



**REZYSTANCJA WEJŚCIOWA REJESTRATORA PRZY BADANIACH
KORELACYJNYCH RUROCIĄGÓW W POLIETYLENOWYCH POWŁOKACH
OCHRONNYCH**

**THE RECORDERS INPUT RESISTANCE IN POLYETHYLENE INSULATED
PIPELINES INVESTIGATIONS USING CORRELATION METHOD**

Józef Dąbrowski, Władysław Dziuba

Instytut Elektrotechniki, Zakład Trakcji Elektrycznej

Słowa kluczowe: pomiary prądów błądzących, metoda korelacyjna, impedancja wejściowa rejestratora

Keywords: stray currents measurements, correlation method, recorders input impedance

Streszczenie

Zarejestrowano potencjał e rurociagu w polietylenowej powłoce ochronnej i napięcie u tego rurociagu względem szyn. Jako wynik otrzymano nietypowy obraz korelacji $e = f(u)$. Dowiedziono, że przyczyną była za niska impedancja wejściowa rejestratora, mierzącego napięcie u . W celu eliminacji wpływu tej za niskiej impedancji zaproponowano modyfikację metody korelacyjnej dla rurociągów posiadających wysokiej jakości powłoki ochronne.

Summary

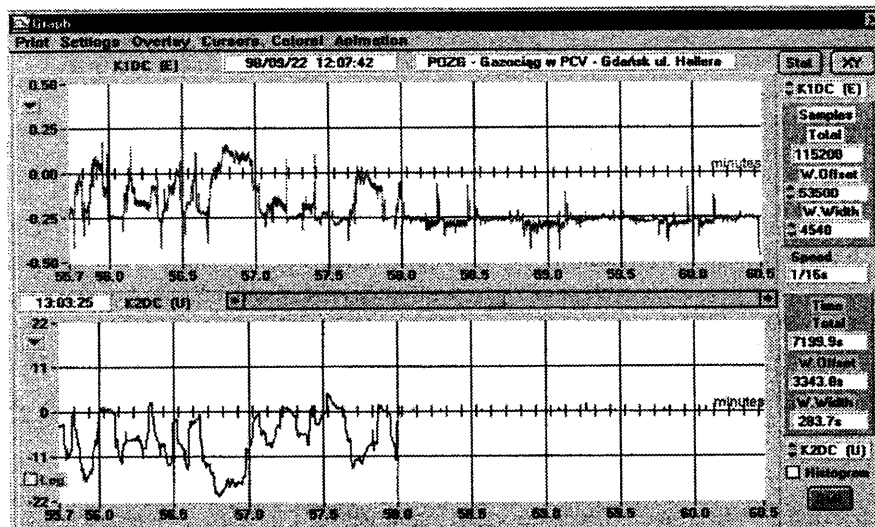
The polyethylene insulated pipeline potential e and voltage u between this pipeline and rail were registered. As a result a non-typical correlation spectrum $e = f(u)$ was obtained. It was proved that the cause was too low input impedance of a recorder measuring voltage u . To eliminate the influence of this too low impedance, the modification of correlation method for pipelines having high quality insulation was proposed.

Wprowadzenie

Badania korelacyjne rurociągów w powłokach ochronnych o wysokich parametrach izolacyjnych wykonywane przez Zakład Trakcji Elektrycznej IEL w roku 1998r. [1] objęły m. in. dwa gazociągi Pomorskiego Okręgowego Zakładu Gazownictwa w Gdańsku. Jeden z tych gazociągów, o średnicy DN200 i długości ok. 1.5 km, ułożony na ul. Hallera, wykazał w czasie wspomnianych badań dużą rezystancję przejścia R_p względem ziemi, wynoszącą ok. 28.4 k Ω . Dzięki temu do zapewniania skutecznej ochrony katodowej badanego odcinka tego rurociągu wystarczał prąd ok. 20 μ A.

Podczas rejestracji potencjału e tego gazociągu względem ziemi oraz napięcia u między gazociągiem i szynami tramwajowymi, wykonywanej przy użyciu minirejestratora typu mR0, zauważono zerwanie przewodu pomiarowego dołączonego do szyn. Moment ten został zarejestrowany, a otrzymane przebiegi czasowe e oraz u przedstawiono na rys.1. Z rysunku widać, że zerwanie przewodu nastąpiło w 58 minucie rejestracji; od tego momentu nastąpił zanik zapisu napięcia u między rurą i szynami, a jednocześnie zmienił się w zasadniczy sposób charakter przebiegu potencjału e rurociągu. Przed zerwaniem przewodu przesunięciom napięcia u w kierunku ujemnym towarzyszyły przesunięcia e w kierunku dodatnim, co jest charakterystycznym objawem dla przypadku metalicznego połączenia między metalową konstrukcją podziemną (PKM) i szynami, np. w postaci drenażu bezpośredniego.

Na tej podstawie analizy rysunku 1 i zamieszczonych wyżej danych dotyczących rezystancji przejścia rurociągu i prądu jego ochrony katodowej wyciągnięto wniosek, że rolę takiego połączenia zwierającego może pełnić układ pomiarowy rejestratora mR0 o rezystancji wejściowej 2 M Ω . Przez ten układ przy napięciu $u = 20$ V może bowiem popłynąć prąd o wartości ok. 10 μ .

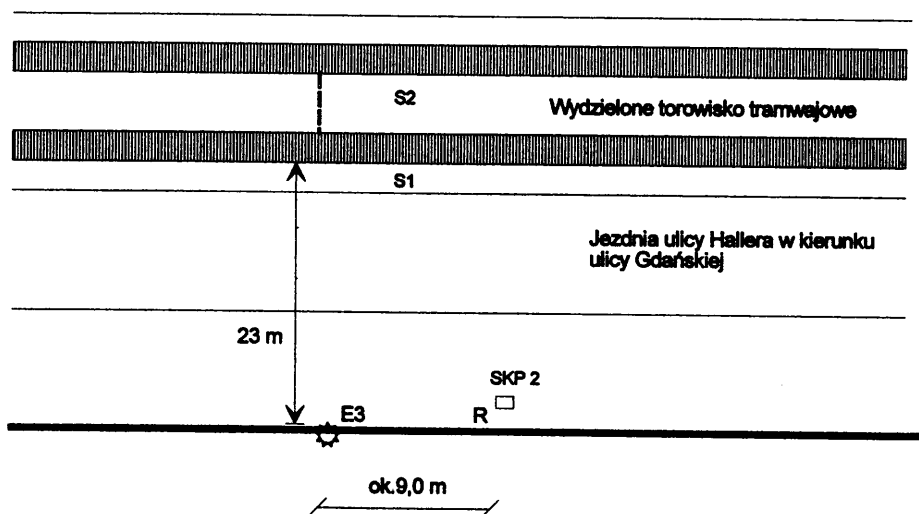


Rys. 1. Fragmenty przebiegów potencjału gazociągu e oraz napięcia u między gazociągiem i szynami – pomiar przy ul. Hallera w dn. 22.09.98 podczas zerwania przewodu pomiarowego od szyn.

Uznano, że przypadek ten powinien zostać bardziej szczegółowo zbadany, ponieważ niedostateczna rezystancja wejściowa rejestratora może całkowicie zniekształcić wyniki badań korelacyjnych i doprowadzić do wyciągnięcia błędnych wniosków z tych badań. Badania takie wykonano w 1999 r. na tym samym gazociągu.

Badanie wpływu rezystancji wejściowej rejestratora na wyniki pomiarów

W czasie badań stosowano rejestratory: 16-kanalowy typu R16A o rezystancji wejścia $10\text{ M}\Omega$ i minirejestrator typu mR0, o rezystancji wejścia $2\text{ M}\Omega$, oba produkcji warszawskiej firmy L.Instruments. Badania polegały na rejestracji za pomocą R16A potencjału R2E3* gazociągu w punkcie pomiarowym SKP2 względem siarczano-miedziowej elektrody odniesienia E3 ustawionej na powierzchni ziemi bezpośrednio nad rurą (rys. 2) i jednoczesnej rejestracji potencjału szyn względem tej samej elektrody, ale z odwrotnym znakiem, czyli E3*S1 (szyny połączone z ujemnym zaciskiem rejestratora). Takie odwrotne połączenie ułatwia interpretację obrazu korelacji $e = f(v_s)$, zapewniając praktyczną identyczność tego obrazu ze zwykle badanymi korelacjami $e = f(u)$. Podczas badań nie rejestrowano bowiem napięcia u między rurą i szynami, aby nie zwierać ze sobą tych dwóch konstrukcji nawet poprzez znaczną rezystancję wejściową rejestratorów. Rejestrowano także kilkanaście innych wielkości, ale mniej istotnych gdy chodzi o wpływ rezystancji wejścia rejestratorów. W pobliżu punktu pomiarowego SKP2 wykonano na okres rejestracji zwarcie między wszystkimi szynami obu torów S1 i S2 za pomocą przewodów miedzianych o przekroju 50 mm^2 w celu zmniejszenia różnic potencjałów pomiędzy szynami. Podczas wizji lokalnej nie znaleziono na odcinku ponad 500 m w obu kierunkach żadnego szynowego łącznika między torowego oraz między szynowego.

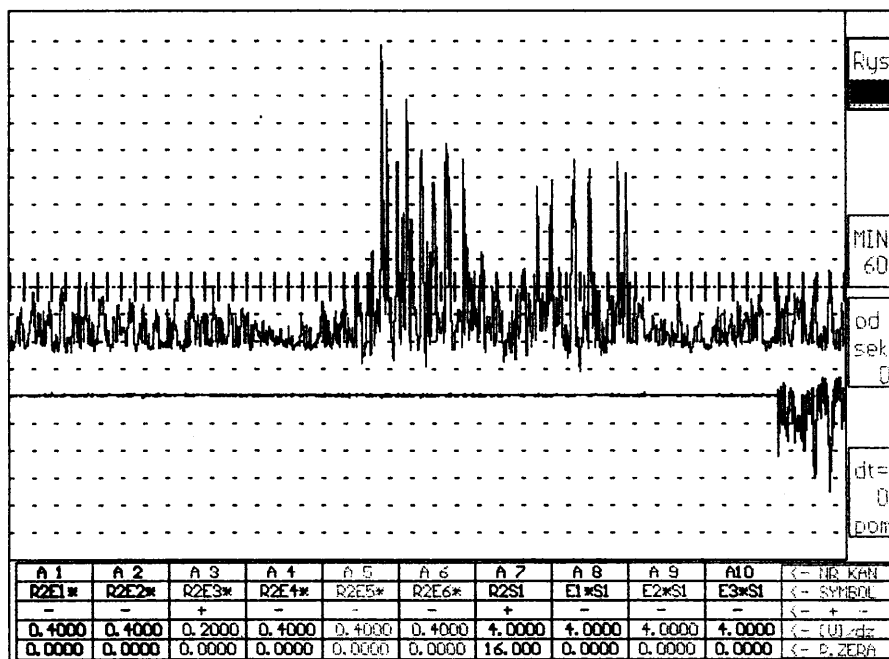


Rys. 2. Szkic sytuacyjny usytuowania miejsca pomiarowego na trasie rurociągu na ul. Hallera w Gdańsku

W czasie 60-cio minutowej rejestracji zmieniano warunki pomiaru według poniższego programu:

- Cykl I: od pomiaru nr 1 do nr 3750, tj. od godziny 10:25 do 10:50, rejestracja tylko e oraz v , za pomocą rejestratora R16A;
- Cykl II: od pomiaru nr 4050 do nr 6750, tj. od godz. 10:52 do 11:10, rejestracja tylko e oraz v , za pomocą rejestratora R16A, ale przy jednoczesnym zapisie napięcia u rura - szyny za pomocą rejestratora mR0;
- Cykl III: od pomiaru nr 6750 do nr 8250, tj. od godz. 11:10 do 11:20, rejestracja jak w cyklu I;
- Cykl IV: od pomiaru nr 8250 do nr 9000, tj. od godz. 11:20 do 11:25, rejestracja jak w cyklu I, ale oprócz tego na swoim kanale 7 rejestrator R16A zapisywał napięcie u .

Na rys. 3 pokazano uzyskany z powyższej rejestracji przebieg potencjału gazociągu w funkcji czasu (górny przebieg). Dolny przebieg odzwierciedla sygnał na kanale 7. Poprzeczne kreski na środku odwzorowują jednogminutowe przedziały czasu. Wpływ włączenia rejestratora mR0 w czasie cyklu II jest bardzo wyraźnie widoczny. W cyklu tym rośnie zarówno amplituda zmian potencjału jak i jego dodatnie wychylenie. Aby umożliwić bardziej wnikliwą analizę rezultatów tej rejestracji, podano w tabeli 1 zestawienie parametrów korelacji $e = f(v_r)$ dla każdego cyklu. Dla cyklu IV parametry podane w ostatnich dwóch wierszach tej tabeli dotyczą zależności $e = f(u)$.



Rys. 3. Przebieg (górna krzywa) potencjału R2E3 gazociągu na ul. Hallera w Gdańsku w punkcie pomiarowym SKP2 względem elektrody odniesienia E3 podczas 60-minutowej rejestracji z dnia 30-06-1999 r.

Tabela 1

Parametry korelacji $e = f(v_s)$ otrzymane dla każdego z czterech cykli rejestracji potencjału gazociągu R2E3 i potencjału szyn E3S1 podczas badań wpływu rezystancji wejściowej rejestratora na wyniki. Gdańsk, ul. Hallera, 30-06-1999

Parametry korelacji $e = f(v_s)$	Kolejne cykle rejestracji			
	Cykl I	Cykl II	Cykl III	Cykl IV
$\Delta e = e_{\max} - e_{\min}$ mV	564	1990	424	582
$s(e)$ V	0.104	0.352	0.090	0.139
E_{mean} mV	-341	-116	-343	-289
E_s mV	-409	-368	-393	-371
$E_{s \text{ mean}+}$ mV	+79	+267	+63	+100
$E_{s \text{ mean}-}$ mV	-10	-16	-13	-17
$E_{\text{mean}} - E_s$ mV	+68	+251	+50	+82
γ	0.636	0.767	0.624	0.618
K mV/V	-21.9	-86.7	-20.6	-37.2
$\Delta v = v_{s \text{ max}} - v_{s \text{ min}}$ V	18.26	22.74	16.80	17.48
$v_{s \text{ mean}}$ V	-3.313	-2.899	-2.436	-2.218

Z tabeli 1 wynika, że między parametrami korelacji w cyklach I oraz II występują następujące zasadnicze różnice, spowodowane niedostateczną rezystancją wejściową rejestratora mR0:

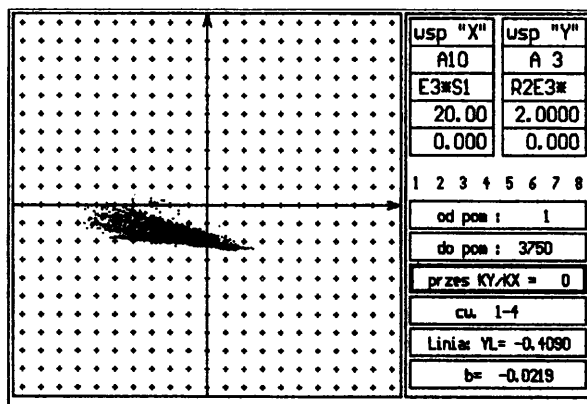
- ok. 3-krotny wzrost amplitudy wahań potencjału rurociągu Δe i odchylenia standardowego $s(e)$, czyli składowej zmiennej tego potencjału;
- przesunięcie w kierunku dodatnim wartości średniej rejestrowanego potencjału gazociągu E_{mean} oraz potencjału stacjonarnego E_s ;
- znaczny wzrost wartości średniej dodatniej potencjału stacjonarnego $E_{s \text{ mean}+}$ oraz składowej stałej $E_{\text{mean}} - E_s$ potencjału gazociągu, co świadczy o znacznym wzroście zagrożenia korozyjnego, potwierdzony także poprzez wzrost wartości γ - współczynnika asymetrii zmian potencjału konstrukcji metalowej;
- znacznie bardziej ujemna wartość współczynnika K , co jest typowym dowodem zwarcia między podziemną konstrukcją metalową i szynami (czyli drenażu bezpośredniego). Ale ujemna wartość K dotyczy także warunków przed przyłączeniem mR0, co notowano już wcześniej [1] w czasie badań gazociągów o bardzo dobrych pokryciach izolujących.

Powyższe spostrzeżenia dowodzą, że w czasie rejestracji za pomocą mR0 rurociąg był polaryzowany prądem przepływającym między szynami i rurociągiem poprzez układ pomiarowy rejestratora, analogicznie jak podczas drenażu elektrycznego prostego (bezpośredniego). Rezystancja wejściowa rejestratora okazała się zbyt mała dla PKM o bardzo dobrych właściwościach izolacyjnych. Rejestrator nie powinien być zatem stosowany do rejestracji napięcia u między rurociągiem a szyną, a więc i do typowych badań korelacyjnych takich rurociągów, gdyż otrzymane rezultaty pomiaru mogą być zupełnie nie miarodajne. Potwierdzają to także obrazy korelacji $e = f(v_s)$ dla I i dla II cyklu rejestracji według tabeli 1 tj. przy odłączonym (rys. 4) i przy załączonym (rys. 5) rejestratorze mR0.

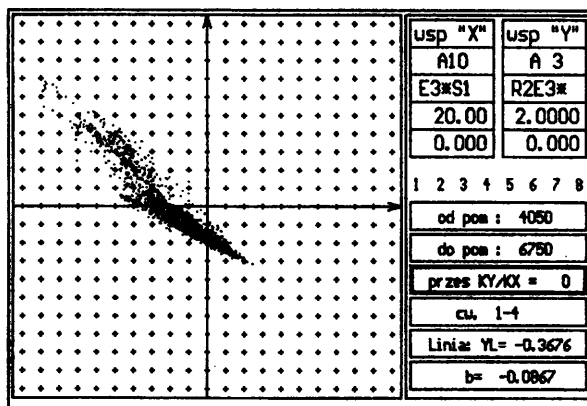
Aby ustalić czy rezystancja wejściowa obwodów pomiarowych rejestratora R16A jest wystarczająco duża dla przypadku badanego rurociągu, w cyklu IV rejestracji włączono na kanale 7 pomiar u . Na przebiegu czasowym R2E3* (rys. 3) w zasadzie nie widać zmian po włączeniu

rejestracji u na ostatnie 5 minut pomiaru. Ale wnikliwa analiza wartości przedstawionych dla cyklu IV w tabeli 1 i porównanie otrzymanych parametrów z wartościami dla cyklu I i III, a także obrazy stosownych korelacji z rys 6 i 7 wykazują, że widać tu podobne zmiany, jak przy porównaniu parametrów cyklu I i II, chociaż w skali wielokrotnie mniejszej. Może to oznaczać, że także rezystancja wejściowa R16A, która wynosi 10 M Ω jest jeszcze nie wystarczająca do pomiaru u w przypadku rurociągu o rezystancji przejścia ok. 16.5 k Ω . Jednoznaczna diagnoza w tej kwestii jest utrudniona, ze względu na zbyt krótki okres czasu rejestracji w IV cyklu (5 minut).

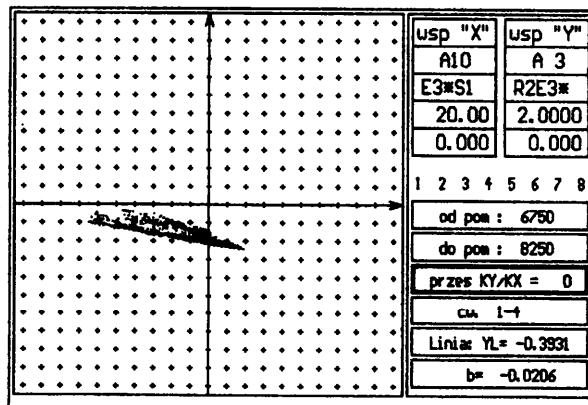
Omówione wyniki badań wskazują na problem doboru odpowiednich przyrządów pomiarowych lub metod pomiarowych do badań korelacyjnych PKM o bardzo dobrych izolacjach.



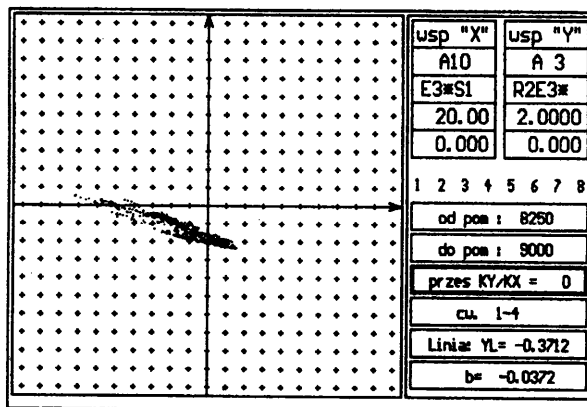
Rys. 4. Korelacja $R2E3 = f(E3S1)$ dla gazociągu na ul. Hallera w Gdańsku na podstawie rejestracji w cyklu I wg tabeli 1. Rejestrator mR0 odłączony, skala 2V/20V.



Rys. 5. Korelacja $R2E3 = f(E3S1)$ dla gazociągu na ul. Hallera w Gdańsku na podstawie rejestracji w cyklu II wg tabeli 1. Rejestrator mR0 przyłączony, skala 2V/20V.



Rys.6. Korelacja $R2E3 = f(E3S1)$ dla gazociągu na ul. Hallera w Gdańsku na podstawie rejestracji w cyklu III wg tabeli 1. Rejestrator mR0 odłączony, skala 2V/20V.



Rys. 7. Korelacja $R2E3 = f(E3S1)$ dla gazociągu na ul. Hallera w Gdańsku na podstawie rejestracji w cyklu IV wg tabeli 1. Rejestrator mR0 odłączony, ale włączony pomiar napięcia u między rurą i szynami na kanale 7 rejestratora R16A, skala 2V/20V.

Wnioski

Z omówionych tu badań wynika, że w przypadkach rejestracji napięcia u między PKM o bardzo dobrej izolacji i szynami należałoby stosować rejestratory o rezystancjach wejścia nie mniejszych niż 15 M Ω . Jednak zwiększenie rezystancji wejścia w wielozakresowym elektronicznym rejestratorze jest ograniczone pojawianiem się szumów (zakłóceń) pochodzenia elektromagnetycznego.

Przy badaniach korelacyjnych można natomiast z dobrym przybliżeniem zamiast zależności $e = f(u)$ stosować zależność $e = f(v_r)$ i wówczas nie wymaga to stosowania rejestratorów o zwiększonej rezystancji wejścia, ponieważ nie ma połączenia metalicznego między rurą i szynami.

ną poprzez rezystancję obwodu pomiarowego rejestratora. W omawianym przypadku zaleca się rejestrować potencjał v , szyn względem oddzielnej elektrody odniesienia, ustawionej nad rurociągiem, w pobliżu elektrody użytej do rejestracji potencjału rurociągu e . Zalecenie to ma na celu ograniczenie przepływu prądu z szyn do rurociągu poprzez układ pomiarowy i jest skuteczne jeżeli stosowany do badań rejestrator ma separowane galwanicznie kanały pomiarowe.

Literatura

1. Dziuba W., Dąbrowski J.: Wpływ jakości izolacji konstrukcji podziemnych na obraz korelacji $e = f(u)$ przy oddziaływaniu prądów błądzących. Opracowanie Instytutu Elektrotechniki nr arch.: NTE/38/98 Warszawa 1998 r (nie publikowane)