



PRZENOŚNY GALWANOSTAT IMPULSOWY – ZASTOSOWANIE W POMIARACH TERENOWYCH OCHRONY KATODOWEJ

PORTABLE PULSE GALVANOSTAT – APPLICATION IN FIELD CATHODIC PROTECTION MEASUREMENTS

Wojciech Sokólski, Andrzej Sollich

SPZP CORRPOL, ATLAS Gdańsk

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, pomiary, galwanostat impulsowy, odbiory izolacji rurociągów
Keywords: cathodic protection, measurements, pulse galvanostat, pipeline insulation acceptance

Streszczenie:

Opisano nowy przenośny sprzęt pomiarowy przeznaczony do wszelkiego rodzaju badań polaryzacji w systemach ochrony katodowej. Szczególnie nadaje się do badania jakości powłoki izolacyjnej na nowobudowanych rurociągach i stąd duża jego przydatność do wykonywania prac odbiorowych. Urządzenie posiada własne źródło prądu, które może być w dowolny sposób włączane i wyłączane cyklicznie. Praca ta może być zsynchronizowana z innymi urządzeniami pomiarowymi lub sygnałem zewnętrznym, np. zegarem GPS. Dokładna regulacja prądu polaryzującego i jego stabilizacja pozwalają na precyzyjne i powtarzalne pomiary. Galwanostatyczny reżim pracy urządzenia wraz z możliwością płynnej zmiany nastaw prądu pozwalają na badanie krzywych polaryzacji w warunkach polowych, np. na elektrodach symulujących. Przyrząd stwarza nowe możliwości badawcze w technologii ochrony katodowej.

Abstract:

New portable measuring equipment has been described for all types of polarisation studies in cathodic protection systems. It is especially suitable for testing of insulating coating quality on newly constructed pipelines. Hence its suitability for performing acceptance works. The device has an own power supply, which can be cyclically switched on and off in any way. Operation can be synchronised with other measuring devices or an external signal, e.g. a GPS clock. Precise adjustment of the polarising current and its stabilisation allows precise and repeatable measurements. The galvanostatic operation regime of the device with a possibility of fine adjustment of current settings allows testing of polarisation curves in field conditions, e.g. on simulating electrodes. The device creates new investigative possibilities in cathodic protection technology.

Wprowadzenie

W terenowych pomiarach korozyjnych związanych z wszystkimi etapami technologii ochrony katodowej niezwykle często zachodzi konieczność wykorzystania przenośnego, regulowanego i stabilnego źródła prądu stałego. Dla osób bliżej zaznajomionych z arkanami elektrochemii taka potrzeba jest oczywista, ponieważ wszelkiego rodzaju badania zjawiska polaryzacji elektrochemicznej (a przecież ochrona katodowa wykorzystuje właśnie to zjawisko fizykochemiczne) wymagają stosowania takiego właśnie źródła prądu. Elektrykom natomiast źródło takie niezbędne jest do tworzenia różnego rodzaju obwodów pomiarowych służących do pomiarów wszelkiego rodzaju spadków napięć i rezystancji.

W szczególności potrzeba posługiwania się przenośnym źródłem prądu jawi się w fazie odbiorowej budowy nowych obiektów, w szczególności gazociągów, kiedy to jeszcze nie jest rozbudowana infrastruktura techniczna, a w szczególności nie są zainstalowane i uruchomione stałe stacje ochrony katodowej (źródła prądu stałego, zazwyczaj przekształtniki prądu przemiennego). Sposób prowadzenia prac odbiorowych np. jakości powłoki izolacyjnej na gazociągach, opisany jest w nowych standardach wydanych przez Izbę Gospodarczą Gazownictwa [1,2].

Z myślą o zaspokojeniu potrzeb ekipy pomiarowej podczas terenowych pomiarów związanych z badaniami różnych aspektów ochrony katodowej opracowany został i wyprodukowany specjalny przyrząd, stanowiący dowolnie regulowane galwanostacyjne źródło prądu stałego, w szczególności zaopatrzone w możliwość precyzyjnej pracy impulsowej z dowolnie regulowanymi czasami załączania i wyłączania prądu wyjściowego. Praca impulsowa może być zsynchronizowana z innymi urządzeniami pomiarowymi lub sygnałem zewnętrznym, np. zegarem GPS. Zasady stosowania techniki ON/OFF są znane [3,4].

Opracowany przyrząd stwarza nowe możliwości badawcze w technologii ochrony katodowej. Niektóre jego zastosowania zostały przetestowane przez specjalistów z Pomorskiej Spółki Gazowniczej Oddział w Bydgoszczy oraz OGP GAZ-SYSTEM Oddział w Gdańsku.

Poniżej w sposób ogólny opisano budowę galwanostatu impulsowego Atlas 0903 oraz podano podstawowe zasady posługiwania się tym przyrządem. Pokazano przyrząd w wykonaniu prototypowym oraz dokonane uzupełnienia po przeprowadzeniu prób przed podjęciem produkcji seryjnej.

Przeznaczenie galwanostatu impulsowego

Galwanostat jest stałoprądowym precyzyjnym zasilaczem prądu stałego przystosowanym do pracy impulsowej. Pełna nazwa fabryczna urządzenia: ATLAS 0903 PULSE CURRENT GALVANOSTAT.

Przyrząd przeznaczony jest do prac w terenie i w warunkach laboratoryjnych jako regulowane i sterowane czasowo przełączane źródło prądu stałego. W szczególności funkcje urządzenia dopasowane zostały do potrzeb oceny jakości powłok izolacyjnych na gazociągach podziemnych oraz prowadzenia w szeroki zakresie pomiarów techniką ON/OFF. Znajduje zastosowanie w badaniach ochrony katodowej jako przenośne źródło prądu polaryzacji we wszelkiego rodzaju testach i badaniach próbnych na podziemnych konstrukcjach metalowych oraz elektrodach symulujących.

Impulsowa praca galwanostatu programowana jest w szerokim zakresie czasowym i jest zsynchronizowana zarówno w stosunku do zegara wewnętrznego jak i impulsów zewnętrznych. W urządzeniu przewidziano synchronizację momentu wyłączenia prądu zewnętrznego

za pomocą zegara sterowanego przez odbiornik satelitarnej GPS, co umożliwia prowadzenie badań synchronicznych z innymi przyrządami pomiarowymi.



Rys. 1. ATLAS 0903 PULSE CURRENT GALVANOSTAT – widok ogólny

Budowa urządzenia

Przyrząd ATLAS 0903 PCG jest zmontowany w obudowie walizkowej, łatwej do przenoszenia i transportu, wraz z wewnętrznym źródłem prądu (akumulatory). Na wyposażeniu znajduje się także kabel pomiarowy 2 x 10 m oraz stalowa szpilka uziemiająca o długości 60 cm. Sposób montażu elementów wewnętrznych urządzenia gwarantuje wymaganą odporność na wstrząsy, co pozwala na swobodne posługiwanie się nim w warunkach pomiarów terenowych. Widok urządzenia przedstawiono na rys. 1.

Zasadniczym elementem urządzenia jest stabilizowane źródło prądu – galwanostat, pracujący z bardzo dużą dokładnością (rozdzielczość nastaw 0,1%) w trzech podzakresach do wartości 200 mA. Galwanostat zasilany jest z wewnętrznych akumulatorów (10 szt. akumulatorów NiMH).

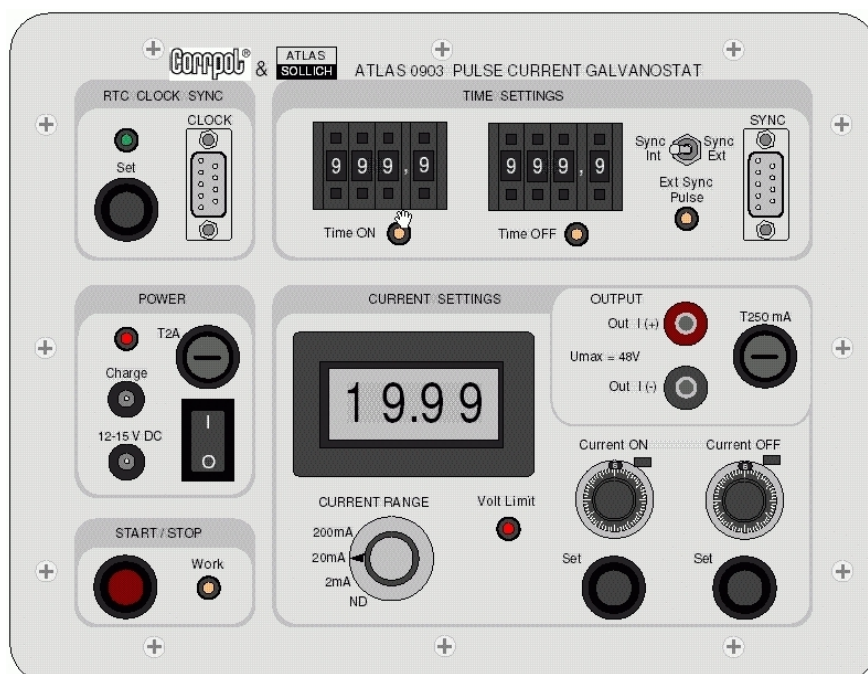
Prąd wyjściowy z galwanostatu może być w określonym programowo reżimie taktowany (praca ON/OFF) – okresy ON i OFF regulowane w przedziale od 0 do 99,9 sekund z rozdzielczością 0,1 sekundy. W czasie trwania cyklu OFF prąd wyjściowy z galwanostatu może osiągać wartość 0 (technika wyłączeniowa) lub wartość dowolnie ustawioną (technika przełączeniowa). Obie wielkości mogą przybierać dowolne wartości w całym zakresie prądowym. Przyrząd wyposażony jest w miernik cyfrowy pozwalający zmierzyć i odczytać aktualne wartości prądu polaryzacji.

Początek cyklu ON/OFF synchronizowany jest wewnętrznie z początkiem każdej minuty zegara astronomicznego znajdującego się wewnątrz urządzenia lub wyzwalany ręcznie za pomocą przycisku lub z zewnętrznego urządzenia synchronizującego. Zewnętrzne urządzenie synchronizujące zarządza całym cyklem ON/OFF.

Urządzenie jest przystosowane do zabudowy wewnątrz układu synchronizującego pracę układów elektronicznych z odbiornika sygnału GPS lub z urządzenia zewnętrznego (np. stałej stacji ochrony katodowej, generatora DCVG itp.), jednak w modelu wykonanym w roku 2009 z opcji tej zrezygnowano.

Funkcje urządzenia

Płyta czołowa urządzenia przedstawiona jest na rys. 2.



Rys. 2. Płyta czołowa wraz z elementami regulacji i sterowania urządzeniem:

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| <i>RTC CLOCK SYNC</i> | – | <i>blok synchronizacji wewnętrznego zegara czasu astronomicznego, gniazdo CLOCK do sygnałów zewnętrznych</i> |
| <i>TIME SETTINGS</i> | – | <i>nastawy cyklu pracy ON/OFF oraz jego synchronizacji, gniazdo SYNC do sygnałów zewnętrznych, przełącznik synchronizacji wewnętrznej i zewnętrznej</i> |

<i>POWER</i>	–	włącznik zasilania, bezpiecznik i wejścia źródeł prądu ładującego akumulatory oraz zasilającego urządzenie, np. z akumulatora samochodowego
<i>CURRENT SETTINGS</i>	–	wyświetlacz miernika prądu, przełącznik zakresów, potencjometr regulacji prądu ON i OFF galwanostatu, lampka sygnalizacji maksymalnego napięcia 48 V
<i>OUTPUT</i>	–	zaciski wyjściowe urządzenia, bezpiecznik
<i>START/STOP</i>	–	włącznik pracy galwanostatu

Na płycie głównej galwanostatu zaznaczone są główne bloki funkcyjne urządzenia:

<i>POWER</i>	–	<p>Blok zasilania urządzenia w energię elektryczną zawiera:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 3 pozycyjny włącznik: 0 – wyłączony, I – załączony i zasilany z wewnętrznego akumulatora, II – załączony i zasilany z zewnętrznego źródła zasilającego, – lampka sygnalizująca podanie napięcia zasilającego do urządzenia (jednocześnie zapala się pole odczytowe prądu), – „Charge” wejście ładowarki uniwersalnej MW 6168V, – „12-15 Vdc” wejście zewnętrznego zasilania, np. z akumulatora samochodowego lub zasilacza sieciowego, – bezpiecznik topikowy „T2A” zabezpieczający zewnętrzne wejście napięć zasilających i ładowarki.
<i>START/STOP</i>	–	Przycisk (czerwony) rozpoczynający kontrolę przepływu prądu w obwodzie pomiarowym. Praca galwanostatu sygnalizowana jest świeceniem lampki „Work”. Praca w stanie „STOP” umożliwia precyzyjne nastawienie natężeń prądu płynącego z galwanostatu w obu elementach cyklu ON i OFF
<i>OUTPUT</i>	–	Zaciski wyjściowe prądu polaryzacji „Out I(+)” (czerwony) oraz „Out I (-)” (czarny) do odpowiedniego podłączenia przewodów pomiarowych. Wyjście zabezpieczone jest bezpiecznikiem topikowym „T250 mA”.
<i>CURRENT SETTINGS</i>	–	<p>Blok nastawiania i pomiaru prądu wyjściowego galwanostatu. Prąd wyjściowy posiada 3 zakresy „2 mA”, „20 mA” i „200 mA”, które wybiera się pokrętkiem „CURRENT RANGE”. Natężenie prądu odczytuje się na wyświetlaczu. Dla lepszej widoczności pole odczytowe jest podświetlane w kolorze niebieskim.</p> <p>Wybór nastaw prądu wyjściowego dla poszczególnych elementów cyklu ON/OFF wybiera się za pomocą precyzyjnych potencjometrów wieloobrotowych „Current ON” i „Current OFF”.</p> <p>W trybie pracy „STOP” galwanostatu po naciśnięciu odpowiedniego przycisku „Set” umieszczonego pod oboma potencjometrami precyzyjnymi na polu odczytowym prądu uwidacznia się wartość prądu nastawiana za pomocą odpowiedniego potencjometru. Jednocześnie w bloku „TIME SETTINGS” zapalają się lampki przy nastawach czasu odpowiednio „Time ON” lub „Time OFF”. Położenie pokręteł potencjometrów precyzyjnych może być utrzymane za pomocą blokady.</p> <p>Jeśli utrzymanie przez galwanostat ustalonego natężenia prądu w trybie pracy „START” nie jest możliwe ze względu na osiągnięcie maksymalnego napięcia wyjściowego, zapala się lampka „Volt Limit”. Sytuacja tak zazwyczaj wymaga skorygowania nastaw prądu polaryzującego (zmniejszenia).</p> <p>Jeśli lampka „Volt Limit” w czasie załączenia prądu (ON) nie zapala się, pomiar wykonany jest prawidłowo.</p>

Ze względu na to, że w niektórych pomiarach potrzebna jest regulacja prądu wyjściowego podczas pracy galwanostatu, można to wykonać poprzez zmiany położenia odpowiednich pokręteł potencjometrów precyzyjnych „Current ON” i „Current OFF”.

- TIME SETTINGS – Blok nastawiania obu elementów cyklu ON/OFF składa się z dwóch zadajników cyfrowych, każdy umożliwiający dowolne ustawienie czasu od „0” do „99,9” sekund z rozdzielczością 0,1 s.
- Nastawy te są czytywane w momencie uruchomienia cyklu „START” i wpisywane do rejestru sterującego cyklem pomiarowym. Cykl pomiarowy zaczyna się od załączenia prądu (element ON cyklu ON/OFF). Moment wyłączenia prądu (element OFF cyklu ON/OFF) następuje w momencie pojawienia się impulsu synchronizującego. Od tego momentu następuje przełączanie cyklu ON/OFF zgodnie z nastawami „Time ON” i „Time OFF”, czemu towarzyszy zapalenie się odpowiednich lampek sygnalizacyjnych przy odpowiednich zadajnikach.
- Jeśli nastawa „Time OFF” wynosi „0”, to galwanostat pracuje w sposób ciągły z prądem wyjściowym „Current ON”.
- Urządzenie przystosowane jest do współpracy z zewnętrznym generatorem cyklu pomiarowego (urządzeniem „taktującym”), ale opcja ta nie została włączona w modelu wyprodukowanym w roku 2009. Do przełączania z synchronizacji wewnętrznej „Sync Int” na zewnętrzną „Sync Ext” służy przełącznik. Źródło sygnału synchronizującego doprowadzone jest do gniazda „SYNC”, zaś moment pojawienia się zewnętrznego sygnału synchronizującego sygnalizowany jest lampką „Ext Sync Pulse”.
- RTC CLOCK SYNC – Blok synchronizacji wewnętrznej składa się z kwarcowego zegara czasu astronomicznego, który synchronizowany jest z zegarem zewnętrznym za pomocą gniazda „CLOCK”, zaś moment synchronizacji wybierany jest przyciskiem „Set”. Przewidziano także implementację synchronizacji czasu pobieranego z odbiornika GPS i wtedy synchronizacja ta odbywa się w sposób automatyczny. Impuls synchronizujący pojawia się zawsze na początku każdej pierwszej sekundy w minucie, co oznacza, że impulsy sterujące generowane są dokładnie co minutę. Impuls synchronizujący zawsze inicjuje cykl pomiarowy od wyłączenia prądu (OFF), po czym rozpoczyna się ustalony nastawami cykl ON/OFF. Stąd, w celu zachowania rytmu pomiarów wielkości czasu ON i czasu OFF cyklu ON/OFF powinny być dobrane w taki sposób, aby ich suma zawsze była dzielnikiem 60 sekund.
- W modelu wyprodukowanym w roku 2009 nie włączono opcji synchronizacji sygnałem zewnętrznym – zastosowano najprostszą synchronizację zegara wewnętrznego za pomocą przycisku „Set”. Po włączeniu urządzenia i przejściu w stan „START” następuje uruchomienie galwanostatu i włączenie przepływu prądu (ON). Trwa to do momentu ręcznej synchronizacji przyciskiem „Set”, który wyzwala cykl przerywając przepływ prądu (OFF) i inicjuje dalej przebiegający automatycznie cykl pomiarowy ON/OFF wg nastaw „Time ON” i „Time OFF”. Jeśli nie nastąpi uruchomienie cyklu przez naciśnięcie przycisku „Set”, galwanostat będzie pracował w sposób ciągły przy prądzie wyjściowym „Current ON”.

Wykonanie pomiarów

Poniżej podano sposób wykonania najprostszego pomiaru (uruchomienie fali prądowej ON/OFF) celem zilustrowania koncepcji działania urządzenia:

- Po włączeniu zasilania przyrządu włącznikiem POWER powinna zapalić się lampka oraz oświetlić wskaźnik cyfrowy (wyzerowany – wartość 000).
- Aby zaprogramować czasy TimeON i TimeOFF należy ustawić przyciskami umieszczonymi nad i pod każdą z cyfr zadajnika ustawić żadaną wartość.
- Aby ustawić prąd CurrentON należy wybrać zakres prądowy przyrządu przełącznikiem CURRENT RANGE. Następnie przyciskając przycisk Set/CurrentON regulować wartość prądu potencjometrem CurrentON. Wartość prądu należy odczytywać na wyświetlaczu.
- Aby ustawić prąd CurrentOFF należy na wybranym wcześniej zakresie prądowym, przyciskając przycisk Set/CurrentOFF ustawić wartość prądu potencjometrem CurrentOFF. Wartość prądu należy odczytywać na wyświetlaczu.
- Badany obiekt podłączyć do zacisków Out I(+) – anoda (sonda stalowa) oraz OUT I(-) – gazociąg.
- Naciskając przycisk START/STOP uruchomić przepływ prądu.
- Uruchomić cykl pomiarowy ON/OFF w dowolnym lub zsynchronizowanym momencie poprzez naciśnięcie przycisku Set w bloku RTC CLOCK SYNC. W czasie, kiedy płynie prąd CurrentON świeci się lampka TimeON, a wyświetlacz pokazuje wartość płynącego prądu CurrentON. W czasie, kiedy płynie prąd CurrentOFF świeci się lampka TimeOFF, a wyświetlacz pokazuje wartość płynącego prądu CurrentOFF.
- Świecenie lampki Volt Limit informuje Operatora, że została wymuszona polaryzacja napięciem większym niż 48V. Oznacza to, że przyrząd pracuje w zakresie ograniczania prądu polaryzacji i zaprogramowane wcześniej wartości nie mogą zostać uzyskane. Niezbędne jest zmniejszenie rezystancji obwodu pomiarowego lub zmniejszenie prądu polaryzacji.
- Naciskając kolejny raz przycisk START/STOP wyłącza się przepływ prądu polaryzacji i galwanostat.
- Wyłączenie zasilania przyrządu następuje włącznikiem POWER ustawionym w pozycji 0.

Dane techniczne

Parametr	Wartość
Napięcie wyjściowe (liniowy zakres pracy)	48 V
Maksymalny prąd wyjściowy	200 mA
Szybkość narastania napięcia na wyjściu	min. 0,1 V/μs
Zakres regulacji czasu cyklu ON i OFF	0 – 99,9 s
Synchronizacja (wykonanie 2009 r.)	ręczna
Czas pracy na akumulatorach wewnętrznych	średnio 8 godz.
Wymiary (szer. x głęb. x wys.):	270x250x120 mm
Masa:	2,7 kg

Zakres	Niedokładność ustawienia i regulacji	Rozdzielczość pomiaru	Niedokładność pomiaru miernikiem wbudowanym
200 mA	<1 %	200 μ A	< 1% + 10 digit
20 mA	<1 %	10 μ A	< 1% + 10 digit
2 mA	<1 %	1 μ A	< 1% + 10 digit

Obsługa i konserwacja

Galwanostat impulsowy ATLAS 0903 PULSE CURRENT GALVANOSTAT nie jest skomplikowany w obsłudze i nie wymaga szczególnych czynności konserwacyjnych. Przyrząd należy utrzymywać w czystości i w szczególności unikać jego zamoczenia (uwaga dotyczy wszystkich urządzeń elektronicznych). Przed przechowywaniem w postaci zamkniętej konieczne należy zadbać o dokładne wysuszenie przyrządu po pomiarach.

Gwarantem dobrej pracy przyrządu jest jego właściwe zasilanie. Należy zawsze przed pomiarami naładować wewnętrzne akumulatory. Do urządzenia dołączona jest automatyczna „inteligentna” ładowarka MW 6168V, która umożliwi właściwe dbanie o źródło prądu. Prąd ładowania powinien być ustawiony na 500 mA.

Jako źródło prądu w pracach polowych można używać akumulator samochodowy lub zasilacz sieciowy na napięcie 12V prądu stałego.

Uwagi końcowe

Galwanostat impulsowy ATLAS 0903 PULSE CURRENT GALVANOSTAT jest w obecnej wersji urządzeniem prototypowym, które powstało z myślą o zaspokojeniu potrzeb służb wykonujących czynności odbiorowe przy budowie nowych gazociągów. Stąd też będzie on udoskonalany w miarę napływu informacji o jego zaletach i wadach ujawnionych w warunkach polowych.

Prezentowane urządzenie jest unikatowe, przyrządów tego rodzaju nie produkuje się. SPZP CORRPOL zastrzega sobie prawo do wprowadzania zmian i ulepszeń, których celem będzie rozszerzenie zakresu zastosowania urządzenia oraz podniesienie jego walorów użytkowych.

Literatura

- [1] ST-IGG-0601:2008 Ochrona przed korozją zewnętrzną stalowych gazociągów lądowych. Wymagania funkcjonalne i zalecenia,
- [2] ST-IGG-0602:2009 Ochrona przed korozją zewnętrzną stalowych gazociągów lądowych. Ochrona katodowa. Projektowanie, budowa i użytkowanie.
- [3] PN-EN 13509:2006 Techniki pomiarowe w ochronie katodowej.
- [4] Pomiary w ochronie katodowej przed korozją. Poradnik. CEOCOR 1994 r., Wyd. SEP PKEOpK-COSiW 2010 r.