



**POMIARY ZAGROŻENIA KOROZJĄ ELEKTROLITYCZNA
TELEKOMUNIKACYJNYCH KABLI DALEKOSIĘŻNYCH WEWNĘTRZNEJ
SIECI ŁĄCZNOŚCI PKP**

**MEASUREMENTS OF THE ELECTROLYTIC CORROSION HAZARD
OF TELECOMMUNICATION LONG-DISTANCE CABLES IN THE INTERNAL
COMMUNICATION NETWORK OF POLISH STATE RAILWAYS (PKP)**

Jacek Muth

PKP

Okręgowe Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji w Poznaniu

Słowa kluczowe: mikroprocesorowe metody rejestracji, dalekosiężne kable teletechniczne
Keywords: microprocessor methods of recording, long-distance teletechnical cables

Streszczenie

Omówiono zastosowanie mikroprocesorowych metod rejestracji podstawowych parametrów służących do określenia zagrożenia dalekosiężnych kabli teletechnicznych korozją elektrolityczną. Scharakteryzowano również stan izolacji zewnętrznej sieci kabli dalekosiężnych, które wchodzi w skład wewnętrznej sieci łączności PKP.

Summary

The application has been described of microprocessor methods of recording of basic parameters used for the evaluation of the electrolytic corrosion hazard to long-distance teletechnical cables. Also the state of external insulation has been characterised of the long-distance cables of the internal communication network of Polish State Railways (PKP).

1. Wstęp.

Telekomunikacyjne kable dalekosiężne jako podstawowy element wewnętrznej sieci łączności przedsiębiorstwa PKP z reguły ułożone są wzdłuż szlaków kolejowych. W przypadku zelektryfikowanych linii kolejowych kable te narażone są na oddziaływanie pola elektrycznego sieci trakcyjnej zasilanej prądem stałym o napięciu 3 kV. Ogólnie przez oddziaływanie to należy rozumieć przenoszenie energii elektrycznej z urządzeń trakcyjnych na żyły i metalowe powłoki kabli przez sprzężenia elektryczne, galwaniczne i magnetyczne.

Z uwagi na trwałość kabli i ich bezawaryjną eksploatację zasadnicze znaczenie ma stopień upływności prądu trakcyjnego z niedostatecznie izolowanej sieci powrotnej, tzn. szyn. Prąd upływający z szyn może, wskutek niedostatecznej izolacji powłok kabli, płynąć nimi na pewnych odcinkach, wywołując korozję w miejscach powrotu prądu przez ziemię do szyn. Zagrożenie to wymaga określonej kontroli oraz stosowania ochrony drenażowej w strefach anodowych. Aktualnie pomiarami zagrożenia teletechnicznych kabli dalekosiężnych zajmują się w przedsiębiorstwie P.K.P. jedynie Zespoły Korozji Okręgowych Laboratoriów Automatyki i Telekomunikacji (OLAiT), działające w każdej z ośmiu Dyrekcji Okręgowych Kolei Państwowych. Dwa z tych laboratoriów stosują metody pomiaru zagrożenia kabli oparte na metodzie korelacji, opracowanej w latach siedemdziesiątych przez Politechnikę Gdańską(2) OLAiT w Poznaniu stosuje rejestrator SCM f - my L'. Instruments Warszawa, natomiast OLAiT w Gdańsku - rejestrator RPK 2000 z programem komputerowym „Strayc J.O” f - my JAK S.C. Gdańsk.

2. Własności izolacyjne teletechnicznych kabli dalekosiężnych.

Telekomunikacyjne kable dalekosiężne, ułożone bezpośrednio w ziemi, to przeważnie kable w powłokach ołowianych z opancerzeniem z taśm stalowych. Między powłoką i pancierzem oraz na pancierzu ułożone są osłony izolacyjne bitumiczno-jutowe lub wytłaczane z tworzywa termoplastycznych. Poszczególne odcinki kabli posiadają ciągłość powłoki ołowianej poddyktowaną technologią wykonywania złączy metodą lutowania, natomiast odcinki pancierza zwarte są wzdłużnie przewodem LY 2,5 mm. Obowiązujące wymagania nie dopuszczają możliwości połączenia pancierza z powłoką z wyjątkiem punktów włączenia urządzeń drenażowych.

Większość eksploatowanych kabli (około 80%), to kable w osłonach bitumiczno-jutowych ułożone w latach 1941 - 1986. Rezystancja przejścia tych osłon względem ziemi na podstawie pomiarów wykonanych w ostatnich dwóch latach wyniosła od kilkudziesiątych oma dla kabli najstarszych, do paru omów dla kabli z lat osiemdziesiątych.

W latach osiemdziesiątych wprowadzono kable z powłoką aluminiową w osłonach polietylenowych (ALTKDXpxFTx). Pomiary rezystancji powłok tych kabli względem ziemi były porównywalne z rezystancją kabli w osłonach bitumiczno-jutowych (3). Fakt ten potwierdziły systematyczne badania przeprowadzone w roku 1982 przez COBiRTK (obecnie CNTK). Średnią rezystancję przejścia osłon wytłoczonych oceniono wówczas na 5 - 40 om. Sugerowano konieczność sprawdzania dwóch podstawowych parametrów świadczących o szczelności osłon tzn. wytrzymałości elektrycznej osłon izolowanych oraz ich rezystancji przejścia. (4,5)

Wytrzymałość elektryczna kabla jest bardzo ważna w przypadku zwarć w sieci trakcyjnej w trakcie których potencjał toków szynowych i uszynionych konstrukcji względem odległej ziemi może osiągnąć wartość około 1500 V w pobliżu podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych.

Czas trwania przepięć może wynosić od 40 ms do 100 ms przy zwarciacli wyłączanych przez wyłączniki szybkie i około 50 ms przy zwarciacli wyłączanych przez wyłączniki mocy. W przypadku zwarć niepełnych tzw. niewyłączalnych (np. częściowe uszkodzenie izolatora), czas trwania przepięcia może wynosić do kilku godzin. W trakcie zwarcia kable ulegają termicznemu zniszczeniu wskutek przepływu prądu zwarcia. Proponowana przez COBiRTK nowelizacja norm nie doczekała się realizacji. W roku 1989 wprowadzono do norm jedynie pomiary rezystancji izolacji osłon. Zgodnie z normą BN - 89/E - 8984 - 18 rezystancja przejścia kabli z wytłoczonymi osłonami polwinitowymi które wyposażono w słupki oznaczeniowo - pomiarowe powinna wynosić min. 0,1 Mom x km, a osłonami polietylenowymi min. 0,5 Mom x km. Zakładając przeciętną długość odcinków wzmacniakowych 30 km, mierzona rezystancja powinna wynosić przynajmniej 3,3 Kom dla osłon polwinitowych oraz 16,7 Kom dla osłon polietylenowych. Pomiary rezystancji przejścia osłon kabla typu TKDYFTy 24 x 2, tzn. kabla o tradycyjnej konstrukcji, ale z osłonami wytłaczanymi z polwinitu (TKDYFTy), ułożonego w roku 1995 między Poznaniem i Zbąszczykiem również odbiegały od wymagań norm. Rezystancja przejścia „powłoka - ziemia” wynosiła średnio 22 om, a rezystancja przejścia „powłoka - ziemia” średnio 60 om. Producentem wszystkich omawianych kabli była Fabryka Kabli w Ozarowie, a do łączenia stosowano krajowe materiały termokurczliwe. Ogólnie można stwierdzić, że stan osłon izolacyjnych teletechnicznych kabli dalekosiężnych jest bardzo zły i prawdopodobnie nie ulegnie zmianie, ponieważ tradycyjną sieć kablową mają w przyszłości zastąpić kable światłowodowe.

3. Pomiary zagrożenia korozją elektrolityczną kabli teletechnicznych w oparciu o kryteria potencjałowe.

Charakterystyczną cechą wszystkich telekomunikacyjnych kabli dalekosiężnych wewnętrznej łączności PKP jest ich równoległe położenie względem zelektryfikowanych linii kolejowych w pasie o szerokości nie większej niż 10 m wzdłuż torów. Ponadto kable te w wielu miejscach rozgałęziają się do posterunków, nastawni i budynków położonych po obu stronach torowiska. Taka struktura połączeń telekomunikacyjnych sprawia, że pomiary zagrożenia korozją elektrolityczną wykonywane muszą być w wielu punktach położonych blisko siebie. Problemy techniczne, przede wszystkim możliwości utrzymania punktów oznaczeniowo - pomiarowych w warunkach terenowych ograniczyły możliwości diagnostyki do pomiarów potencjału i w oparciu o te pomiary określa się stopień zagrożenia korozją elektrolityczną. Podstawowy program badań obejmuje statystyczny pomiar dwóch parametrów:

- pomiar potencjału pancerza i powłoki kabla względem siarczanomiedziowej elektrody odniesienia,

- pomiar napięcia „kabel - szyna”.

Uśrednione wartości tych parametrów wraz z wartościami maksymalnymi i minimalnymi przeniesione na wykres drogi przebiegu kabla były podstawą ustalenia stref anodowych wymagających ochrony. Interpretacja tak opracowanych danych wymagała dużego doświadczenia i nie zawsze była przekonująca. Zasadniczym postępowaniem w diagnostyce korozyjnej było wprowadzenie mikroprocesorowych technik rejestracji pomiarów statystycznych i ich opracowania w oparciu o odpowiedni program. Z chwilą pojawienia się na rynku mikroprocesorowych rejestratorów SCM f - my L' Instruments, do pomiarów zagrożenia kabli zastosowano ten rejestrator, a interpretację wyników oparto na metodzie korelacyjnej.

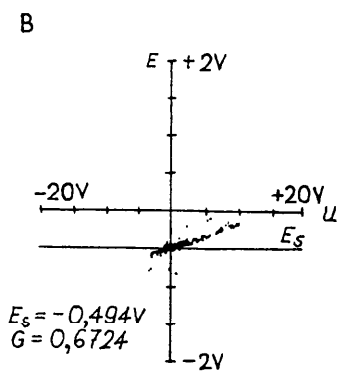
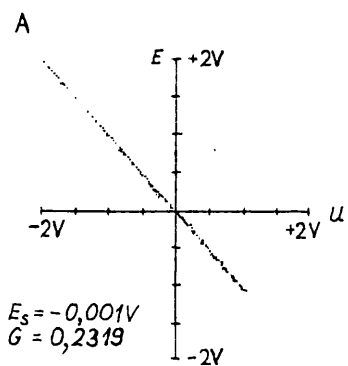
Z uwagi na ścisłą zależność zmiennej polaryzacji powłok kabli od obciążenia sieci trakcyjnej, której miarą jest napięcie „kabel - szyna”, wydruki uzyskane w oparciu o metodę korelacyjną stały się przekonującym dokumentem stanu zagrożenia konstrukcji ułożonych w ziemi, w pobliżu zelektryfikowanych linii kolejowych. Przede wszystkim pozwoliły jednoznacznie

odróżnić zwarcia elektryczne między powłokami kabla i szynami (oddziaływanie elektryczne) od oddziaływań przez warstwę gruntu które należy zdefiniować jako oddziaływania galwaniczne, odpowiedzialne przede wszystkim za procesy elektrochemiczne prowadzące do korozji elektrolitycznej. Przykładem mogą być korelacje przedstawione na rys.1. Korelacja A dotyczy pomiarów wykonanych na kablu typu TKD Fta 110 x 2 ułożonego w 1942 roku, a korelacja B - kabla typu TKDYFty 24 x 2 ułożonego w roku 1995. Pierwsza korelacja jest przykładem zwarcia elektrycznego o niskiej rezystancji, a druga - przykładem zagrożenia kabla korozją elektrolityczną w warunkach, gdzie zwarcia elektryczne nie stwierdzono. W pierwszym przypadku ochrona drenażowa jest nieskuteczna ponieważ zwarcia elektryczne można określić inaczej jako niekontrolowany drenaż prosty, który wyklucza możliwość zastosowania drenaża polaryzowanego. Na rys.2 przedstawiono korelacje z pomiarów skuteczności pracy drenaża polaryzowanego przy podstacji trakcyjnej Drzewce (A - drenaż wyłączony, B - drenaż załączony), a na rys.3 skuteczność pracy drenaża wzmocnionego typu DWA 20V/25A na stacji Otoczna. W obu przypadkach stwierdzono zwarcie kabla z szyną o niskiej rezystancji przejścia w budynku nastawni. Podstawową przyczyną występowania zwarców szynowych są zwarcia występujące między kablem oraz uszynionymi urządzeniami w sposób świadomy lub przypadkowy. Na rys.4 przedstawiono korelację z pomiarów kabla typu TKDFta 96 x 2 na stacji Barłogi przed jej modernizacją, kiedy nastawnie wyposażone były w mechaniczne urządzenia sterowania ruchem z pędziami służącymi do przestawiania iglic rozjazdów (rys.6A) oraz po modernizacji stacji i wprowadzeniu napędów elektrycznych sterowanych komputerem (rys.6B). Korelacje te mogą być przykładem dwóch różnych oddziaływań w przypadku urządzeń pochodzących z dwóch różnych epok i problemów technicznych, jakie się z tym wiążą. W przypadku tzw. urządzeń mechanicznych przewod uszyniający bardzo często jest utożsamiany z przewodem uziemiającym i traktowany jako ochrona przeciwporażeniowa. Jest to oczywiście nieporozumienie, ponieważ każde uszynienie jest uzasadnione tylko wówczas, jeżeli zapobiega tzw. zwarcia niewyłłączalnemu i doprowadza w krótkim czasie do zadziałania wyłączników w podstacji trakcyjnej. Przedstawione sytuacje dotyczą urządzeń stacyjnych wzdłuż linii kolejowych, które są aktualnie modernizowane (linia Warszawa - Frankfurt n.O).

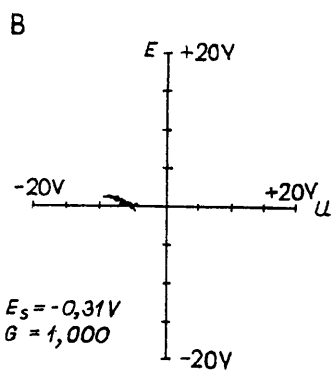
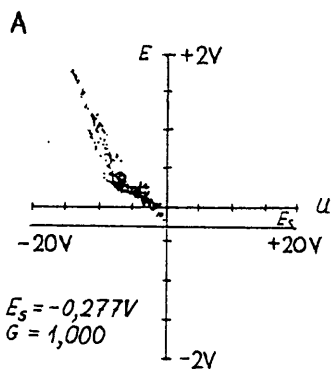
Typowym przykładem prawidłowej ochrony kabli teletechnicznych może być skuteczność pracy drenaża polaryzowanego typu DPz 50 przy podstacji trakcyjnej Ostrów Wlkp. - Stary Staw (linia Kluczbork - Poznań) przedstawiona na rys.5 oraz drenaża wzmocnionego typu DWA 20V/25A na stacji Swarzędz (linia Warszawa - Poznań) - na rys. 8 .

OLAiT w Poznaniu prowadziło prace nad zastosowaniem regulacji elektronicznej w drenażu wzmocnionym typu DWA 20V/25A. Na rys.7 przedstawiono trzy korelacje obrazujące zagrożenie kabla typu TKDFta 96 x 2 w rejonie stacji Poznań Gł. (A), skuteczność pracy drenaża typu DWA 20V/25A (B) oraz skuteczność pracy tego samego drenaża z wmontowanym regulatorem elektronicznym RE 001 z możliwością automatycznej regulacji potencjału, produkowanym przez firmę Eukor w Poznaniu (C). Regulator ten został włączony w drenażu, w rejonie stwierdzonego zwarcia kabla z szyną o stosunkowo dużej rezystancji przejścia. Jak wynika z przedstawionych korelacji wyeliminowanie sprzężenia zwrotnego i zastosowanie automatycznej regulacji potencjału zdecydowanie poprawiło skuteczność pracy drenaża. Na rys.8 przedstawiono skuteczność pracy tak zmodernizowanego drenaża typu DWA 20V/25A na stacji Poznań Wschód. Wyniki tych prac przemawiają za koniecznością stosowania urządzeń drenażowych z automatyczną regulacją potencjału, zwłaszcza tam, gdzie oddziaływania prądów błądzących są znaczne.

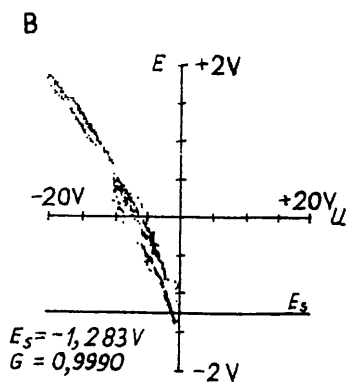
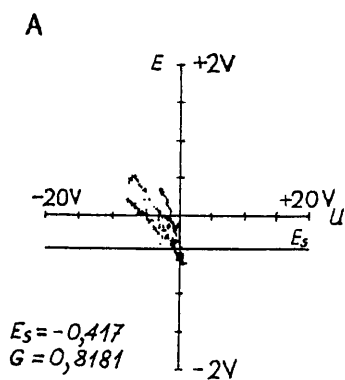
Zasadnicze kryterium wynikające z metody korelacyjnej, tzw. współczynnik asymetrii określa w jakim stopniu reakcje elektrodowe odpowiedzialne za korozję mają charakter anodowy. Punktem odniesienia takiego kryterium może być tylko potencjał stacjonarny, inaczej potencjał reakcji elektrodowej o charakterze ściśle odwracalnym. W omawianej



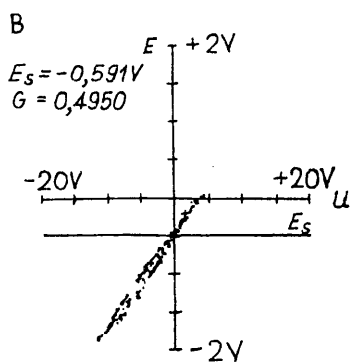
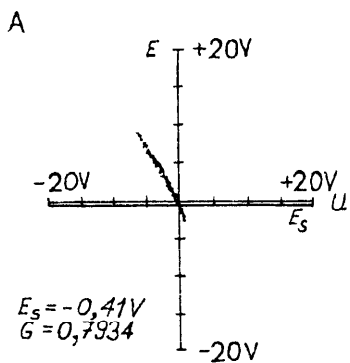
Rys.1.



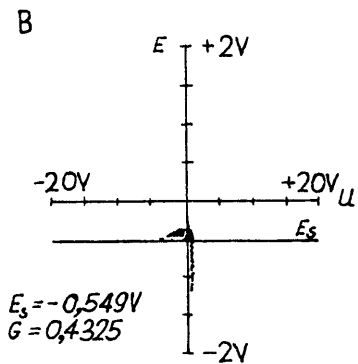
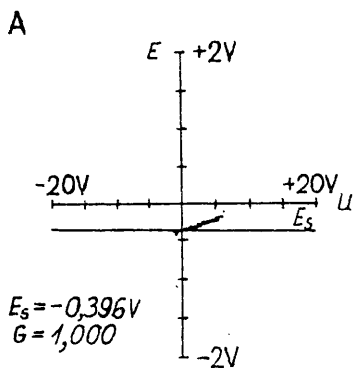
Rys.2.



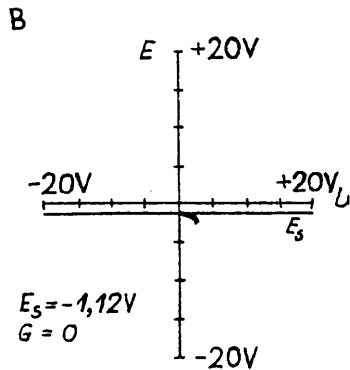
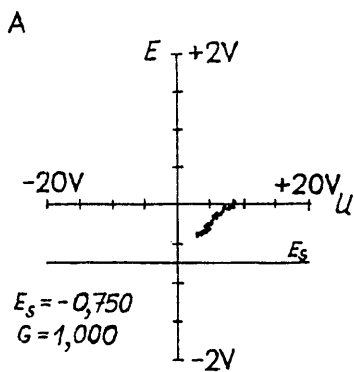
Rys.3.



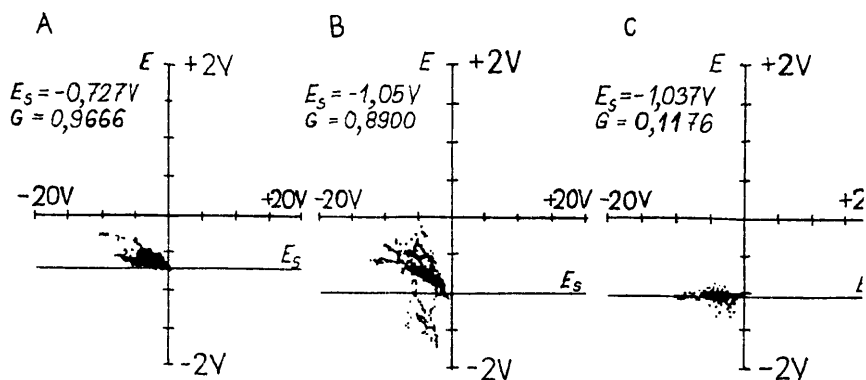
Rys.4.



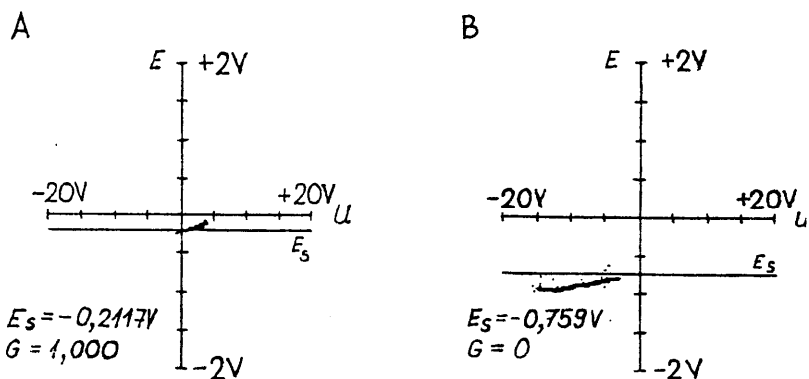
Rys.5.



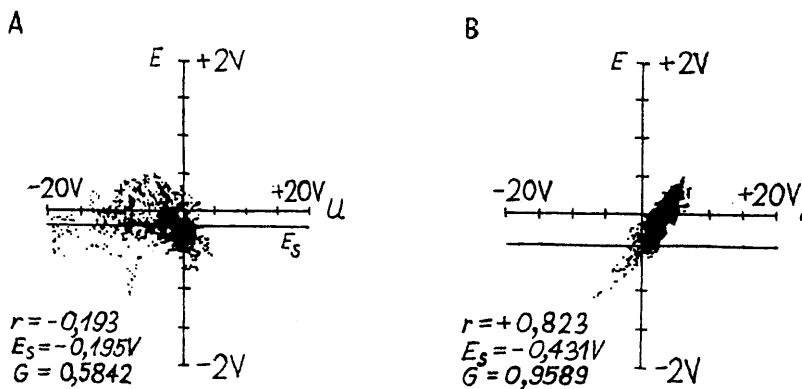
Rys.6.



Rys.7.



Rys.8.



Rys.9.

metodzie za potencjał stacjonarny uznano możliwą do obliczenia wartość wyrazu wolnego w równaniu krzywej regresji, który odpowiada wartości potencjału konstrukcji w momencie, w którym napięcia „konstrukcja - szyna” jest równa zero (punkt zerowy krzywej regresji) (6,7). Tak obliczony potencjał stacjonarny często różni się znacznie od przewidywanej wartości rzeczywistej, przewidywanej dlatego, że jej dokładny pomiar w naturalnych warunkach jest niemożliwy z uwagi na brak możliwości wyłączenia równolegle zasilanej sieci trakcyjnej. Przykładem mogą być wartości potencjału stacjonarnego obliczone na podstawie korelacji przedstawionych na rys.1A i 1B, które dotyczą układu „ołów - gleba” w rejonie tej samej stacji. Na podstawie licznych wydruków z rejestratora SCM można wysnuć wniosek, że przedstawione rozbieżności są tym większe, im niższa rezystancja między siecią powrotną i powłokami kabla. Często obserwujemy w takich przypadkach przesunięcie wartości potencjału stacjonarnego w trakcie silnych oddziaływań prądów błądzących w kierunku dodatnich potencjałów, podobnie jak w przypadkach ochrony katodowej - w kierunku wartości ujemnych. Bez znajomości poprawnie zmierzonej wartości potencjału stacjonarnego ścisła interpretacja tych odstępstw jest niemożliwa.

Ważnym uzupełnieniem przedstawionych parametrów może być współczynnik kierunkowy „k” obliczony z równania krzywej regresji oraz współczynnik korelacji „r”. Współczynnik kierunkowy z uwagi na znaczne zniekształcenia szeregu widm korelacyjnych jest stosowany w ograniczonym zakresie (1). Natomiast współczynnik korelacji jest miarą odstępstwa prostej regresji od zależności ściśle liniowej i może być miarą w jakim stopniu oddziaływania określonego źródła prądów błądzących wpływają na zmiany potencjału zagrożonej konstrukcji podziemnej. Przykładem mogą być pomiary wykonane wspólnie z OLAiT Gdańsk rejestratorem SCM oraz rejestratorem RPK 2000 w miejscu skrzyżowania torów kolejowych z ulicą Hallera w Gdańsku, którą biegną tory tramwajowe (rys.7). Pomiary na rys.7A wykonano względem szyn kolejowych , natomiast na rys.7B względem szyn tramwajowych. Analizując wartości współczynnika korelacji można ustalić, że w omawianym przypadku oddziaływania pochodzące z trakcji tramwajowej są większe niż z trakcji kolejowej. Ponadto wartość współczynnika korelacji pomiarów względem trakcji kolejowej jest ujemna, co świadczy o tym, że kabel jest zwarty metalicznie z szyną, natomiast wartość współczynnika korelacji względem trakcji tramwajowej jest dodatnia i oddziaływania mają charakter elektrochemiczny. Przedstawione wartości współczynników korelacji określone zostały w oparciu o rejestrator RPK 2000 i programem „Strayc J.0” ponieważ program rejestratora SCM danych takich nie zawiera.

Przedstawiony krótki zakres możliwości interpretacji wyników uzyskiwanych rejestratorem mikroprocesorowym tłumaczy popularność tej metody. Możliwości techniczne zapisu wyprzedzają znacznie możliwości skutecznej oceny zagrożenia korozją elektrolityczną. Ocena ta wymaga nadal dużego doświadczenia ponieważ ograniczony program badań technicznych w dużym stopniu ogranicza postęp w tej dziedzinie.

4. Wnioski.

Zagrożenie korozyjne metalowych konstrukcji podziemnych w miarę dokładnie ustalić można na podstawie pomiarów trzech zasadniczych parametrów:

- potencjału konstrukcji metalowej względem elektrody odniesienia,
- prądu korozyjnego płynącego w konstrukcji,
- rezystancji przejścia osłon względem środowiska korozyjnego.

Z trzech wymienionych parametrów jedynie potencjał metalowej konstrukcji zmierzyć można z wystarczającą dokładnością. Pomiary prądu korozyjnego w powłoce i panczeru kabla możliwe są jedynie drogą pomiaru spadku napięcia na rezystancji odcinka kabla o długości 2m. Pomiary te, wskutek złej jakości osłon, obciążone są dużym błędem spowodowanym bardzo

niską rezystancją przejścia osłon kabli względem ziemi. Błędne pomiary oraz złe utrzymanie punktów kontrolno - pomiarowych były przyczyną całkowitej rezygnacji z pomiarów prądu korozyjnego płynącego w powłoce i pancerzu kabla. Pomiary rezystancji przejścia indukcyjnym miernikiem uziemień (IMU) dają wyniki przybliżone, zakłócone w dużym stopniu przez pole elektryczne zelektryfikowanej linii kolejowej.

Reasumując, stan zabezpieczenia dalekosiężnych kabli teletechnicznych w przedsiębiorstwie PKP należy uznać za niewystarczający. Praktycznie tylko dwa z ośmiu Okręgowych Laboratoriów Automatyki i Telekomunikacji prowadzą systematyczne pomiary zagrożenia kabli korozją elektrolityczną i to w oparciu o normy ogólne, ponieważ w przedsiębiorstwie PKP nie obowiązują żadne przepisy wewnętrzne na ten temat.

5. Literatura.

1. Hanasz M., Ochrona przed korozją, 2, 153 - 157, 1994 r,
2. Juchniewicz R., Sokólski W., Bohdanowicz W., Ochrona przed korozją, 9, 227 - 229, 1984r,
3. Muth J., Automatyka Kolejowa, 5, 97 - 101, 1985 r,
4. Puchalski T., „Opracowanie wytycznych uziemiania metalowych powłok kabli telekomunikacyjnych na podstawie badań eksploatacyjnych.”, Temat COBiRTK nr 3194/20, Warszawa 1982 r.
5. Puchalski T., Automatyka Kolejowa, 3, 48 - 53, 1990 r.,
6. Sokólski W., Ochrona przed korozją, 7, 153 - 157, 1992 r.
7. Sokólski W., Ochrona przed korozją, 8, 173 - 177, 1995 r.