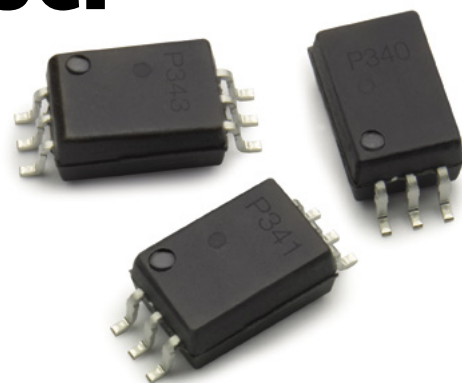


# Optoizolatory w układach sterowania silników o zmiennej prędkości obrotowej



*Obok urządzeń przemysłowych wykorzystujących silniki elektryczne o zmiennej prędkości obrotowej, drugim ważnym obszarem zastosowań układów sterowania silników 3-fazowych z modulacją PWM jest rynek urządzeń AGD.*

W przeciętnym gospodarstwie domowym znajduje zastosowanie kilkadziesiąt silników elektrycznych. Konstrukcja tanich, niezawodnych i energooszczędnych układów sterowania stała się jednym z głównych obszarów zainteresowań zarówno projektantów układów elektronicznych, jak i producentów podzespołów. W układach sterowania silników 3-fazowych niezbędnych jest szereg komponentów, takich jak tranzystory IGBT, sterowniki bramek, mikrokontrolery oraz analogowe czujniki napięcia i prądu. Elementami preferowanymi przez projektantów do zapewnienia izolacji galwanicznej sterowników bramek tranzystorów i czujników są optoizolatory.

## Topologia układu sterowania silnika 3-fazowego o zmiennej prędkości obrotowej

Na **rysunku 1** przedstawiono architekturę nowoczesnego układu sterowania silnika 3-fazowego. Znajduje się tu zespół wejściowych diod prostowniczych, tranzystory IGBT/MOSFET ze sterownikami bramek, czujniki napięcia i prądu, blok zasilania oraz mikrokontroler. Ponieważ w układzie tym występuje zarówno blok sterowania generujący i zbierający niskonapięciowe sygnały sterujące, jak też blok zasilania silnika generujący duże napięcia i prądy, jest wymagane zapewnienie pomiędzy nimi izolacji galwanicznej.

Firma Avago Technologies oferuje wiele rodzin optoizolatorów o specyficznych parametrach, dostosowanych do poszczególnych typów obwodów. Są one stosowane w sterownikach bramek tranzystorów wymagających dużych prądów szczytowych, w czujnikach prądów i napięć na linii zasilającej, czujnikach prądów fazowych silnika oraz w obwodzie wejściowym przetwornika A/C współpracującego z mikroprocesorem lub procesorem DSP.

## Zalety sprzęgu optycznego

Nowoczesne optoizolatory zapewniają szybkość transmisji sygnałów cyfrowych nawet do 25 Mb/s i występują w wielu wersjach dostosowanych do konkretnych obszarów zastosowań, m.in. wspomnianych już sterowników bramek tranzystorów czy czujników analogowych stosowanych w układach sprzężenia zwrotnego. Izolują wrażliwe, niskonapięciowe komponenty elektroniczne przed sygnałami wysokonapięciowymi występującymi w bloku wyjściowym, zapewniają komunikację między obwodami cyfrowymi o różnych potencjałach masy, chronią wejścia komponentów analogowych przed dużymi napięciami sumacyjnymi, eliminują szumy i interferencje związane z przepływem prądu w pętli masy oraz zabezpieczają przed porażeniem wysokim napięciem z układu zasilania. Są też wykorzystywane do wzmacniania i przełączania sygnałów.

## Obszary zastosowań

Sterowanie bramek tranzystorów IGBT/MOSFET to jeden z największych obszarów zastosowań optoizolatorów. W zależności od topologii obwodu i rodzaju silnika układ sterowania zawiera różną liczbę sterowników bramek, typowo 7 w przypadku silnika 3-fazowego (6 sterujących uzwojeniami silnika i jeden sterujący hamulcem). O ile w tanich układach sterowania monitorowana jest zazwyczaj tylko temperatura radiatora oraz prąd i napięcie na szynie zasilającej, w droższych układach wymagane są co najmniej 4 dodatkowe optoizolatory do kontroli przejścia przez 0, siły elektromotorycznej, przeciwelektromotorycznej, natężenia prądów fazowych oraz do układu sterowania hamulcem.

Często układy sterowania silnikami muszą zapewniać zgodność z wymogami różnych standardów bezpieczeństwa. W wypadku ma-

łych silników zasilanych niskim napięciem wystarczają umieszczone na panelu sterującym szczelne, plastikowe przyciski o wytrzymałości dielektrycznej 2500 Vrms. W układach sterowania silników dużej mocy zasilanych wysokim napięciem oprócz wspomnianego punktu izolacji jest niezbędne dodanie dodatkowego punktu izolacji pomiędzy mikrokontrolerem i czujnikami umieszczonymi w części wysokonapięciowej systemu.

## Topologie układów sterowania bramek

Sterowanie bramki tranzystora IGBT/MOSFET wymaga dostarczenia prądu o natężeniu wystarczającym do przeładowania pojemności G-S i G-D, umożliwiającego obniżenie napięcia drenu do wartości odpowiadającej stanowi niskiej impedancji. Dobór konkretnej metody sterowania zależy od dostępnej powierzchni płytki drukowanej, liczby podzespołów, wymaganej niezawodności, sprawności, poziomu izolacji oraz od dopuszczalnej mocy strat.

Najważniejszym wymogiem dla każdego sterownika bramek jest dostarczenie do tranzystora prądu o natężeniu wystarczającym do przełączenia go w tryb niskiej impedancji. Natężenie  $I_G = U_{GE} \cdot C_{GE} / t_{sw}$

Pojemność bramki tranzystora IGBT przekłada się na natężenie prądu niezbędne do jego przełączenia. Przykładowo, 1200-woltowy tranzystor IGBT o dopuszczalnym prądzie drenu 300 A cechuje się pojemnością bramka-emiter wynoszącą około 50 nF. Napięcie progowe bramki wynosi 10...12 V, a czas przełączania tranzystora 300 ns. Minimalne natężenie prądu koniecznego doysterowania bramki wynosi zatem 1,66 A. Niemniej jednak, tranzystor wymaga dostarczenia również prądu przeładowującego pojemność bramka-kolektor. Przyjmijmy wartość  $C_{gc}$  równą 500 pF. Przy napięciu szyny

równym 400 V napięcie drenu musi obniżyć się od tej wartości do poziomu 1...2 V, tak więc wymagane natężenie prądu wyznaczone z powyższego wzoru wynosi 0,67 A. Minimalne natężenie prądu dostarczanego przez sterownik, niezbędne do włączenia tranzystora wynosi więc 2,33 A.

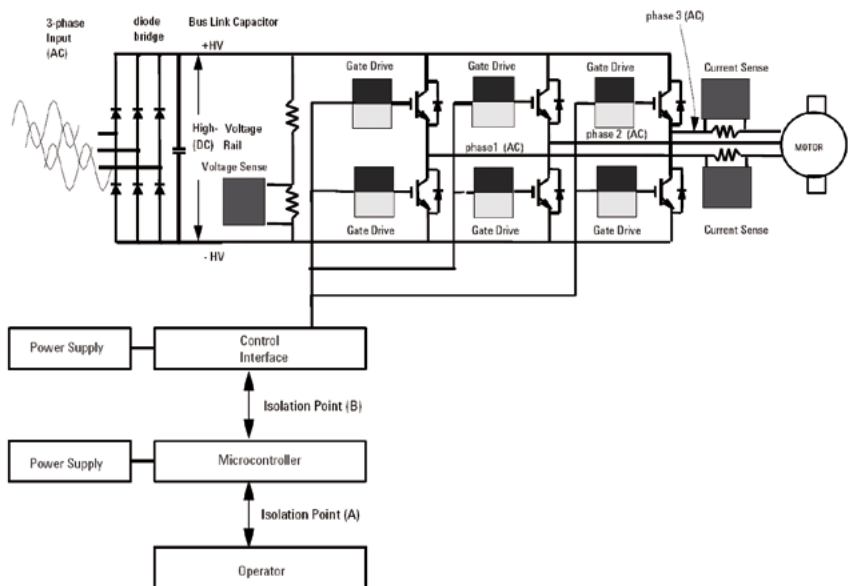
Po włączeniu tranzystora napięcie na jego bramce osiąga wartość maksymalnego napięcia wyjściowego sterownika. Jego spadek w czasie postępuje w takt stałej czasowej  $C_{CE}$  i  $R_G$ , a czas przeładowania pojemności bramki jest tym krótszy, im większe jest napięcie wyjściowe sterownika. Jedną z metod skrócenia czasu wyłączenia tranzystora jest zastosowanie ujemnej polaryzacji bramki (rysunek 2). Wprowadzono tu podwójne źródło zasilania sterownika bramek i połączono źródło ujemne (-5...-10 V) z emiterem tranzystora.

**Optoizolatory a specjalizowane sterowniki wysokonapięciowe HVIC**

Największą wadą układów sterowania bramek bazujących na transformatorach jest brak możliwości pracy w zakresie bardzo małych częstotliwości. Ponadto, powierzchnia montażowa tych elementów jest zazwyczaj znacznie większa niż w przypadku sprzączaczy optycznych. Z kolei wadą układów bazujących na zintegrowanych sterownikach wysokonapięciowych (HVIC) jest brak możliwości stosowania ujemnej polaryzacji bramki oraz brak możliwości zapewnienia bezpiecznej izolacji galwanicznej wymaganej przez wiele standardów bezpieczeństwa urządzeń (IEC, IEC/EN/DIN, UL). Dlatego też w przypadku stosowania modułów HVIC wymagana jest współpraca z dodatkowym układem izolacyjnym, np. z takim optoizolatorem. Generalnie, w układach sterowania silników dużej mocy sprzączacze optyczne przewyższają układy HVIC zarówno pod względem oferowanych parametrów, jak i ekonomicznym. W tabeli 1 zestawiono właściwości wybranych elementów z obu tych grup. Wybór optymalnego rozwiązania zależy od wielu parametrów, takich jak cena, oczekiwana niezawodność, zgodność z normami bezpieczeństwa urządzeń, poziom izolacji, wydajność prądowa itp. W tabeli 2 znajduje się zestawienie parametrów najpopularniejszych sprzączaczy optycznych stosowanych w układach sterowania bramek tranzystorów IGBT/MOSFET.

**Wzmacniacze analogowe ze sprzężeniem optycznym**

Oprócz sprzączaczy optycznych firma Avago Technologies produkuje kilka klas wzmacniaczy analogowych ze sprzężeniem optycznym, od najprostszych HCPL-7800/7800A i HCPL-7840, poprzez wzmacniacz z zabezpieczeniem przed zwarcieniem i przeciążeniem (HCPL-788J) po wzmacnia-



Rysunek 1. Układ sterowania 3-fazowego silnika o zmiennej prędkości obrotowej

Tabela 1. Porównanie parametrów wybranych sprzączaczy optycznych i układów HVIC

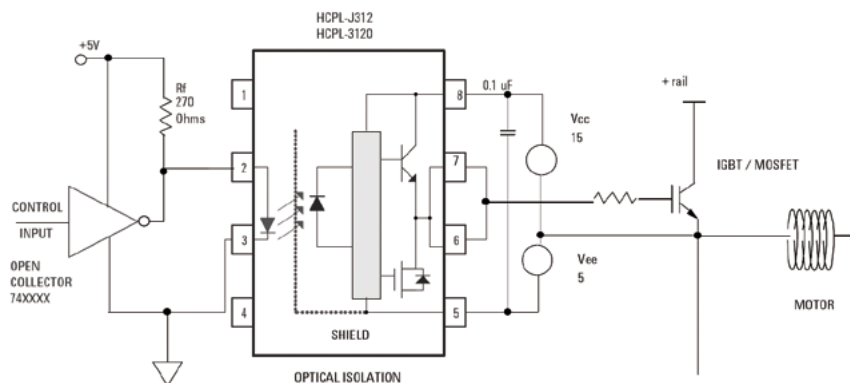
	Optoizolatory		Układy HVIC		
	HCPL 314J	HCPL 316J	IR 2130	IR 2135	IR2122
Liczba kanałów	2	1	3	3	1
Izolacja galwaniczna	Tak		Nie		
Typ izolacji	Optyczna		Złącze PN		
Napięcie zasilania	10...30 V		10...20 V		
Maks. napięcie pracy	IEC (600 V)		600 V	1200 V	600 V
Zgodność z UL, CSA	Tak		Nie		
Zgodność z IEC/EN/DIN EN 60747-5-2	Tak		Nie		
Zabezpieczenie podnapięciowe	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie
Sygnal zwrotny błędu	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
Prąd zasilania (maks.)	5 mA	5 mA	4 mA	4 mA	0,12 mA
Wyj. prąd szczytowy	0,4 A	2 A	0,2 A	0,2 A	0,1 A
Czas propagacji	1 μs	0,5 μs	0,675 μs	0,7 μs	0,25 μs
Temperatura pracy	-40...+100°C		-40...+125°C		
Cena hurtowa	2,40 USD	3,40 USD	5,30 USD	5,70 USD	1,90 USD

cze zintegrowane z wyjściowym 15-bitowym przetwornikiem A/C delta-sigma (HCPL-7860, HCPL-0870). Wszystkie te układy zawierają przetwornik A/C delta-sigma w obwodzie pierwotnym sprzączony optycznie z przetwornikiem C/A w obwodzie wtórnym. Charakteryzują się dużym współczynnikiem CMR, co jest cechą niezbędną w nowoczesnych, szybkich układach sterowania silnikami. Mierzą spadek napięcia na szeregowym rezystorze pomiarowym o małej

wartości połączonym równolegle z liniami wejściowymi, zapewniając bardzo dobrą liniowość w zakresie 200 mV. Zawierają wejściowy filtr dolnoprzepustowy RC (antyaliasingowy) zapobiegający przedostawaniu się do modulatora szumów w.cz.

**Regulacje i wymogi bezpieczeństwa**

Sprzączacze optyczne są często stosowane w układach pracujących pod wysokim na-



Rysunek 2. Układ sterowania tranzystora z ujemną polaryzacją bramki

Tabela 2. Rekomendowane sprzęgacze optyczne do sterowania IGBT/MOSFET w układach napędowych silników małej mocy

Oznaczenie	Obudowa	Zgodność z normami	Parametry
HCPL-3120 HCNW3120 HCPL-J312	DIP-8 Widebody DIP-8	UL Recognized: 3750 Vrms/1 min (HCPL-3120), 5000 Vrms (HCNW3120), 3750 Vrms (HCPL-J312) CSA Approved IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 : Viorm = 1414 Vpk dla HCNW3120 Viorm = 630 Vpk dla HCPL-3120(060), Viorm = 891 Vpk dla HCPL-J312	prąd wyjściowy 2,0 A, min. CMR=15 kV/μs @ Vcm = 1500 V, zabezpieczenie podnapięciowe (UVLO) z histerezą, maks. czas propagacji 500 ns, maks. napięcie wyjściowe w stanie niskim 0,5 V, maks. prąd zasilania 5 mA, Vcc od 15 do 30 V, zakres temp. pracy od -40 do +100°C
HCPL-3150	DIP-8	UL Recognized: 3750 Vrms/1 min CSA Approved IEC/EN/DIN EN 60747-5-2: Viorm = 630 Vpk (060)	prąd wyjściowy 0,5 A, min. CMR=15 kV/μs @ Vcm = 1500 V, zabezpieczenie podnapięciowe (UVLO) z histerezą, maks. czas propagacji 500 ns, maks. napięcie wyjściowe w stanie niskim 1,0 V, maks. prąd zasilania 5 mA, Vcc od 15 do 30 V, zakres temp. pracy od -40 do +100°C
HCPL-316J	SO-16	IEC/EN/DIN EN 60747-5-2: Viorm = 891 Vpk	prąd wyjściowy 2,0 A, min. CMR=15 kV/μs @ Vcm = 1500 V, zakres napięć zasilania Vcc od 15 do 30 V, zakres temp. pracy od -40 do +100°C, zabezpieczenie nadprądowe + Fault Feedback, zabezpieczenie podnapięciowe i układ antynasyce- niowy IGBT, wejście kompatybilne z poziomami CMOS, wyjście Fault Status z izolacją optyczną
HCPL-315J	SO-16	UL Recognized: 3750 Vrms/1 min IEC/EN/DIN EN 60747-5-2: Viorm = 891 Vpk	prąd wyjściowy 0,5 A, min. CMR=15 kV/μs @ Vcm = 1500 V, zabezpieczenie podnapięciowe (UVLO) z histerezą, maks. czas propagacji 500 ns, maks. napięcie wyjściowe w stanie niskim 1,0 V, zakres napięć zasilania Vcc od 15 do 30 V, zakres temp. pracy od -40 do +100°C, maks. prąd zasilania 5 mA
HCPL-314J	SO-16	UL Recognized: 3750 Vrms/1 min dla HCPL-4504/0454, 5000 Vrms/1 min dla HCNW4504 i HCPL-45-4 (020) CSA Approved IEC/EN/DIN EN 60747-5-2: Viorm: 1414 Vpk dla HCNW4504	prąd wyjściowy 0,45 A, min. CMR=10 kV/μs @ Vcm = 1500 V, zabezpieczenie podnapięciowe (UVLO) z histerezą, maks. czas propagacji 700 ns, maks. napięcie wyjściowe w stanie niskim 1,0 V, zakres temp. pracy od -40 do +100°C, maks. prąd zasilania 3 mA, Vcc od 10 do 30 V

pięciem ze względu na dużą zdolność izolacyjną (zarówno dla krótkotrwałych przepięć,

jak i napięć ciągłych). Operatorzy urządzeń, jak i znajdujące się wewnątrz obudowy ob-

wody elektroniczne wymagają zapewnienia odpowiedniej bariery chroniącej przed kontaktem z obwodami wysokonapięciowymi. Standard bezpieczeństwa określa się zarówno na poziomie sprzęgacza optycznego, jak i całego urządzenia.

### Typowe układy aplikacyjne

Do układów sterowania bramek tranzystorów i dynamicznego hamowania jednym z rekomendowanych optoizolatorów jest HCPL-314J. Jest to tani sprzęgacz dwukanałowy nadający się do równoczesnego sterowania tranzystorami high-side i low-side regulującymi przepływ prądu przez uzwojenie silnika. Oznacza to, że w układzie sterowania silnikiem 3-fazowym wymagane jest zastosowanie tylko 3 takich optoizolatorów, natomiast w przypadku implementacji układu hamowania można zastosować dodatkowo HCPL-314J lub wariant jednokanałowy, np. HCPL-3150. Zakres napięć zasilania dla HCPL-314J wynosi od 10 do 30 V, minimalne napięcie sterowania 8 mA, czas propagacji 700 ns, a współczynnik CMR 10 kV/μs.

W przypadku sterowania modulem IPM (Intelligent Power Module) nie są wymagane sprzęgacze optyczne o dużej wydajności prądowej, takie jak HCPL-314J czy HCPL-315J. Ponieważ w strukturze IPM znajduje się zarówno zespół tranzystorów dużej mocy, jak i współpracujący z nimi układ sterowania bramek, wystarczają sprzęgacze z wyjściem tranzystorowym o małej mocy wyjściowej, takie jak HCPL-4504 lub HCPL-4506, których podłączenie do wejścia IPM wymaga tylko jednego (wbudowanego w ich strukturę) rezystora polaryzującego. HCPL-4506 pozwala na sterowanie obciążeniami pojemnościowych 1000 pF przy maksymalnym czasie propagacji 500 ns. Do izolowanych układów pomiaru prądu/napięcia szyny, prądu fazowego, temperatury (napięcia z czujnika umieszczonego na radiatorze) lub siły przeciwelektromotorycznej (w przypadku silników BLDC) polecany jest wzmacniacz izolacyjny HCPL-7840.

REKLAMA

### LAN Kontroler

konfiguracja, kontrola i sterowanie urządzeniami przez interfejs LAN - WWW lub SNMP



### Kontroler GSM v2

kontrola i sterowanie urządzeniami przy pomocy SMS przez sieć GSM



### IQ Socket

sterowanie odbiornikami za pomocą SMS lub komend głosowych przez sieć GSM




więcej: [www.ledon.pl](http://www.ledon.pl) [www.wirelesslan.pl](http://www.wirelesslan.pl)