

Hybrydowe układy sterowania napędu rogatekowego JEGD-50

Marek BARTCZAK¹

Streszczenie

W artykule opisano wymagania stawiane układom sterowania napędu rogatekowego. Omówiono stosowane układy stycznikowe sterowania napędu JEGD-50. Przedstawiono opracowane układy hybrydowe sterowania tego napędu, w których funkcję elementu łączącego obwód silnika spełnia łącznik półprzewodnikowy, sterowany przez układ przekaźnikowy zbudowany z miniaturowych przekaźników przemysłowych. Dokonano analizy wyników badań tych układów.

Słowa kluczowe: napęd rogatekowy, układy sterowania, urządzenia sygnalizacji przejazdowej

1. Wstęp

Jednopoziomowe skrzyżowania dróg publicznych z torami kolejowymi, zwane przejazdami kolejowymi, stwarzają zawsze duże zagrożenie bezpieczeństwa użytkowników dróg. Zabezpieczenie i organizacja ruchu na tych skrzyżowaniach wymaga stosowania urządzeń sygnalizujących chwilowe zamknięcie drogi dla pojazdów kołowych i pieszych. Do podstawowych urządzeń technicznych stosowanych na przejazdach kolejowych zalicza się m.in. zapory drogowe służące do zamykania drogi na całej jej szerokości lub prawej połowy drogi, składające się z drąga oraz napędu. W urządzeniach sygnalizacji przejazdowej eksploatowanych na sieci PKP PLK S. A. powszechnie stosuje się elektryczny napęd rogatekowy typu JEGD-50, współpracujący z zaporami drogowymi ESD-1 [4]. Napęd ten jest sterowany za pomocą układu stycznikowego. Zasadniczą wadą tego układu jest mała trwałość styczników spowodowana wypalaniem się zestyków, które załączają obwód zasilania silnika. W celu wyeliminowania tej wady opracowano hybrydowe układy sterowania napędu JEGD-50, w których funkcję załączania/ wylączenia prądu w obwodzie silnika wykonują łączniki półprzewodnikowe sterowane przez układy przekaźnikowe.

¹ Doktor inżynier.; Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu; mbartczak@ikolej.pl.

2. Wymagania stawiane układom sterowania napędu rogatekowego

Fazę projektowania nowego układu zawsze poprzedza ustalenie wymagań, jakie powinien spełniać układ. Formuluje je zazwyczaj projektant lub użytkownik. Prawdłowo zaprojektowany układ sterowania napędu rogatekowego powinien [1, 3, 6]:

- umożliwiać opuszczenie / podniesienie drąga zapory drogowej,
- umożliwiać zatrzymanie drąga przy opuszczaniu / podnoszeniu,
- umożliwiać kontynuowanie opuszczania / podnoszenia drąga po zatrzymaniu,
- umożliwiać powrotne nastawienie drąga po zatrzymaniu,
- wykluczać możliwość jednoczesnego nastawienia napędu w dwóch przeciwnych położeniach,
- umożliwiać automatyczne wyłączenie prądu nastawczego po osiągnięciu przez drąg położenia końcowego,
- umożliwiać wprowadzenie do układu zależności urządzeń stacyjnych srk,
- umożliwiać awaryjne otwarcie przejazdu,
- umożliwiać rejestrację wdrożenia funkcji awaryjnego otwarcia przejazdu,
- zapewniać sygnalizację na pulpicie nastawczym położenia drąga i utwierdzenia przejazdu w przebiegu,
- charakteryzować się dużą niezawodnością działania i łatwością utrzymania,
- być odporny na narażenia środowiskowe.

Uszkodzenie układu nie może powodować samoczynnego nastawienia napędu, ani generować błędnej informacji o położeniu drąga i powinno być wykryte natychmiast lub podczas najbliższego cyklu nastawczego.

3. Stycznikowe układy sterowania napędu JEGD-50

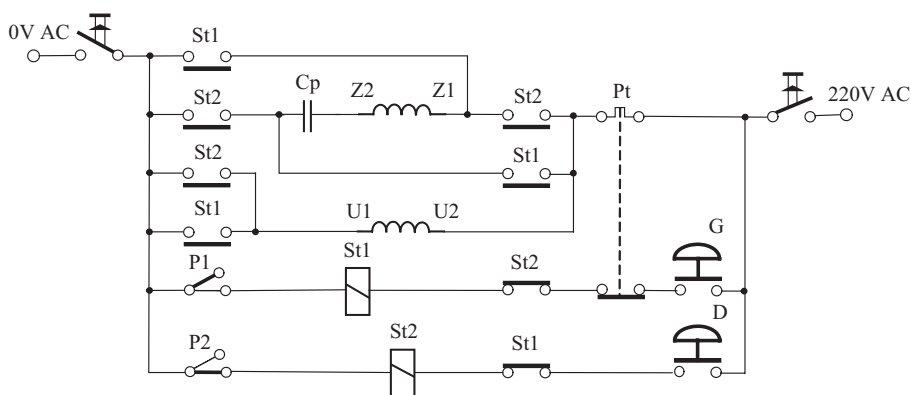
3.1. Układ sterowania napędu prądu przemiennego

Schemat połączeń stycznikowego układu sterowania napędu JEGD-50 na prąd przemienny [6] przedstawia rysunek 1. Układ ten składa się z dwóch styczników St1 i St2. W końcowych położeniach drąga zapory obwody styczników są przerwane. W stanie zasadniczym, przy górnym położeniu drąga jest zamknięty zestyk P2, natomiast zestyk P1 jest otwarty. Przy dolnym położeniu drąga jest odwrotnie. Kierunek ruchu drąga jest określony kierunkiem obrotów silnika zależnym od kierunku przepływu prądu w uzwojeniu pomocniczym.

Aby zobrazować działanie obwodu sterującego, omówiono pracę układu przy opuszczaniu drąga zapory. W tym celu należy nacisnąć przycisk sterujący D, znajdujący się na pulpicie. Wtedy będzie zamknięty obwód wzbudzenia stycznika St2:

- $\sim 220\text{V}$, zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, przycisk D, zestyk bierny St1, uzwojenie stycznika St2, zestyk czynny P2, drugi zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, $\sim 0\text{V}$.

Po wzbudzeniu stycznika St2 zostaje przerwany obwód wzbudzenia stycznika St1.



Rys. 1. Schemat stycznikowego układu sterowania napędu JEGD-50 AC (zestyki P1 i P2 przedstawiono w pionowym położeniu drąga)

Przycisk D nie może być zwolniony, gdyż byłoby to jednoznaczne z odwzbudzeniem stycznika St2, co spowodowałoby przerwanie obwodu zasilania silnika. Wzbudzony stycznik St2 zamknie zestyki czynne i w ten sposób powstanie następujący obwód zasilania silnika napędu:

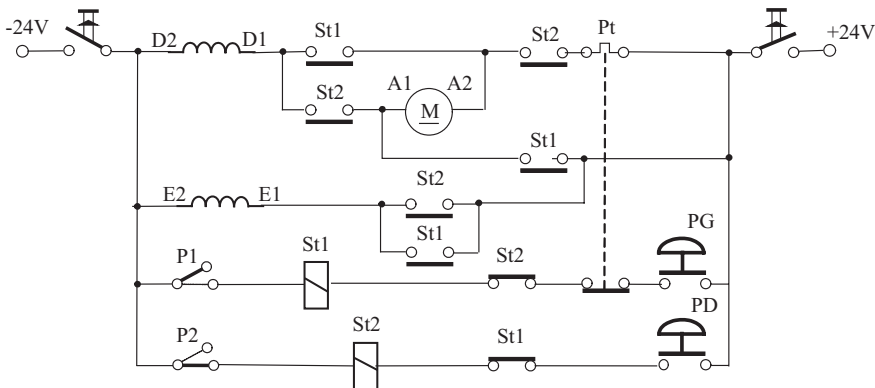
- $\sim 220\text{V}$, zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, zabezpieczenie przeciążeniowe Pt, uzwojenie U2-U1 silnika, zestyk czynny stycznika St2, (uzwojenie Z1-Z2 silnika, kondensator CP, zestyk czynny stycznika St2), drugi zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, $\sim 0\text{V}$.

Przy pierwszych obrotach silnika napęd przełącza zestyk P1, przygotowując układ do powrotnego nastawienia drąga. Po zakończeniu opuszczania drąga następuje przełączenie zestyku P2, który przerywa obwód stycznika St2, powodując jego odbwzbudzenie. Zestyki czynne stycznika St2 przerywają obwód zasilania silnika i prąd przestaje płynąć. W razie konieczności zatrzymania napędu w czasie jego pracy należy zwolnić przycisk D. Wskutek tego następuje przerwanie obwodu zasilania stycznika St2, stycznik St2 odwzbudza się i swoimi zestykami przerywa obwód zasilania silnika.

Praca układu przy podnoszeniu drąga zapory odbywa się w analogiczny sposób po włączeniu układu przyciskiem G, co spowoduje wzbudzenie stycznika St1. Silnik, wskutek innego kierunku przepływu w jego uzwojeniu pomocniczym, będzie obracać się w kierunku przeciwnym niż przy opuszczaniu drąga. W przypadku hamowania drąga siłą zewnętrzną, większą od nastawienia sprzęgła, ruch silnika spowoduje ślizganie się sprzęgła ciernego i w dalszej konsekwencji zadziałanie elementu przeciążeniowego Pt, który przerwie obwód stycznika zasilania St1.

3.2. Układ sterowania napędu prądu stałego

Schemat połączeń stycznikowego układu sterowania napędu JEGD-50 DC przedstawia rysunek 2. Układ ten składa się z dwóch styczników St1 i St2, podobnie jak układ sterowania napędu JEGD-50 AC. W końcowych położeniach drąga zapory obwody styczników są przerwane. Jeżeli drąg znajduje się w górnym położeniu, to zestyk P2 jest zamknięty, a zestyk P1 jest otwarty. Po nastawieniu drąga w dolne położenie zestyk P2 będzie otwarty, a zestyk P1 – zamknięty. Kierunek ruchu drąga zależy od kierunku przepływu prądu w uzwojeniu twornika A1-A2 silnika.



Rys. 2. Schemat stycznikowego układu sterowania napędu rogatekowego JEGD-50 DC (zestyki P1 i P2 przedstawiono w pionowym położeniu drąga)

Zasada działania układu jest taka sama jak układu sterowania napędu JEGD-50 AC. Po naciśnięciu przycisku PD będzie zamknięty obwód wzbudzenia stycznika St2:

- +24, zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, przycisk PD, zestyk bierny St1, uzwojenie stycznika St2, zestyk czynny P2, drugi zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, -24 V.

Stycznik St2 wzbudzi się i swoimi zestykami zamknie obwód zasilania silnika:

- +24V, zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, zabezpieczenie przeciążeniowe Pt, uzwojenie A2-A1 silnika, zestyk czynny stycznika St2, uzwojenie D1-D2 silnika,

(zestyk czynny stycznika St2, uzwojenie E1-E2 silnika), drugi zestyk wyłącznika bezpieczeństwa, -24 V .

Gdy silnik zacznie się obracać, napęd przełączy zestyk P1 układu kontroli położenia drąga, przez co układ sterowania będzie przygotowany do powrotnego nastawienia drąga. Z chwilą zakończenia opuszczania drąga zostaje przełączony zestyk P2, w wyniku czego odzwbudzi się stycznik St2, który swoimi zestykami przerwie obwód zasilania silnika. Podniesienie drąga wymaga naciśnięcia przycisku PG, co prowadzi do wzbudzenia stycznika St1. Ze względu na inny kierunek przepływu prądu w uzwojeniu twornika A1-A2, silnik będzie obracać się w kierunku przeciwnym niż przy opuszczaniu drąga.

4. Ocena układów stycznikowych

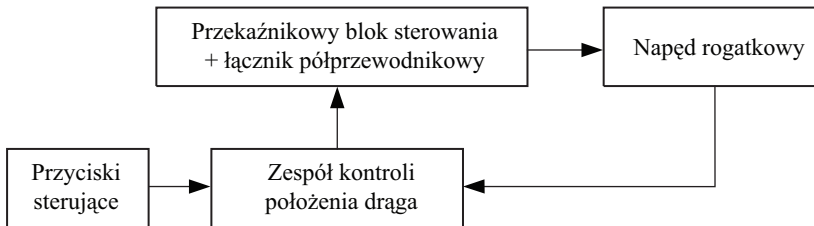
Styczniki są elementami służącymi do załączania, wyłączania oraz przełączania odbiorników dużej mocy. W przypadku napędu JEGD-50 maksymalne wartości prądu płynącego w obwodzie silnika wynoszą: napęd JEGD-50 AC 5,2 A, napęd JEGD-50 DC 14 A [4]. Styczniki stosowane do sterowania tego napędu, ze względu na duży prąd obciążenia, mają stosunkowo niewielką trwałość, wynoszącą zaledwie kilka tysięcy zadziałań. Jest to spowodowane wypalaniem się zestyków łączących pod wpływem iskrzenia, które zachodzi między powierzchniami stykowymi przy załączaniu i wyłączaniu prądu w obwodzie silnika. W wyniku tego może wystąpić:

- sklejenie powierzchni stykowych wskutek ich wytopienia,
- nierówność powierzchni, zmniejszająca powierzchnię stykową; w rezultacie podczas przepływu prądu elektrycznego może nastąpić zgrzanie oporowe.

Wypalanie się zestyków łączących przyczynia się do przedwczesnego zużycia styczników, co z kolei powoduje zmniejszenie niezawodności działania urządzeń sygnalizacji przejazdowej i tym samym zwiększenie kosztów ich eksploatacji. Tej wady są pozbawione łączniki półprzewodnikowe takie, jak triaki, tyrystory i tranzystory, które – w porównaniu ze stycznikami – charakteryzuje w zasadzie nieograniczona trwałość. Do ich zalet zalicza się także szeroki zakres temperatur pracy oraz niska cena. Z tego względu główną wadę styczników – wypalanie się zestyków łączących – można wyeliminować przez zastosowanie triaka lub tranzystora polowego MOSFET (zależnie od rodzaju napięcia zasilania napędu), sterowanych przez układy zbudowane z miniaturowych przekaźników przemysłowych w wykonaniu wtykowym, które są wygodne w eksploatacji. Dodatkową zaletą hybrydowego układu sterowania są niskie koszty jego wykonania.

5. Hybrydowe układy sterowania napędu JEGD-50

Schemat blokowy hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 [1, 2, 3, 6] przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat blokowy hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50

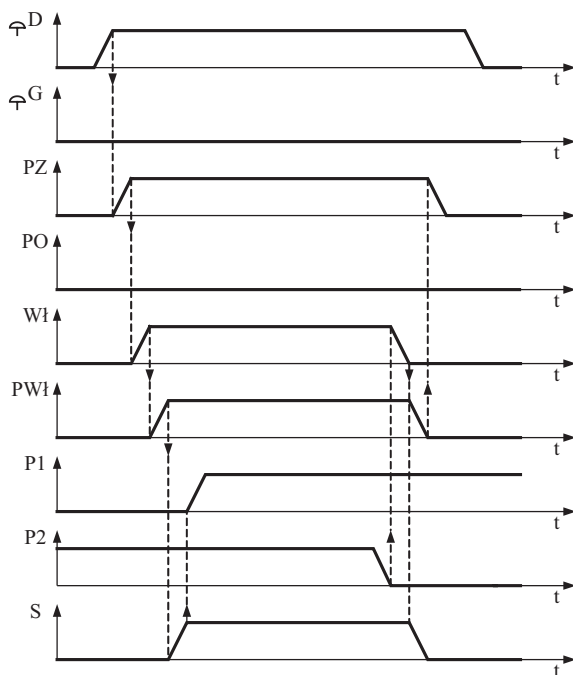
Przyciski sterujące są połączone z wejściami układu kontroli położenia drąga zapory drogowej. Wyjścia układu są połączone stykowo z blokiem sterowania, który jest przyłączony do obwodu silnika i obwodu łącznika półprzewodnikowego, włączonego do obwodu silnika przez blok sterowania. Blok sterowania składa się z połączonych ze sobą przełączników: zamykania rogatki i otwierania rogatki, których zestyki są włączone do obwodu silnika oraz obwodu przełącznika włączającego, połączonego z łącznikiem półprzewodnikowym. Przełączniki realizują zmianę kierunku obrotów silnika oraz sterują pracą łącznika. Zadaniem łącznika półprzewodnikowego jest natomiast włączenie / wyłączenie obwodu zasilania silnika, niezależnie od położenia drąga zapory drogowej. Zaletą przedstawionego układu hybrydowego jest to, że zarówno przy włączaniu silnika, jak i przy jego wyłączeniu nie występuje iskrzenie na zestykach przełączników.

W górnym położeniu drąga jest zamknięty zestyk P2 górnego położenia drąga rogatkowego, natomiast zestyk P1 dolnego położenia drąga jest otwarty (rys. 1). Opuszczenie drąga następuje w wyniku naciśnięcia przycisku służącego do opuszczania drąga. Jeżeli drąg znajduje się w położeniu górnym i zamknięty jest zestyk P2, to zostanie wzbudzony przełącznik zamykający, w którego obwodzie jest kontrolowany stan przycisku służącego do podnoszenia drąga oraz stan bierny przełącznika włączającego i przełącznika otwierającego, służącego do podnoszenia drąga. Zestyk bierny przełącznika zamykającego przerwie obwód wzbudzenia przełącznika otwierającego, natomiast jeden z jego zestyków czynnych przygotuje do zamknięcia obwód zasilania silnika, a drugi zamknie obwód przełącznika włączającego, który przejdzie w stan czynny, zamykając swymi zestykami obwód podtrzymania przełącznika zamykającego i obwód bramki triaka. Zamknięcie obwodu bramki triaka spowoduje odblokowanie triaka i w konsekwencji przepływ prądu przez uzwojenia silnika. Po rozpoczęciu opuszczania

drąga nie można zwolnić przycisku sterującego, gdyż byłoby to jednoznaczne z przerwaniem obwodu przekaźnika włączającego, co z kolei spowodowałoby zablokowanie triaka i wyłączenie prądu płynącego w obwodzie zasilania silnika.

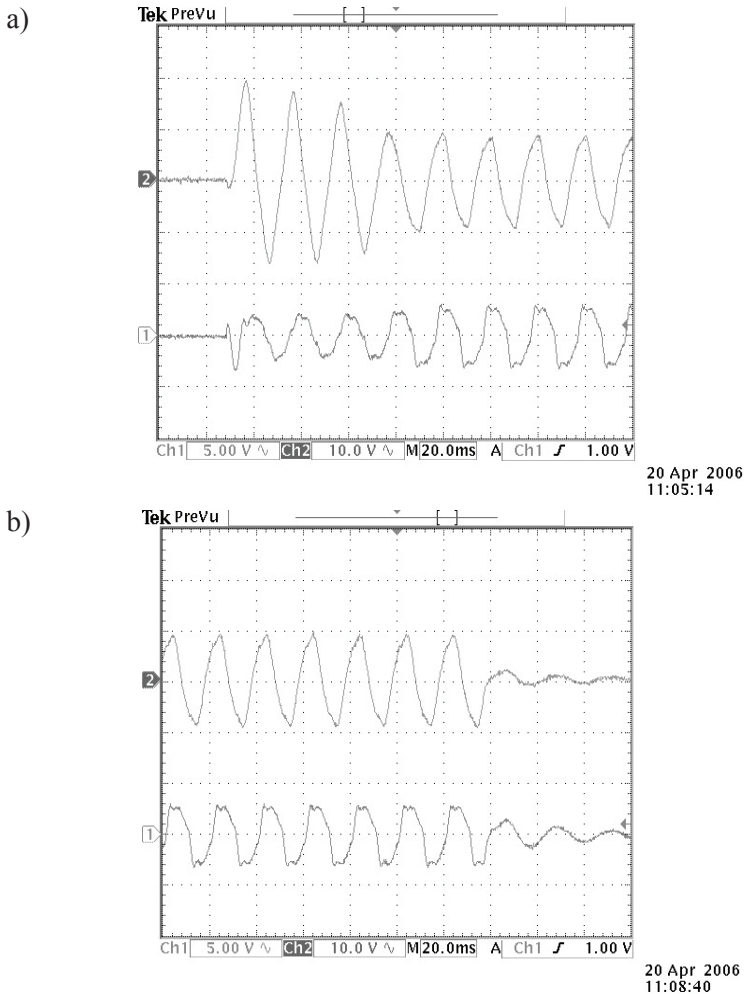
Po opuszczeniu drąga, obwód przekaźnika włączającego będzie przerwany zestykiem P2 i przekaźnik ten przejdzie w stan bierny, a jego zestyki przerwą obwód bramki triaka oraz obwód podtrzymania przekaźnika zamykającego. Triak będzie wyłączony w momencie spadku natężenia prądu w obwodzie zasilania silnika poniżej prądu podtrzymania triaka, co następuje pod koniec każdego półokresu napięcia zasilania 50 Hz. Po przejściu w stan bierny, przekaźnik włączający przerwie swoim zestykiem obwód podtrzymania przekaźnika zamykającego, który wtedy również przechodzi w stan bierny. Przekaźnik zamykający działa z opóźnionym zwalnianiem, aby przerywanie obwodu silnika nie następowało w czasie rozładowania kondensatora rozruchowego, co mogłoby spowodować iskrzenie zestyków. W trakcie pracy napędu ten kondensator ładuje się do napięcia szczytowego U_m , wynoszącego 324,3 V dla napięcia zasilającego $U_{sk} = 230 \text{ V}$ ($U_m = \sqrt{2}U_{sk}$). Zestyki odzwudzonego przekaźnika zamykającego przerywają obwód zasilania silnika w celu uniemożliwienia uruchomienia napędu na skutek uszkodzenia (przebicia) triaka.

Harmonogram pracy elementów układu przy opuszczaniu drąga zapory przedstawiono na rysunku 4,



Rys. 4. Harmonogram pracy elementów układu przy opuszczaniu drąga zapory

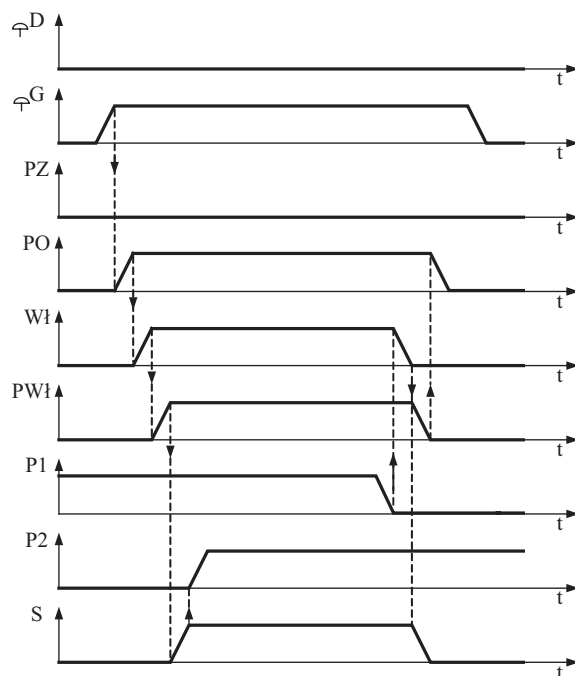
Rysunek 5 przedstawia oscylogramy prądów płynących w obwodach uzwojenia głównego i uzwojenia pomocniczego silnika przy opuszczaniu drąga. Z tych oscylogramów widać, że przy włączaniu prądu i przy jego wyłączeniu nie występują w obwodzie silnika przepięcia łączeniowe, które mogłyby zakłócać pracę innych urządzeń znajdujących się w sąsiedztwie. Prądy w obu uzwojeniach mają przebieg zniekształconej sinusoidy. W czasie rozruchu prąd w uzwojeniu głównym jest prawie dwukrotnie większy od wartości prądu w stanie ustalonym. Po zablokowaniu triaka i wyłączeniu prądu oscylacje mają charakter zanikający, a ich amplituda zmienia się według krzywej wykładniczej.



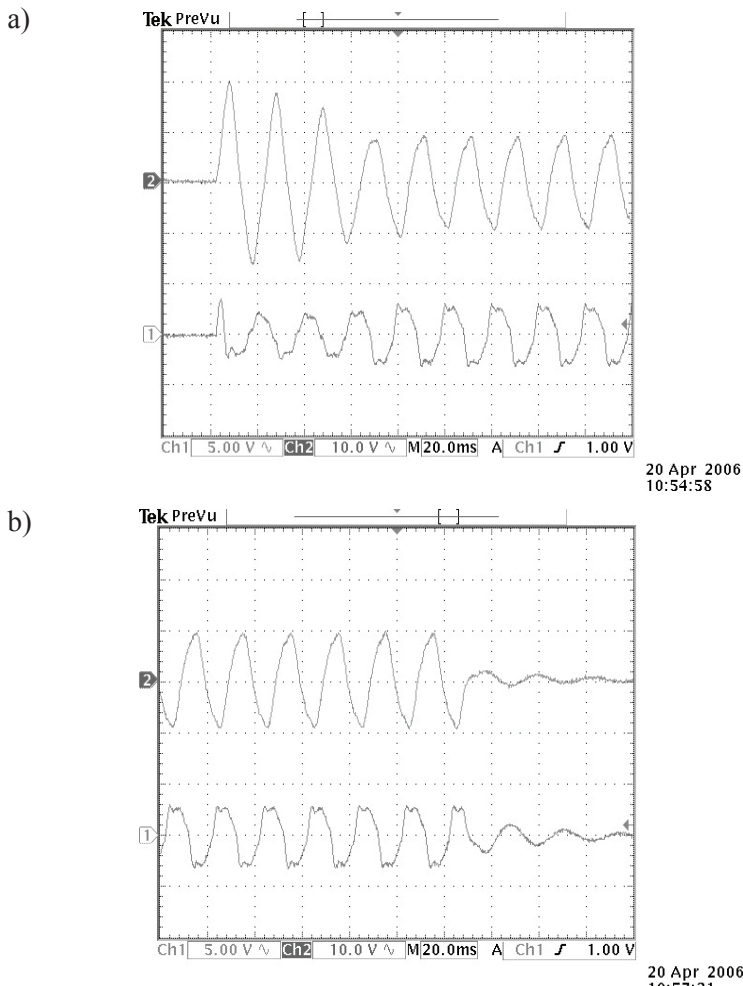
Rys. 5. Oscylogramy przebiegu prądów w obwodach uzwojenia głównego (górny przebieg) i uzwojenia pomocniczego (dolny przebieg) przy włączaniu (a) i wyłączeniu (b) silnika podczas opuszczania drąga zapory

W razie potrzeby zatrzymania napędu w czasie jego pracy, należy zwolnić przycisk sterujący. Następstwem tego jest przerwanie obwodu wzbudzenia przełącznika włączającego, w wyniku czego przełącznik ten przejdzie do stanu biernego, przerywając swymi zestykami obwód bramki triaka i obwód przełącznika zamykającego.

Przy podnoszeniu drąga zapory, układ działa w analogiczny sposób jak przy jej opuszczaniu, z tym że jego włączenia dokonuje się naciskając przycisk służący do podnoszenia drąga, co prowadzi do wzbudzenia przełącznika otwierającego. Następnie zostaje wzbudzony przełącznik włączający, który swym zestykiem zamyka obwód bramki triaka powodując jego odblokowanie. Rysunek 6 przedstawia harmonogram pracy elementów układu przy podnoszeniu drąga zapory. Na rysunku 7 przedstawiono oscylogramy prądów w obwodach uzwojeń silnika przy opuszczaniu drąga. Przebiegi prądów w obu uzwojeniach silnika przy podnoszeniu zapory drogowej nie różnią się od analogicznych przebiegów przy jej opuszczaniu. Sposób połączenia przycisków sterujących wyklucza możliwość jednoczesnego nastawienia drąga w obu kierunkach.

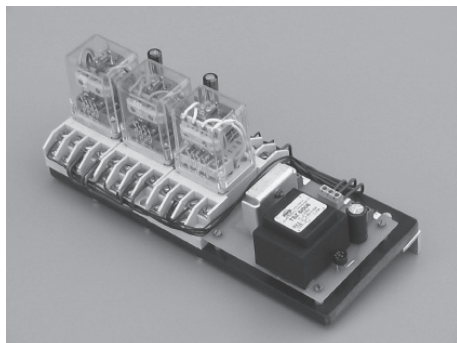


Rys. 6. Harmonogram pracy elementów układu przy podnoszeniu drąga zapory

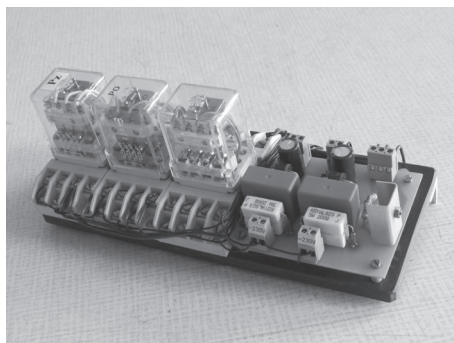


Rys. 7. Oscylogramy przebiegu prądów w obwodach uzwojenia głównego (górny przebieg) i uzwojenia pomocniczego (dolny przebieg) przy włączaniu (a) i wyłączeniu (b) silnika podczas podnoszenia drąga zapory

Widok ogólny układu hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 AC pokazano na rysunku 8. Układ ten jest zasilany napięciem przemiennym 230 V za pośrednictwem transformatora sieciowego i prostownika mostkowego z kondensatorem filtrującym. Może być on zasilany także z zasilacza beztransformatorowego (rys. 9). Przekładniki PZ, PO i PWł są przekładnikami przemysłowymi typu R15 z czterema zestykami przełącznymi o obciążalności prądowej 10 A. Funkcję łącznika półprzewodnikowego pełni triak BTA26-600 firmy THOMSON. Triak ten jest dostosowany do pracy z przemiennym napięciem zasilania 250 V. Jego napięcie wynosi 600 V, a maksymalny prąd 25 A.

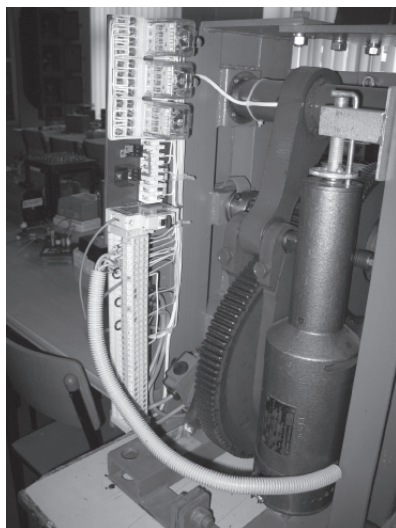


Rys. 8. Widok ogólny hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 AC z zasilaczem transformatorowym



Rys. 9. Widok ogólny hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 AC z zasilaczem beztransformatorowym

Rysunek 10 przedstawia widok ogólny hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 DC z zastosowaniem tranzystora MOSFET z kanałem ujemnym. W tym rozwiązaniu zastosowano tranzystor typu BUZ11 firmy FAIRCHILD. Napięcie tego tranzystora wynosi 50 V, maksymalny prąd 30 A, rezystancja złącza dren-źródło 0,04 Ω . Zamiast tranzystora BUZ11 można zastosować tranzystor IRF540 firmy INTERNATIONAL RECTIFIER, którego napięcie wynosi 100 V, maksymalny prąd 28 A, a rezystancja złącza dren-źródło 0,08 Ω . Zasada działania układu jest analogiczna jak układu tyrystorowego. W stanie bezprądowym obwód zasilania silnika jest odłączony od źródła napięcia.



Rys. 10. Widok ogólny układu hybrydowego sterowania napędu JEGD-50 DC

5. Badania układów hybrydowych

Poprawność działania przedstawionych hybrydowych układów sterownia napędu JEGD-50 sprawdzono w czasie przeprowadzenia prób funkcjonalnych, związanych ze sterowaniem zaporą drogową. W czasie prób układy były dołączone do napędu. Moment tarcia sprzęgła, sprawdzany na wale napędu wynosił 490 Nm (50 kGm). Zakres badań obejmował sprawdzenie poprawności realizacji następujących funkcji:

- opuszczania drąga znajdującego się w położeniu pionowym,
- podnoszenia drąga znajdującego się w położeniu poziomym,
- zatrzymania drąga w położeniu pośrednim w czasie jego opuszczania,
- opuszczenia / podnoszenia drąga po jego zatrzymaniu w położeniu pośrednim,
- zatrzymania drąga w położeniu pośrednim w czasie jego podnoszenia,
- podnoszenia / opuszczania drąga po jego zatrzymaniu w położeniu pośrednim.

Przeprowadzone badania funkcjonalne wykazały, że oba układy realizują poprawnie wszystkie funkcje sterowania związane z zaporą drogową.

Badaniami i analizą bezpieczeństwa objęto wszystkie elementy składowe układów. Kryteria bezpiecznej pracy układu sformułowano na podstawie wymagań zawartych w dokumencie normatywnym „Wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym”. Przyjęto następujące uszkodzenia przekąźników:

- niewzbudzenie przekąźnika,
- nieodwzbudzenie przekąźnika mimo zaistnienia przyczyny do zmiany jego stanu.

Pozostałe uszkodzenia zdefiniowano jako:

- przerwa rezystora,
- zwarcie rezystora,
- zwiększenie rezystancji rezystora o 20%,
- zmniejszenie rezystancji rezystora o 20%,
- przerwa kondensatora,
- zwarcie kondensatora,
- zwiększenie pojemności kondensatora o 50%,
- zmniejszenie pojemności kondensatora o 50%,
- przerwa jednej elektrody triaka (tranzystora MOSFET),
- zwarcie między parą elektrod oraz między wszystkimi elektrodami triaka (tranzystora MOSFET),
- zwarcie pomiędzy dwiema elektrodami triaka (tranzystora MOSFET) przy jednoczesnej przerwie trzeciej elektrody.

Za stan bezpieczny uznano brak możliwości samoczynnego podniesienia/opuszczenia drąga zapory.

Przeprowadzone badania i analizy *fail-safe* pozwalają stwierdzić, że uszkodzenia nie powodują sytuacji niebezpiecznej. W krytycznym przypadku włączenie / wyłączenie prądu nastawczego jest realizowane przez przekaźniki. Część uszkodzeń jest wykrywana najpóźniej w następnym cyklu nastawczym układu. Te uszkodzenia uniemożliwiają włączenie prądu nastawczego. Wykrycie pozostałej części uszkodzeń jest możliwe przez kontrolę okresową lub pomiary. Przez kontrolę okresową mogą być wykryte uszkodzenia powodujące iskrzenie na zestykach przekaźników PZ i PO. Do tych uszkodzeń zalicza się przerwę rezystora dołączonego równoległe do uzwojenia przekaźnika PW1 i przerwę / zwarcie włączonego z nim w szereg kondensatora, znaczne zwiększenie rezystancji rezystora, znaczne zmniejszenie pojemności kondensatora, zwarcie łącznika półprzewodnikowego (triaka, tranzystora MOSFET).

Wyniki badań oporności izolacji (wg PB-LA-12) i wytrzymałości elektrycznej izolacji (wg PN-IEC 1180-1) oraz odporności hybrydowego układu sterowania napędu JEGD-50 DC na narażenia środowiskowe, przeprowadzonych przez CNTK w Warszawie (obecnie Instytut Kolejnictwa) jest także pozytywny [5]. W czasie badań środowiskowych układ ten był poddawany oddziaływaniu takich narażeń, jak:

- zimno (próba Ab wg PN-IEC 68-2-1+A1+A2),
- suche gorąco (próba Bb wg PN-EN 60068-2-2),
- wilgotne gorąco cykliczne (Db wg PN-EN 60068-2-30),
- wibracje sinusoidalne (próba Fc wg PN-EN 60068-2-6),
- udary pojedyncze (próba Ea PN-EN 60068-2-27),
- narażenia elektryczne (EMC – serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych i udary elektryczne wg PN-EN 61000-4-4, odporność i wytrzymałość na udary elektryczne PN-EN 61000-4-5).

6. Podsumowanie

Opracowane hybrydowe układy sterowania napędu rogatekowego JEGD-50 są rozwiązaniami oryginalnymi. Funkcję łącznika półprzewodnikowego w obwodzie zasilania silnika napędu spełnia triak lub tranzystory mocy, w zależności od rodzaju prądu zasilania silnika. W przypadku tych układów przy włączaniu silnika oraz przy jego wyłączaniu nie występuje iskrzenie na zestykach przekaźników. W celu wykluczenia możliwości samoczynnego włączenia napędu wskutek przebicia łącznika półprzewodnikowego, w stanie bezprądowym obwód zasilania silnika jest dodatkowo przerwany zestykami przekaźników.

Układy hybrydowe mogą współpracować z elementami kontroli i sygnalizacji położenia drąga rogatekowego z wyjściami stykowymi (wyłączniki krańcowe i czujniki zbliżeniowe). Rozmiary układów pozwalają umieścić je w obudowie napędu. Przekąźnikowy blok sterowania może być wykorzystany do sterownia innymi napędami rogatekowymi, np. EEG-1 produkcji Bombardier Transportation ZWUS Polska Sp. z o.o. Katowice i SIM6/13 produkcji KZA Kraków.

Badania wykazały, że układy hybrydowe prawidłowo realizują wszystkie funkcje sterowania związane z zaporą drogową, natomiast uszkodzenie powstałe w tych układach nie powoduje zagrożenia dla bezpieczeństwa użytkowników dróg i jest wykrywane najpóźniej w następnym cyklu nastawczym lub podczas kontroli okresowej. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi w Przedsiębiorstwie PKP dokumentami normatywnymi.

Literatura

1. Bartczak M.: *Układ sterowania napędu rogatekowego JEGD-50 na prąd przemienny z zastosowaniem triaka w obwodzie zasilania silnika*, VII Krajowa Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym, Materiały konferencyjne, tom II, Instytut Automatyki Politechniki Łódzkiej 23–25 listopada, 2005.
2. Bartczak M., Nowak A.: *Tyristorowy układ sterowania napędu rogatekowego JEGD-50 na prąd przemienny*, Elektryka, Prace Naukowe 1(9) 2005, Politechnika Radomska.
3. Bartczak M.: *Układ sterowania elektrycznego napędu rogatekowego z zastosowaniem łącznika półprzewodnikowego*, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne rozwiązania skrzyżowań kolei z drogami kołowymi w poziomie szyn w aspekcie prawnym, technicznym i ekonomicznym”, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Częstochowie, 2008.
4. Błaszczuk J.: *Elektryczny napęd rogatekowy JEGD-50*, Automatyka Kolejowa 5/1978.
5. *Sprawozdanie Nr LA/28/07 z badań przekąźnikowego układu sterowania elektrycznego napędu rogatekowego JEGD-50 DC z tranzystorem mocy*, CNTK Warszawa, 31 grudnia 2007 r.
6. *Układ sterowania elektrycznego napędu rogatekowego*. Opis patentowy PL 215108. Zgłoszenie nr 378958 z dn. 13.02.2006. Uprawniony z patentu: Uniwersytet-Techniczno-Technologiczny im. Kazimierza Pułaskiego w radomiu. Twórca: Marek Bartczak.

JEGD-50 Hybrid Railway Barrier Control Systems

Summary

The paper provides the requirements to be met by the railway barrier control systems. Contactor systems used in the JEGD-50 drive control are discussed. Developed hybrid control systems applied in this system are presented where motor circuit connecting element plays a role of semiconductor switch controlled by a relay system consisting of miniature industrial relays. An analysis of the results of tests of these systems is also given.

Keywords: Railway barrier operating system, Control systems, Level crossing signalling equipment, Control circuits

Гибридные схемы управления электропривода шлагбаума типа JEGD-50

Резюме

В статье определены требования к схемам управления электропривода шлагбаума. Обсуждены применяемые контакторные схемы управления электропривода шлагбаума типа JEGD-50. Представлены разработанные гибридные схемы управления этого электропривода, в которых функцию элемента, соединяющего цепь двигателя, выполняет полупроводниковый соединитель, управляемый релейной схемой, состоящей из миниатюрных промышленных реле. Проведён также анализ результатов испытаний этих схем.

Ключевые слова: электропривод шлагбаума, схемы управления, устройства переездной сигнализации