

Krzysztof Żakowski, Kazimierz Darowicki

Podstawowe procedury pomiarowe w ochronie katodowej

Gdańsk 2020

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Dariusz Mikielewicz

RECENZENT
Bogusław Pierożyński

REDAKCJA JĘZYKOWA
Agnieszka Frankiewicz

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI
Ireneusz Jelonek

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2020

ISBN 978-83-7348-811-3

Spis treści

1. WSTĘP.....	9
2. KALIBRACJA PRZENOŚNEJ ELEKTRODY ODNIESIENIA	11
2.1. CELE KALIBRACJI ELEKTRODY	12
2.2. SPRZĘT POMIAROWY	12
2.3. PROCEDURA KALIBRACJI ELEKTRODY	12
2.3.1. Sprawdzenie konstrukcji elektrody kalibrowanej	12
2.3.2. Wykonanie pomiaru potencjału elektrody kalibrowanej	13
2.3.3. Interpretacja wyniku pomiaru	13
2.4. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY NIESPRAWNOŚCI ELEKTRODY	14
3. POMIAR POTENCJAŁU KOROZYJNEGO KONSTRUKCJI	15
3.1. CELE POMIARU POTENCJAŁU KOROZYJNEGO	15
3.2. SPRZĘT POMIAROWY	16
3.3. PROCEDURA POMIARU	16
3.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	16
3.3.2. Wykonanie pomiaru potencjału korozyjnego konstrukcji	17
3.4. TYPOWE WARTOŚCI POTENCJAŁU KOROZYJNEGO	20
3.4.1. Wpływ temperatury na wynik pomiaru	21
3.5. PRZELICZANIE POTENCJAŁU WZGLĘDEM ELEKTROD RÓŻNEGO TYPU	22
3.6. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	23
4. KONTROLA SPRAWNOŚCI URZĄDZENIA POLARYZUJĄCEGO	24
4.1. CELE KONTROLI URZĄDZENIA POLARYZUJĄCEGO	25
4.2. SPRZĘT POMIAROWY	25
4.3. PROCEDURY KONTROLNE	25
4.3.1. Sprawdzenie bezpieczeństwa obsługi SOK	25
4.3.2. Sprawdzenie poprawności połączeń kabli do SOK	26
4.3.3. Sprawdzenie poprawności działania urządzenia polaryzującego	29
4.4. TYPOWE OBJAWY I PRZYCZYNY USTEREK W INSTALACJI OCHRONNEJ	31
5. POMIAR NATĘŻENIA PRĄDU W URZĄDZENIU POLARYZUJĄCYM	34
5.1. CEL POMIARU	34
5.2. SPRZĘT POMIAROWY	34
5.3. PROCEDURA POMIARU	35
5.3.1. Pomiar natężenia amperomierzem cęgowym	35
5.3.2. Pomiar natężenia za pomocą bocznika	35
5.4. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	37

6. POMIAR NATĘŻENIA PRĄDU W STACJI ANOD GALWANICZNYCH.....	38
6.1. CEL POMIARU	39
6.2. SPRZĘT POMIAROWY	39
6.3. PROCEDURA POMIARU	39
6.3.1. Pomiar natężenia prądu z całego układu anodowego	39
6.3.2. Pomiar natężenia prądu z pojedynczej anody	41
6.4. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	42
7. POMIAR POTENCJAŁU ZAŁĄCZENIOWEGO POLARYZOWANEJ KONSTRUKCJI.....	43
7.1. CEL POMIARU POTENCJAŁU ZAŁĄCZENIOWEGO	45
7.2. SPRZĘT POMIAROWY	45
7.3. PROCEDURA POMIARU	45
7.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	45
7.3.2. Wykonanie pomiaru potencjału załączeniowego	46
7.4. TYPOWE WARTOŚCI POTENCJAŁU ZAŁĄCZENIOWEGO	48
7.5. INTERPRETACJA WYNIKU POMIARU	48
7.6. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	48
8. POMIAR POTENCJAŁU WYŁĄCZENIOWEGO POLARYZOWANEJ KONSTRUKCJI.....	50
8.1. CEL POMIARU	51
8.2. SPRZĘT POMIAROWY	51
8.3. PROCEDURA POMIARU	51
8.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	51
8.3.2. Wykonanie pomiaru potencjału wyłączeniowego	51
8.4. INTERPRETACJA WYNIKU POMIARU	54
8.5. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	56
9. POMIARY POTENCJAŁU METODĄ CIPS.....	57
9.1. CELE POMIARÓW METODĄ CIPS	58
9.2. SPRZĘT POMIAROWY	59
9.3. PROCEDURA POMIARU	59
9.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	59
9.3.2. Wykonanie pomiarów potencjału korozyjnego metodą CIPS	60
9.3.3. Wykonanie pomiarów potencjału załączeniowego metodą CIPS	61
9.3.4. Wykonanie pomiarów potencjału w reżimie ON/OFF metodą CIPS	62
9.4. INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIARÓW METODĄ CIPS	66
9.5. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	67
10. POMIAR REZYSTYWNOCI GRUNTU METODĄ WENNERA.....	69
10.1. CELE POMIARU REZYSTYWNOCI GRUNTU	69
10.2. SPRZĘT POMIAROWY	70

10.3. PROCEDURA POMIARU METODĄ WENNERA	70
10.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	71
10.3.2. Wykonanie pomiaru rezystywności gruntu	71
10.3.3. Interpretacja wyniku pomiaru	72
10.4. TYPOWE WARTOŚCI REZYSTYWNOŚCI GRUNTU	73
10.5. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	74
11. POMIAR REZYSTYWNOŚCI GRUNTU Z UŻYCIEM NACZYNIA <i>SOIL-BOX</i>	75
11.1. CELE POMIARU	75
11.2. SPRZĘT POMIAROWY	75
11.3. PROCEDURA POMIARU	77
11.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	77
11.3.2. Wykonanie pomiaru rezystywności próbki gruntu	77
11.4. TYPOWE WARTOŚCI REZYSTYWNOŚCI ELEKTROLITÓW NATURALNYCH	78
11.5. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	79
12. POMIAR REZYSTANCJI UZIOMU ANODOWEGO.....	80
12.1. CELE POMIARU	80
12.2. SPRZĘT POMIAROWY	81
12.3. PROCEDURA POMIARU	81
12.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	82
12.3.2. Wykonanie pomiaru rezystancji uziomu	83
12.4. TYPOWE WARTOŚCI REZYSTANCJI ANOD	84
12.5. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	85
13. POMIARY GRADIENTÓW POTENCJAŁU W ZIEMI	86
13.1. CELE POMIARÓW	86
13.2. SPRZĘT POMIAROWY	86
13.3. PROCEDURY RÓŻNYCH WARIANTÓW POMIARÓW	87
13.3.1. Przygotowanie sprzętu pomiarowego	87
13.3.2. Określenie kierunku prądu płynącego w ziemi	87
13.3.3. Lokalizacja obszarów anodowych i katodowych w makroogniwie ..	89
13.3.4. Określenie miejsc wpływu/wypływu prądu z rurociągu do ziemi	91
13.4. NAJCZĘSTSZE PRZYCZYNY BŁĘDNYCH POMIARÓW	93
14. ZASADY BiHP PODCZAS POMIARÓW	95

Wykaz używanych symboli

E	– potencjał
E_{Ag}	– potencjał konstrukcji względem chlorosrebrowej elektrody odniesienia
E_{Cu}	– potencjał konstrukcji względem siarczano-miedziowej elektrody odniesienia
E_l	– graniczny potencjał krytyczny (<i>limiting critical potential</i>); dopuszczalny poziom polaryzacji katodowej konstrukcji
$E_{IR \text{ free}}$	– potencjał bez składowej IR; potencjał niezawierający składowej wynikającej ze spadku napięcia IR
E_{kor}	– potencjał korozyjny
E_{off}	– potencjał wyłączeniowy; potencjał konstrukcji zmierzony natychmiast po wyłączeniu źródeł prądu ochrony katodowej
E_{on}	– potencjał załączeniowy; potencjał konstrukcji zmierzony, gdy płynie prąd ochrony katodowej
E_p	– potencjał ochrony (<i>protection potential</i>)
E_{Zn}	– potencjał konstrukcji względem cynkowej elektrody odniesienia
I	– natężenie prądu
IR	– spadek napięcia w elektrolicie pomiędzy elektrodą odniesienia a konstrukcją, wywołany przepływem w elektrolicie dowolnego prądu (np. prądu ochrony katodowej, prądów błądzących)
J	– gęstość prądu
R	– rezystancja
SKP	– stacja kontrolno-pomiarowa; słupek kontrolno-pomiarowy
SOK	– stacja ochrony katodowej
U	– napięcie
V_{DC}	– jednostka napięcia prądu stałego (wolt)
V_{AC}	– jednostka napięcia prądu przemiennego (wolt)
ρ	– rezystywność

1. WSTĘP

Personel pracujący przy instalacjach ochrony katodowej powinien mieć odpowiednie kwalifikacje do prowadzonych działań i pomiarów. Niniejsze opracowanie zawiera opis podstawowych procedur pomiarowych stosowanych przez personel ochrony katodowej w sektorze lądowych konstrukcji metalowych. Znajomość opisanych metod jest wymagana od personelu na poziomie 1 oraz na poziomie 2 kompetencji zgodnie z wymogami normy PN-EN ISO 15257:2017-10: Ochrona katodowa. Poziomy kompetencji osób zajmujących się ochroną katodową. Podstawa systemu certyfikacji.

Wykaz umiejętności wymaganych na poszczególnych poziomach kompetencji precyzuje *Program certyfikacji personelu ochrony katodowej*, wydany 02.08.2018 r. przez Jednostkę Certyfikującą Osoby UDT-CERT.

Niniejsze opracowanie przeznaczone jest przede wszystkim dla personelu zajmującego się podziemnymi rurociągami stalowymi. Opisane procedury pomiarowe mogą być jednak stosowane na dowolnej metalowej konstrukcji podziemnej.

Przy opracowywaniu opisu procedur pomiarowych wykorzystano następujące publikacje:

- PN-EN 12501-2:2005: Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Ryzyko wystąpienia korozji ziemnej. Część 2: Materiały ze stali niskostopowych i nie-stopowych.
- PN-EN 12954:2004: Ochrona katodowa konstrukcji metalowych w gruntach lub w wodach. Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów.
- PN-EN 13509:2005: Metody pomiarowe w ochronie katodowej.
- PN-EN 13636:2006: Ochrona katodowa metalowych zbiorników podziemnych i związanych z nimi rurociągów.
- PN-EN 14505:2007: Ochrona katodowa konstrukcji złożonych.
- PN-EN ISO 15257:2017-10: Ochrona katodowa. Poziomy kompetencji osób zajmujących się ochroną katodową. Podstawa systemu certyfikacji.
- PN-EN ISO 15589-1:2017-11: Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazownictwo. Ochrona katodowa instalacji rurociągowych. Część 1: Rurociągi na lądzie.
- PN-EN ISO 18086:2018-01: Korozja metali i stopów. Określenie korozji wywołanej przez prąd przemienny. Kryteria ochrony.
- PN-EN ISO 8044:2015-12: Korozja metali i stopów. Podstawowe terminy i definicje.

- PN-E-05030-10:2004: Ochrona przed korozją. Elektrochemiczna ochrona katodowa i anodowa. Terminologia.
- ST-IGG-0602:2013: Ochrona przed korozją zewnętrzną stalowych gazociągów lądowych. Ochrona katodowa. Projektowanie, budowa i użytkowanie.
- Holtsbaum W.B.: Cathodic Protection Survey Procedures, NACE International 2009.
- NACE Standard TM0497-2018-SG Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
- Peabody A.W.: Control of Pipeline Corrosion, NACE International 2018.
- Żakowski K., Darowicki K.: Ochrona katodowa, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.
- Żakowski K., Darowicki K.: Ochrona katodowa konstrukcji metalowych podziemnych i zanurzonych – materiały szkoleniowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.