia do masy po stronie pierwotnej, otrzymać konwerter pojedynczego napięcia na napięcie symetryczne względem masy układu. Pamiętajmy jednak, że łącząc w jakikolwiek sposób obwody pierwotne i wtórne tracimy izolację galwaniczną. Przykładowe rozwiązania pokazano na **rys. 1**.

Należy zwrócić uwagę, że podczas eksperymentów ze zmianami poziomów napięć odniesienia, przetwornice stabilizowane wymagają ostrożniejszego obchodzenia się z nimi niż przetwornice niestabilizowane. Pierwsze z nich

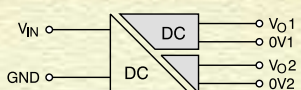
*Ostatnio niemal we wszystkich dziedzinach elektroniki obserwujemy gwałtowny pęd do miniaturyzacji. Jednym z wielu elementów, których gabaryty udało się znacznie zmniejszyć są przetwornice DC/DC. Najmniejsza, w masowej produkcji, modułowa przetwornica 1W zajmuje na płytce drukowanej obszar o wymiarach 11,5mm*6,0mm, a wysokość jej obudowy wynosi zaledwie 7,5mm. Taki postęp, w powiązaniu z coraz bardziej konkurencyjnymi cenami, pozwolił na spopularyzowanie tych podzespołów i zastąpienie nimi układów z elementów dyskretnych. W artykule zwrócimy uwagę na kilka podstawowych problemów, istotnych przy projektowaniu układów z zastosowaniem przetwornic modułowych.*

mają zazwyczaj wbudowany szeregowy stabilizator jedynie na wyjściu dodatnim, więc odwracanie napięć będzie działać poprawnie jedynie w przypadku, kiedy przepływ prądu będzie

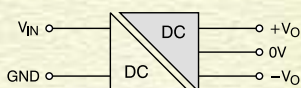
a) przetwornice z pojedynczym wyjściem (NME, LME, NML itp.)



c) przetwornice z podwójnym, separowanym wyjściem (NMD)



b) przetwornice z podwójnym wyjściem (NMA, NMH, NMV, itp.)

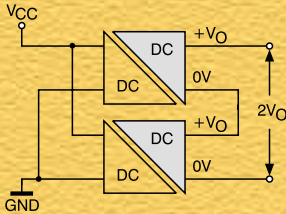


Rys. 1.

Napięcie testowe przebicia izolacji [Vrms]	Maksymalne napięcie pracy [Vrms]
1000	130
1500	230
3000	1100
6000	3050

Tab. 2.

Typ przetwornicy	Uwy	Lout
LME, NMA, NMD, NME, NMH, NML, NMV	3,3V	33uH
	5V	47uH
	9V	100uH
	12V	220uH
	15V	330uH



Rys. 2.

w całości zamykał się przez przetwornicę, a nie przez elementy zewnętrzne takie jak np. diody czy tranzystory. Mogłoby to powodować nieprawidłową pracę stabilizatora.

Isolacja galwaniczna pozwala również na łączenie przetwornic szeregowo w celu uzyskania napięć niestandardowych (równych sumie napięć wyjściowych zastosowanych przetwornic). Należy jedynie pamiętać, aby nie przekraczać prądu maksymalnego wyjścia o najwyższym napięciu. Ponieważ takie łączenie przetwornic odbywa się bez ich synchronizacji, zalecane jest zastosowanie dodatkowych filtrów. Rozwiązanie to pokazano na rys. 2.

Możliwe (aczkolwiek nie polecane) jest również łączenie izolowanych przetwornic równolegle w celu zwiększenia mocy wyjściowej. W zasadzie łączenie przetwornic równolegle powinno mieć miejsce wyłącznie wtedy, kiedy jest to konieczne. Jeśli jest możliwe zastosowanie jednej przetwornicy o odpowiedniej mocy, zawsze wybierz-

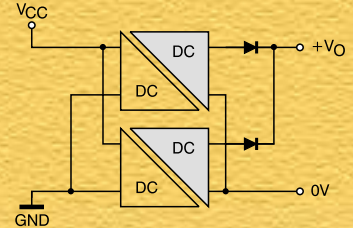
my to rozwiązanie. Należy zwrócić uwagę, aby zawsze łączyć przetwornice tego samego typu. Dla przykładu, jeśli potrzebujemy przetwornicy o mocy 2,5W, należy połączyć dwie przetwornice 2W lub trzy przetwornice 1W. Jest to powodowane tym, że napięcia wyjściowe przetwornic różnych typów nie są na tyle dokładnie ustawiane, aby gwarantowało to dostarczenie np. przez przetwornicę 2W dokładnie 2 razy większej mocy niż 1W. Może się okazać, że z przetwornicy 2W będzie pobierane tylko 1W, a z jednowatowej 1,5W. Nawet w przypadku tych samych przetwornic stosunek pobieranych mocy nie będzie 1:1, ale wiadomo, że różnica będzie nie większa niż 10%. Należy pamiętać, że częstotliwości charakterystyczne połączonych przetwornic nie będą zsynchronizowane. Nie można więc bezpośrednio połączyć ich wyjść. Jednym ze sposobów jest przyłączenie poprzez diody (rys. 3). Takie rozwiązanie jest możliwe jedynie dla napięć wyjściowych 12 i 15V. Przy niższych spadek napięcia na diodach mógłby być zbyt duży. Lepszym rozwiązaniem jest połączenie z zastosowaniem dławików szeregowych. Na rys. 4 przedstawiono to rozwiązanie, a w tab. 2 podano wartości indukcyjności dla przykładowych przetwornic produkcji C&D Technologies (Newport Components).

Pojemność Cout powinna być dobrane jako: $1\mu F * \text{liczba połączonych przetwornic}$. Dla bezpieczeństwa należy zakładać, że moc połączonych równolegle przetwornic jest o 10% niższa niż suma mocy wyjściowych przetwornic składowych. Nie należy łączyć równolegle przetwornic stabilizowanych. Będzie to zawsze prowadzić do przeciążenia jednej z nich. Lepiej połączyć przetwornice niestabilizowane i na wyjściu dodać zewnętrzny stabilizator.

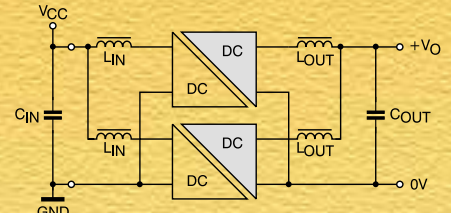
Filtrowanie i zabezpieczenia

Kluczowym zagadnieniem podczas projektowania obwodów z zastosowaniem gotowych przetwornic DC/DC jest odpowiednie filtrowanie. Po pierwsze, konstruktor musi zdecydować, czy wybrać przetwornicę o stałej częstotliwości kluczowania, czy też nie. Ta druga dostosowuje długość impulsu do warunków obciążenia wyjścia, co może prowadzić do bardzo skomplikowanych obwodów filtrowania. Stałe, określone charakterystyki częstotliwościowe przetwornic o stałej częstotliwości znacznie upraszczają obliczenia filtrów. Poniższy opis dotyczy jedynie tych ostatnich.

W celu ograniczenia tętnień, zarówno na wejściu, jak i na wyjściu przetwornicy o stałej częstotliwości pracy wystarcza typowy filtr LC. Zastosowanie filtra typu RC byłoby również moż-



Rys. 3.



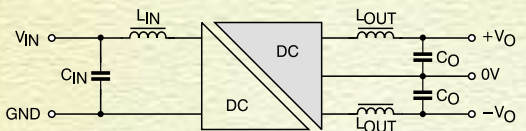
Rys. 4.

liwe, jednak straty mocy na rezystorze są zbyt duże. Kiedy budujemy filtr LC, należy zwrócić uwagę, by częstotliwość rezonansu własnego dławika była o wiele wyższa niż częstotliwość charakterystyczna przetwornicy. Zwróćmy uwagę na rezystancję cewki, aby mieć świadomość wielkości strat mocy. Dobrą zasadą jest przyjmowanie, że maksymalny prąd pracy dławika powinien być około dwa razy większy niż prąd, który przez niego popłynie w stabilnych warunkach pracy. Na rys. 5 pokazano przetwornicę z pełnym filtrowaniem, a w tab. 3 przedstawiono wartości elementów filtrujących dla popularnych przetwornic Newport Components.

Ograniczanie prądu startowego przetwornicy

Jednym z podstawowych zadań projektanta jest ograniczenie udaru prądowego powstającego w momencie załączania obwodu. Na szczęście zastosowanie szeregowego dławika na wejściu przetwornicy nie tylko pomaga filtrować szumy powstające podczas jej pracy, ale również ogranicza uderzenie prądu podczas załączania układu. Zasadność ograniczenia prądowego wyjaśnimy wspierając się prostym wzorem (zakładając pewną idealizację). Bez zastosowania dławika wyrażenie na prąd wejściowy przyjmuje postać: $I = U \exp(-t/RC)/R$, a dla $t=0$ (moment włączenia) $i = U/R$.

Jeśli rozważamy przykład załączania przetwornicy małej mocy o $U_{we} = 5V$ oraz rezystancji ścieżek i przewodów, założymy 50mΩ, prąd startowy mógłby sięgać 100A. Wybór właściwego dławika na wejściu uchroni



Rys. 5.



Tab. 3.

Typ przetwornicy	Uwe	Lin/Cin	Uwy.	Lout/Co
LME, NMA, NMD, NME, NMH, NMV	3,3V	33uH/1,5uF	3,3V	33uH/1,5uF
	5V	47uH/1,0uF	5V	47uH/1,0uF
	12V	220uH/1,0uF	9V	100uH/1,0uF
	24V	470uH/470nF	12V	220uH/1,0uF
	48V	680uH/180nF	15V	330uH/1,0uF

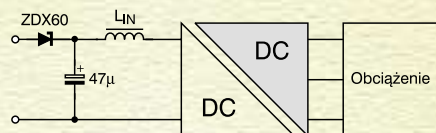
ni nas przed tego typu problemami i jednocześnie przyczyni się do odfiltrowania szumów wytwarzanych przez wewnętrzny układ przełączający.

Zabezpieczanie przetwornicy przed nagłymi zanikami napięcia

Stosując gotowe przetwornice DC/DC należy brać pod uwagę reakcję układu na nagłe spadki napięcia zasilającego. Jest to spowodowane tym, że gwałtowny spadek napięcia zasilającego powoduje podobną zmianę po stronie wtórnej przetwornicy. Aby zapobiec tego typu sytuacjom, należy zastosować na wejściu prosty czwórnik dioda - kondensator (rys. 6). Kondensator stale utrzymuje zapas energii potrzebny do podtrzymania pracy przetwornicy, a dioda zapobiega pobieraniu prądu z kondensatora przez inne elementy układu. Spadek napięcia na diodzie oczywiście ma tutaj znaczenie dla sprawności układu, więc należałoby zastosować diodę Schotky'ego.

Zabezpieczenia przeciwprzeciążeniowe

Chociaż dławik na wejściu przetwornicy zabezpiecza przed skokami prądu w stanach nieustalonych, to wciąż przetwornica nie jest zabezpieczona przed przeciążeniem czy zwarcie wyjścia. W momencie przeciążenia przetwornica będzie starać się dostarczyć wystarczającą ilość prądu pobierając go z wejścia. Jeśli sytuacja nie zostanie przerwana, przetwornica przegrzeje się, co może prowadzić do jej uszkodzenia. Najprostszym sposobem zabezpieczenia jest zastosowanie bezpiecznika o odpowiedniej tolerancji na skoki prądu w momencie włączania układu. Jednakże i w tym przypadku można zastosować bardziej inteligentne rozwiązania, w których mierzony jest prąd wejściowy lub napięcie wyjściowe. Jeśli w układzie występuje inteligentny system zarządzania energią, możemy zastąpić szeregową indukcyjność na wejściu rezystorem i analizować spadek napięcia na rezystorze. Przekroczenie pewnej wartości będzie sygna-



Rys. 6.

łem dla systemu o stanie awaryjnym. Podobne rozwiązanie można zastosować do pomiaru napięcia wyjściowego, jednakże jeśli system zarządzania energią znajduje się po stronie pierwotnej, to aby utrzymać izolację galwaniczną, należy odseparować sygnał od kontrolera. W innym sposobie wykorzystuje się zjawisko nagrzewania się rezystora, przez który płynie prąd wyjściowy. Należy wtedy zbudować prosty mostek pomiarowy, w którego jednej z gałęzi zastosujemy termistor NTC (rys. 7).

Powyżej opisane problemy zostały tylko zasygnalizowane w celu uświadomienia ich użytkownikom - konstruktorom stosującym jedynie rozwiązania dyskretne. Nie wszystkie będą istotne przy poszczególnych projektach. Potrzebę bardziej lub mniej złożonych analiz obwodu filtrowania, zabezpieczeń itp. w konkretnym praktycznym układzie będzie musiał oszacować konstruktor.

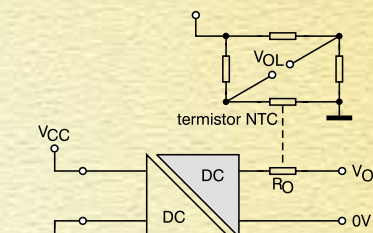
Tak jak już prawie nikt nie buduje pamięci czy procesorów z pojedynczych tranzystorów, tak w przypadku przetwornic DC/DC świat zmierza w kierunku stosowania gotowych modułów.

Właściwie zastosowane „gotowe” przetwornice izolowane pozwalają oszczędzić miejsce, zmniejszyć liczbę podzespołów i uprościć projektowanie przetwarzania napięć w stosunku do rozwiązań dyskretnych.

Sławomir Pieszczyk

Artykuł opracowano na podstawie materiałów udostępnionych przez firmę JM-Elektronik (tel. (0-32) 339-69-00, www.jm.pl), dystrybutora firmy C&D Technologies (Newport Components w Polsce).

Szczegółowe materiały katalogowe o przetwornicach DC/DC firmy C&D Technologies (Newport Components w Polsce) dostępne są na płycie CD-EP01/2001A oraz w Internecie pod adresami: <http://www.dc-dc.com>.



Rys. 7.