

**NOWE MODUŁY TELEMTRYCZNE DEDYKOWANE
DO ZASTOSOWAŃ W OCHRONIE KATODOWEJ**

**NEW TELEMETRY MODULES
DEDICATED FOR CATHODIC PROTECTION**

mgr inż. Maciej Malicki

Speckor

Słowa kluczowe: telemetria, monitoring, pomiary zdalne, ochrona katodowa
Keywords: telemetry, monitoring, remote measurements, cathodic protection

Streszczenie

We wstępie artykułu opisano specyficzne wymagania dla urządzeń monitoringu w ochronie katodowej. Kolejne punkty dotyczą poszczególnych aspektów budowy i działania modułu MT-652. Opisano sposób jego zasilania oraz możliwość pracy na wbudowanym akumulatorze w przypadku zaniku zasilania zewnętrznego. Wyszczególniono także parametry i możliwości kanałów pomiarowych oraz dodatkowych wejść i wyjść cyfrowych. W zakresie parametrów konfiguracyjnych nakreślone zostały ustawienia pomiarów oraz zdarzenia i reguły. Na koniec opisano możliwości komunikacyjne modułu, podano przykładowe zastosowania oraz wybrane możliwości współpracy z systemami telemetrycznymi.

Summary

The introduction section describes specific requirements for cathodic protection monitoring equipment. Next sections relate to various aspects of MT-652 telemetry module construction and operation. Powering the module and ability of a built-in battery operation in case of power outage is described. Performance and capabilities of measuring channels and additional digital inputs and outputs were detailed. In terms of configuration, measurement settings, events and rules have been outlined. At the end, communication capabilities of the module were described and examples of applications and supported telemetry systems were listed.

Wprowadzenie

Zastosowanie systemów zdalnego nadzoru i sterowania staje się coraz bardziej powszechne w każdej dziedzinie życia. Jeszcze do niedawna systemy telemetryczne można było spotkać tylko w aplikacjach przemysłowych, badawczych czy wojskowych. Obecnie niedrogie rozwiązania dostępne są niemalże dla każdego, a możliwości ich zastosowania ogranicza jedynie wyobraźnia Użytkownika.

Dzięki rosnącej skali zastosowania, dziedzina dynamicznie się rozwija, a dostępne urządzenia i systemy stają się coraz bardziej niezawodne, bezpieczne i oferują coraz lepszą funkcjonalność. Także w dziedzinie ochrony katodowej jest jeszcze duże pole do rozwoju systemów zdalnego nadzoru pracy urządzeń i instalacji.

Specyficzne wymagania dla urządzeń monitoringu w ochronie katodowej

Na rynku dostępnych jest wiele różnych modułów telemetrycznych ogólnego przeznaczenia. Niektóre z nich mają dużą liczbę wejść i wyjść, bardzo szerokie możliwości konfiguracji i obsługują komunikację w przeróżnych trybach i przy wykorzystaniu praktycznie dowolnych protokołów. Jednak ze względu na pewne specyficzne wymagania dotyczące pomiarów w ochronie katodowej, możliwości tych urządzeń nie są dla tej dziedziny wystarczające.

Pierwszą kwestią jest zakres pomiaru wejść analogowych. Przyjęte standardy sygnałów analogowych w automatyce to 4..20mA oraz 0..10V. Część sygnałów w ochronie katodowej mieści się w tych standardach, np. na zakresie 0..10V można mierzyć typowe wartości potencjału załączeniowego przy zachowaniu odpowiedniej polaryzacji połączeń. Jednak bez zastosowania zewnętrznych przetworników nie zmierzymy chociażby napięcia czy prądu wyjściowego stacji ochrony katodowej z zewnętrznym źródłem prądu. Bardzo istotna przy pomiarze potencjału jest rezystancja wejściowa woltomierza. Przyjmuje się, że nie powinna ona być mniejsza niż $10M\Omega$, podczas gdy typowe wejścia analogowe w automatyce mają rezystancję wejściową rzędu kilkudziesięciu albo co najwyżej kilkuset $k\Omega$.

Kolejną istotną sprawą przy pomiarach w ochronie katodowej jest synchronizacja czasowa. Ma ona znaczenie np. podczas wykonywania pomiarów potencjału wyłączeniowego na obiekcie, który chroniony jest za pomocą dwóch lub więcej źródeł polaryzacji. Jeżeli zależy nam na dokładności na poziomie mili- czy mikrosekund, bez konieczności ręcznej synchronizacji przed każdym pomiarem, to najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie w urządzeniu odbiornika GPS. Czas w systemie GPS odmierzany jest przez sieć zegarów atomowych, które pracują z dokładnością 10^{-10} s/24h. Stempel czasowy można odczytać z ramki NMEA (National Marine Electronics Association) generowanej przez odbiornik GPS, ale dokładność wspomniana powyżej możliwa jest do osiągnięcia tylko poprzez synchronizację sprzętową z sygnałem PPS (Pulse Per Second), który precyzyjnie wyznacza początek każdej sekundy. Niestety większość modułów telemetrycznych ogólnego przeznaczenia nie zapewnia takiej możliwości.

Konieczność dokładnej synchronizacji czasu wiąże się bezpośrednio z funkcjonalnością przerywania prądu w obwodzie ochrony katodowej oraz wykonywania pomiaru potencjału wyłączeniowego. O ile typowe urządzenia telemetryczne posiadają najczęściej wyjścia do sterowania przeróżnymi elementami wykonawczymi, w tym

przypadku przekaźnikami lub stycznikami, to niestety nie oferują możliwości realizacji tych funkcji w sposób specyficzny dla ochrony katodowej. Mowa tutaj o wykonywaniu pomiaru potencjału po uprzednim wyłączeniu prądu ochrony lub realizacji cyklicznego załączenia i wyłączenia SOK, czyli pracy w trybie tzw. „taktowania”. W pierwszym przypadku urządzenie musi mieć możliwość wysterowania wyjścia w ściśle określonym momencie, a następnie wykonania pomiaru na danym kanale po upływie np. 100ms. Opóźnienie wykonania pomiaru powinno być parametrem ustawianym przez Użytkownika, ponieważ zależy ono od charakterystyki monitorowanego obiektu. Po wykonaniu pomiaru wyjście powinno powrócić do stanu domyślnego. W drugim specyficznym zastosowaniu urządzenie powinno umożliwiać cykliczną aktywację i dezaktywację wyjścia z ustawionymi czasami opóźnienia. Oczywiście podobnie jak w poprzednim przypadku tutaj też istotna jest dokładna synchronizacja czasowa ze współpracującymi źródłami polaryzacji lub przyrządami pomiarowymi wykorzystywanymi w terenie. W tym obszarze standardowe moduły telemetryczne mogą być wykorzystane jedynie do wyłączenia lub załączenia SOK na stałe.

Ostatnią, lecz bardzo istotną kwestią jest odporność urządzeń na przepięcia i stany awaryjne, które mogą pojawić się na monitorowanym obiekcie. Inną rzeczą jest mierzenie parametrów pracy maszyny ustawionej na hali produkcyjnej, a inną bezpośrednie połączenie z rurociągiem ułożonym w ziemi i krzyżującym się lub przebiegającym w niewielkiej odległości od uziemień słupów elektroenergetycznych linii przesyłowych, zelektryfikowanej trakcji kolejowej i innych możliwych źródeł zakłóceń. Charakterystyka chronionych obiektów nakłada na urządzenia ochrony katodowej surowe wymagania w zakresie odporności na przepięcia wywołane stanami awaryjnymi, wyładowaniami atmosferycznymi, czy też prądami indukowanymi. Wymienione wyżej zjawiska są szczególnie niebezpieczne w przypadku rurociągów pokrytych izolacją o wysokim poziomie szczelności, które współcześnie buduje się w Polsce.

Geneza powstania i budowa MT-652

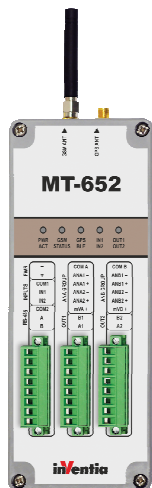
Uwzględniając powyższe wymagania techniczne oraz wychodząc naprzeciw potrzebom największych odbiorców przemysłowych technologii ochrony katodowej w Polsce, firma InVentia we współpracy z firmą Speckor opracowała rodzinę modułów telemetrycznych dedykowanych do zastosowań w ochronie katodowej. Połączenie wieloletnich doświadczeń w zakresie różnego rodzaju rozwiązań telemetrycznych z szeroką wiedzą na temat ochrony katodowej i znajomością potrzeb Użytkowników zaowocowało powstaniem pierwszego urządzenia w serii – modułu MT-652.

Urządzenie zamknięte jest w prostopadłościenną obudowę wykonaną z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym o wymiarach 190×75×55mm (bez złącz). Zapewnia ona stopień szczelności IP65, czyli pyłoszczelność i ochronę przed strugą wody (12,5l/min) laną na obudowę z dowolnej strony.

Na górnej ścianie obudowy znajdują się 2 złącza SMA, jedno dla anteny GSM, drugie dla anteny GPS. Lokalizacja gniazd antenowych zapewnia prowadzenie okablowania po najkrótszej możliwej drodze, ponieważ anteny zwykle umieszcza się jak najwyżej w celu uzyskania możliwie dużego zasięgu. Na przednim panelu umieszczono złącza wejść i wyjść, do których podłącza się wtyki z zaciskami śrubowymi. Takie rozwiązanie umożliwia szybki montaż i demontaż urządzenia bez konieczności ingerencji w okablowanie obiektu. Oprócz

gniazd na panelu przednim umieszczono 5 diod sygnalizacyjnych. Warto zapoznać się z ich działaniem, ponieważ emitowane sekwencje świetlne niosą ze sobą wiele informacji, które mogą okazać się przydatne, szczególnie w przypadku rozwiązywania problemów z pracą urządzenia.

Po odkręceniu 4 śrub znajdujących się w rogach obudowy, można zdemontować przedni panel i uzyskać dostęp m.in. do gniazd kart SIM, karty pamięci oraz portu USB. Po otwarciu obudowy istnieje też możliwość odłączenia akumulatora podtrzymującego zasilanie w celu jego kontroli lub wymiany.



Rys.1. Widok modułu telemetrycznego MT-652.

Zasilanie

Moduł zasilany jest napięciem stałym w zakresie 9..30V za pośrednictwem zewnętrznego zasilacza. W przypadku zaniku napięcia zasilającego, urządzenie przełącza się na wbudowany akumulator litowo-jonowy o pojemności 2,6Ah i napięciu nominalnym 3,7V. Energooszczędna konstrukcja modułu zapewnia wielogodzinną pracę na akumulatorze nawet przy ciągłym zalogowaniu do sieci GPRS. Umożliwia to zdiagnozowanie zaniku napięcia sieciowego i podjęcie stosownych działań przez służby eksploatacyjne.

Aby jeszcze bardziej wydłużyć czas pracy modułu bez zasilania zewnętrznego, możliwe jest aktywowanie zaimplementowanego trybu oszczędzania energii. W tym trybie pomiędzy pomiarami moduł wchodzi w uśpienie, odłączając zasilanie większości wewnętrznych układów, w tym modemu GSM. Oznacza to, że moduł nie jest ciągle zalogowany do GPRS, ale nadal może reagować na stany alarmowe (np. otwarcie drzwi szafy) i niezwłocznie zalogować się do sieci w celu przesłania informacji do systemu nadrzędnego. W przypadku braku zdarzeń alarmowych logowanie następuje w stałych, skonfigurowanych interwałach czasowych. W zależności od konfiguracji urządzenia, tryb oszczędzania energii pozwala wydłużyć czas pracy modułu kilku- a nawet kilkudziesięciokrotnie.

Kanały pomiarowe

MT-652 posiada dwie odseparowane i niezależnie pracujące grupy kanałów pomiarowych. W każdej grupie znajdują się:

- 2 kanały o konfigurowanym programowo zakresie $\pm 10V$ lub $\pm 100V$ i rozdzielczości pomiaru wynoszącej $1mV$. Warto tutaj wspomnieć, że konstrukcja wejść jest odporna na napięcia do $350V$ (przy ustawionym zakresie $\pm 100V$), co pozwala na wykonywanie pomiarów napięcia stałego nawet przy nałożonym sieciowym napięciu przemiennym. Z kolei na zakresie $\pm 10V$ pomiary są poprawnie wykonywane przy napięciu wspólnym dochodzącym do $60V$.
- 1 kanał o zakresie $\pm 100mV$ i rozdzielczości $1\mu V$. Z uwagi na wysoką czułość zakres bezpiecznych napięć na tym kanale wynosi $\pm 120mV$.

Oznacza to, że urządzenie oferuje łącznie aż 6 kanałów pomiarowych, co umożliwia przykładowo jednoczesne monitorowanie 2 stacji ochrony katodowej przez 1 urządzenie. Oczywiście kanały mogą być wykorzystane w dowolny inny sposób, np. do jednoczesnego monitorowania potencjału 4 niezależnych konstrukcji i 2 wartości prądów na połączeniach wyrównawczych pomiędzy nimi.

Realizacja pomiarów

Konfiguracja urządzenia w zakresie realizacji pomiarów polega na zdefiniowaniu odpowiedniej ilości zadań w harmonogramie. Aby skonfigurować zadanie pomiarowe należy określić jego ustawienia czasowe: godzina startu, interwał wykonania oraz dni tygodnia, dni miesiąca i miesiące, w których pomiar ma być realizowany. Następnie należy wybrać kanał pomiarowy i rodzaj pomiaru, z następujących dostępnych opcji:

- Chwilowy – Standardowy pomiar wartości chwilowej. Mierzona jest zarówno wartość napięcia stałego (DC) jak i przemiennego (AC);
- Wyłączeniowy – Pomiar realizowany po aktywacji wybranego wyjścia sterującego styku (Q1 lub Q2). Opóźnienie wykonania pomiaru jest konfigurowalne w zakresie od $1ms$ do $10s$. Przy ustalaniu opóźnienia należy wziąć pod uwagę charakterystykę obiektu, na którym dokonywane są pomiary oraz parametry zastosowanego elementu wykonawczego (przełącznika, stycznika itp.);
- Rejestracja – Sekwencja pomiarów wykonywana z krokiem próbkowania od $0,1s$ do $10s$. Czas trwania rejestracji ustawia się w minutach, minimalna możliwa wartość to 1 minuta, a maksymalna – 1440 minut, czyli 24 godziny. Rejestracja może być wykorzystana np. do pomiarów zmian potencjału wywoływanych oddziaływaniem prądów błędnych. Możliwe jest także wykonanie jednoczesnej rejestracji na wybranym kanale z pierwszej i z drugiej grupy. Taka funkcjonalność pozwala na realizację tzw. pomiarów korelacyjnych.

Ostatnim parametrem przy konfiguracji zadania pomiarowego jest zapisywany blok rejestratora. Typowo po wykonaniu pomiaru zapisuje się tylko jego wartość, ale dzięki tej opcji można jednocześnie zapisać np. temperaturę, czy rejestr statusu urządzenia. Pozwala to uzyskać więcej informacji o warunkach realizacji pomiaru.

Dodatkowe wejścia i wyjścia

Oprócz opisanych wcześniej wejść analogowych urządzenie posiada dwa wejścia binarne i dwa wyjścia binarne. Wejścia binarne pracują w logice dodatniej i posiadają wspólną masę. Mogą być one wykorzystane np. do sygnalizacji otwarcia drzwi szafy za pośrednictwem podłączonego kontaktronu magnetycznego lub monitorowania stanu dowolnego innego styku.

Wyjścia binarne są wykorzystywane typowo do realizacji następujących funkcji:

- Pomiar potencjału wyłączeniowego w punkcie drenażu lub potencjału odłączeniowego elektrody symulującej;
- Praca w trybie taktowania, czyli cykliczna aktywacja i dezaktywacja wyjścia zgodnie z ustawionymi parametrami czasowymi;
- Ręczne rozłączenie/załączenie dowolnego obwodu w zależności od układu połączeń.

Zdarzenia i reguły

Zdarzenia umożliwiają zdefiniowanie reakcji modułu w określonych sytuacjach. Źródłem wyzwolenia zdarzenia mogą być wejścia analogowe, wejścia binarne, temperatura, zegary, flagi oraz zakończenie wykonania zadania pomiarowego. Przykładowo zdarzenia mogą być zdefiniowane jako:

- Przekroczenie zdefiniowanego progu alarmowego na kanale pomiarowym (np. potencjał wyłączeniowy poza zakresem potencjałów ochronnych, zbyt wysokie napięcie wyjściowe SOK);
- Zmiana stanu wejścia binarnego (np. otwarcie drzwi szafy, uszkodzenie ochronnika przeciwprzepięciowego);
- Przekroczenie zdefiniowanego progu alarmowego temperatury (np. przegrzewanie urządzenia polaryzującego);
- Zdarzenie wywołane cyklicznie (np. transmisja GSM, synchronizacja czasu z GPS);
- Zmiany flag statusu (np. zanik zasilania zewnętrznego, alarm baterii, wykrycie ruchu przez wbudowany akcelerometr);
- Zakończenie wykonania zadania pomiarowego (np. zakończenie rejestracji).

Określone zdarzenie może zostać następnie wykorzystane w definicji reguły. Istnieje możliwość dodania reguł wysyłania danych oraz reguł wysyłania SMS. W pierwszym przypadku odpowiednie dane wysyłane są na jeden z autoryzowanych adresów IP, w drugim przypadku ustalony komunikat jest wysyłany w treści SMS na jeden z autoryzowanych numerów telefonów. Taki tryb pracy nazywany jest transmisją spontaniczną. Dzięki transmisji spontanicznej krytyczne informacje z obiektów przesyłane są niezwłocznie, a nie dopiero wtedy, kiedy „zapyta” o nie system nadrzędny.

Komunikacja i bezpieczeństwo danych

Moduł MT-652 umożliwia zainstalowanie 1 lub 2 kart SIM dowolnego operatora. Podstawowe gniazdo obsługuje karty typu miniSIM, a gniazdo zapasowe – microSIM. Podczas pracy w trybie dual SIM moduł korzysta z karty podstawowej, a w przypadku jej

awarii przełącza się na kartę zapasową. Jeżeli logowanie do sieci GSM przy wykorzystaniu karty zapasowej nie powiedzie się, urządzenie ponawia próbę wykorzystania karty podstawowej. Opisana sekwencja powtarzana jest do skutku, czyli poprawnego zalogowania.

W celu zabezpieczenia przed nieuprawnionym dostępem do urządzenia, w konfiguracji definiuje się listę autoryzowanych adresów IP oraz numerów telefonu. Dla każdego numeru można nadać niezależnie uprawnienia do odczytu i zapisu (konfiguracji). Dla poszczególnych adresów IP można wybrać obsługiwany protokół komunikacyjny. Dostępne są następujące protokoły:

- Standard – jest to protokół opracowany przez firmę inVentia. Specyfikacja protokołu nie jest ogólnie dostępna, ale istnieje możliwość jej otrzymania w celu oprogramowania sterownika komunikacyjnego po podpisaniu odpowiedniej umowy o zachowaniu poufności;
- Open 2 – jest to otwarty protokół, którego specyfikacja jest udostępniana zainteresowanym Użytkownikom i może zostać dowolnie wykorzystana.

Niezależnie od komunikacji poprzez GPRS, z uprawnionych numerów telefonów można komunikować się z urządzeniem za pośrednictwem wiadomości SMS. Istnieje możliwość odczytu dowolnych rejestrów (w szczególności wartości pomiarów), sterowania pracą urządzenia oraz otrzymywania alarmów (w przypadku np. otwarcia drzwi szafy lub przekroczenia progów alarmowych na kanałach pomiarowych). Opracowana składnia poleceń umożliwi zastosowanie przyjaznych nazw, grupowanie poleceń w makra oraz formatowanie danych w celu ich czytelnej prezentacji.

Dodatkowo urządzenie wyposażone jest w dwa porty: USB i RS485. Port USB służy do konfiguracji urządzenia oraz aktualizacji oprogramowania wewnętrznego. Po podłączeniu do komputera port USB widziany jest jako port szeregowy pracujący z prędkością 115200bps. Izolowany port RS485 obsługuje protokół Modbus RTU w trybie slave. Istnieje możliwość konfiguracji szybkości pracy portu, bitów stopu, parzystości oraz adresu jednostki Modbus slave.

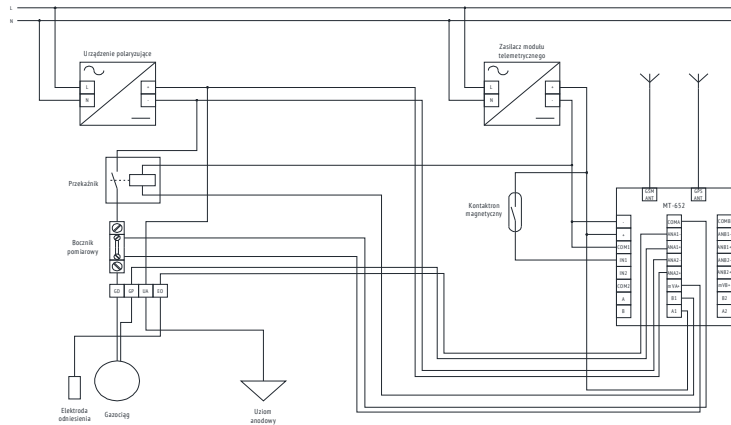
Przykładowe zastosowania

Typowym zastosowaniem modułu MT-652 jest monitorowanie parametrów pracy stacji ochrony katodowej gazociągu. Moduł może być także z powodzeniem wykorzystany do monitorowania pracy stacji drenażu wzmocnionego, a nawet polaryzowanego (przy zastosowaniu zewnętrznego pakietu baterii i aktywowaniu trybu oszczędzania energii).

Przykładowy schemat połączeń układu zdalnego monitoringu w SOK przedstawiono na Rys.2. Mierzone są następujące wielkości: potencjał gazociągu, napięcie wyjściowe SOK oraz prąd wyjściowy SOK (jako spadek napięcia na boczniku pomiarowym). Przekaznik zainstalowany w obwodzie prądowym umożliwia wykonywanie pomiaru potencjału wyłączeniowego, pracę w trybie taktowania oraz możliwość wyłączenia SOK w razie potrzeby. Kontaktron magnetyczny umożliwia sygnalizację otwarcia drzwi szafy.

W przedstawionej aplikacji wykorzystane są 3 kanały pomiarowe z pierwszej grupy. Pozostałe 3 kanały z drugiej grupy mogą pozostać niepodłączone lub wykorzystane

do realizacji dodatkowych pomiarów, np.: potencjału za monoblokiem, potencjału odłączeniowego elektrody symulującej lub innych.



Rys.2.Przykładowy schemat połączeń MT-652 w SOK.

Wybrane rozwiązania systemu telemetrii

W zakresie współpracy z systemami telemetrycznymi moduł MT-652 oferuje wiele możliwości. Poniżej wymieniono niektóre z nich:

- Bezpośrednia współpraca z istniejącymi systemami SCADA, np. TelWin (wersja 5 i 6 posiada wbudowany sterownik obsługujący urządzenia produkowane przez firmę InVentia);
- Udostępnianie danych do dowolnego systemu telemetrii za pośrednictwem bezpłatnego oprogramowania MT Data Provider. Oprogramowanie komunikuje się z urządzeniami i udostępnia dane bieżące poprzez standardowy interfejs OPC (OLE for Process Control), a dane archiwalne poprzez pliki CSV/XML. Możliwy jest też bezpośredni zapis danych pomiarowych poprzez interfejs ODBC do standardowej, relacyjnej bazy danych (np. MS SQL Server, MSDE, Oracle);
- Współpraca z oprogramowaniem SCADA Movicon. To rozwiązanie jest odpowiednie zarówno dla niewielkich aplikacji jedno stanowiskowych, jak i najbardziej rozbudowanych systemów z architekturą klient/serwer i możliwością dostępu do danych za pośrednictwem przeglądarki WWW;
- Współpraca z systemem Data Portal opracowanym przez firmę InVentia. W tym przypadku nie ma konieczności ingerencji w infrastrukturę informatyczną Użytkownika. Dane gromadzone są na serwerach firmy inVentia i mogą zostać wyświetlone na dowolnym komputerze z dostępem do Internetu i zainstalowaną przeglądarką WWW.

Literatura

- [1] *Moduł telemetryczny MT-652 Instrukcja obsługi*, Wyd. InVentia Sp. z o.o., Warszawa 2016