Współpraca falownika SINAMICS G110 ze sterownikiem S7-1200

W przykładzie sterownik z rodziny S7-1200 steruje pracą dwóch silników asynchronicznych, podłączonych do falownika SINAMICS G110. Komunikacja pomiędzy tymi urządzeniami odbywa się z wykorzystaniem protokołu USS.

Pracę sterownika S7-1200 (CPU1211C) w prezentowanym przykładzie wspomaga moduł komunikacyjny CM1241 (z interfejsem RS485), schemat połączeń pokazano na **rysunku 1**. Komunikacja pomiędzy sterownikiem i falownikiem odbywa się za pomocą protokołu USS z użyciem łącza fizycznego RS485. Panel dotykowy KTP600, który dołączono do sterownika S7-1200 za pośrednictwem sieci Ethernet służy do obsługi silnika i wizualizacji jego pracy. Pakiet STEP7 10.5 Basic jest używany, jako narzędzie konfiguracyjne programu kontroli i HMI.

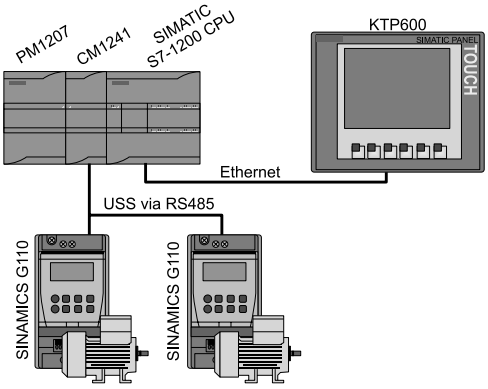
Sterowanie silnikami odbywa się poprzez zadawanie prędkości. Dopuszczalne zakresy nastaw wynoszą od 0 do 100%. Możliwa jest także zmiana kierunku obrotów silnika oraz sygnalizacja wystąpienia błędów w napędach. Odczyt i zmiana parametrów falownika za pośrednictwem protokołu USS ma być możliwa w trakcie pracy. Rzeczywista prędkość ma być wyświetlana razem ze stanem napędu.

Na **rysunku 2** pokazano schemat okablowania przykładowego systemu, a na **rysunku 3** sposób dołączenia kabla magistrali Profibus.

Adresowanie napędów i zakończanie magistrali RS485

Interfejs RS485 umożliwia transmisję danych przez 2-żyłowy przewód przy użyciu protokołu USS i jednego modułu komunikacyjnego, od jednego *master* (na przykład procesor 1211C) do 16 *slave* (np. SINAMICS G110). Jest konieczne, aby każdy *slave* mógł być zidentyfikowany przez unikatowy adres z zakresu od 1 do 16. Protokół USS pozwala na występowanie tylko jednego *master*, któremu nie ma potrzeby nadawać adresu. Aby uniknąć odbić na początku lub na końcu magistrali mogących powodować zakłócenia przesyłu danych, magistrala musi być zakończona za pomocą rezystorów, jak pokazano na **rysunku 4**.

W przykładowym projekcie zakończenie magistrali wykonano po stronie sterownika za pomocą złącza PROFIBUS i w ostatnim



Rysunek 1.

Uwaga!
Przykładowy program jest zbudowany z dwóch węzłów USS, prezentując jednak strukturę dla większej liczby węzłów. Istnieje możliwość pokazania pełnej funkcjonalności systemu z użyciem jedynie jednego węzła fizycznego składającego się z co najmniej jednego falownika z silnikiem.
Panel KTP600 również nie jest wymagany. Program STEP7 PC Basic Runtime może być zastosowany do symulacji interfejsu użytkownika.

falowniku G110 SINAMICS w sieci poprzez załączenie obu odpowiednich mikroprzełączników znajdujących sie pod BOP (**fotografia 5**).

Struktura protokołu USS

Protokół USS został stworzony w celu wymiany danych procesowych pomiędzy centralnym sterownikiem i węzłami magistrali (dalej nazywanymi napędami) przy użyciu RS485. Każdy z napędów jest identyfikowany przez unikatowy adres magistrali. Pomimo, że PROFIBUS wykorzystuje tę samą technologię fizyczną RS485, PROFIBUS i protokół USS różnią się znacznie. Struktura telegramu jest następująca (**rysunek 6**):

```
STX: tekst startu
LGE: długość telegramu
ADR: adres slave
PKW: wartość parametru ID (PIV)
PZD: dane procesowe
BBC: blok kontrolny (suma kontrolna)
```

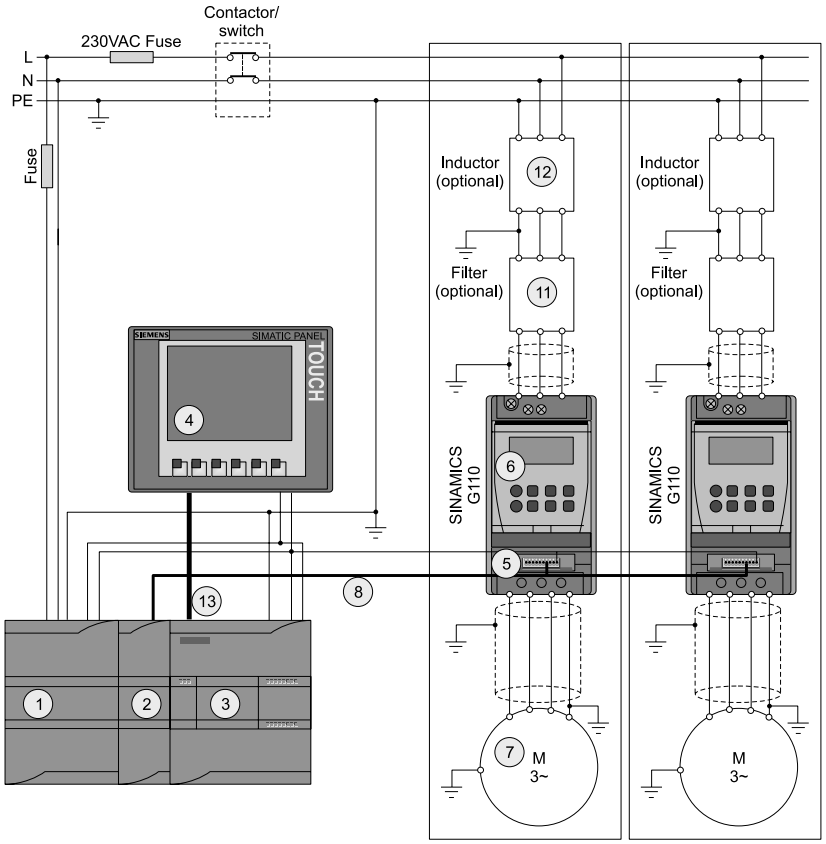
Część PZD służy do przesyłania poleceń sterujących i zadań do napędu. Napęd odpowiada przekazując informacje o statusie i wartościach rzeczywistych. Domyślnie, pierwsze słowo PZD zawiera słowo sterujące lub słowo statusu. Drugie słowo PZD zawiera główną wartość zadaną lub wartość rzeczywistą. Kolejne 6 słów (12 bajtów) może być wykorzystane w zależności od potrzeb. Długość PZD może wynosić od 2, 4, 6 do 8 słów. Długość PZD w napędzie i w sterowniku musi się zgadzać.

Część PKW jest używana do odczytu lub zapisu w napędzie wartości poszczególnych parametrów, również w trakcie pracy napędu. PKW składa się z:

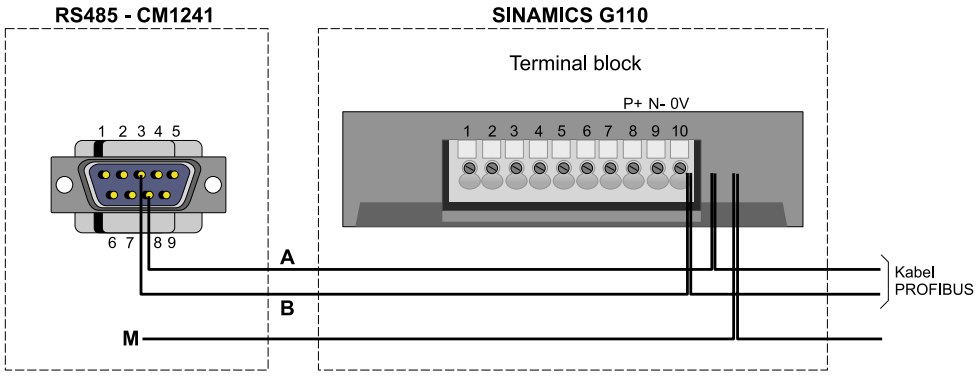
```
PKE: ID parametru
IND: indeks parametru
PWE: wartość parametru
```

Zarówno PKE jak i IND mają długość 1 słowa. Długość PWE może wahać się od 1 do 2 słów, w zależności od typu danych, który ma zostać zapisany/odczytany (*word, double word, real*). Całkowita długość PKW może być zmieniana dla większości napędów, ale w komunikacji z S7-1200 musi być ustawiona na stałe na 4 słowa. Z tego względu część PWE musi mieć rozmiar 2 słów.

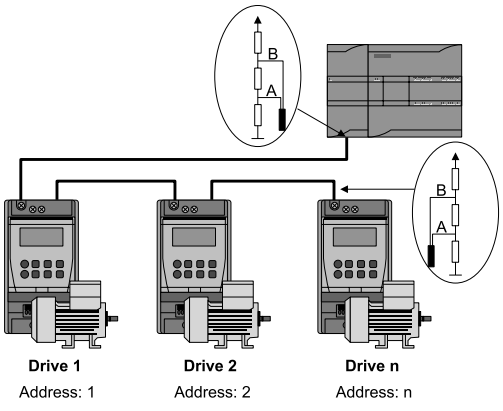
Aby uzyskać więcej informacji o SINAMICS G120: *https://www.automation.siemens.com/sd/sinamicsg120/index_76.htm*
Więcej informacji na temat SINAMICS S110: *http://www.siemens.com/sinamics-s110*
Możesz także pobrać aktualną wersję programu w wersji STARTER: *http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/26233208*



Rysunek 2.

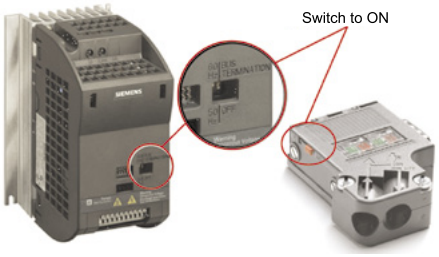


Rysunek 3.



Rysunek 4.

Uwaga!
Przedstawiona konfiguracja jest przeznaczona do zastosowań przemysłowych. W przemyśle sieci zasilające używane są najczęściej jedynie do zasilania maszyn, dlatego nie jest konieczne stosowanie specjalnych filtrów/dławików dla prądów upływu. Jeśli powyższa konfiguracja jest używana w sieciach newralgicznych (na przykład, z komputerami w tej samej sieci), zaleca się stosowanie filtrów lub dławików. Aby uzyskać więcej informacji o SINAMICS G110: *http://www.automation.siemens.com/sd/sinamicsg110/index_76.htm*



Fotografia 5.

Uwaga!
4-biegunowe silniki asynchroniczne z uzwojeniami 400 V/230 V gwiazda/trójkąt muszą być dołączone do falownika w trójkąt (Δ230 V).

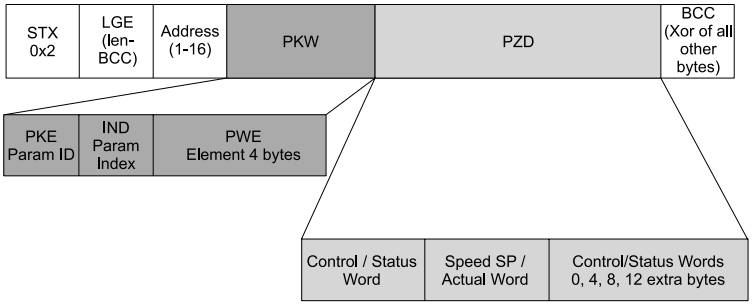
Komunikacja sterownika z napędami

Komunikacja sterownika S7-1200 z napędami za pośrednictwem modułu komunikacyjnego jest możliwa po wgraniu biblioteki dołączonej do oprogramowania STEP7 Basic.

Aby wysłać komendę ze sterownika do napędu, jest koniecznie użycie funkcji kontrolującej komunikację pomiędzy CPU a napędem za pośrednictwem modułu komunikacyjnego PtP. Odbywa się to za pomocą bloku „USS_PORT" (**rysunek 7**).

Parametr „Port" bloku określa moduł komunikacyjny, za pomocą którego podłączone są napędy. Moduł komunikacyjny może obsługiwać maksymalnie 16 napędów. S7-1200 może obsługiwać maksymalnie 3 moduły komunikacyjne (**rysunek 8**), dzięki czemu można podłączyć do 48 napędów w 3 różnych sieciach.

Komunikacja z napędem odbywa się asynchronicznie, przy każdym wywołaniu bloku. Oznacza to, że w sterowniku S7-1200 może zostać wykonanych kilka cykli zanim wymiana danych z napędem zostanie zakończona. Z tego powodu blok „USS_PORT" wywoływany jest zwykle z przerwania OB z opóźnieniem z określoną zwłoką czasową. Zwłoka powinna odpowiadać czasowi niezbędnemu na przeprowadzenie wymiany danych z napędem.



Rysunek 6.

Uwaga!
Aby uzyskać więcej informacji na temat protokołu USS: *http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/24178253*

Blok może być także wywoływany cyklicznie, jednak nie spowoduje to zwiększenia liczby wymian. Jeśli wywołanie wystąpi, gdy blok jest już aktywny, zostanie zignorowane. Jeżeli czas trwania cyklu jest długi, odstęp pomiędzy wymianami zostanie przedłużony, co może prowadzić do błędów transmisji.

W zależności od szybkości transmisji określany jest „Worst Case Message Time" (WCMT) dla każdej wymiany, czyli czas, który jest wymagany dla przeprowadzenia poprawnej wymiany w najgorszym przypadku (**rysunek 9**). Poszczególne części WCMT:

- opóźnienie startu odnosi się do czasu, który musi upłynąć by *master* USS mógł wysłać żądanie (według wzoru: ***(2*11)/szybkość transmisji [bity na sekundę]***),
- czas telegramu *master*,
- maksymalny czas reakcji (nie dłuższy niż 20 ms),
- czas telegramu *slave*.

Biblioteka protokołu USS domyślnie powtarza próbę każdej wymiany dwukrotnie. Skutkuje to wprowadzeniem minimalnego opóźnienia wywołania bloku USS_PORT, które można obliczyć według następującego wzoru:

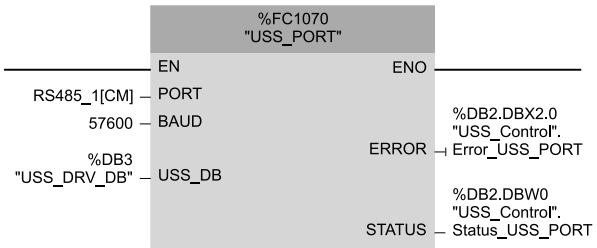
Minimalne opóźnienie wywołania USS_PORT [ms] = 2 * WCMT

Ponadto, należy upewnić się, że blok „USS_PORT" wywołany jest wcześniej niż limit czasowy dla napędu. Limit czasowy dla napędu jest to czas wymiany, podczas którego, z powodu błędów komunikacji, przeprowadzane są 3 próby zamknięcia wymiany. Poniższy wzór służy do obliczania limit czasowego napędu:

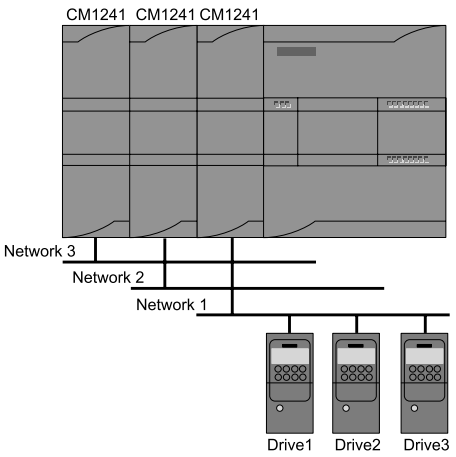
Limit czasowy dla napędu [ms] = 3 powtórzenia * Minimalne opóźnienie wywołania USS_PORT

Jeśli w sieci znajduje się kilka napędów, limit czasowy napędu należy pomnożyć przez liczbę napędów w sieci. Limit czasowy napędu zostaje zwiększony:

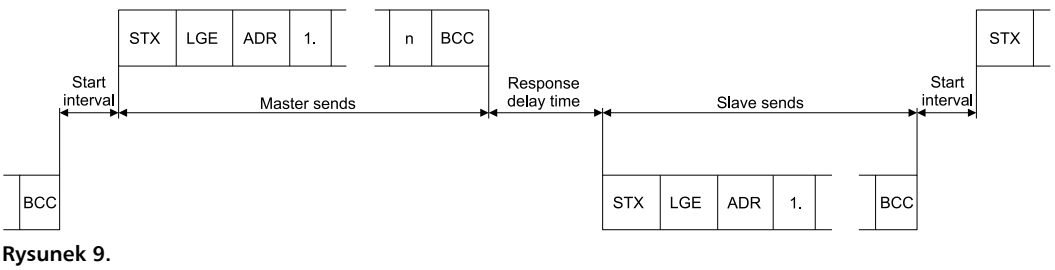
Limit czasowy dla napędu [ms] = (3 powtórzenia * Minimalne opóźnienie wywołania USS_PORT) * liczba napędów w sieci



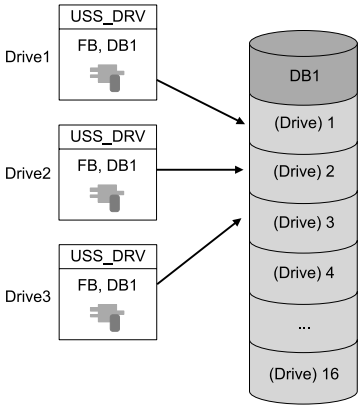
Rysunek 7.



Rysunek 8.



Rysunek 9.



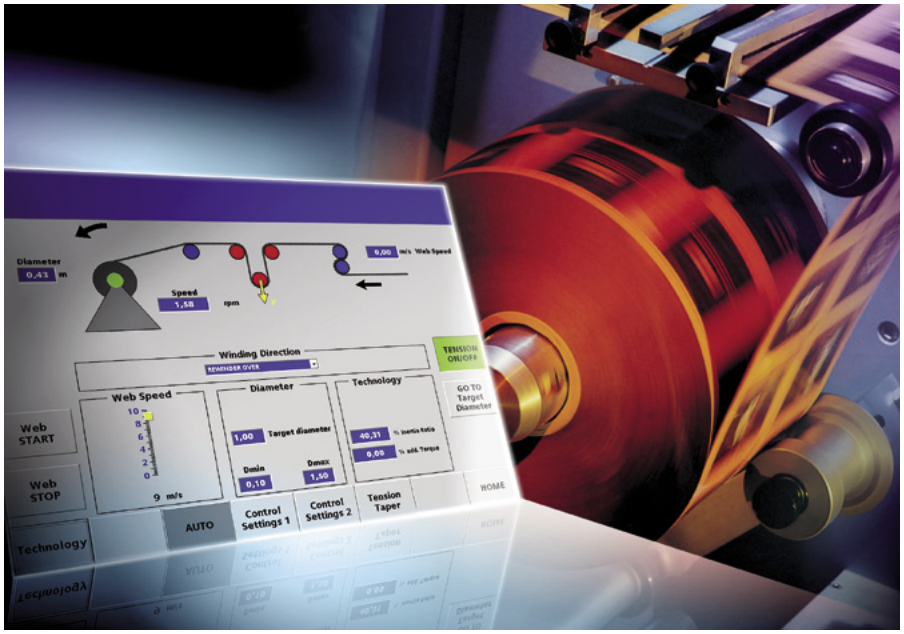
Rysunek 10.

Przesyłanie danych procesowych do napędów z USS_DRV i jego odczyt

Blok „USS_DRV" przeprowadza wymianę danych z napędami poprzez tworzenie telegramów żądania i oceny telegramów odpowiedzi. Do przechowywania danych służy blok danych. Dla każdego napędu w sieci należy użyć osobnego bloku USS_DRV. Do 16 bloków USS_DRV może korzystać z tego samego bloku danych.

Po tym jak pierwszy blok USS_DRV zostanie dodany do STEP7 Basic Editor, blok danych jest tworzony automatycznie. Ten sam blok danych musi być przypisany do wszystkich innych bloków USS_DRV (**rysunek 10**).

Blok USS_DRV musi być wywoływany cyklicznie. Podczas wykonywania bloku po raz pierwszy, zostaje zainicjowany napęd określony w bloku danych przez parametr „Drive". Blok USS_PORT może rozpocząć komunikację z danym napędem dopiero po tej inicjacji. Jest zatem niezbędne, aby wywołać blok USS_DRV przynajmniej raz dla każdego napędu. Jeśli numer napędu został zmieniony podczas pracy, blok danych musi być ponownie zainicjowany poprzez ustawienie sterownika w tryb STOP a następnie z powrotem w RUN.



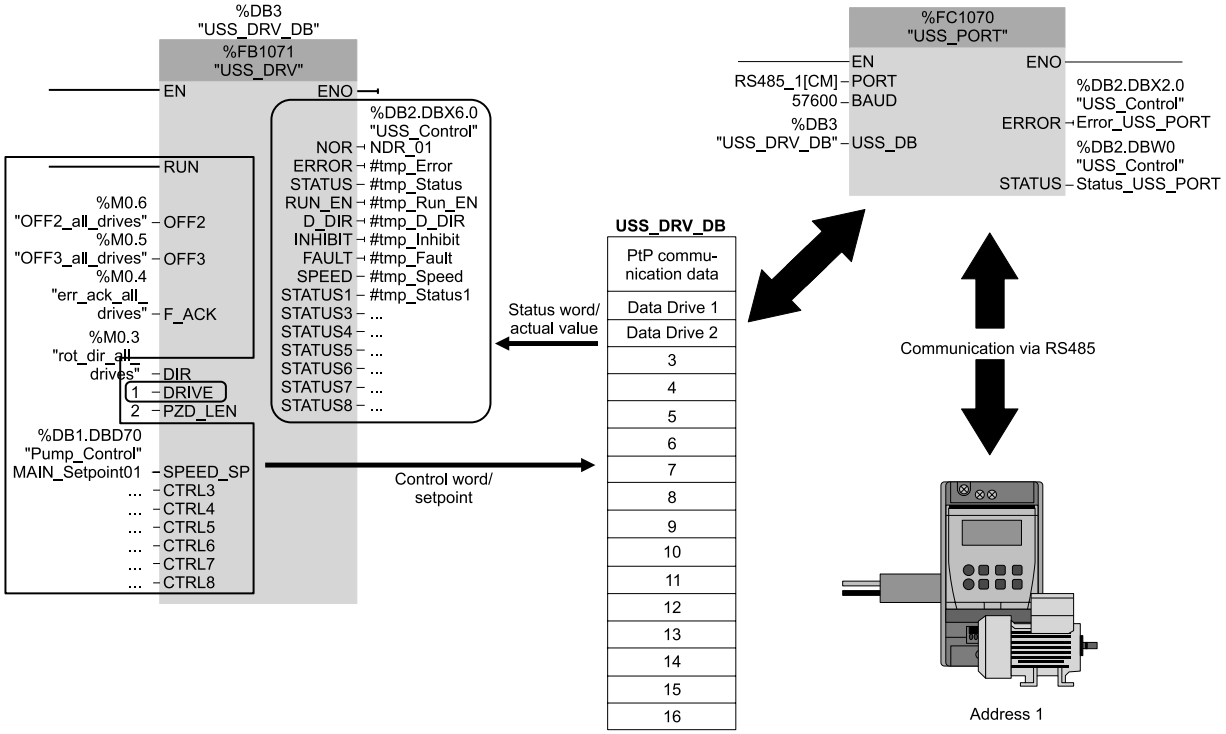
Znajdujące się po lewej stronie parametry bloku USS_DRV są używane do konfiguracji słowa sterującego (RUN, OFF2, OFF3, F_ACK, DIR) oraz głównej wartości zadanej (SPEED_SP) dla przypisanego napędu. CTRL3 – CTRL8 są słowami danych procesowych wysłanego telegramu, które mogą być swobodnie konfigurowane. Skonfigurowane parametry są przechowywane w buforze nadawania bloku danych.

Słowa statusu (STATUS1) i wartości rzeczywistej (SPEED) napędu odczytywane są z bufora zawierającego poprzednią poprawną odpowiedź i wystawiane są na wyjściu bloku USS_DRV. STATUS3 – STATUS8 są słowami danych procesowych telegramu odpowiedzi, które mogą być swobodnie konfigurowane. Bity RUN_EN, D_DIR, INHIBIT i FAULT są bitami pierwszego słowa statusu.

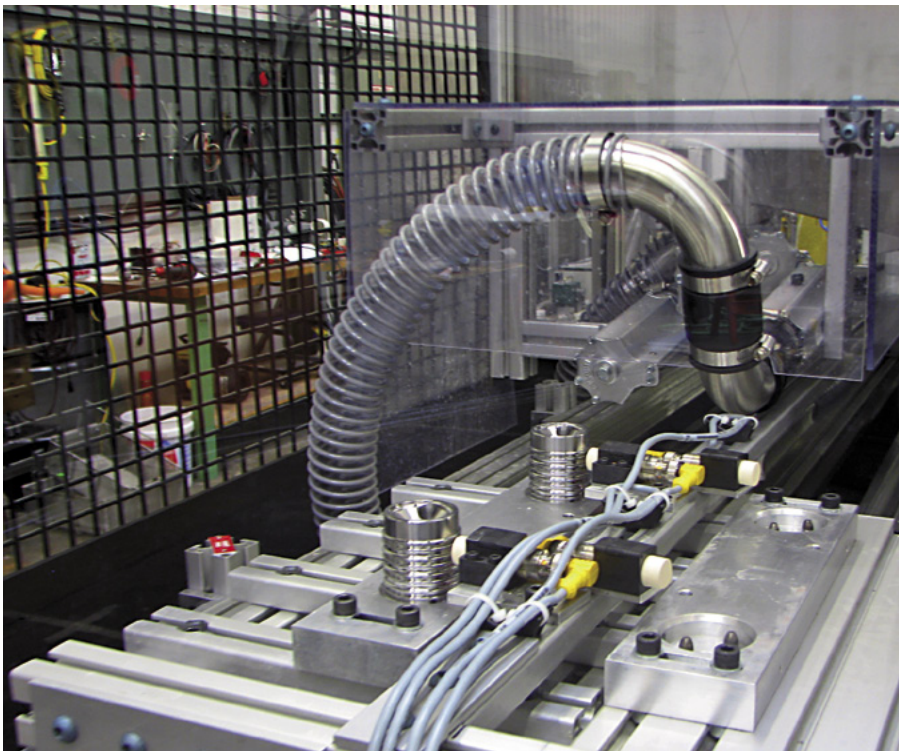
Podczas wykonywania bloku USS_DRV nie następuje transmisja danych. Komunikacja z napędem rozpoczyna się dopiero po wykonaniu USS_PORT. Blok USS_DRV konfiguruje tylko telegramy do wysłania i ocenia dane, który został wcześniej odebrane przez USS_PORT (**rysunek 11**).

Odczyt parametrów z USS_RPM

Blok USS_RPM służy do odczytu parametrów z napędu. Wykorzystuje ten sam blok danych, który został przypisany do odpowiedniej sieci USS. Po wykryciu dodatniego zbocza na wejściu REQ, bufor nadawczy bloku danych zostaje ustawiony zadanymi



Rysunek 11.



Co należy zrobić, aby uniknąć zakłóceń elektromagnetycznych:
- Upewnić się, że istnieje dobrze przewodzące połączenie pomiędzy falownikiem i (uziemioną) metalową płytą montażową.
- Upewnić się, że wszystkie urządzenia w szafie są uziemione za pomocą odpowiednio krótkich przewodów uziemiających o dużych przekrojach poprzecznych i są podłączone do wspólnego punktu uziemiającego lub szyny uziemiającej.
- Upewnić się, że połączony z falownikiem moduł S7-1200 CM jest również dołączony do tego samego uziemienia lub punktu uziemiającego, co falownik, za pomocą krótkiego przewodu o dużym przekroju.
- Należy używać ekranowanych przewodów sterujących, np. kabla Profibus SIEMENS do utworzenia magistrali RS485. Ekran kabla należy uziemić po stronie falownika.
- Jeśli to możliwe, przewody sterujące muszą być położone oddzielnie od przewodów zasilających (w osobnych listwach). Krzyżowanie przewodów sterujących i zasilających powinno odbywać się pod kątem 90°.
- Podłączyć przewód ochronny silnika do zacisku uziemiającego (PE) falownika.
- Końce przewodów muszą być zakończone prawidłowo, a przewody nieekranowane powinny być jak najkrótsze.
- Używać przewodów ekranowanych dla połączeń mechanicznych i uziemić ekran przewodu zarówno po stronie falownika, jak i silnika.

parametrami, w tym wartością indeksu parametru. Po tym jak USS_PORT zrealizował komunikację z napędem, wartość parametru jest przechowywana w buforze odpowiedzi bloku danych. USS_RPM podaje wartość na wyjściu VALUE i ustawia bit DONE.

Typ danych na wyjściu VALUE musi odpowiadać typowi danych parametru w napędzie (*word, double world, real*).

Zapis parametrów z USS_WPM

Blok USS_WPM jest używany do zapisu parametrów w napędzie i wykorzystuje ten sam blok danych, który wcześniej został przypisany do odpowiedniej sieci USS. Aby móc przeprowadzić zapis parametrów, w napędzie musi zostać włączone zezwolenie na zapis.

Po wykryciu dodatniego zbocza na wejściu REQ, bufora nadawczy bloku danych zostaje ustawiony parametrem do zapisu, indeksem i wartością parametru. Po tym jak USS_PORT zrealizował komunikację z napędem, zostaje ustawiony bit DONE.

Typ danych na wejściu VALUE musi odpowiadać typowi danych parametru w napędzie (*word, double word, real*).

Wejście EEPROM określa, czy parametr ma być zapisany w pamięci RAM napędu czy też ma być na stałe zapisany w pamięci ROM. W przeciwieństwie do pamięci RAM, ROM jest nadal dostępny po ponownym uruchomieniu napędu.

Uwaga!
Nie używaj operacji zapisu EEPROM zbyt często. Utrzymuj liczbę operacji zapisu EEPROM na jak najniższym poziomie, aby przedłużyć żywotność pamięci EEPROM.

Ocena błędów komunikacji

Błędy komunikacji są wystawiane tylko na wyjściach bloku USS_PORT, a nie na wyjściach USS_DRV. Wartości *hex* statusów błędów to 8180, 8184, 8187 lub 818B.

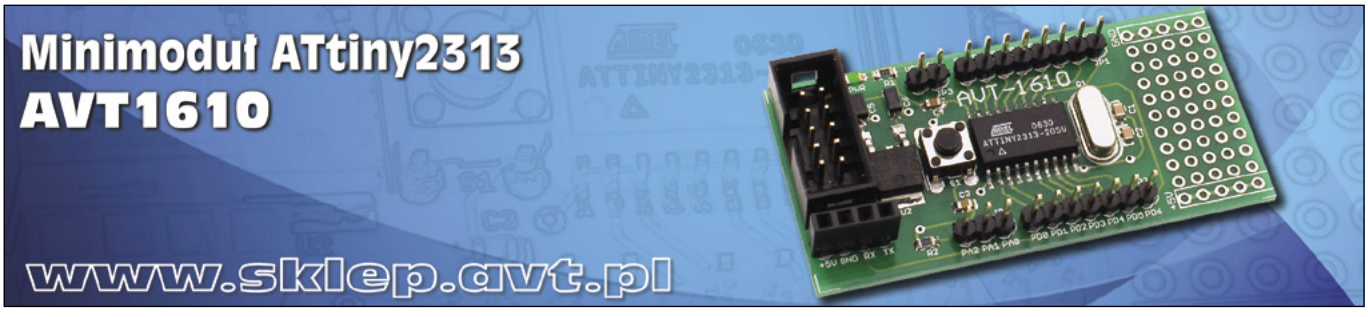
Aby dowiedzieć się, z którego napędu pochodzi komunikat o błędzie, blok danych zawiera zmienną o nazwie „USS_Extended_Error". Jeśli wystąpią błędy w komunikacji właśnie w tej zmiennej jest przechowywany adres uszkodzonego napędu.

Ponieważ wiadomość o błędzie jest wystawiana na wyjście bloku USS_PORT tylko na czas trwania jednego cyklu, to musi być zapisana w momencie wystąpienia błędu (**rysunek 2.13**).

Ocena błędów zapisu/odczytu

Ocena błędów zapisu/odczytu opiera się na tej samej zasadzie, co ocena błędów komunikacji. Komunikat o statusie wystawiany jest tylko na czas trwania jednego cyklu, dlatego musi być zapisany w momencie wystąpienia błędu. Jeśli status błędu wynosi 818Ch, rozszerzony kod błędu napędu jest przechowywany w zmiennej „USS_Extended_Error" bloku danych. Znaczenie kodu błędu zależy od wersji napędu i można je sprawdzić w instrukcji napędu.

Tomasz Starak

Artykuł opracowano na podstawie materiałów firmy Siemens.

REKLAMA