

ZASILACZE IMPULSOWE

W

AUTOMATYCE PRZEMYSŁOWEJ



SPIS TREŚCI:

1	PRZEDMOWA.....	4
2	WSTĘP.....	5
2.1	DEFINICJA ZASILACZA	5
2.2	PODSTAWOWY PODZIAŁ ZASILACZY	5
2.3	PORÓWNANIE ZASILACZY IMPULSOWYCH I LINIOWYCH	7
2.4	JAKIEGO ZASILACZA UŻYĆ?	7
3	STRONA WEJŚCIOWA ZASILACZA.....	8
3.1	NAPIĘCIE WEJŚCIOWE.....	8
3.1.1	<i>Znamionowe napięcie wejściowe</i>	8
3.1.1.1	Oznaczenie napięcia na zasilaczach	8
3.1.1.2	Zakres napięć wejściowych	9
3.1.2	<i>Wahania napięcia znamionowego</i>	9
3.1.2.1	Za wysokie napięcie wejściowe	9
3.1.2.1.1	Skutki wzrostu napięcia wejściowego	9
3.1.2.1.2	Najczęstsze przyczyny wzrostu napięcia wejściowego.....	10
3.1.2.1.3	Zabezpieczenie przed zbyt wysokim napięciem wejściowym	10
3.1.2.2	Za niskie napięcie wejściowe.....	10
3.1.2.2.1	najgorsze warunki pracy	10
3.1.2.2.2	skutki długotrwałego niskiego poziomu napięcia wejściowego	10
3.1.2.3	Flickery, zapady i krótkie przerwy napięcia	11
3.1.2.4	Przepięcia	11
3.1.2.4.1	Skutki przepięć	11
3.1.2.4.2	Zabezpieczenie przed przepięciem	11
3.2	PRĄD WEJŚCIOWY	11
3.2.1	<i>Znamionowy prąd wejściowy</i>	11
3.2.2	<i>Prąd rozruchowy (startowy)</i>	12
3.2.2.1	Prąd rozruchowy a selektywność zabezpieczeń	12
3.2.2.2	Ograniczenie prądów startowych.....	12
4	STRONA WYJŚCIOWA ZASILACZA.....	13
4.1	ZNAMIONOWE NAPIĘCIE WYJŚCIOWE	13
4.1.1	<i>Zasilacze o nastawialnym napięciu</i>	13
4.1.2	<i>Tętnienia i szumy</i>	13
4.1.2.1	Negatywne skutki tętnień i szumów	14
4.1.2.2	Inne źródła szumów	14
4.1.3	<i>Stabilizacja napięcia</i>	14
4.1.3.1	Stabilizacja napięciowa	14
4.1.3.2	Stabilizacja obciążeniowa	14
4.1.4	<i>Ograniczenie napięcia wyjściowego</i>	15
4.1.5	<i>Czas narastania</i>	16
4.1.6	<i>Czas podtrzymania</i>	16
4.2	ZNAMIONOWY PRĄD WYJŚCIOWY.....	17
4.2.1	<i>Zależność między prądem znamionowym, przeciążeniowym i zwarciovym</i>	17
4.2.2	<i>Dopasowanie zasilacza i obciążenia</i>	18

4.2.3	Zabezpieczenie przed przeciążeniem i zwarcem.....	18
4.2.3.1	Tryb Hiccup.....	18
4.2.3.2	Tryb ograniczenia mocy (prądu).....	19
4.3	ZNAMIONOWA MOC.....	19
4.3.1	Sprawność zasilaczy.....	19
4.3.2	Moc tracona przez zasilacze.....	19
5	ŁĄCZENIE SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE	20
5.1	ŁĄCZENIE SZEREGOWE ZASILACZY.....	20
5.2	ŁĄCZENIE RÓWNOLEGŁE ZASILACZY.....	20
5.2.1	Zwiększenie mocy.....	20
5.2.2	Redundancja.....	21
5.2.3	Rozdział mocy.....	21
6	TEMPERATURA	22
6.1	ZALEŻNOŚCI MIĘDZY PRĄDEM A TEMPERATURĄ.....	22
6.2	TEMPERATURA PRACY ZASILACZY.....	22
6.2.1	Zabezpieczenia termiczne.....	22
6.3	MOC ROZPRASZANA NA CIEPŁO.....	23
6.4	PRACA ZASILACZY W ZAMKNIĘTYCH, MAŁYCH OBUDOWACH.....	23
7	ZASILACZE I BEZPIECZEŃSTWO	24
7.1	OCHRONA PRZED PORAŻENIEM ELEKTRYCZNYM.....	24
7.2	ZABEZPIECZENIE PRZED PRZECIĄŻENIEM I RYZYKIEM POŻARU.....	24
7.2.1	Zabezpieczenie przewodów sieciowych.....	24
7.2.2	Problem przepalających się bezpieczników.....	24
7.3	SELEKTYWNOŚĆ ZABEZPIECZEŃ NA LINII DC.....	25
7.4	BADANIE STANU IZOLACJI URZĄDZEŃ Z ZASILACZAMI.....	25
8	ŁADOWANIE AKUMULATORÓW	26
9	KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA	27
9.1	EMISJA I ODPORNOŚĆ URZĄDZEŃ.....	27
9.2	ZAKŁÓCENIA PRZEWODZONE I PROMIENIOWANE.....	27
9.3	WYŻSZE HARMONICZNE.....	27
9.3.1	Współczynnik mocy.....	27
9.3.2	Metody poprawy współczynnika mocy.....	27
9.4	WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE EMC.....	28
10	NORMY	29

1 PRZEDMOWA

Szanowni Państwo! Zasilacz impulsowy zdobywa coraz szerszy zakres zastosowań wypierając stare technologie liniowe (transformatorowe). Można śmiało stwierdzić, że każdy współczesny układ automatyki i sterowania posiada zasilacz. Integracja z Unią Europejską wymusiła na producentach zasilaczy stosowanie najnowszych technologii by sprostać wymaganiom normom (zgodność z dyrektywą kompatybilności elektromagnetycznej i niskonapięciowej).

W broszurce tej przedstawiono opis podstawowych technologii oraz problemów, z którymi można się spotkać w nowoczesnych zasilaczy impulsowych stosowanych w automatyce. Staraliśmy się też zebrać jak najwięcej wskazówek jak te problemy rozwiązać. Mamy nadzieję, że ta broszurka będzie dla Państwa źródłem ciekawych i cennych informacji.

Chcielibyśmy jednocześnie przypomnieć, że w razie jakichkolwiek pytań i problemów nasi doradcy są do Państwa dyspozycji. Wystarczy zadzwonić, wysłać email lub fax z zapytaniem – żaden problem nie pozostanie bez odpowiedzi.

Z poważaniem

Astat Sp. z o.o.

2 WSTĘP

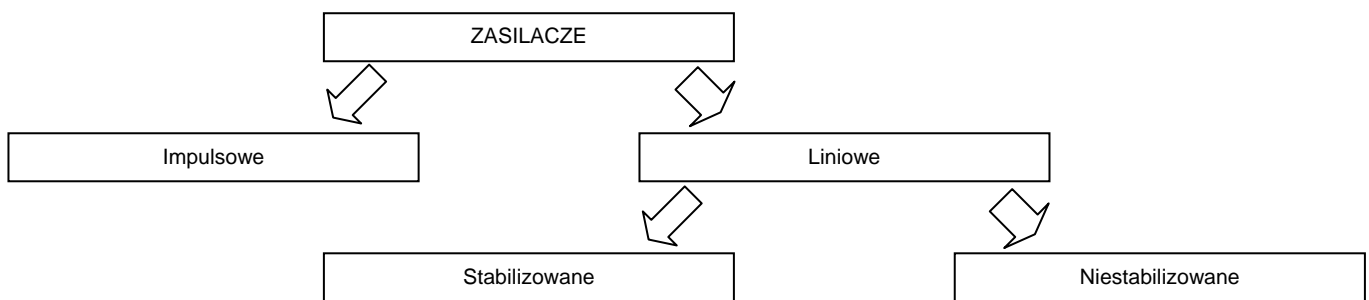
2.1 Definicja zasilacza

Zasilacz jest urządzeniem elektronicznym przekształcającym jeden rodzaj energii elektrycznej (najczęściej sieciowe napięcie przemiennie AC) w drugi (najczęściej napięcie stałe DC) w obrębie danej mocy. Każdy zasilacz jest określony przez trzy podstawowe parametry charakteryzujące poziom napięć i moce. Parametry te są najważniejsze z punktu widzenia doboru elektrycznego zasilaczy:

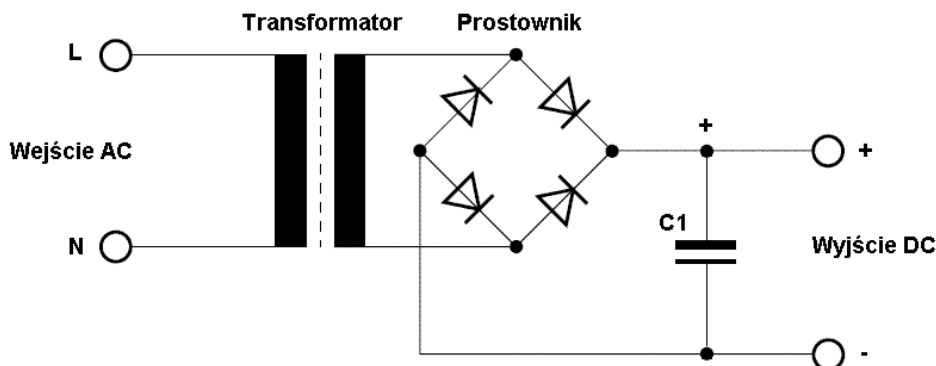
- Znamionowe napięcie wejściowe
- Znamionowe napięcie wyjściowe
- Znamionowy prąd wyjściowy (moc wyjściowa)

2.2 Podstawowy podział zasilaczy

Zasilacz (z angielskiego *power supply*) jest urządzeniem transformującym jeden poziom napięcia na inny, wymagany do zasilania danego urządzenia. Katalog ten dotyczy głównie zasilaczy transformujących jest napięcie sieci zasilającej (1 lub 3 fazowej) na napięcie stałe 12 VDC lub 24 VDC o mocach od kilkunastu do kilkuset watów.

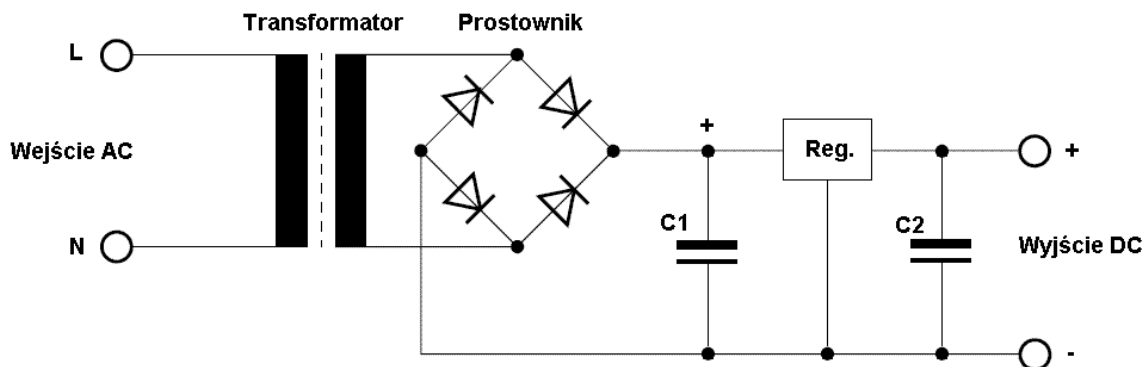


Najprostszym zasilaczem jest zasilacz liniowy niestabilizowany. Składa się on z transformatora sieciowego, dwupołkowego prostownika diodowego (mostek Gretza) oraz filtra wyjściowego w postaci kondensatora elektrolitycznego. Zadaniem transformatora jest zapewnienie separacji galwanicznej między wejściem a wyjściem oraz dopasowanie poziomu napięcia. Po wyprostowaniu otrzymujemy napięcie stałe, ale o dużych tętnieniach. Zadaniem filtra jest wygładzenie tych tętnień.



Rys. 2.1) Zasada działania zasilacza liniowego niestabilizowanego

Zasilacz liniowy stabilizowany posiada taką samą budowę jak zasilacz niestabilizowany, ale dodatkowo wyposażony jest w układ regulacji, którego zadaniem jest stabilizacja napięcia wyjściowego na zadanym poziomie.

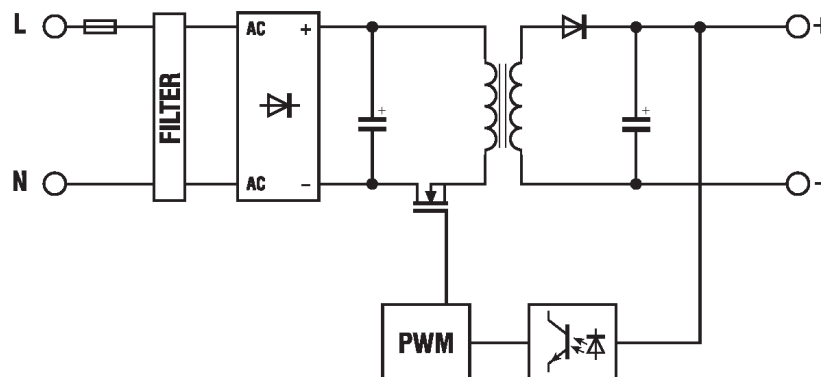


Rys. 2.2) Zasada działania zasilacza liniowego stabilizowanego

Budowa zasilacza impulsowego jest znacznie bardziej skomplikowana. Zasada działania jest zupełnie inna niż zasilaczy liniowych. Napięcie sieciowe jest prostowane i przetwarzane na napięcie stałe.

Układ modulacji szerokości impulsów PWM (ang. Pulse width modulation) generuje napięcie o częstotliwości 50-200kHz. Umożliwia to znaczną redukcję strat w miedzi, ponieważ liczba zwojów transformatora maleje wraz ze wzrostem częstotliwości. Napięcie wtórne jest prostowane, filtrowane, po czym zostaje przekazane bezpośrednio na obciążenie. W celu stabilizacji napięcia mierzony jest prąd i napięcie wyjściowe i odpowiednio zmienia się współczynnik wypełnienia przebiegu sterującego kluczem po pierwotnej stronie transformatora.

Kluczowanie po stronie pierwotnej (ang. primary switching), gdzie jest duża częstotliwość, wymaga mniejszego transformatora w porównaniu z transformatorem na 50Hz.



Rys. 2.3) Zasada działania zasilacza impulsowego

2.3 Porównanie zasilaczy impulsowych i liniowych

Poniższa tabelka zawiera podstawowe właściwości którymi charakteryzują się podstawowe dwa rodzaje zasilaczy:

Rodzaj zasilacza	Zalety	Wady
Liniowy niestabilizowany	<ul style="list-style-type: none">• Prosta i niezawodna konstrukcja• Niska cena	<ul style="list-style-type: none">• Duże tętnienia napięcia wyjściowego• Brak jakiegokolwiek stabilizacji• Mała sprawność• Duża waga i wymiary
Liniowy stabilizowany	<ul style="list-style-type: none">• Małe tętnienia napięcia wyjściowego (ang. <i>ripple</i>)• Dobra jakość stabilizacji obciążeniowej (ang. <i>load regulation</i>)• Średnia jakość stabilizacji napięciowej (ang. <i>line regulation</i>)• Niski poziom emisji zakłóceń	<ul style="list-style-type: none">• Mała sprawność• Duża waga i wymiary
Impulsowy	<ul style="list-style-type: none">• Małe tętnienia napięcia (ang. <i>ripple</i>)• Bardzo dobra jakość stabilizacji obciążeniowej (ang. <i>load regulation</i>)• Bardzo dobra jakość stabilizacji napięciowej (ang. <i>line regulation</i>)• Wysoka sprawność• Małe rozmiary, waga i straty cieplne	<ul style="list-style-type: none">• Skomplikowana konstrukcja• Problemy związane z EMC

2.4 Jakiego zasilacza użyć?

Poniższa tabelka zawiera podstawowe kryteria którymi należy się kierować przy wyborze odpowiedniego zasilacza.

Zasilacz Impulsowy	<ul style="list-style-type: none">• przy wahającym się napięciu sieci (90-246Vac)• do zasilania urządzeń elektronicznych• gdy pożądana jest dobra stabilizacja napięcia• gdy zależy nam na małych stratach mocy, rozproszeniu ciepła wadze i wymiarach
Zasilacz liniowy stabilizowany	<ul style="list-style-type: none">• przy nie wahającym się napięciu sieci ($\pm 10\%$)• do zasilania urządzeń elektronicznych• przy wymaganiach małej emisji zakłóceń elektromagnetycznych
Zasilacz liniowy niestabilizowany (z filtrem)	<ul style="list-style-type: none">• przy bardzo stabilnej sieci zasilającej ($\pm 5\%$)• do zasilania urządzeń o bardzo dużej tolerancji na zmiany napięcia wyjściowego i tętnienia• w celu redukcji kosztów

3 STRONA WEJŚCIOWA ZASILACZA

3.1 Napięcie wejściowe

Napięcie wejściowe zasilacza oznacza napięcie przyłączone na zaciski wejściowe urządzenia. Dla zasilaczy stosowanych w automatyce jest to najczęściej 230Vac dla wejść jednofazowych lub 3x380Vac dla wejść trójfazowych, rzadziej spotykane są wejścia jednofazowe 110Vac lub 24Vac.

3.1.1 Znamionowe napięcie wejściowe

Poziomy znamionowe napięć sieciowych przyjętych na świecie pokazuje poniższa tabela.

Napięcia sieciowe w różnych krajach wg. IEC-EN

Sieć jednofazowa	Napięcie znamionowe	min-max napięcie
<i>Europa</i>	<i>230Vac ±10%</i>	<i>207 – 253Vac</i>
<i>Wielka Brytania</i>	<i>240Vac ±10%</i>	<i>216 – 264Vac</i>
<i>USA</i>	<i>120Vac ±10%</i>	<i>108 – 132Vac</i>
<i>Japonia</i>	<i>100Vac ±10%</i>	<i>90 – 110Vac</i>

Sieć trójfazowa	Napięcie znamionowe	min-max napięcie
<i>Europa</i>	<i>400Vac ±10%</i>	<i>360 – 440Vac</i>
<i>USA</i>	<i>480Vac ±10%</i>	<i>432 – 528Vac</i>
<i>USA</i>	<i>207Vac ±10%</i>	<i>186 – 228Vac</i>
<i>Kanada</i>	<i>575Vac ±10%</i>	<i>517 – 632Vac</i>

Normy IEC oraz EN dopuszczają wahania napięcia sieciowego w przedziale około $\pm 10\%$ wartości znamionowej przyjętej przed dany kraj.

3.1.1.1 Oznaczenie napięcia na zasilaczach

Normy IEC, EN, UL pozwalają producentom na oznaczenie napięcia znamionowego zasilacza na wiele różnych sposobów, ale wymagają by podany był na tabliczce zasilacza również prąd pobierany z sieci przy danym napięciu wejściowym.

Prąd wejściowy jest podstawową informacją techniczną pozwalającą prawidłowo dobrać grubość przewodów połączeniowych oraz zabezpieczenia prądowe na linii AC. Zatem jeśli na tabliczce znamionowej podane jest 100-240Vac, prąd pobierany z sieci musi być podany dla napięć 100Vac oraz 240Vac, jeśli na etykiecie jest 120-230Vac, prąd pobierany z sieci musi być dla napięć 120Vac oraz 230Vac.

Najczęściej spotyka się na etykietach zasilaczy napięcia 120-230Vac i odpowiednie dla tych napięć prądy, ponieważ te poziomy napięć zostały przyjęte przez najwięcej krajów.

Producent musi również podać końcowemu użytkownikowi minimalne i maksymalne dopuszczalne napięcie wejściowe zasilacza oraz musi jasno zaznaczyć, czy należy zastosować jakieś ograniczenia w związku z wahaniami napięcia wejściowego dopuszczalnego przez IEC-EN, np. pewne ograniczenie prądu wyjściowego przy napięciu wejściowym 90 Vac.

W każdym bądź razie według międzynarodowych standardów IEC-EN-UL każdy zasilacz, jak również każde inne urządzenie, musi pracować prawidłowo przy wahaniami napięcia sieciowego $\pm 10\%$ wartości znamionowej.

Istnieje jednak kilka trudności technicznych w projektowaniu zasilaczy impulsowych, które potrafią utrzymać niezmiennie parametry wyjściowe w szerokim zakresie wahań napięcia zasilającego np. w zakresie od 90 do 264Vac. Normy IEC-EN-UL pozwalają jednak producentowi na obniżenie parametrów wyjściowych przy pracy w warunkach granicznych, np. gdy napięcie wejściowe będzie wynosiło tylko 90 Vac. Producent musi wówczas przedstawić użytkownikowi informację o każdej redukcji parametrów, warunkach środowiskowych, ograniczeniach parametrów znamionowych w formie jasnej dokumentacji technicznej na produkcie, w karcie katalogowej lub instrukcji użytkownika.

3.1.1.2 Zakres napięć wejściowych

Zasilacze stosowane w automatyce mają najczęściej następujące zakresy napięć:

- Zasilanie o szerokim zakresie: przykładowo zakres napięć zasilających od 90-264Vac umożliwia zasilanie z sieci jednofazowych zarówno 110Vac jak i 230Vac. Taki zakres napięć pokrywa również dopuszczalne wahania napięcia $\pm 10\%$.
- Zasilanie dwuzakresowe: jedno z dwóch napięć należy wybrać za pomocą odpowiedniej zworki lub przełącznika np. 110Vac ($\pm 10\%$) lub 230Vac ($\pm 10\%$). Wybór złego zasilania grozi uszkodzeniem zasilacza.

3.1.2 Wahania napięcia znamionowego

Normy IEC oraz EN dopuszczają wahania na poziomie $\pm 10\%$ wartości znamionowej, zatem wszystkie urządzenia muszą gwarantować poprawną pracę znamionową i bezpieczeństwo przy wahaniami w napięciu sieciowym $\pm 10\%$.

Podwyższone napięcie może spowodować pogorszenie się właściwości materiałów izolacyjnych, zwiększyć prąd upływu oraz zmniejszyć wytrzymałość izolacyjną przerw powietrznych i na płytce PCB oraz parametry izolacji pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a wtórnym transformatora.

Zbyt niskie napięcie powoduje zwiększenie prądu pobieranego z sieci (by zachować stałą moc na wyjściu), co skutkuje zwiększeniem strat mocy, które to z kolei mogą doprowadzić do przegrzania elementów.

Jeśli producent nie podał żadnych dodatkowych informacji na temat ograniczenia parametrów znamionowych w odniesieniu do napięcia wejściowego, temperatury lub obydwu powyższych oznacza to, że zasilacz o napięciu wejściowym z zakresu 90-264Vac musi zachować parametry znamionowe w przypadku gdy napięcie wejściowe wzrośnie do maksymalnej dopuszczalnej wartości 264Vac lub gdy spadnie do minimalnej wartości 90Vac.

3.1.2.1 Za wysokie napięcie wejściowe

Przy zasilaniu napięciem powyżej maksymalnej dopuszczalnej wartości może zostać uszkodzone wejście zasilacza. To, czy uszkodzenie nastąpi czy nie zależy od wartości napięcia oraz czasu. Jeśli zasilacz o wejściu 100-240 Vac będzie zasilany napięciem 400Vac przez czas dłuższy niż kilka ms uszkodzenie stopnia wejściowego zasilacza jest nieuniknione.

3.1.2.1.1 Skutki wzrostu napięcia wejściowego

Jeśli zasilacz jest zasilany napięciem wyższym niż maksymalna dopuszczalna wartość przez czas dłuższy niż kilka ms, natychmiastową konsekwencją jest zwarcie warystora zabezpieczającego przed przepięciami dołączonego pomiędzy linie L i N w zasilaczach 1-fazowych lub L1-L2-L3 w zasilaczach 3-fazowych. Powoduje to wybuch i spalanie warystora. Gdy warystor jest zwarty zadziała zabezpieczenie nadprądowe/zwarciove na linii AC i odłączy

obwód. Ponowne załączenie obwodu będzie niemożliwe ponieważ cały obwód jest zwarty przez uszkodzony warystor.

3.1.2.1.2 Najczęstsze przyczyny wzrostu napięcia wejściowego

Jak to możliwe, że 1-fazowy zasilacz zostanie podłączony do napięcia 400Vac? Najczęstszą przyczyną jest::

- błąd połączeń przewodów (nieuwaga instalatora)
- pojedyncza faza bardzo często jest brana jako L+N z sieci trójfazowej. W sieciach trójfazowych bardzo często punkt neutralny jest uziemiony. W przypadku zwarcia pomiędzy fazą a przewodem neutralnym lub ochronnym na wejście zasilacza przyłożone zostanie napięcie 400Vac przez czas zależny od czasu zadziałania zabezpieczenia nadprądowego/zwarciovogo. Zdarza się, że ten czas jest stosunkowo długi (normy IEC-EN dopuszczają czas wyłączenia 400ms, ale czas ten może być dłuższy w zależności od warunków w jakich pracuje sieć zasilająca). Czas ten wystarcza by stopień wejściowy zasilacza uległ uszkodzeniu.

3.1.2.1.3 Zabezpieczenie przed zbyt wysokim napięciem wejściowym

Zasilacz można ochronić przed zbyt dużym napięciem zasilającym na dwa sposoby:

- Można zastosować transformator o trójfazowym uzwojeniu pierwotnym i jednofazowym uzwojeniu wtórnym by zapewnić izolację i redukcję napięcia otrzymując jednofazowe napięcie 120 lub 230 VAC z trójfazowego napięcia 400 lub 480Vac. Nie wolno uziemiać uzwojenia wtórnego.
- Można zastosować zasilacz o bardzo szerokim zakresie napięć wejściowych z przedziału 90-550Vac (np. Cabur CSW75C lub CSW120C). Zastosowanie tej jeszcze nowatorskiej technologii pozwala na pracę zasilacza nawet gdy jest podłączony do pojedynczej fazy, w której z powodu awarii napięcie wzrosło do 500Vac. Zaletą tego typu zasilaczy jest możliwość podłączenia i pracy przy napięciu przewodowym (L+N) jak i fazowym (L1+L2).

3.1.2.2 Za niskie napięcie wejściowe

Gdy napięcie AC w sieci zasilającej spadnie poniżej minimalnej dopuszczalnej przez IEC-EN lub producenta wartości, wówczas (w zależności jak wielki jest to spadek) natychmiastową konsekwencją może być:

- wyłączenie wyjścia zasilacza,
- wysoki wzrost prądu pobieranego z sieci (prądu wejściowego),
- zwiększenie tętnień napięcia wyjściowego: im większe obciążenie, tym większe tętnienia,
- spadek wartości napięcia wyjściowego DC: im większe obciążenie, tym większy spadek napięcia.

3.1.2.2.1 najgorsze warunki pracy

Dla zasilaczy impulsowych najgorsze warunki pracy występują przy pełnym obciążeniu i minimalnym napięciu wejściowym. W takich warunkach tętnienia osiągają maksymalny poziom a jakość stabilizacji napięcia DC jest najgorsza. Niemniej jednak w zasilaczach wysokiej klasy przy pracy w tak trudnych warunkach tętnienia i stabilizacja mieszczą się jeszcze w dopuszczalnych granicach.

3.1.2.2.2 skutki długotrwałego niskiego poziomu napięcia wejściowego

Gdy napięcie zasilające spadnie poniżej minimalnej dopuszczalnej wartości przez czas np. kilku minut i gdy wyjście dostarcza mocy znamionowej, wówczas wejście zasilacza obciążone jest większym prądem niż znamionowy, co powoduje przegrzanie elementów wejściowych i może doprowadzić do uszkodzenia lub (jeśli jest dostępne) zadziałania zabezpieczenia termicznego, które wyłączy zasilacz.

Należy zawsze unikać warunków pracy przy minimalnym napięciu wejściowym i maksymalnym obciążeniu ponieważ skraca się żywotność elementów. Jeśli jest to możliwe należy rozważyć zastosowanie transformatora dopasowującego napięcie do bezpieczniejszego poziomu znamionowego np. 230 Vac.

3.1.2.3 Flickery, zapady i krótkie przerwy napięcia

Napięcie wejściowe zasilacza nigdy nie jest idealne, zwłaszcza w środowisku przemysłowym. Istnieje wiele zjawisk wpływających niekorzystnie na pracę zasilaczy. Są to przede wszystkim:

- Zapady napięcia: gdy wartość napięcia jest niższa niż dopuszczona przez IEC, EN i UL przez długi okres czasu.
- Przerwy w napięciu: gdy napięcie spada do zera na kilka okresów AC
- Flickery (migotanie): niskoczęstotliwościowe wahania napięcia sieci w odniesieniu do wartości znamionowej.

Powyższe zdarzenia obniżają jakość i parametry sieci zasilającej. Często występują w energetycznych systemach przemysłowych i mogą być niebezpieczne dla wszystkich urządzeń, nie tylko zasilaczy. Słaba jakość napięcia AC jest bardzo często przyczyną uszkodzeń urządzeń elektronicznych zasilanych z linii AC.

3.1.2.4 Przepięcia

Impuls napięcia w linii AC o dużej wartości szczytowej, który może być pojedynczy (tzw. *Surge*, duża energia) lub wielokrotny (tzw. *Burst*, mała energia). Udarów spowodowane są wyładowaniami atmosferycznymi, awariami linii zasilających, komutacją dużych prądów, zadziałaniem wyłączników, przełączaniem styczników i przekładników. Impulsy typu *Burst* nie są czymś niezwykłym w przemyśle, są one praktycznie codziennością. Bardzo często zaraz po zapadzie napięcia pojawia się przepięcie.

3.1.2.4.1 Skutki przepięć

Normy IEC1000..., PN-EN 61000-4-2, -4-4, -4-5 mówią, że wejście zasilacza musi wytrzymać 2,5kV udar typu *Surge* pomiędzy fazami i fazą a punktem neutralnym oraz 4kV pomiędzy fazą a przewodem ochronnym. Badanie odporności na impulsy typu *Surge* wymagają impulsu napięcia 1,2/50 oraz impulsu prądu 8/20. By wytrzymać impulsy o tak dużej energii stopień wejściowy jest zazwyczaj zabezpieczony warystorem włączonym między L-N w zasilaczach 1-fazowych oraz pomiędzy L1-L2-L3 w zasilaczach 3-fazowych.

3.1.2.4.2 Zabezpieczenie przed przepięciem

Prądy udarowe większe niż 4,5kA, 8/20 niszczą warystory i często inne elementy. Gdy mamy do czynienia z częstymi awariami stopnia wejściowego zasilacza lub innych urządzeń zasilanych z sieci AC należy podłączyć urządzenie ochronne klasy C, 10kA, 8/20 pomiędzy fazę a masę. Należy zainstalować zabezpieczenie przepięciowe tam, gdzie linia AC jest przyłączona do głównych złączy szafy. Wymagają tego również normy IEC-EN-UL, których należy przestrzegać przy projektowaniu urządzeń elektrycznych, panelów sterujących i szaf sterowniczych.

3.2 Prąd wejściowy

3.2.1 Znamionowy prąd wejściowy

Znamionowy prąd wejściowy jest to prąd, który płynie przez obwód wejściowy (prąd pobierany z sieci) przy znamionowym napięciu zasilania, znamionowym napięciu wyjściowym i znamionowej mocy wyjściowej.

W zasilaczach impulsowych prąd wejściowy zwiększa się gdy napięcie wejściowe obniża się. Dzieje się tak dlatego, że urządzenie musi utrzymać stały prąd na wyjściu (stałą moc).

Czas życia urządzenia elektronicznego zależy od temperatury pracy jego elementów składowych, co jest ściśle powiązane z przepływem prądu przez nie i zdolności odprowadzania ciepła. Konsekwencją tego jest fakt, że jeśli weźmiemy dwa identyczne zasilacze o napięciu wejściowym np. 100-240 Vac i jeden z nich będzie pracował przy napięciu 100 Vac a drugi przy 240 Vac, to ten pracujący przy niższym napięciu będzie miał krótszy czas życia, ponieważ pracuje przy większym prądzie wejściowym.

3.2.2 Prąd rozruchowy (startowy)

Podczas załączenia zasilacza pojawia się impuls prądu o dużej wartości szczytowej i czasie trwania kilku ms. Prąd ten zwany prądem rozruchowym lub startowym pojawia się na skutek procesu ładowania wejściowych kondensatorów elektrolitycznych. Kondensatory elektrolityczne są widziane przez mostek prostowniczy (a zatem i przez sieć zasilającą) jako zwarcie w czasie ich ładowania. Efekt ten pojawia się z każdym załączeniem zasilacza lub po zaniku i powrocie napięcia sieciowego. Prąd rozruchowy zwiększa się wraz ze wzrostem napięcia sieciowego oraz wraz ze wzrostem pojemności kondensatorów elektrolitycznych.

3.2.2.1 Prąd rozruchowy a selektywność zabezpieczeń

Impuls prądu pojawiający się w czasie załączenia zasilacza może spowodować zadziałanie zabezpieczeń zwarciovych/przeciążeniowych po stronie AC. Zadziałanie zabezpieczeń może być również spowodowane zapadami napięcia, flickerami lub zanikami napięcia AC, które w niektórych przypadkach można rozumieć jako sekwencja „włącz - wyłącz” zasilacz.

Ponieważ zaniki napięcia (bardzo krótkie przerwy w dostawie energii) często są niewidoczne z punktu widzenia użytkownika, wyłączenie zasilacza z ich powodu może niesłusznie sugerować awarię i prowadzić do niepotrzebnego i kosztownego zatrzymania procesu, maszyny, systemu itp.

Jeśli zasilacz nie jest wyposażony w mechanizmy ograniczania prądu startowego, to dobór zabezpieczeń przed przeciążeniem i ograniczenie prądu na przewodach zasilających jest kłopotliwe. W takim przypadku jeśli poziom zabezpieczenia linii jest dobrany na maksymalny szczytowy prąd rozruchowy, prawdopodobnie będzie to wartość za duża by skutecznie chronić przewody. Z drugiej strony gdy poziom zabezpieczenia będzie za mały, przewody będą pewnie i skutecznie chronione, ale może to prowadzić do częstych wyłączeń przy starcie zasilacza lub przy niestabilnej sieci zasilającej.

Przy zasilaczach 3-fazowych o prądach wyjściowych rzędu 20A, 30A, 40A prąd rozruchowy jest zawsze bardzo duży (ponad 80A w impulsie, podczas gdy znamionowy prąd wejściowy to około 1-2A), dlatego w obwodzie wejściowym zasilaczy niezbędny jest układ ograniczający ten właśnie prąd.

3.2.2.2 Ograniczenie prądów startowych

Na chwilę obecną istnieją dwie podstawowe metody ograniczania prądów startowych zasilaczy:

- **Metoda biernego ograniczenia prądów startowych:** na wejściu zasilacza włączony jest szeregowo termistor o ujemnym współczynniku temperaturowym (jego rezystancja znacznie należy przy wzroście temperatury). Przy załączeniu zimnego zasilacza duża szeregowo rezystancja ogranicza prąd startowy. Po rozgrzaniu się urządzenia podczas normalnej pracy rezystancja obniża się i nie powoduje dodatkowych strat i spadków napięcia. Wadą tego rozwiązania są problemy przy załączeniu już rozgrzanego urządzenia. Pomimo tego jest to wystarczające i tanie rozwiązanie przy zasilaczach małej mocy do 120W.
- **Metoda aktywnego ograniczenia prądów startowych:** na wejściu zasilacza włączony jest szeregowo rezystor o stałej rezystancji, który na zasadzie zwierania i rozwierania przez tranzystor sterowany z układu pomiarowego prądu kształtuje średnią rezystancję, która odpowiednio ogranicza prąd. Metoda bardzo skuteczna, niezależna od temperatury, stosowana w zasilaczach dużych mocy.

4 STRONA WYJŚCIOWA ZASILACZA

4.1 Znamionowe napięcie wyjściowe

Znamionowe napięcie wyjściowe jest to napięcie jakiego zasilacz powinien dostarczać przy zmianach prądu wyjściowego od 0 do 100%. Jeśli napięcie wyjściowe jest nastawialne, to najczęściej zakres tego napięcia podany jest przy potencjometrze służącym do jego nastawiania.

Napięcie wyjściowe zasilaczy impulsowych jest bardzo stabilne i dokładne dzięki pętli regulacji ze sprzężeniem zwrotnym. Pomimo układu regulacji obniżenie się napięcia wyjściowego może mieć miejsce na skutek:

- dużego spadku napięcia na linii AC
- dużego przeciążenia na wyjściu np. przy starcie urządzeń o ciężkim rozruchu lub zwarcia na linii DC.

W wyżej wymienionych przypadkach spadek napięcia jest nieunikniony. Gdy jednak spadek napięcia na wyjściu nie jest spowodowany powyższymi czynnikami lub innymi zewnętrznymi warunkami oznacza to prawdopodobną awarię zasilacza.

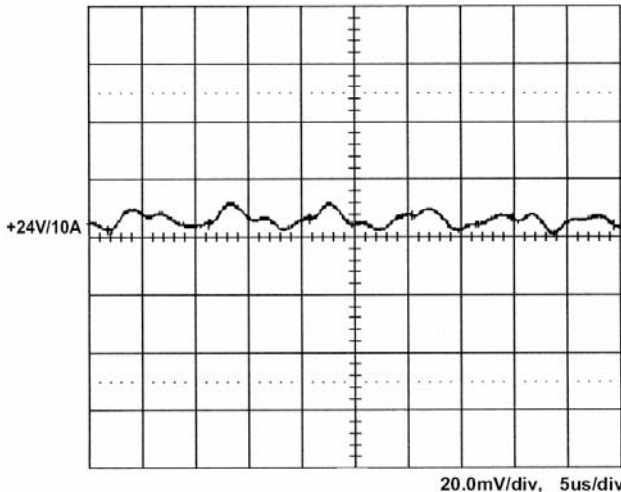
4.1.1 Zasilacze o nastawialnym napięciu

Jeżeli zasilacz wyposażony jest w możliwość nastawienia wartości napięcia wyjściowego (najczęściej za pomocą potencjometru) należy pamiętać, że zasilacz posiada pewne dopuszczenia (np. według UL) dla znamionowej mocy wyjściowej, a nie dla znamionowego prądu. Konsekwencją tego jest fakt, że jeśli napięcie wyjściowe nastawimy na poziomie np. 27Vdc, prąd wyjściowy należy zredukować tak, by utrzymać znamionową moc zasilacza zgodną z dopuszczeniem. Przykładowo niech moc zasilacza wynosi 240W (24Vdc / 10A). Jeśli podniesiemy napięcie do 27Vdc, to przy 10A moc wyniesie 270W, a dopuszczenie jest tylko do 240W. Zwiększenie mocy wyjściowej zasilacza powoduje wzrost temperatury elementów, więc jeśli zwiększamy napięcie wyjściowe zasilacza powyżej wartości znamionowej należy jednocześnie ograniczyć prąd wyjściowy by utrzymać moc znamionową, a co za tym idzie dopuszczenia.

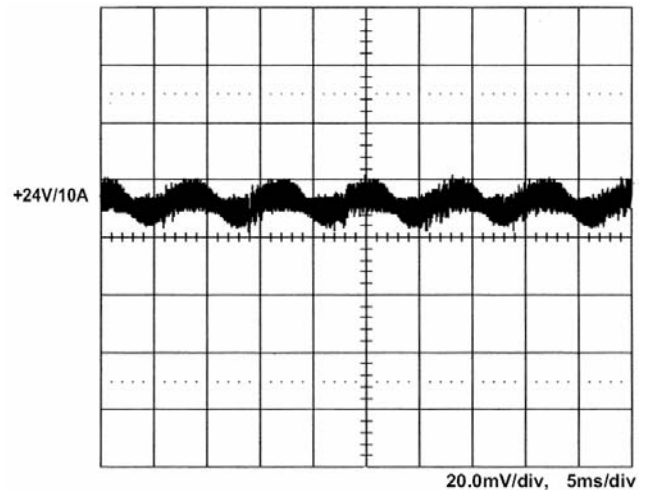
Jeśli nie ograniczymy prądu, to w przypadku awarii odpowiedzialność spada na użytkownika końcowego, który używał urządzenia niezgodnie z przeznaczeniem. Z drugiej jednak strony zabezpieczenie termiczne zasilacza gwarantuje bezpieczną pracę w przypadku nie stosowania się do powyższych reguł.

4.1.2 Tętnienia i szумы

Tętnienia i szумы na wyjściu DC to okresowe (tętnienia) lub losowe (szумы) sygnały w zakresie częstotliwości od 10Hz do 20MHz, mierzone w mV_{pp} (pik-pik, wartość międzyszczytowa). Typowe pomiary szumów i tętnień dokonywane są przy znamionowym prądzie wyjściowym i obciążeniu rezystancyjnym, znamionowym napięciu wejściowym, po 5 minutowym rozgrzaniu, za pomocą oscyloskopu o paśmie 20MHz i sondy z kondensatorem ceramicznym 0,1μF i elektrolitycznym 10μF podłączonej bezpośrednio do wyjścia. Zasilacze liniowe charakteryzują się tętnieniami o niskich częstotliwościach, najczęściej 100Hz związanych z częstotliwością sieciową. Zasilacze impulsowe charakteryzują się zarówno tętnieniami o wysokich częstotliwościach rzędu 70..120kHz związanych z częstotliwością pracy przetwornicy oraz o niskich częstotliwościach związanych z częstotliwością sieciową.



Rys. 4.1) Tętnienia pochodzące od częstotliwości kluczkowania



Rys. 4.2) Tętnienia pochodzące od linii zasilającej

4.1.2.1 Negatywne skutki tętnień i szumów

W zasadzie w większości zastosowań tętnienia i szumy generowane przez zasilacze impulsowe nie odgrywają żadnej roli, ponieważ większość urządzeń w automatyce może pracować przy tętnieniach do 500mV_{pp}. Typowe wartości tętnień współczesnych zasilaczy to 40-200mV_{pp}. Tętnienia mogą być przyczyną problemów gdy zasilacz generuje je zbyt duże wskutek uszkodzenia lub gdy zasilane urządzenie jest bardzo wrażliwe na tętnienia. Często problemy związane z tętnieniami wynikają ze złego okablowania i uziemienia obwodu.

4.1.2.2 Inne źródła szumów

Jeśli zasilacz służy do zasilania obciążeń indukcyjnych takich jak np. silniki DC i nie są one wyposażone w odpowiednie filtry i urządzenie tłumiące przepięcia, należy pamiętać o tym, że tego typu obciążenia generują bardzo duże szumy do linii DC, które z kolei mogą powodować problemy lub nawet awarię innych urządzeń zasilanych z tej samej linii DC.

4.1.3 Stabilizacja napięcia

Stabilizacja napięcia jest to zdolność zasilacza do utrzymywania napięcia znamionowego na zadanym poziomie (np. 24Vdc) niezależnie od zmian napięcia zasilającego i obciążenia.

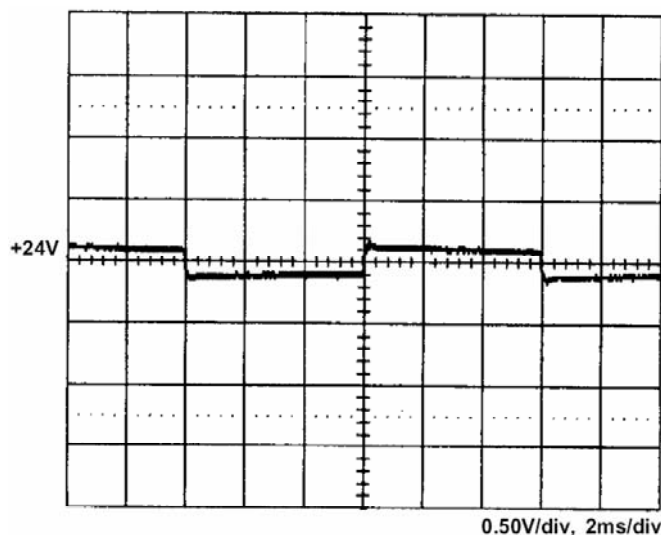
4.1.3.1 Stabilizacja napięciowa

Stabilizacja przy zmianach napięcia zasilania (zwana też krócej stabilizacją napięciową) jest to zdolność do utrzymywania stałego napięcia na wyjściu zasilacza przy zmianach napięcia zasilającego AC w maksymalnym dopuszczalnym przedziale (najczęściej $\pm 10\%$ wartości znamionowej lub w przedziale min-max napięcia zasilającego podanego przez producenta). Parametr ten jest właściwie bardzo dobry w większości zasilaczy impulsowych i rzadko jest powodem problemów.

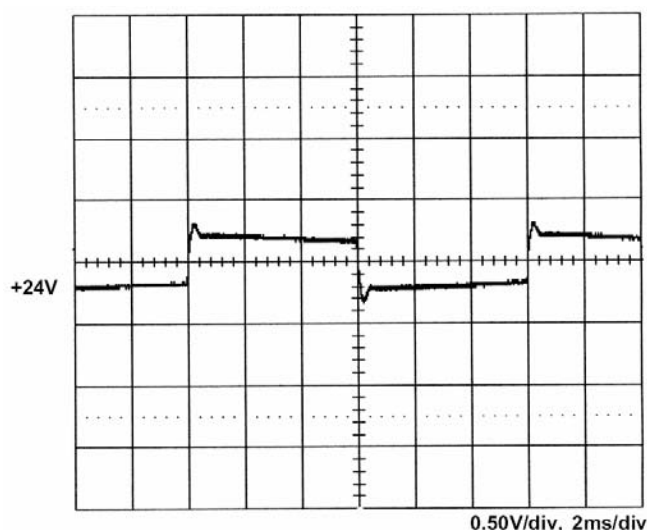
4.1.3.2 Stabilizacja obciążeniowa

Stabilizacja przy zmianach obciążenia (zwana też krócej stabilizacją prądową lub obciążeniową) jest to zdolność do utrzymywania stałego napięcia na wyjściu zasilacza przy zmianach obciążenia od 0 do 100%. Parametr ten jest bardzo ważny z punktu widzenia jakości napięcia DC w aplikacjach, gdzie obciążenie zmienia się w sposób skokowy i gdzie obciążenie wymaga dużego prądu rozruchowego.

Podczas załączania obciążeń wymagających dużego impulsu startowego, napięcie wyjściowe może spaść do wartości znacznie niższej niż znamionowe. Spadek zależy od amplitudy impulsu prądu i czasu jego trwania. Jeśli impuls prądu wymagany przez obciążenie jest większy niż impuls możliwy do przeniesienia przez zasilacz i jeśli ponadto czas trwania impulsu jest zbyt długi, wówczas zasilacz może potraktować impuls prądu jako przeciążenie. Przeciążenie zasilacza skutkuje jego wyłączeniem (układ zabezpieczenia przed skutkami przeciążeń i zwarc) lub obniżeniem napięcia wyjściowego, co w obu przypadkach może powodować problemy w działaniu urządzeń zasilanych z tej samej linii DC.



Rys. 4.3a) Odpowiedź na skok obciążenia od 1A do 5A przy napięciu wyjściowym +24V

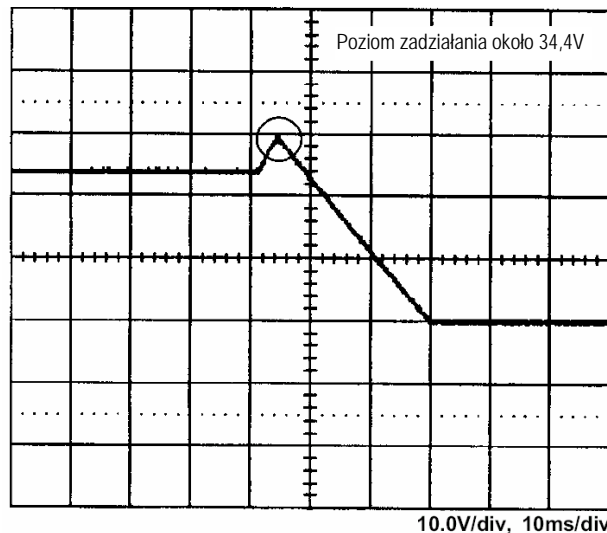


Rys. 4.3b) Odpowiedź na skok obciążenia od 1A do 10A przy napięciu wyjściowym +24V

Jakość stabilizacji napięcia wyjściowego przy zmianach obciążenia zależy głównie od przyjętej koncepcji i technologii wykonania układu zabezpieczeń przed skutkami przeciążeń. Niektóre obciążenia wymagają impulsu prądowego przy starcie sięgającego 5, 10, a nawet 20 krotności prądu znamionowego, co może być istotnym problemem przy zasilaczach o małej dynamice (zobacz zabezpieczenia przed przeciążeniem i zwarcie).

4.1.4 Ograniczenie napięcia wyjściowego

Obwód ograniczenia napięcia wyjściowego jest to układ, który w przypadku wewnętrznego uszkodzenia zasilacza zapobiega pojawieniu się na wyjściu napięcia wyższego niż 32Vdc (w zasilaczach o napięciu znamionowym 24Vdc) w celu ochrony przed uszkodzeniem zasilanych urządzeń.

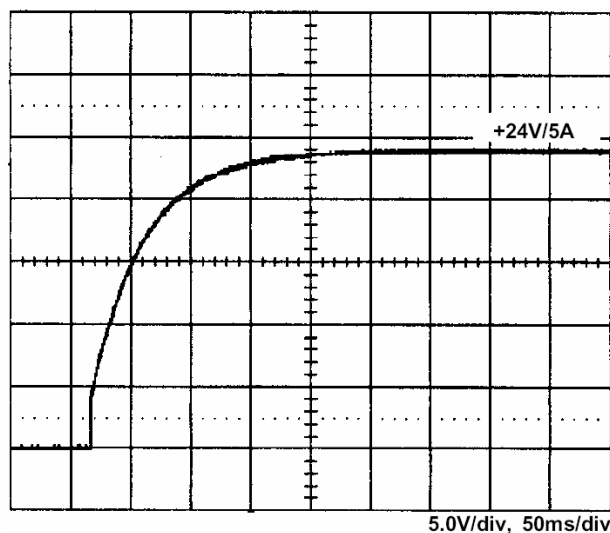


Rys. 4.4) Efekt zadziałania zabezpieczenia przed przepięciem w zasilaczu 24V

Niektóre zasilacze są również wyposażone w układ zabezpieczający przed uszkodzeniami z powodu przepięć przychodzących z linii DC.

4.1.5 Czas narastania

Czas narastania jest to czas pomiędzy chwilą załączenia napięcia sieci a chwilą gdy na wyjściu uzyskamy znamionowe napięcie i prąd. Czas narastania zależy nie tylko od konstrukcji i mocy zasilacza, ale również od napięcia sieci i obciążenia. Czas narastania wynosi od kilku milisekund do kilku sekund i nie jest krytycznym parametrem.



Rys. 4.5) Narastanie napięcia wyjściowego po załączeniu zasilacza.

4.1.6 Czas podtrzymania

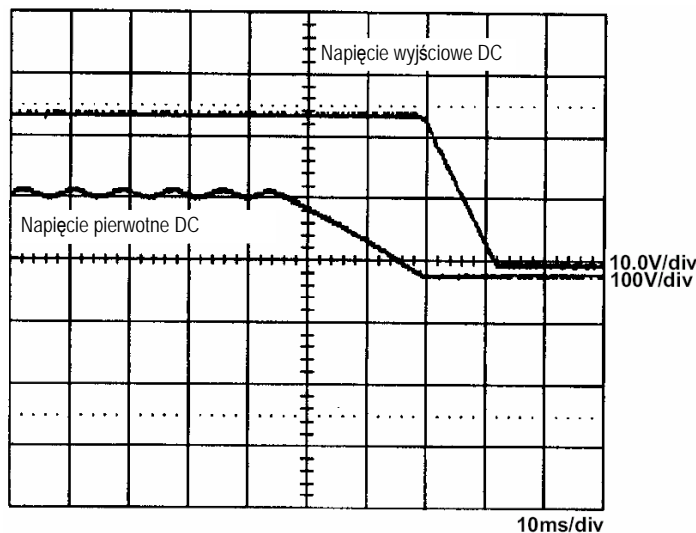
Czas podtrzymania jest to czas, w którym zasilacz może utrzymać napięcie i prąd znamionowy po odłączeniu go od sieci zasilającej. Czas podtrzymania waha się od 50ms do 100ms.

ZAPRASZAMY NA NASZE STRONY INTERNETOWE:

ul. Dąbrowskiego 441, 60-451 Poznań, tel. (061) 848 88 71, faks (061) 848 82 76, e-mail: info@astat.com.pl
str. 16 z 31

Zgodnie z normami IEC/EN z zakresu jakości zasilania, napięcie AC w linii zasilającej może spaść do zera przez czas 10 ms i jest to uważane za naturalne i nieuniknione zjawisko w sieci zasilającej. Jako konsekwencja każde elektroniczne urządzenie musi pracować poprawnie przy 10 ms przerwach w zasilaniu.

Czas podtrzymania mierzony jest przy pełnym obciążeniu od momentu spadku napięcia zasilającego poniżej 10% wartości znamionowej. Koniec pomiaru ma miejsce, gdy napięcie wyjściowe zasilacza spadnie do 10% wartości znamionowej. Gdy w czasie zaniku napięcia zasilacz nie był w 100% obciążony czas podtrzymania wydłuży się.



Rys. 4.6) Interpretacja czasu podtrzymania w rzeczywistym układzie

Aby wydłużyć czas podtrzymania można podłączyć kondensatory elektrolityczne do wyjścia (napięcie znamionowe kondensatorów musi być wyższe niż napięcie wyjściowe zasilacza). W linii 24Vdc o prądzie 1A dodanie 1.000 μ F do wyjścia spowoduje wydłużenie czasu podtrzymania o 2ms. Kondensatory elektrolityczne w czasie ładowania są „widziane” przez zasilacz jako zwarcie, zatem zbyt duża pojemność może przeciążyć zasilacz.

4.2 Znamionowy prąd wyjściowy

Znamionowy prąd wyjściowy jest to prąd, który zasilacz może dostarczać w sposób ciągły przy jednoczesnym zachowaniu pełnej wydajności i wszystkich parametrów zawartych w katalogu i określonych w dopuszczeniach. Prąd znamionowy musi być dostarczony zarówno przy minimalnym jak i maksymalnym napięciu zasilającym utrzymując napięcie wyjściowe nie mniejsze niż 10% wartości znamionowej (wartości poniżej której uznaje się że zasilacz jest w stanie przeciążenia).

4.2.1 Zależność między prądem znamionowym, przeciążeniowym i zwarciovym

Pojęcia prądu znamionowego, przeciążeniowego i zwarciovego są ściśle związane z mocą urządzenia. Ilustruje to poniższy przykład:

- obciążenie 1 Ω jest zwarcie dla zasilacza 24Vdc / 5A (24V przez 1 Ω = 24A, za dużo jak dla zasilacza 5A)
- obciążenie 1 Ω jest przeciążeniem dla zasilacza 24Vdc / 20A (24V przez 1 Ω = 24A co daje +20% dla zasilacza 20A)
- obciążenie 1 Ω jest typowym obciążeniem dla zasilacza 24Vdc/30A

4.2.2 Dopasowanie zasilacza i obciążenia

Zasilacz musi być dopasowany do obciążenia i uwzględniać nie tylko prąd znamionowy, ale również impuls prądu przy starcie. Przykładowo silnik 24Vdc / 1A przy rozruchu potrzebuje prąd rzędu 20A (ponieważ jego rezystancja przy rozruchu jest tak niska, że można ją traktować jako zwarcie) przez czas od kilkuset milisekund do kilku sekund w zależności od mechanicznych warunków rozruchu. Dla takiej aplikacji nawet zasilacz 5A może okazać się za mały.

4.2.3 Zabezpieczenie przed przeciążeniem i zwarcie

Zabezpieczenie przed skutkami przeciążeń i zwarc (krócej, choć nie do końca prawidłowo zwane zabezpieczeniem przed przeciążeniem i zwarcie) jest to obwód zabezpieczający przed awarią (prąd przeciążeniowy przegrzewa zasilacz), gdy na wyjściu zasilacza pojawi się prąd większy niż znamionowy. Zabezpieczenie to jest często oznaczane z angielskiego jako OVL (Overload Short Circuit Protection). Zasilacze są projektowane tak, by wytrzymać prąd znamionowy ciągły oraz prąd przeciążeniowy w ograniczonym czasie.

W zależności od projektu zasilacza w przypadku przeciążenia układ zabezpieczający ogranicza:

- prąd wyjściowy
- napięcie wyjściowe
- prąd i napięcie wyjściowe
- czas trwania przeciążenia

Praktycznie wszystkie zasilacze są w stanie dostarczyć prądu większego niż znamionowy w czasie zwarcia lub przeciążenia przez określony czas. Prąd przy przeciążeniu może wynosić np. +1% lub nawet +100% prądu znamionowego, a czas trwania takiego przeciążenia może się wahać od kilku milisekund do kilku sekund w zależności od konstrukcji zasilacza.

- Najczęściej mówi się, że w zasilaczu powinno zadziałać zabezpieczenie przed przeciążeniem, gdy jego napięcie wyjściowe jest o 10% niższe od napięcia znamionowego.
- W czasie gdy wyjście zasilacza dostarcza prąd przeciążeniowy niższy od maksymalnego dopuszczalnego prądu przeciążeniowego, napięcie wyjściowe pozostaje stabilne.
- Gdy prąd przeciążeniowy jest większy od dopuszczalnego prądu przeciążeniowego napięcie wyjściowe spada stopniowo (lub bezpośrednio, w zależności od konstrukcji zasilacza) prawie do zera.
- Gdy wyjście zasilacza jest całkowicie zwarte, pojawia się znikome napięcie wyjściowe zależne od całkowitej szczytkowej rezystancji linii DC, czyli:
 - rezystancji szczytkowej uszkodzonego obciążenia, które spowodowało zwarcie
 - rezystancji przewodów, złącz i bezpieczników
 - wewnętrznej rezystancji obwodu wyjściowego zasilacza

4.2.3.1 Tryb Hiccup

Przy pomocy technologii Hiccup konstruktorzy próbują znaleźć złoty środek pomiędzy zabezpieczeniem przed przeciążeniami, impulsami prądu na wyjściu i zabezpieczeniem samego zasilacza. Technologia Hiccup bazuje na możliwości dostarczenia bardzo dużych impulsów prądowych na wyjściu zasilacza z ograniczeniem czasu ich trwania do np. 100ms lub 500ms. W przypadku zwarcia lub przeciążenia na wyjściu pojawia się impuls prądu do 200% prądu znamionowego o czasie trwania np. 500ms. Po tym czasie wyjście jest odłączane na dłuższy czas np. 2 sekundy, po czym ponownie załączane na 500ms. Cykl ten powtarza się dopóki przyczyna przeciążenia lub zwarcia nie ustąpi. Technologia ta pozwala na uzyskanie dużych impulsów prądowych przez stosunkowo długi czas, co umożliwi start urządzeń o ciężkim rozruchu z jednoczesną ochroną zasilacza przed przegraniem i uszkodzeniem.

4.2.3.2 Tryb ograniczenia mocy (prądu)

W przypadku zwarcia napięcie wyjściowe spada prawie do zera a prąd wyjściowy zwiększa się do wartości maksymalnej wynikającej z konstrukcji zasilacza. Prąd przeciążeniowy jest nieustannie dostarczany do obwodu przez czas trwania zwarcia (obwód nie jest przerwany).

Jeśli prąd przeciążeniowy jest przynajmniej 30% większy od znamionowego, to technologia ta pozwala na start urządzeń o ciężkim rozruchu i zapewnia selektywność zadziałania zabezpieczeń. Podstawowa wada tego rozwiązania to praca zasilacza w ciężkich warunkach (dostarcza prąd większy od znamionowego).

Uwaga! Każde zabezpieczenie przed skutkami przeciążeń i zwarć jest projektowane i stosowane by chronić zasilacz, a nie by używać go jako zabezpieczenie przewodów linii DC i urządzeń. Jednakże gdy używamy zasilacza małej mocy np. 5A lub mniejszego i gdy przewody mają przekrój 1,5mm², wówczas układ zabezpieczeń zasilacza chroni jednocześnie linię DC. Gdy użyty zostanie zasilacz 10A lub więcej do zasilania wielu drobnych obciążeń zbiorczej szyny DC i użyte zostały przewody 0,75mm², wówczas dodatkowe zabezpieczenie na linii jest konieczne.

4.3 Znamionowa moc

Moc znamionowa jest to moc, którą zasilacz może dostarczać w sposób ciągły przy jednoczesnym zachowaniu pełnej wydajności i wszystkich parametrów zawartych w katalogu i dopuszczeniach bez przekroczenia dopuszczalnej temperatury (patrz też prąd znamionowy i napięcie znamionowe).

4.3.1 Sprawność zasilaczy

Każde urządzenie elektroniczne przy przetwarzaniu energii traci pewną moc z mocy pobieranej z sieci głównie na ciepło. Ciepło, które podwyższa jego temperaturę i temperaturę otoczenia, nie jest energią użyteczną i dlatego nazywana jest mocą strat (wyjątek to urządzenia grzejne). Wysoka sprawność oznacza małe rozproszenie mocy na ciepło, oszczędność energii, niższą temperaturę w obudowie. Współczesne zasilacze są w stanie osiągnąć sprawność 90% dla jednofazowych oraz 94% dla trójfazowych.

4.3.2 Moc tracona przez zasilacze

Zasilacz o mocy wyjściowej przykładowo 100W i sprawności 85% pobiera z sieci moc 117,6W. Dzieje się tak dlatego, że 17,6W jest tracone na ciepło. Producenci najczęściej nie zaznaczają mocy pobieranej z sieci, ale zaznaczają sprawność zasilacza, dzięki której możemy wyliczyć całkowitą moc i moc traconą na ciepło według wzoru:

$$P_{\text{trac}} = (P_{\text{wyj}} / \eta) - P_{\text{wyj}}$$

Przykład:

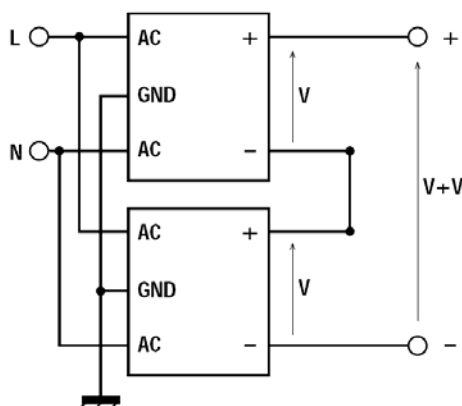
100W (moc wyjściowa) / 0,85 (sprawność) = 117,6W (całkowitej mocy wejściowej)

117,6W (moc wejściowa) – 100W (moc wyjściowa) = (17,6W mocy traconej na ciepło)

5 ŁĄCZENIE SZEREGOWE I RÓWNOLEGŁE

5.1 Łączenie szeregowe zasilaczy

Wszystkie zasilacze można łączyć szeregowo w celu podwyższenia napięcia wyjściowego. Napięcie wyjściowe jest wówczas sumą napięć zasilaczy składowych. Należy pamiętać, że łączenie szeregowe nie zwiększa mocy układu i dopuszczalny prąd jest równy dopuszczalnemu prądowi najmniejszego z zasilaczy. Diody odsprzedające nie są obowiązkowe, jednak są zalecane ponieważ zabezpieczają odbiornik.



Rys. 5.1) Połączenie szeregowe zasilaczy

5.2 Łączenie równoległe zasilaczy

5.2.1 Zwiększenie mocy

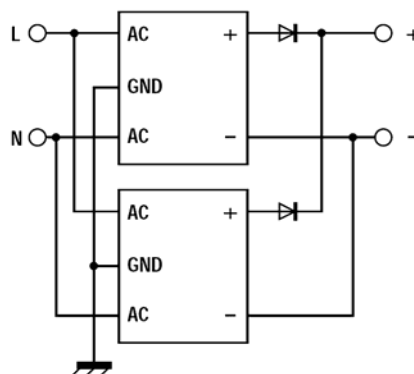
Wszystkie zasilacze można łączyć równoległe w celu zwiększenia mocy, chyba że producent zaznaczył inaczej. Należy jednak przestrzegać następujących wskazówek:

- Należy łączyć równoległe zasilacze tego samego modelu (najlepiej również z tej samej partii produkcyjnej).
- Należy nastawić równe napięcia wyjściowe z dokładnością $\pm 50\text{mV}$ na wszystkich łączonych zasilaczach zgodnie z następującą procedurą: poczekać 5 min. na rozgrzanie zasilaczy, dołączyć do wyjścia obciążenie rezystancyjne na 20-50% prądu znamionowego, ustawić napięcie, połączyć zasilacze równoległe.
- Wyjścia każdego z zasilaczy należy podłączyć do dodatniego i ujemnego zacisku głównej szyny zasilającej. Nie należy podłączać zasilaczy między sobą w formie „łańcucha” przy użyciu ich własnych zacisków.
- Łączenie równoległe w celu zwiększenia mocy nie wymaga stosowania diody odprzegajającej (tzw. *oring diode*) na wyjściu każdego z zasilaczy. Ich stosowanie jest jednak zalecane przy zasilaczach nie wyposażonych w układ współdzielenia prądu (*current share circuit*). Układy współdzielenia prądu czuwają nad równomiernym rozkładem mocy pomiędzy zasilacze pracujące równoległe.
- Należy pamiętać, że całkowita moc połączonych równoległe zasilaczy nie jest sumą mocy zasilaczy składowych. Całkowita moc wynosi około 80% sumy mocy zasilaczy składowych. Przykładowo dwa zasilacze po 5A nie dadzą 10A tylko około 8A.

5.2.2 Redundancja

Nadmiarowość (redundancja) jest obowiązkowa w aplikacjach, gdzie wymagany jest najwyższy stopień niezawodności, zarówno ze względu na bezpieczeństwo jak i zapewnienie nieprzerwanej pracy. Praca redundantna zasilaczy polega na ich równoległym połączeniu w następujący sposób:

- Każdy zasilacz przystosowany do pracy w układach redundantnych powinien być fabrycznie (lub przez użytkownika) wyposażony w diodę odprężającą podłączoną szeregowo do bieguna dodatniego wyjścia zasilacza (tzw. *oring diode*). Każdy zasilacz musi być wyposażony w taką diodę po to, by zwarcie na jednym z zasilaczy (np. wskutek jego awarii) nie spowodowało zwarcia i zadziałania zabezpieczeń przeciążeniowych wszystkich pozostałych zasilaczy.
- Zasilacze w układach redundantnych muszą być wyposażony w sygnalizację obecności lub braku napięcia na wyjściu. Realizowane jest to najczęściej przez bezpotencjałowy zestyk przekaźnika lub cyfrowy sygnał TTL.
- Zasilanie w układach redundantnych dla każdego z zasilaczy powinno być niezależne lub niezależnie zabezpieczone osobnymi zabezpieczeniami z uwzględnieniem odpowiedniej selektywności zadziałania po to, by w razie zwarcia po stronie sieci przy jednym zasilaczu nie odłączył napięcia przy wszystkich zasilaczach.
- Pojedynczy zasilacz pracujący w układzie redundantnym musi posiadać moc umożliwiającą samodzielne zasilanie całego układu w najgorszych warunkach. Jeśli całkowita moc układu wynosi przykładowo 240W, to każdy z zasilaczy łączonych równolegle musi mieć co najmniej 240W.



Rys. 5.2) Połączenie równoległe zasilaczy

5.2.3 Rozdział mocy

Alternatywnym rozwiązaniem dla pojedynczego zasilacza dużej mocy lub kilku zasilaczy mniejszej mocy połączonych równolegle jest podzielenie wymaganej mocy pomiędzy kilka niezależnych zasilaczy. Rozwiązanie to ma następujące zalety:

- Zasilacze mogą być zamontowane blisko odbiornika, co redukuje długość przewodów, a co za tym idzie spadki napięć. Nie trzeba podnosić napięcia na zasilaczu by uzyskać pożądane napięcie na końcu długiego przewodu.
- Zmniejszenie długości przewodów zasilających skutkuje polepszeniem właściwości EMC (mniejsza emisja i większa odporność na zakłócenia).
- Jeśli całkowitą moc podzielimy na cztery zasilacze po 10A zamiast jednego 40A, to okablowanie linii 24V i zabezpieczenia na tej linii będą znacznie tańsze.
- Awaria jednego zasilacza nie zatrzyma całego systemu.
- Łatwiej, szybciej i taniej znaleźć zamiennik do zasilacza małej mocy niż do zasilacza dużej mocy.

6 TEMPERATURA

6.1 Zależności między prądem a temperaturą

Prąd znamionowy i temperatura pracy są ze sobą ściśle powiązane. Prąd płynący przez elementy, przewodniki, ścieżki PCB itp. powoduje małe spadki napięcia, które pomnożone przez wartość płynącego prądu daje moc rozpraszaną na ciepło Joule'a. Skutkuje to wzrostem temperatury elementów i otoczenia. Zasilacze stosowane w automatyce przemysłowej najczęściej pracują w zamkniętych obudowach, szafach sterowniczych, wmontowane w panele itp., gdzie maksymalna dopuszczalna temperatura wynosi 45°C (113°F). Z tego powodu prąd znamionowy powinien być podawany zawsze dla danej temperatury pracy i najczęściej jest to właśnie 45°C. Nawet jeśli niektórzy producenci deklarują pracę zasilacza w temperaturze wyższej niż 45°C (113°F), przykładowo 60°C (140°F), należy pamiętać, że długotrwała praca urządzenia w podwyższonej temperaturze skraca żywotność urządzenia. Jest to proces nieodwracalny, z którym nawet najlepszy producent zasilaczy sobie nie poradzi.

6.2 Temperatura pracy zasilaczy

Dobrej klasy zasilacze o przyzwoitej sprawności pracując w temperaturze otoczenia 25°C (77°F) i dostarczając prąd znamionowy rozgrzewają się do temperatury o 25°-35°C (77-95°F) ponad temperaturę otoczenia. Osiągają zatem temperaturę 50-60°C (122-140°F) w najgorętszym swoim punkcie. Przy temperaturze otoczenia 45°C (113°F) ten sam zasilacz osiągnie zatem 70-80°C (158-176°F) w najgorętszym swoim punkcie, co oznacza maksymalną dopuszczalną temperaturę ze względu na żywotność niektórych elementów elektronicznych (przykładowo żywotność kondensatorów elektrolitycznych jest podawana dla 105°C (221°F)).

6.2.1 Zabezpieczenia termiczne

Zabezpieczenie termiczne jest to układ zabezpieczający przed uszkodzeniem elementów wskutek wzrostu temperatury ponad dopuszczalną wartość. Zabezpieczenie to jest często oznaczane z angielskiego jako OVTP (*Overtemperature portection*). Zabezpieczenie termiczne jest drugim, dodatkowym zabezpieczeniem, które zabezpiecza zasilacz gdy płynie prąd większy niż znamionowy (ale niższy niż dopuszczalny prąd przeciążeniowy) przez długi okres czasu. Przepływ takiego prądu przez długi czas w połączeniu ze zwiększoną temperaturą otoczenia lub pogorszeniem się warunków chłodzenia spowodowałoby uszkodzenie zasilacza.

Zabezpieczenie termiczne realizuje się monitorując temperaturę na pewnym kluczowym elemencie (najczęściej półprzewodnik lub jego radiator) i ustawieniu pewnej temperatury granicznej, przy której układ elektroniczny ograniczy prąd lub wyłączy całkowicie zasilacz. Z punktu widzenia zabezpieczenia termicznego układ wyłączający zasilacz jest lepszy niż układ ograniczający prąd, ponieważ wyłączenie zasilacza jest jasnym sygnałem że coś jest nie tak.

Gdy zasilacz ciągle się wyłącza na skutek zadziałania zabezpieczenia termicznego oznacza to, że jego warunki pracy są nieprawidłowe:

- Sprawdź czy prąd wyjściowy zasilacza nie jest większy niż znamionowy.
- Upewnij się, czy temperatura powietrza w szafie podczas pracy przy pełnym obciążeniu mieści się w dopuszczalnych granicach.
- Upewnij się, że temperatura powietrza otaczającego zasilacz jest niższa niż dopuszczalna temperatura podana przez producenta. Zazwyczaj dla znamionowej pracy ciągłej jest to 45°C.
- Jeśli zasilacz jest zamontowany obok urządzenia dużej mocy np. sterownik napędu lub falownik, który wytwarza dużo ciepła, wówczas opływające zasilacz gorące powietrze może go podgrzewać zamiast chłodzić.
- Zasilacz musi mieć około 5 cm (2 ") wolnej przestrzeni nad i pod oraz 1 cm z lewej i prawej strony.

- Oczyszczyć zasilacz z kurzu by umożliwić lepszy przepływ powietrza i odprowadzenie ciepła.
- Sprawdzić skuteczność systemu chłodzącego: wentylatory, filtry powietrza itp.
- Napięcie sieci nie może być mniejsze niż minimalne podane przez producenta.

6.3 Moc rozpraszana na ciepło

Gdy wewnątrz zamkniętej obudowy tracona jest jakaś moc elektryczna, temperatura powietrza w jej wnętrzu wzrasta w porównaniu z temperaturą powietrza na zewnątrz. Przyrost temperatury powietrza wewnątrz obudowy jest tym większy, im mniejsza jest objętość i wymiary obudowy.

6.4 Praca zasilaczy w zamkniętych, małych obudowach

Moc tracona przez urządzenia elektroniczne zwiększa ich temperaturę i zwiększa temperaturę otaczającego powietrza. Zakładając, że urządzenie pracuje w zamkniętej obudowie, temperatura wewnątrz obudowy zwiększa się. Ogólna zasada jest prosta: im mniejsza jest objętość obudowy tym temperatura wewnątrz będzie większa.

Wskazówka: 1W mocy traconej na ciepło wewnątrz obudowy o objętości 1dm³ zwiększa temperaturę o 10°C (50°F).

Dobierając zasilacz, musimy obliczyć jego prąd znamionowy oraz poziom ograniczenia prądu w funkcji temperatury, mając na uwadze również objętość obudowy, temperaturę otoczenia oraz moc rozpraszaną na ciepło przez inne urządzenia w tej samej obudowie. Należy również wziąć pod uwagę fakt, że jeśli zasilacz zasila urządzenia w tej samej obudowie, to one również powodują wzrost temperatury.

7 ZASILACZE I BEZPIECZEŃSTWO

7.1 Ochrona przed porażeniem elektrycznym

Normy IEC, EN oraz UL określają dwie klasy izolacji dla urządzeń zasilanych z linii AC.

Urządzenia klasy I:

Definiowane również jako urządzenia „o podwójnej izolacji”. Zbudowane są najczęściej z plastikowej, nie przewodzącej obudowy, która nie może znaleźć się pod niebezpiecznym napięciem wskutek awarii urządzenia, dlatego też nie musi być podłączona do przewodu ochronnego.

Uwaga: niektóre urządzenia klasy I mają złącze GND w celu podłączenia zewnętrznego filtra EMI, a nie ze względów bezpieczeństwa.

Urządzenia klasy II:

Są zbudowane z metalowej obudowy na której może pojawić się niebezpieczne napięcie wskutek awarii urządzenia i dlatego obudowa musi być podłączona do przewodu ochronnego.

Nawet jeśli zasilacz jest zabezpieczony przez odpowiedni bezpiecznik (co najczęściej ma miejsce w przypadku zasilaczy 1-fazowych) zalecane jest zabezpieczenie linii AC zasilającej zasilacz dodatkowym zabezpieczeniem nadprądowym lub bezpiecznikiem. Pozwala to również na bezpieczne odłączenie zasilacza od linii AC w celu zapewnienia bezpiecznej modyfikacji przy zasilaczu lub okablowaniu. Zasilacze 3-fazowe na ogół nie są dostarczane z wewnętrznym bezpiecznikiem, zatem zewnętrzne zabezpieczenie na linii AC jest absolutnie konieczne by zapewnić ochronę przed porażeniem elektrycznym lub pożarem.

7.2 Zabezpieczenie przed przeciążeniem i ryzykiem pożaru

Jeśli zasilacz nie jest dostarczony z wewnętrznym bezpiecznikiem należy go koniecznie zabezpieczyć zewnętrznym bezpiecznikiem od strony linii AC. Zasilacze 3-fazowe zazwyczaj nie posiadają wewnętrznego bezpiecznika, zatem zewnętrzne zabezpieczenie na linii AC jest koniecznością by zapewnić ochronę przed porażeniem i ochronę przed ryzykiem pożaru. Nawet jeśli zasilacz jest wyposażony w wewnętrzny bezpiecznik, to ze względów bezpieczeństwa pracy zalecane jest dodatkowe zabezpieczenie zewnętrznym bezpiecznikiem lub wyłącznikiem nadprądowym.

7.2.1 Zabezpieczenie przewodów sieciowych

Nawet jeśli zasilacz wyposażony jest w bezpiecznik na wejściu chroniący przed skutkami przeciążeń, przewody AC zasilające urządzenie muszą być również zabezpieczone przed przeciążeniem jeśli ich długość jest większa niż 4 m licząc od głównej szyny (normy EN). Niemniej jednak w celu lepszej ochrony przed porażeniem elektrycznym i ryzykiem pożaru zaleca się zawsze stosowanie dodatkowego zabezpieczenia przed przeciążeniem na przewodach AC.

7.2.2 Problem przepalających się bezpieczników

Bardzo często bezpieczniki wewnątrz zasilacza przepalają się wskutek przepięcia od strony sieci zasilającej, co powoduje uszkodzenie obwodów wejściowych zasilacza. W 99% przypadków przepalony bezpiecznik jest dowodem wewnętrznego uszkodzenia stopnia wejściowego zasilacza i nawet gdy bezpiecznik zostanie wymieniony zasilacz nie działa. Jeśli jednak okaże się że zasilacz działa po wymianie bezpiecznika, to może on być nie do końca sprawny i z tego powodu zasilacz nie może być uważany za w pełni bezpieczny. Z tego powodu wewnętrzny bezpiecznik powinien być wymieniany przez autoryzowany i wyszkolony personel, który potrafi wykryć potencjalne uszkodzenia.

7.3 Selektywność zabezpieczeń na linii DC

Każdy zasilacza musi być w stanie przenieść impulsy prądu po to, by zapewnić selektywność zadziałania zabezpieczeń na linii DC. Gdy dopuszczalny prąd przeciążeniowy zasilacza jest ustawiony np. na poziomie +5% lub +10% prądu znamionowego, wówczas bardzo trudno jest dobrać wartość głównego bezpiecznika zabezpieczającego linię DC. Z drugiej jednak strony zabezpieczenie przeciążeniowe samego zasilacza jako urządzenia jest bardzo dobre. Gdy dopuszczalny prąd przeciążeniowy zasilacza pozwala na przeniesienie prądów o wartości np. +50% prądu znamionowego, wówczas o wiele łatwiej jest dobrać wartość głównego bezpiecznika. Jednak w przypadku późniejszego użytkowania systemu bezpiecznik zostanie wymieniony na niewłaściwy, zasilacz może ulec uszkodzeniu.

Układ zabezpieczenia zasilacza przed przeciążeniami musi uwzględniać zdolność zasilania odbiornika, selektywność zabezpieczeń i również... zabezpieczenie samego siebie. Zatem ustawienie progu zadziałania zabezpieczeń jest zawsze kompromisem pomiędzy funkcjonalnością a niezawodnością.

7.4 Badanie stanu izolacji urządzeń z zasilaczami

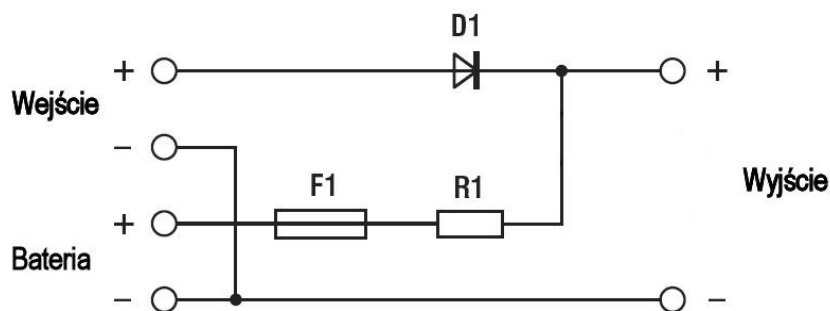
Zgodnie z normami bezpieczeństwa IEC950 oraz EN60950 badanie stanu izolacji urządzeń, w których zastosowany jest zasilacz (lub inne podobne urządzenie zasilane 120-230-400Vac) najlepiej przeprowadzać za pomocą miernika o pomiarowym napięciu DC. Jeśli do pomiarów użyty zostanie miernik z napięciem pomiarowym AC, wówczas napięcie AC płynie poprzez kondensatory wejściowego filtra EMI zasilacza włączone równolegle pomiędzy L i PE oraz N i PE. Wyniki badania stanu izolacji napięciem AC mogą wydawać się negatywne, ponieważ prąd upływu wykryty przez miernik jest prądem upływu przez kondensatory, a nie przez izolację.

Jeśli przykładowo w szafce do sieci podłączone są dwa lub więcej zasilaczy w celu zwiększenia mocy lub redundancji, kondensatory we filtrach EMI są połączone równolegle, zatem ich prądy upływu sumują się. W takim przypadku badanie izolacji napięciem AC z pewnością zakończy się niepowodzeniem. Dlatego też należy badać izolację miernikiem DC. Gdy nie posiadamy takiego, możemy wykonać kilka pomiarów miernikiem AC, za każdym razem podłączając tylko jeden z zasilaczy.

8 ŁADOWANIE AKUMULATORÓW

Prawie każdy zasilacz może być użyty do ładowania akumulatora pod warunkiem przestrzegania następujących instrukcji:

- Dla baterii 24V należy ustawić napięcie na zasilaczu 27-27,5Vdc. Jeśli jest to niemożliwe czas ładowania będzie bardzo długi.
- Należy włączyć szeregowo między zasilacz a akumulator rezystor ograniczający prąd ładowania do poziomu nie więcej niż 10% znamionowego Ah akumulatora. Należy pamiętać, że duży prąd ładowania przyspiesza proces ładowania, ale skraca żywotność akumulatora. Rezystor ograniczający ma jeszcze jedną funkcję – zabezpiecza zasilacz przed przejściem w tryb przeciążenia w przypadku ładowania całkowicie rozładowanego lub starego akumulatora. Taki akumulator w początkowym etapie ładowania stanowi zwarcie dla zasilacza.
- Pomędzy biegun dodatni zasilacza i akumulator należy włączyć wyjściową diodę odprężającą. Dioda ta uniemożliwia przepływ prądu z akumulatora do wyjścia zasilacza np. w wyniku zaniku napięcia wejściowego zasilacza (awarii sieci zasilającej). Dioda musi być oczywiście dobrana na napięcie i prąd wyjścia zasilacza.
- W celu zabezpieczenia przed pożarem należy włączyć bezpiecznik między zasilacz a akumulator.
- Istnieją gotowe moduły na szynę DIN wyposażone w diodę odprężającą, rezystor ograniczający i wymienny bezpiecznik.



Rys 8.1) Układ do ładowania akumulatorów: D1 – dioda odsprężająca, F1 – bezpiecznik, R1 – rezystor ograniczający prąd ładowania

9 KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA

Na wstępie warto zaznaczyć, że pomimo tego, iż zasilacze impulsowe są uważane za źródło emisji groźnych zakłóceń EMI (zakłócenia elektromagnetyczne, ang. *Electromagnetic Interferences*), bardzo rzadko zdarzają się problemy związane z EMC podczas ich użytkowania. Najczęściej przyczyną problemów z EMI jest złe okablowanie, uziemienie i ekranowanie. Obecnie wszystkie dobre zasilacze generują zakłócenia EMI na bardzo niskim poziomie i (jeśli zasilacz nie jest uszkodzony) problemy związane z emisją EMI (przewodzoną i promieniowaną) praktycznie nie istnieją.

Jednym z największych problemów EMC dla zasilaczy jest spełnienie norm odporności przewodzonej zgodnie z normami PN-EN61000-4-2, -4, -5. Poprawnie dobrane i zastosowane zabezpieczenia przed przepięciami w budynku jak i przy urządzeniu eliminuje ten problem całkowicie.

9.1 Emisja i odporność urządzeń

Dopuszczalne poziomy zakłóceń w środowisku przemysłowym są wyższe (mniejsze wymagania co do zasilacza) niż w środowisku domowym (wyższe wymagania co do zasilacza).

9.2 Zakłócenia przewodzone i promieniowane

Zakłócenia promieniowane ze względu na ich częstotliwość (długość fali) działają na krótkiej drodze, zatem tylko elementy zamocowane w bardzo bliskiej odległości mogą być na nie narażone. Zakłócenia przewodzone rozchodzą się poprzez linie zasilające lub linie przesyłu danych, zatem narażone mogą być nawet odległe urządzenia. Jeśli zatem pojawiają się problemy związane z EMC, to najczęściej jest to za sprawą zakłóceń przewodzonych, a nie promieniowanych.

9.3 Wyższe harmoniczne

Zgodnie z normą PN-EN 61000-3-2 by utrzymać dobrą jakość energii elektrycznej należy ograniczyć wyższe harmoniczne oddawane do sieci do pewnych dopuszczalnych poziomów jeśli:

- urządzenie elektryczne lub elektroniczne jest zasilane napięciem 230Vac lub 400Vac
- pobiera z sieci prąd mniejszy niż 16A
- jest bezpośrednio podłączone do publicznej sieci zasilającej (bez transformatora separacyjnego)
- gdy moc urządzenia jest wyższa niż 75W (oczywiście gdy zasilacz większy niż 75W generuje harmoniczne wyższe niż dopuszczalne poziomy, co się rzadko zdarza)

Jeśli zasilacz podlega powyższym kryteriom, to nie może generować harmonicznych wyższych niż dopuszczalne poziomy określone przez powyższą normę.

9.3.1 Współczynnik mocy

Gdy zasilacz generuje wyższe harmoniczne powyżej dopuszczalnych poziomów należy je ograniczyć przy użyciu mechanizmu poprawy współczynnika mocy (PFC, Power Correction Factor).

9.3.2 Metody poprawy współczynnika mocy

Obecnie stosuje się dwie metody poprawy współczynnika mocy:

- Pasywne PFC: jest to cewka o indukcyjności kilku mH włączona szeregowo na wejściu zasilacza. Indukcyjność wygładza impulsy prądowe i zmniejsza odkształcenia spowodowane wyższymi harmonicznymi.

Zalety: w większości zastosowań jest to rozwiązanie wystarczające: dobra redukcja odkształceń spowodowanych wyższymi harmonicznymi, minimalne pogorszenie sprawności, prosty i odporny element, który ogranicza udary prądowe i polepsza stopień ochrony wejścia zasilacza.

Wady: jest mniej skuteczne niż aktywne PFC

- **Aktywne PFC:** obwód elektroniczny włączony przed przetwornicę, który ma możliwość formowania kształtu prądu pobieranego z sieci.

Zalety: bardzo dobra poprawa współczynnika mocy

Wady: aktywny układ PFC zmniejsza sprawność o około 2-4% i zwiększa temperaturę pracy. Ponadto potrzebne są dodatkowe skomplikowane obwody elektroniczne, które są wrażliwe na udary.

9.4 Wskazówki dotyczące EMC

Spełnienie wszystkich wymaganych norm EMC przez zasilacz nie jest gwarantem bezproblemowej pracy w całym systemie. Warto przestrzegać poniższych wskazówek:

- Przewody wejściowe i wyjściowe powinny być możliwie krótkie, prowadzone po liniach prostych.
- Przewody wejściowe L, N i PE powinny być skręcone.
- Przewód ochronny powinien być jak najkrótszy, najlepiej o maksymalnym dozwolonym przekroju (duża powierzchnia oznacza małą impedancję dla zaburzeń wysokich częstotliwości – zjawisko naskórkowości).
- Do połączeń [+] i [-] wyjścia należy używać skrętki lub w najgorszym wypadku przewodów ekranowanych do podłączenia wejścia i wyjścia by ograniczyć emisję i „łapanie” zakłóceń.
- Przewody wejściowe i wyjściowe powinny być prowadzone osobno, najlepiej w osobnych kanałach. Gdy będą prowadzone równoległe blisko siebie, zakłócenia przedostaną się między nimi na drodze pojemnościowej (sprzężenie pojemnościowe).
- Przewody wejściowe powinny być prowadzone z dala od przewodów z wysokim poziomem zaburzeń jak np. zasilanie falowników, napędów, chopperów, urządzeń wysokiej mocy o nieliniowych charakterystykach. Jeśli jest to niemożliwe należy użyć przewodów ekranowanych.
- Gdy wyjście [-] musi być uziemione należy je podłączyć w jednym punkcie do specjalnie przeznaczonej to tego szyny uziemiającej. Szyna powinna być zamocowana na izolatorach. Wszystkie przewody ujemne muszą być podłączone do szyny ujemnej. Nie podłączaj bieguna ujemnego [-] urządzenia zasilanego do uziemienia obudowy tylko do tylko szyny ujemnej.
- Należy unikać pętli przewodów uziemiających. Połączenia powinny być wykonane w konfiguracji „gwiazdy” tzn. każdy przewód bezpośrednio doprowadzony do wspólnego punktu uziemienia.
- Ujemna szyna odniesienia, zerowe napięcie odniesienia, szyna ekranu, szyna przewodu ochronnego muszą być osobne i każda z nich musi być podłączona do pojedynczego wspólnego punktu uziemienia budynku. Wszystkie szyny muszą być odizolowane od uziemionej obudowy.

10 NORMY

Poniżej przedstawione są normy, z którymi można najczęściej się spotkać w tematyce zasilaczy.

Normy ogólne EMC

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
EN 50081-1	EN 61000-6-3	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-3: Normy ogólne -- Norma emisji w środowiskach mieszkalnych, handlowych i lekko uprzemysłowionych
EN 50081-2	EN 61000-6-4	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-4: Normy ogólne -- Norma emisji w środowiskach przemysłowych
EN 50082-1	IEC/EN 61000-6-1	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-1: Normy ogólne -- Odporność w środowiskach mieszkalnych, handlowych i lekko uprzemysłowionych
EN 50082-2	IEC/EN 61000-6-2	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-2: Normy ogólne -- Odporność w środowiskach przemysłowych
-	CISPR/IEC 61000-6-3	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-3: Normy ogólne -- Norma emisji w środowiskach mieszkalnych, handlowych i lekko uprzemysłowionych
-	IEC 61000-6-4	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 6-4: Normy ogólne -- Norma emisji w środowiskach przemysłowych

Normy podstawowe dotyczące badania oporności

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 801-2	IEC/EN 61000-4-2	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na wyładowania elektrostatyczne -- Podstawowa publikacja EMC
IEC 801-3 ENV 50140	IEC/EN 61000-4-3	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-3: Metody badań i pomiarów -- Badania odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
ENV 50204	IEC/EN 61000-4-3	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-3: Metody badań i pomiarów -- Badania odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
IEC 801-4	IEC/EN 61000-4-4	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-4: Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych -- Podstawowa publikacja EMC
IEC 801-5 ENV 50142	IEC/EN 61000-4-5	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na udary
IEC 801-6 ENV 50141	IEC/EN 61000-4-6	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Odporność na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej
IEC/EN 61000-4-8	IEC/EN 61000-4-8	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej
IEC/EN 61000-4-9	IEC/EN 61000-4-9	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na impulsowe pole magnetyczne
IEC/EN 61000-4-10	IEC/EN 61000-4-10	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na pole magnetyczne oscylacyjne tłumione
IEC/EN 61000-4-11	IEC/EN 61000-4-11	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-11: Metody badań i pomiarów - - Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia
IEC/EN 61000-4-12	IEC/EN 61000-4-12	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Metody badań i pomiarów -- Badanie odporności na przebiegi oscylacyjne -- Podstawowa publikacja EMC
-	CISPR 24	Informacja techniczna wyposażenia - charakterystyki odporności - ograniczenia i metody pomiarów

ZAPRASZAMY NA NASZE STRONY INTERNETOWE:

ul. Dąbrowskiego 441, 60-451 Poznań, tel. (061) 848 88 71, faks (061) 848 82 76, e-mail: info@astat.com.pl
str. 29 z 31



Normy podstawowe dotyczące pomiarów emisji

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 555-2 EN 60555-2	IEC/EN 61000-3-2	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 3-2: Dopuszczalne poziomy -- Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika < lub = 16 A)
IEC 555-3 EN 60555-3	IEC/EN 61000-3-3	Kompatybilność elektromagnetyczna -- Dopuszczalne poziomy -- Ograniczanie wahań napięcia i migotania światła powodowanych przez odbiorniki o prądzie znamionowym < lub = 16 A w sieciach zasilających niskiego napięcia
CISPR 11/EN 55011	CISPR 11/EN 55011	Przemysłowe, medyczne i naukowe (PMN) urządzenia o częstotliwości radiowej -- Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych -- Dopuszczalne poziomy i metody pomiarów
CISPR 14/EN 55014	CISPR 14/EN 55014	Kompatybilność elektromagnetyczna -- Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń
CISPR 22/EN 55022	CISPR 22/EN 55022	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Urządzenia informatyczne -- Charakterystyki zaburzeń radioelektrycznych -- Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru

Normy bezpieczeństwa**Podstawowe normy bezpieczeństwa**

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 664-1	IEC/EN 60664-1	Koordinacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia -- Część 1: Zasady, wymagania i badania

Normy bezpieczeństwa

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 65 EN 60065	IEC/EN 60065	Elektroniczne urządzenia foniczne, wizyjne i podobne -- Wymagania bezpieczeństwa
IEC 335-1 EN 60335-1	IEC/EN 60335-1	Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego -- Bezpieczeństwo użytkownika - - Część 1: Wymagania ogólne
IEC 601-1	IEC/EN 60601-1 ≈UL 2601	Medyczne urządzenia elektryczne -- Ogólne wymagania bezpieczeństwa
IEC 601-1-1	IEC/EN 60601-1-1 ≈UL 2601-1	Medyczne urządzenia elektryczne -- Część 1-1: Ogólne wymagania bezpieczeństwa -- Norma uzupełniająca -- Wymagania bezpieczeństwa medycznych systemów elektrycznych
IEC 601-1-2	IEC/EN 60601-1-2	Medyczne urządzenia elektryczne -- Część 1-2: Ogólne wymagania bezpieczeństwa -- Norma uzupełniająca -- Kompatybilność elektromagnetyczna -- Wymagania i badania
IEC 950	IEC/EN 60950 ≈UL1950=CAN/CSA C22.2 No.950	Bezpieczeństwo urządzeń techniki informatycznej
IEC 1010-1 EN 61010-1	IEC/EN 61010-1	Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 1: Wymagania ogólne
EN 41003	EN 41003	Szczególne wymagania bezpieczeństwa dotyczące urządzeń przeznaczonych do podłączenia do sieci telekomunikacyjnych
-	IEC 61558-1	Bezpieczeństwo transformatorów mocy, jednostek zasilających, dławików i urządzeń podobnych -- Część 1: Ogólne wymagania i badania
-	EN 50178	Urządzenia elektroniczne do stosowania w instalacjach dużej mocy

ZAPRASZAMY NA NASZE STRONY INTERNETOWE:

ul. Dąbrowskiego 441, 60-451 Poznań, tel. (061) 848 88 71, faks (061) 848 82 76, e-mail: info@astat.com.pl
str. 30 z 31

Normy rodziny produktów**Normy dla kolejnictwa**

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 571-1	IEC 60571-1	Urządzenia elektroniczne używane w pojazdach szynowych – ogólne wymagania i badania dla sprzętu elektronicznego
EN 50155	EN 50155	Zastosowania kolejowe -- Wyposażenie elektroniczne stosowane w taborze
RIA 12	RIA 12	Ogólna specyfikacja zabezpieczenia trakcji i elektronicznego wyposażenia taboru od serii impulsów i uderów w systemach sterowania DC

Normy przedmiotowe**Normy dotyczące zasilaczy**

Poprzednia	Obecna	Tytuł i komentarz
IEC 478-1	IEC 60478-1	Zasilacze stabilizowane, wyjście DC -- pojęcia i definicje
IEC 478-2	IEC 60478-2	Zasilacze stabilizowane, wyjście DC -- dane znamionowe i osiągi
IEC 478-3	IEC/EN 61204-3	Zasilacze niskiego napięcia prądu stałego -- Część 3: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
IEC 478-4	IEC 60478-4	Zasilacze stabilizowane, wyjście DC -- badanie zakłóceń o częstotliwościach innych niż radiowych
IEC 478-5	IEC 60478-5	Zasilacze stabilizowane, wyjście DC -- Pomiary magnetycznej składowej biernej blisko pola
IEC 1204	IEC/EN 61204	Zasilacze niskiego napięcia prądu stałego -- Właściwości i wymagania bezpieczeństwa
UL 1012	UL 1012	Urządzenia mocy innej niż klasa 2

ZAPRASZAMY NA NASZE STRONY INTERNETOWE:

ul. Dąbrowskiego 441, 60-451 Poznań, tel. (061) 848 88 71, faks (061) 848 82 76, e-mail: info@astat.com.pl

str. 31 z 31