

# Zasilacz pojazdowy ZRM10

#Przemysł zbrojeniowy #Publikacje 14 sierpnia 2025

Nowoczesne pojazdy lądowe są wyposażane w coraz większą ilość osprzętu elektronicznego. Środki łączności, sprzęt teleinformatyczny, komputery balistyczne, radary i kamery to niektóre z wielu urządzeń, wymagających do swojej pracy zasilania. W trakcie ruchu, kiedy pracuje silnik marszowy pojazdu, zasilanie jest zapewnione przez zainstalowany na nim alternator. W przypadku szerokiej grupy pojazdów, takich jak na przykład pojazdy dowódcze, istnieje potrzeba pracy z urządzeniami pokładowymi także na postoju.



*Pojedynczy moduł chłodzonego pasywnie zasilacza ZRM10*

Jeśli jest dostępne zewnętrzne źródło energii np. sieć elektroenergetyczna lub przewoźny agregat prądowórczy, można zasilać z niego systemy pokładowe. Potrzebny jest do tego celu zasilacz, czyli urządzenie przekształcające napięcie przemiennie 230/400 V na stałe napięcie instalacji pojazdowej 28 V.

## **Niski poziom zakłóceń**

Zasilacz pojazdowy jest odpowiedzialny także za doładowywanie akumulatorów rozruchowych pojazdu oraz ładowanie akumulatorów buforowych systemów teleinformatycznych, które mogą zostać rozładowane podczas długotrwałych zaników zasilania zewnętrznego. Zasilacz taki jest zatem ważnym elementem systemu zasilania, którego parametry mają istotny wpływ na pracę innych urządzeń i możliwości operacyjne całego pojazdu.

Istotną cechą zasilacza pojazdowego jest integracja z systemem zasilania pojazdu oraz zapewnienie odpowiednich parametrów zasilania wymaganych do prawidłowej pracy urządzeń oraz akumulatorów buforowych. Oprócz mocy, prądu i napięcia, równie

ważne są też inne, mniej oczywiste, parametry wyjściowe tego urządzenia. Należy do nich poziom tętnień napięcia wyjściowego, który mówi o jakości energii dostarczanej do odbiorników. W przypadku nadmiernych wartości tętnień, może dojść do sytuacji kiedy praca zasilacza będzie powodować zakłócenia w systemach komunikacji np. w postaci przydźwięku w radiostacji. W przypadku zasilaczy niskiej jakości mogą wystąpić również gorsze scenariusze, kiedy to składowa przemienna prądu wyjściowego zacznie przepływać do wejściowych obwodów filtracyjnych innych urządzeń elektronicznych. W zależności od impedancji połączeń i impedancji wejściowej tych urządzeń może to prowadzić do różnych skutków, włącznie z nieprzewidzianymi rezonansami i uszkodzeniami elementów ich stopni filtrujących. Z tego powodu w trakcie opracowania zasilacza ZRM10 dołożono starań, aby poziom tętnień napięcia na jego wyjściu był pomijalnie niski, co daje gwarancję bezproblemowej współpracy z każdym odbiornikiem energii na pojeździe.



*Przebieg tętnień napięcia wyjściowego oraz kształt prądu pobieranego z sieci przez zasilacz ZRM10. Konstrukcja zapewnia niski poziom zakłóceń wprowadzanych do sieci zasilającej oraz do zasilanych obwodów*

## **Elastyczna konfiguracja**

Zasilacz pojazdowy musi charakteryzować się odpowiednią mocą, wynikającą z łącznej uśrednionej mocy wszystkich urządzeń, które mają być używane jednocześnie podczas pracy na postoju, wliczając w to zapas potrzebny na doładowywanie akumulatorów buforowych.

Często zdarza się, że bilans mocy znacznie przekracza możliwości typowych jednofazowych przyłączy sieciowych 230V 16A i konieczne jest zasilanie pojazdu z przyłącza trójfazowego. Dzięki możliwości równoległej pracy kilku modułów zasilaczy ZRM10 istnieje możliwość elastycznej konfiguracji dopasowanej do aktualnych wymagań użytkownika. Przykładowo zestaw trzech zasilaczy ZRM10 może pracować z sieci trójfazowej w konfiguracji gwiazdy, dzieląc swoje moce tak, aby równomiernie obciążać wszystkie fazy. Ten sam zestaw może także być zasilany z jednej fazy

zasilającej, o ile dostępne jest przyłącze o odpowiedniej wydajności prądowej. Konfiguracja może odbywać się dynamicznie, poprzez użycie różnych wtyczek przejściowych i współpracującej z zasilaczami Tablicy Przyłączy Zasilania TPZ. Możliwość pracy zarówno z sieci jedno-, jak i trójfazowej jest unikatową cechą zasilacza ZRM10, która wymaga od niego odporności na chwilowe przewyższenia napięcia sieciowego. Mogą one pojawić się w sytuacji, kiedy przerwany zostanie przewód neutralny lub kiedy układ połączenia w gwiazdę straci swoją symetrię napięć. Wystąpienie takich zjawisk jest bardzo prawdopodobne w warunkach polowych, kiedy pojazdy zasilane są za pośrednictwem długich przewodów z przewoźnych agregatów prądotwórczych.

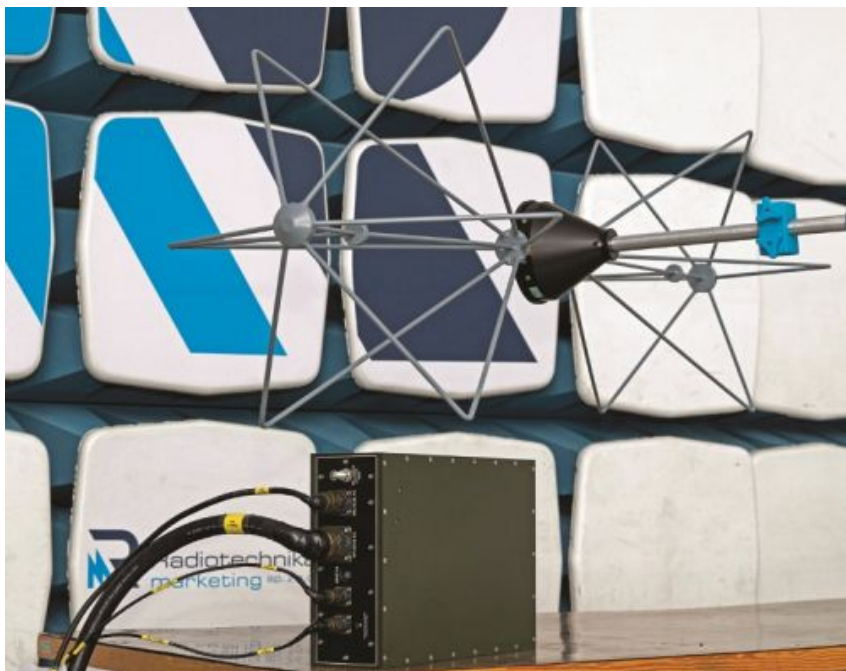


*Skalowalny system zasilania  
przygotowany do montażu na  
pojeździe*

Współpracę z niepewnymi źródłami zasilania oraz maksymalne wykorzystanie wydajności tych źródeł zapewnia blok PFC, będący częścią zasilacza ZRM10. Jest to układ kondycjonowania, którego zadaniem jest, w uproszczeniu, prostowanie przemiennego napięcia z sieci w sposób symulujący obciążenie rezystancyjne, co zapewnia niski poziom zniekształceń harmoniczných wprowadzanych do sieci zasilającej (współczynnik THD) oraz maksymalny współczynnik mocy (Power Factor).

Istotną zaletą zasilacza o współczynniku mocy zbliżonym do jedności jest kompatybilność ze wszystkimi typami zabezpieczeń różnicowoprądowych stosowanych w sieciach zasilających – również tych tanich, nie dostosowanych do pracy z prądami odkształconymi. Cecha ta, jak również wyjątkowo niska wartość prądu upływu wbudowanych filtrów przeciwzakłóceńowych, powoduje, że całe zestawy zasilaczy ZRM10 mogą współpracować z bezpiecznymi źródłami zasilania, wyposażonymi w standardowe zabezpieczenie różnicowoprądowe o wartości 30 mA. Jest to unikatowy i ważny atut tego wyrobu, trudny do osiągnięcia i rzadko spotykany w urządzeniach przeznaczonych na rynek militarny. Niski prąd upływu rzadko kiedy idzie w parze ze spełnieniem wymagań normy NO-06-A200 w zakresie zaburzeń przewodzonych. W przypadku zasilacza ZRM10, pogodzenie tych wymagań było możliwe dzięki

zastosowaniu autorskich metod filtracji zakłóceń, zastosowaniu technik miękkiego przełączania kluczy półprzewodnikowych oraz specjalnej konstrukcji obudowy zasilacza.



*Zasilacz ZRM10 spełnia wymagania obniżonej emisji i podwyższonej odporności na zaburzenia elektromagnetyczne według norm wojskowych dla pojazdów lądowych*

### **Bardzo wysoka sprawność**

Oprócz parametrów elektrycznych zasilaczy pojazdowych istotne są także ich możliwości diagnostyczne i komunikacyjne. Cyfrowa implementacja algorytmu sterowania zasilaczem, w powiązaniu z możliwością komunikacji zasilaczy ZRM10 poprzez interfejs CAN, daje możliwość bardzo elastycznej konfiguracji i implementacji różnych scenariuszy pracy w postaci inteligentnego systemu zasilania pojazdu. W systemie takim zasilacz może komunikować się z nowoczesnymi akumulatorami wyposażonymi w układ BMS (Battery Monitoring System) i na bieżąco dostosowywać prąd i napięcie ładowania w zależności od aktualnego obciążenia systemu oraz wymagań samych akumulatorów (funkcja źródła prądowego o ograniczonym napięciu). W przypadku zastosowania tradycyjnych akumulatorów AGM bez układu BMS, można je doposażyć w Moduł Diagnostyki Akumulatorów (MDA), który spełnia analogiczne zadanie jak wbudowany układ BMS. Współpraca zasilaczy i układu nadzoru nad akumulatorami daje możliwość zapewnienia łagodnych warunków pracy dla samych akumulatorów w szerokim zakresie obciążeń systemu, co może znacznie poprawić ich żywotność i niezawodność. Interfejs CAN zasilaczy ZRM10 może być również wykorzystany do diagnostyki ich pracy: poprzez dedykowany pulpit DRM lub przez integrację z pojazdowymi systemami diagnostycznymi.

Istotną cechą użytkową zasilaczy pojazdowych jest sposób ich chłodzenia. Ze względu na zastosowane technologie miękkiego przełączania oraz najnowsze dostępne

elementy półprzewodnikowe ( tranzystory SiC i GaN), zasilacz ZRM10 charakteryzuje się bardzo wysoką sprawnością przetwarzania energii. Dzięki temu ilość energii traconej w postaci ciepła jest na tyle mała, że można ją odprowadzić z obudowy urządzenia w sposób pasywny, przy pomocy naturalnej konwekcji, bez użycia wentylatorów wymuszających przepływ powietrza. Wyeliminowanie wentylatorów oznacza brak ruchomych części podatnych na zanieczyszczenie oraz brak konieczności ich serwisowania, co znacząco podnosi niezawodność. Nie bez znaczenia jest także całkowita eliminacja hałasu zwiększająca komfort pracy załogi pojazdu. Szczelna obudowa urządzenia daje także możliwość pracy na zewnątrz pojazdu w niekorzystnych warunkach środowiskowych oraz zapewnia kompatybilność elektromagnetyczną, która jest kluczowa w aplikacjach militarnych.

### **Wszechstronna kompatybilność**

Kolejną ważną właściwością zasilacza jest jego kompatybilność z różnymi rodzajami obciążeń i odbiorników. Szczególnie wymagające dla urządzeń przetwarzania energii są obciążenia w postaci mieszanych obwodów indukcyjno-pojemnościowych. Tego rodzaju obciążenia tworzą się z indukcyjności przewodów doprowadzających oraz pojemności wejściowych filtrów kompatybilności elektromagnetycznej stosowanych w urządzeniach przeznaczonych na rynek wojskowy.

W zasilaczu ZRM10 została zaimplementowana cyfrowa pętla regulacji napięcia i prądu wyjściowego wykonana w oparciu o programowalny procesor sygnałowy (DSP). Dzięki temu można było nie tylko użyć zaawansowanych metod kompensacji pętli sterującej ale również sprawdzać stabilność działania mechanizmu regulacji napięcia zasilacza w trakcie jego pracy (auto diagnostyka odpowiedzi impulsowej). Pozwoliło to doprowadzić mechanizm regulacji napięcia do perfekcji i zapewnić jego kompatybilność z tak wymagającymi obciążeniami jak filtry stref Red/Black stosowane na liniach zasilania urządzeń w celu ochrony informacji niejawnej.



*ZRM10 wyróżnia się możliwością pracy w ekstremalnie niskich temperaturach / Zdjęcia: Radiotechnika Marketing*

## **Bezpieczne zasilanie**

Opisując właściwości zasilacza ZRM10, warto zwrócić uwagę na jedną z jego aplikacji na wozach dowódczych, które wymagają wydzielenia stref ochrony informacji niejawniej. W takim przypadku zaleca się montaż zasilacza poza przedziałem załogi, na zewnątrz pojazdu, wykorzystując jego wysoki stopień ochrony środowiskowej. W grodzi pojazdu umieszcza się wtedy układ filtracji stref, który w takim przypadku może być podłączony po stronie niskonapięciowej i stałoprądowej. Jest to korzystniejsze niż montaż zasilaczy wewnątrz pojazdu w strefie chronionej i konieczna wtedy filtracja po stronie napięcia sieci. Dzieje się tak ze względu na brak wpływu układu filtracji DC na prąd upływu systemu i jednocześnie możliwość zachowania wspomnianej wcześniej zalety zasilacza ZRM10 – niskiego prądu upływu.

Na powyższym przykładzie widać więc jak różne, pozornie nie związane cechy zasilacza – niski prąd upływu i odporność na warunki środowiskowe, składają się na jego całkowitą wartość użytkową i przydatność w danej aplikacji. Warto więc mieć na uwadze wszystkie jego zalety i wykorzystać je do budowy sprawnego, niezawodnego i bezpiecznego w obsłudze systemu zasilania pojazdu.

Paweł MELNAROWICZ