



**ZABEZPIECZENIA STACJI OCHRONY KATODOWEJ
I GAZOCIĄGÓW PRZED SKUTKAMI ODDZIAŁYWANIA
WYŁADOWAŃ ATMOSFERYCZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM
OCHRONY PRZED KOROZJĄ ZMIENNOPRĄDOWĄ**

**THE PROTECTION OF CATHODIC CORROSION PROTECTION
SYSTEMS AND PIPELINES AGAINST EFFECTS OF LIGHTNING
STRIKES INCLUDING PROTECTION AGAINST CORROSION
CAUSED BY INDUCED CURRENTS**

Mirosław Zielenkiewicz, Tomasz Maksimowicz

Centrum Ochrony przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi
w Białymstoku

Słowa kluczowe: korozja, ochrona przed przepięciami, ograniczniki przepięć
Keywords: corrosion, overvoltage protection, surge protection devices

Streszczenie

W referacie opisano problematykę ochrony przed przepięciami stacji ochrony katodowej. Wskazano możliwe źródła zagrożeń związanych z oddziaływaniem wyładowań atmosferycznych. Szczegółowej analizie poddano zagadnienie skutecznej ochrony przed przepięciami nowoczesnych urządzeń oraz wskazano na istotny problem związany z obecnością układów ochrony przed przepięciami montowanymi wewnątrz SOK przez ich producentów, co często uniemożliwia zaprojektowanie skutecznych zabezpieczeń przed przepięciami pochodzenia piorunowego. Przedstawiono przegląd dostępnych rozwiązań w zakresie ochrony przed przepięciami dedykowanych do ochrony stacji i gazociągów. W referacie wskazano także na możliwość skutecznego rozwiązania problemu ochrony przed korozją zmiennoprądową za pomocą kombinowanych układów ochrony przed prądami wyładowań piorunowych oraz prądami indukowanymi w rurociągach pod wpływem oddziaływania pobliskich linii elektroenergetycznych.

Summary

The paper presents issues related with overvoltages protection of cathodic corrosion protection systems. Possible sources of threats related to influence of lightning strikes are described. Detailed analysis is subjected to problems connected with overvoltage protection of modern devices. Authors indicate essential issue related to presence of overvoltage protection components mounted by manufacturers inside CCPS, which often makes impossible to design effective protection against lightning caused overvoltages. A review of available solutions in area of overvoltage protection dedicated for protection of CCPS and pipelines is presented. The paper describes solutions for effective protection against corrosion caused by induced alternating currents with the use of combined devices which are capable to provide protection against both lightning currents and currents induced in pipelines due to influence of nearby energetic power lines.

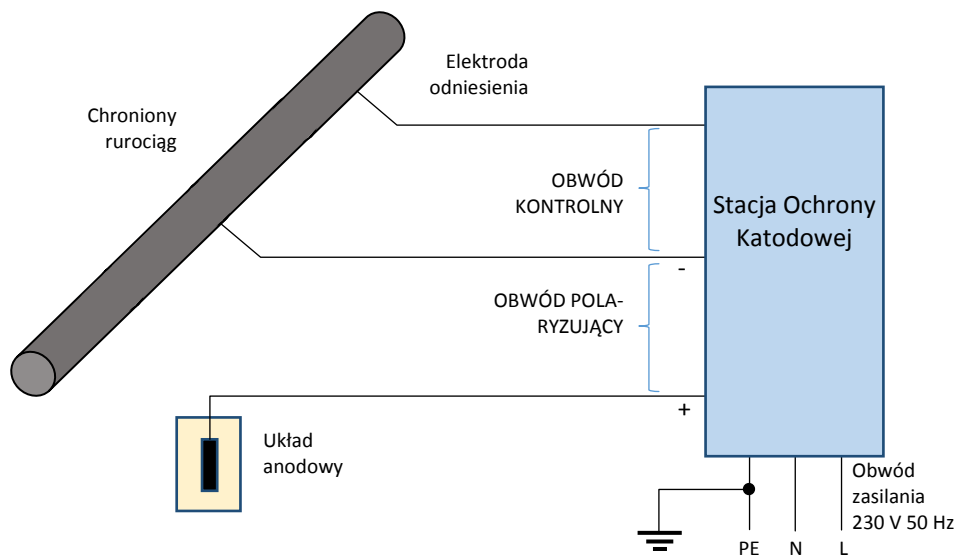
1. Wstęp

Główne źródło uszkodzeń stacji ochrony katodowej (SOK) stanowią przepięcia będące skutkiem oddziaływania wyładowań atmosferycznych. Teza ta znajduje potwierdzenie nie tylko w analizach teoretycznych [1], ale przede wszystkim w praktyce, gdyż uszkodzenia urządzeń SOK wskutek przepięć stanowią ponad 50% z wszystkich zgłoszeń serwisowych [2].

Biorąc pod uwagę niewielkie gabaryty stacji ochrony katodowej można przyjąć, iż prawdopodobieństwo bezpośredniego uderzenia pioruna w oddzielnie usytuowaną stację jest znikome [1]. Wyładowania atmosferyczne w sposób pośredni mogą jednak znacząco oddziaływać na SOK w związku z przepięciami:

- a) indukowanymi w zewnętrznym okablowaniu obwodów stacji (rys. 1),
- b) indukowanymi w stalowej konstrukcji chronionego rurociągu,
- c) pochodzącymi od częściowych prądów wyładowań piorunowych przepływających do stacji w wyniku bezpośredniego trafienia pioruna w chroniony rurociąg,
- d) pochodzącymi od częściowych prądów wyładowań piorunowych rozprzyskających się w układzie uziomów.

Innym, oprócz wyładowań atmosferycznych, niezwykle istotnym problemem jest konieczność uwzględnienia również zagrożeń związanych z korozją zmiennoprądową powstającą wskutek elektromagnetycznego oddziaływania prądów napowietrznych linii wysokiego napięcia (zasilania elektroenergetycznego lub trakcyjnych) przebiegających w pobliżu podziemnych stalowych rurociągów [3]. Powodują one indukowanie się w rurach wzdłużnych sił elektromagnetycznych i w rezultacie – przepływ prądu przemiennego przez rurociąg, przenikającego do gruntu przez punkty styku metalowej powierzchni rury gazociągu przez miejsca defektów izolacji antykorozyjnej rurociągu. Problem ochrony przed korozją zmiennoprądową często nie jest rozwiązywany, pomimo iż istnieją obecnie skuteczne środki ochrony przed tym zjawiskiem. Dla przykładu w publikacji [3] stwierdza się, że „jedynym sposobem zabezpieczenia rurociągu przed jej wpływem jest ciągłe monitorowanie i usuwanie defektów powłoki izolacyjnej na zagrożonym odcinku rurociągu.”



Rys. 1. Obwody zewnętrzne Stacji Ochrony Katodowej

2. Zagrożenie piorunowe instalacji Stacji Ochrony Katodowej

Z analizy teoretycznej zagrożenia piorunowego [1] wynika, iż główną drogę przenikania przepięć do Stacji ochrony Katodowej stanowią na równi linie energetyczne oraz sam chroniony gazociąg, co dodatkowo potwierdza analiza przyczyn odnotowywanych awarii zamieszczona w opracowaniu [2].

Zagrożenie od strony linii energetycznych stanowią:

- częściowy prąd pioruna (impuls o znormalizowanym kształcie $10/350 \mu s$ [6]) na skutek bezpośrednich wyładowań w linii energetyczne zasilające SOK;
- prądy przepięć indukowane (impuls o kształcie $8/20 \mu s$) na skutek wyładowań w pobliżu linii energetycznych;
- przepięcia wewnętrzne na skutek operacji łączeniowych w sieci energetycznej.

Zagrożenie od strony gazociągu, poprzez połączone do niego obwody kontrolne i polaryzujący SOK, stanowią:

- częściowy prąd pioruna ($10/350 \mu s$) na skutek bezpośrednich wyładowań w ziemię w bliskim otoczeniu gazociągu i przeskok tego prądu do rurociągu;
- prądy przepięć indukowane ($8/20 \mu s$) na skutek wyładowań w pobliżu gazociągu;
- wzrost potencjału elektrody odniesienia obwodu pomiarowego wskutek wyładowań w pobliżu rurociągu.

Zagrożenie od strony linii obwodu kontrolnego i polaryzującego SOK stanowią:

- prądy przepięć indukowane ($8/20 \mu s$) na skutek wyładowań w pobliżu tych linii;
- wzrost potencjału anody wskutek wyładowań w pobliżu miejsca jej pograżenia.

Powagę problemu potwierdzają wyniki analiz teoretycznych, zgodnie z którymi przy projektowaniu ochrony przed przepięciami dla stacji ochrony katodowej należy przyjąć najwyższy pierwszy poziom ochrony odgromowej LPL I [1]. Na tak duże zagrożenie przepięciowe składa się kilka czynników. Położone w terenie otwartym SOK zasilane są z linii energetycznych, które na przeważającej części ich długości są wykonane jako linie napowietrzne narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna. Linie te prowadzone są najczęściej w terenie otwartym, w związku z czym również w większym stopniu narażone są na oddziaływanie wyładowań pobliskich.

Należy zauważyć, iż warstwa izolująca gazociąg od gruntu zastosowana w celu ochrony przed korozją w praktyce nie stanowi izolacji dla prądu pioruna, który z łatwością ją przebija punktowo rozprzyskając się następnie w obu kierunkach wzdłuż rurociągi. Z kolei, z uwagi na zastosowanie warstwy izolującej gazociąg od gruntu, przepięcia pojawiające się w rurociągu są w stanie propagować wzdłuż jego metalowej konstrukcji na bardzo duże odległości, w związku z czym na SOK mogą oddziaływać nawet bardzo odległe wyładowania atmosferyczne.

Mając na uwadze wyżej opisane środowisko elektromagnetyczne pracy Stacji Ochrony Katodowej konieczne jest zaprojektowanie i wykonanie kompleksowej ochrony przed przepięciami obwodów elektrycznych SOK, zabezpieczającej wszelkie możliwe drogi przenikania przepięć zarówno od strony linii zasilania energetycznego, linii obwodów kontrolnych i polaryzujących jak i od strony rury gazociągu. W praktyce nie jest to zadanie łatwe, pomimo dostępnej na rynku szerokiej gamy ograniczników przepięć (*SPD ang. Surge Protecting Device*), wymagające przeprowadzenia szczegółowej analizy chronionej instalacji.

3. Problem zabezpieczeń przed przepięciami lokalizowanych wewnątrz urządzeń SOK

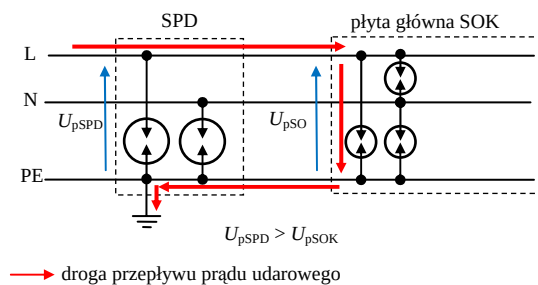
W przypadku nowoczesnych instalacji SOK istotny problem stanowi umiejscawianie przez ich producentów elementów ochrony przed przepięciami bezpośrednio na płytach głównych elektroniki wewnątrz szafki aparaturowej. Takie rozwiązanie może być skuteczne dla spełnienia wymagań norm z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej dla ograniczania niskoenerygetycznych przepięć wewnątrzsystemowych, jednak stwarza poważne problemy w przypadku ochrony przed udarami dużej energii z uwagi na konieczność koordynacji zastosowanych wewnętrznych układów ochrony przed przepięciami z układami ochrony niezbędnymi dla ograniczenia przepięć pochodzenia piorunowego.

Wiadomo, że maksymalne wartości napięć na wejściu układów elektronicznych powinny być ograniczone do poziomów nieprzekraczających ich odporności, których wartości można zaczerpnąć z norm z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej. Z uwagi na wtórne efekty indukcyjne energia przepięć powinna być ograniczana i odprowadzona poza chronionym układem. W związku z tym umiejscawianie elementów ochrony przed przepięciami na płycie elektroniki wewnątrz obudowy chronionego urządzenia może prowadzić wręcz do zwiększenia zagrożenia.

Z tego powodu w przypadku zadziałania elementu ochronnego energia udaru przepięciowego powinna zostać w bezpieczny sposób odprowadzona do uziemienia. Warto przy tym uwzględnić, iż laminaty płyt obwodów drukowanych PCB, typowe dla układów elektroniki, są nieodpowiednie dla tego celu ze względu na niedostateczną grubość powłoki miedzi, gdyż ścieżki obwodów, przez które mogą przepływać prądy udarowe, powinny być odpowiednio

zaprojektowane pod kątem ich zdolności odprowadzania szybko narastających prądów impulsowych. W przeciwnym wypadku w chwili przepływu prądu uderowego może dojść do ich eksplozji i poważnych uszkodzeń fizycznych. Prowadzi to w konsekwencji najczęściej do przerwy w funkcjonowaniu systemu oraz konieczności wymiany całej płyty głównej. Należy pamiętać, że o wypadkowej wytrzymałości uderowej urządzenia decyduje nie tylko wytrzymałość zastosowanego elementu, ale kompletna konstrukcja obwodu ochronnego obejmująca również wszelkie połączenia i zaciski. Jeżeli pola płyty PCB stanowiące jej uziemienie pełnią jednocześnie funkcję potencjału odniesienia („masy”) to w przypadku pojawienia się przepięcia wystąpi dodatkowe zagrożenie dla elementów elektroniki wskutek lokalnego wzrostu potencjału podczas przepływu prądów uderowych.

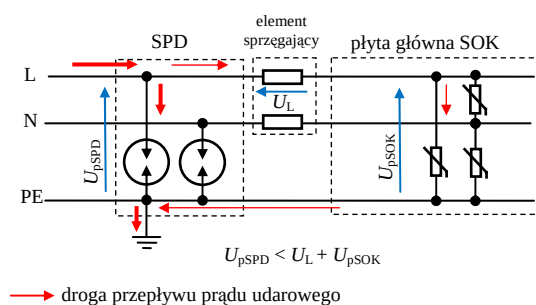
Najbardziej istotny problem w takim przypadku związany jest jednak z niezbędną koordynacją energetyczną wewnętrznych układów ochronnych z zewnętrznymi ogranicznikami przepięć, gdyż umiejscowienie elementów ochronnych na wejściach płyty głównej może prowadzić do niezadziałania dodatkowych zewnętrznych ograniczników przepięć umieszczonych na przykład w tej samej szafie aparaturowej. Taką sytuację najlepiej obrazuje przykład ochrony przed przepięciami obwodu zasilania 230 V 50 Hz przedstawiony na rys. 2. Dla przykładu: w obecnych rozwiązaniach niektórzy producenci na płycie głównej urządzeń SOK na wejściu linii zasilającej stosują miniaturowe odgromniki gazowe. Typowe dynamiczne napięcie zapłonu odgromników gazowych wynosi ≤ 500 V, a napięcie podtrzymania zapłonu takiego elementu jest mniejsze od kilkudziesięciu V dla częstotliwości sieci 50 Hz. Załóżmy, że urządzenie SOK jest jednocześnie chronione za pomocą wysokiej jakości iskiernikowego ogranicznika przepięć zdolnego do odprowadzania prądu pioruna ($I_{imp} = 25$ kA 10/350 μ s /pole) dedykowanego do ochrony obwodów zasilania. W najlepszym przypadku, przy zastosowaniu SPD typu 1+2+3, jego napięcie zadziałania będzie bliskie wartości $U_{pSPD} = 1$ kV, czyli będzie znacznie większe od 500 V. W takim układzie w chwili wystąpienia przepięcia, gdy napięcie zadziałania elementów zastosowanych na płycie urządzenia U_{pSOK} jest mniejsze od napięcia zadziałania ogranicznika przepięć U_{pSPD} zadziałają wyłącznie zabezpieczenia wbudowane wewnątrz urządzenia SOK, a prąd uderowy płynąć będzie jedynie przez obwody płyty głównej powodując najprawdopodobniej jej poważne uszkodzenie. W takim przypadku nawet najwyższej klasy zewnętrzny ogranicznik przepięć nie będzie w stanie ochronić takiego urządzenia, ponieważ nie będzie miał możliwości zadziałania z uwagi na nieprzekroczenie jego napięciowego progu zadziałania.



Rys. 2. Przykład braku koordynacji zewnętrznego ogranicznika przepięć i zabezpieczeń płyty głównej urządzenia SOK

Należy również zwrócić uwagę, że miniaturowe odgromniki nie są przeznaczone do samodzielnej ochrony sieci zasilania 230 V 50 Hz z uwagi na brak zdolności do samodzielnego gaszenia łuku prądu następczego. Trzeba również przypomnieć, że typowe dynamiczne napięcie zapłonu miniaturowych odgromników gazowych ma wartość rzędu 500 V, więc z uwagi na niską wartość napięcia podtrzymania zapłonu odgromnika (jest ono mniejsze od kilkudziesięciu V) element ten, po rozpoczęciu odprowadzania energii uderu przepięciowego, może nie być w stanie zgasić łuku prądu następczego, gdyż znamionowe napięcie sieci 230 V 50 Hz podtrzyma palenie się łuku elektrycznego między elektrodami odgromnika do czasu jego uszkodzenia.

Dla zapewnienia prawidłowej koordynacji energetycznej między zewnętrznymi i wewnętrznymi układami ochrony przed przepięciami konieczne jest stosowanie elementów sprzęgających. Dla przykładu, gdyby do ochrony zasilania SOK zastosować warystory, to dla zapewnienia prawidłowej koordynacji konieczne będzie zastosowanie dodatkowych elementów sprzęgających, włączanych szeregowo między ogranicznik przepięć a urządzenie SOK (rys. 3). Element sprzęgający, występujący najczęściej w postaci indukcyjności, powinien być dobrany tak, aby po zadziałaniu warystora odłożyło się na nim takie napięcie U_L , które zsumowane z napięciem ograniczania warystora pozwoliłoby na włączenie się funkcji ochronnej zewnętrznego ogranicznika przepięć. Przy prawidłowej koordynacji w takim układzie przez warystor powinna przepłynąć jedynie nieznaczna, bezpieczna dla warystora część prądu udarowego, taka, aby większość energii uderu była odprowadzona przez zewnętrzny SPD. Wartość napięcia U_L odkładana na szeregowo włączanym elemencie sprzęgającym zależy od jego indukcyjności oraz stromości narastania uderu prądowego ($U_L = L di/dt$). Dobór takiego elementu szeregowego wymaga jednak przeprowadzenia szczegółowych prób udarowych pełnego układu ochronnego potwierdzających koordynację zabezpieczeń wewnętrznych z określonym typem ogranicznika przepięć w celu potwierdzenia zgodności takiego układu z wymaganiami normatywnymi [4].



Rys. 3. Zastosowanie elementu sprzęgającego do koordynacji zewnętrznego ogranicznika przepięć i zabezpieczeń płyty głównej urządzenia SOK

Powyższy problem z koordynacją ograniczników wewnętrznych urządzenia SOK i zewnętrznych, niezbędnych do ochrony przed przepięciami pochodzenia piorunowego, dotyczy także zabezpieczenia obwodów polaryzacyjnych, pomiarowych i wyjść prostownika, które bywają zabezpieczane na płycie głównej za pomocą warystorów. Często w takim przypadku napięcie zadziałania warystora jest niższe od napięcia zadziałania zewnętrznego ogranicznika przepięć co skutkuje wystąpieniem analogicznej sytuacji jak w wyżej opisanym przykładzie

obwodu zasilania, stając się przyczyną braku możliwości prawidłowego działania układu ograniczników przepięć.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania można stwierdzić, iż niekompetentne stosowanie zabezpieczeń obwodów SOK w postaci miniaturowych odgromników gazowych i wariatorów montowanych na płytach PCB często zamiast podwyższyć odporność urządzenia stwarza w praktyce dodatkowe problemy z punktu widzenia kompletnego systemu. Ze zdjęć uszkodzeń przedstawionych w artykule [2] wynika, że energie przepięć występujących w środowisku elektromagnetycznym infrastruktury gazowej wymagają stosowania profesjonalnych rozwiązań SPD o wysokiej odporności udarowej, dostosowanej do przepięć pochodzenia piorunowego. Profesjonalne urządzenia ochrony przed przepięciami powinny być testowane zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 61643-11 [4] i PN-EN 61643-12 [5] zharmonizowanych z dyrektywą 2006/95/WE: Niskonapięciowy sprzęt elektryczny (LVD).

4. Rozwiązania dedykowane do ochrony przed przepięciami urządzeń SOK

4.1. Ograniczniki przepięć do ochrony obwodów zasilania SOK

Do ochrony zasilania urządzeń ochrony katodowej zastosowanie mają standardowe ograniczniki przepięć dedykowane do obwodów o napięciu znamionowym 230 V 50 Hz. Biorąc jednak pod uwagę częstość i wielkość uszkodzeń w przypadku SOK powinny mieć zastosowanie tu wyłącznie SPD bazujące na iskiernikach zdolnych do odprowadzania piorunowych udarów prądowych o kształcie 10/350 μ s i do samoistnego gaszenia łuku prądu następczego. Dodatkowo, ze względu na stosunkowo nieduże gabaryty szaf aparaturowych i brak miejsca na kolejne stopnie ochrony, w celu zapewnienia odpowiednio niskiego napięciowego poziomu tej ochrony zaleca się stosowanie ograniczników przepięć typu 1+2 lub typu 1+2+3. Przykładowe doskonałe i sprawdzone w warunkach zagrożenia piorunowego rozwiązanie stanowić może innowacyjny dwupolowy ogranicznik CT-T1+2+3/2+0-350-FM typu 1+2+3 (rys. 4a, prod. LEUTRON), zapewniający wysoką odporność na piorunowe prądy udarowe ($I_{imp} = 25$ kA 10/350 na pole, 50 kA na układ) przy jednoczesnym niskim napięciowym poziomie ochrony $U_p < 1$ kV. Ogranicznik o hermetycznej konstrukcji bazuje na unikatowej technologii wieloprzerzowych iskierników pracujących w atmosferze mieszaniny gazów szlachetnych, gwarantującą doskonałą zdolność gaszenia prądów następczych, charakteryzujących się brakiem prądu upływu i długą żywotnością.

4.2. Ograniczniki przepięć do ochrony obwodu kontrolnego i polaryzującego SOK

Wśród rozwiązań firmy LEUTRON znajdują się także specjalistyczne ograniczniki przepięć dedykowane do zabezpieczania przed przepięciami systemów ochrony katodowej przeznaczone do ochrony obwodów wyjściowych i pomiarowych SOK.

Do zabezpieczenia wyjść układu prostownika dedykowane są ograniczniki przepięć typu EnerPro 65V/12A-Tr 9 (rys. 4b) o dużym prądzie znamionowym $I_N = 12$ A (element włączany szeregowo) i napięciu trwałej pracy $U_C = 65$ V przystosowanych do ochrony współczesnych systemów ochrony katodowej. Duża wartość prądu znamionowego ogranicznika przy tak niskich poziomach napięć trwałej pracy stanowi konstrukcyjne wyzwanie w przypadku układów ochrony przepięciowej. Dla specjalnych rozwiązań dostępne są również wersje na wyższe prądy aż do $I_N = 63$ A (element włączany równolegle EnerPro CV 2P 65V/63A-LED)

lub do pracy przy wyższym napięciu $U_C = 125 \text{ V}$ (EnerPro CV 2P 100V/63A-LED). Ograniczniki EnerPro charakteryzują się wysoką odpornością udarową zarówno na prądy indukowane $I_{\max} = 40 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$ jak i częściowe prądy wyładowań piorunowych $I_{\text{imp}} = 5 \text{ kA } 10/350 \mu\text{s}$.



Rys. 4. Ograniczniki przepięć do ochrony stacji ochrony katodowej (prod. LEUTRON):

- a) CT-T1+2+3/2+0-350-FM – ograniczniki typu 1+2+3 do ochrony zasilania 230 V AC
- b) EnerPro 65V/12A-Tr – ogranicznik do ochrony wyjść prostownika SOK
- c) DataPro 2x1-RLC/50V-Tr – ogranicznik do ochrony obwodów pomiarowych.

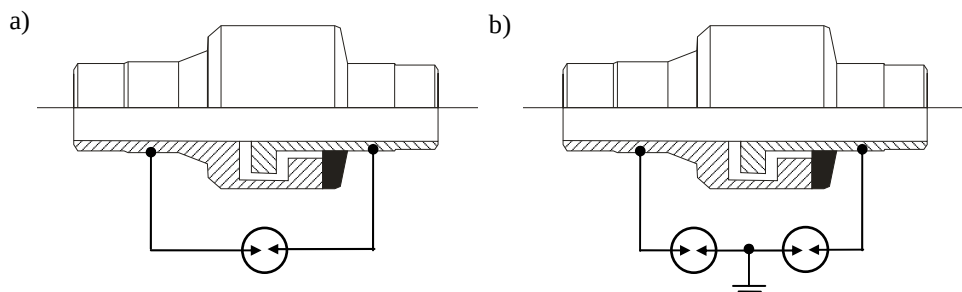
Do ochrony obwodów kontrolno-pomiarowych dedykowany jest ogranicznik typu DataPro 2x1-RLC/50V-Tr (rys. 4c) ze zintegrowanym filtrem dolnoprzepustowym o odporności udarowej $I_{\max} = 20 \text{ kA } 8/20 \mu\text{s}$. Jego zdolność odprowadzania udarów prądowych jest niestety niższa niż w przypadku ograniczników przepięć stosowanych w obwodach zasilania. Podyktowane jest to koniecznością uzyskania niższych napięciowych poziomów ochrony. W związku z tym najsłabsze ogniwo ochrony urządzeń SOK stanowią zabezpieczenia obwodów pomiarowych i obwodów wyjściowych, które również mogą być narażone na oddziaływanie częściowych prądów pioruna mogących przeniknąć do konstrukcji rurociągu.

5. Pośrednia ochrona urządzeń SOK poprzez zabezpieczenie rury gazociągu

W celu ograniczenia energii udarów, jakie mogą oddziaływać na obwody SOK od strony gazociągów możliwe jest wykorzystanie rozwiązań stosowanych do zabezpieczenia konstrukcji rurociągu.

Do ochrony monobloków wykorzystywane są iskierniki separacyjne, które w normalnych warunkach mają zapewnić izolację między separowanymi częściami gazociągu a w chwili wystąpienia zbyt dużych różnic potencjałów po obu odseparowanych stronach gazociągu zadaniem tych urządzeń jest wyrównanie potencjałów wewnątrz hermetycznej konstrukcji iskiernika zabezpieczającego przed przebicciem elektrycznym i uszkodzeniem monobloku. Obecnie typowo stosuje się w takim przypadku jeden iskiernik separacyjny łączący pośrednio obie strony monobloku (rys. 5a), jednak lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie w takim

przypadku dwóch iskierników łączących obie strony gazociągu do wspólnego uziemienia (rys. 5b), gdyż spełnia ono jednocześnie dwie funkcje: wyrównanie potencjałów oraz odprowadzenie prądu pioruna do uziemienia. Rozwiązanie to odciąża tym samym obwody SOK podłączone bezpośrednio do gazociągu chroniąc je przed przepływem znacznych uderów prądowych.



Rys. 5. Pośrednie wyrównanie potencjałów monobloku:

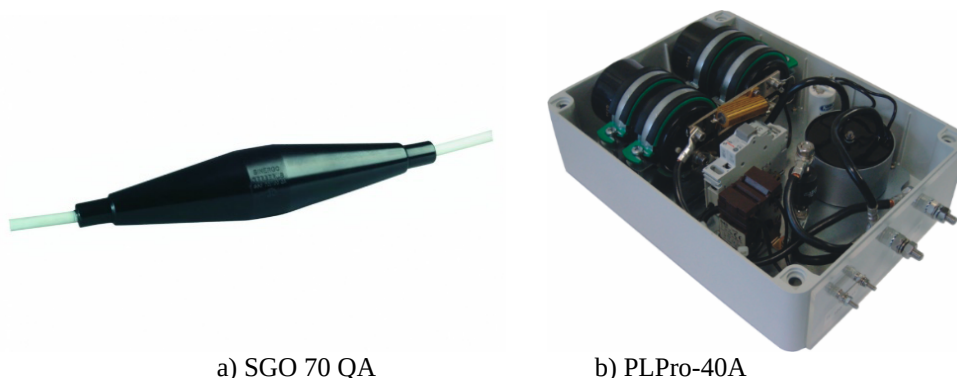
- a) typowe rozwiązanie z jednym iskiernikiem separacyjnym
- b) rozwiązanie z dwoma iskiernikami separacyjnymi zapewniające odprowadzenie prądu pioruna do uziemienia.

Zastosowanie może tu mieć iskiernik separacyjny SGO 70 QA 9 (rys. 6a, prod. LEU-TRON). Dzięki specjalnej hermetycznej obudowie, odpornej na warunki atmosferyczne może być on umieszczony bezpośrednio w gruncie. Wyposażony jest w przewody podłączeniowe o długości 2 m, pozwalające na łatwe przyłączenie go bezpośrednio do gazociągu. Iskierniki typu SGO posiadają układ elektrod zamknięty w obudowie wykonanej z wysokiej jakości ceramiki przemysłowej wypełnionej gazem szlachetnym. Bardzo duża odporność na prądy piorunowe o wartości szczytowej nawet 100 kA 10/350 μ s gwarantuje długą żywotność i stabilną pracę. Iskiernik SGO 70 QA charakteryzuje się niskim statycznym napięciem zapłonu na poziomie 100 V oraz bardzo niskim dynamicznym napięciem zapłonu wynoszącym typowo 650 V (max. 950 V).

6. Ograniczanie przepięć z likwidacją zagrożeń związanych z korozją zmiennoprądową

Kolejnym rozwiązaniem, pozwalającym na odprowadzenie prądów uderowych z gazociągu jest urządzenie PLPro-40A (rys. 6b). Pierwotnym przeznaczeniem tego układu jest ochrona gazociągu przed korozją zmiennoprądową związaną z wpływem linii wysokiego napięcia w miejscach ich zbliżeń z gazociągami. Szczególnie istotne jest to na odcinkach, gdzie ich trasy przebiegają równolegle, a w wyniku oddziaływania pola magnetycznego w metalowej konstrukcji gazociągu indukować się mogą prądy przemienne o częstotliwości 50 Hz, które osiągając wartości nawet kilkudziesięciu amperów, nakładają się na prąd ochronny katodowej zmniejszając lub całkowicie niwelując ochronny wpływ SOK. Układ PLPro-40A pozwala na zbocznikowanie tego zaindukowanego prądu przemiennego i odprowadzenie go z gazociągu do uziemienia. Dzięki zastosowaniu specjalnego filtra zaporowego (rozwiązanie opatentowane) PLPro nie wpływa ani na działanie SOK ani na sygnały pomiarowe syste-

mów lokalizacji uszkodzenia rurociągu. Dodatkowo bocznik PLPro-40A wyposażony jest w iskiernik o wytrzymałości 100 kA 10/350 μ s, dzięki czemu układ pełni jednocześnie funkcję ochrony przed przepięciami i pozwala na odprowadzenie prądów udarowych do uziemienia.



a) SGO 70 QA

b) PLPro-40A

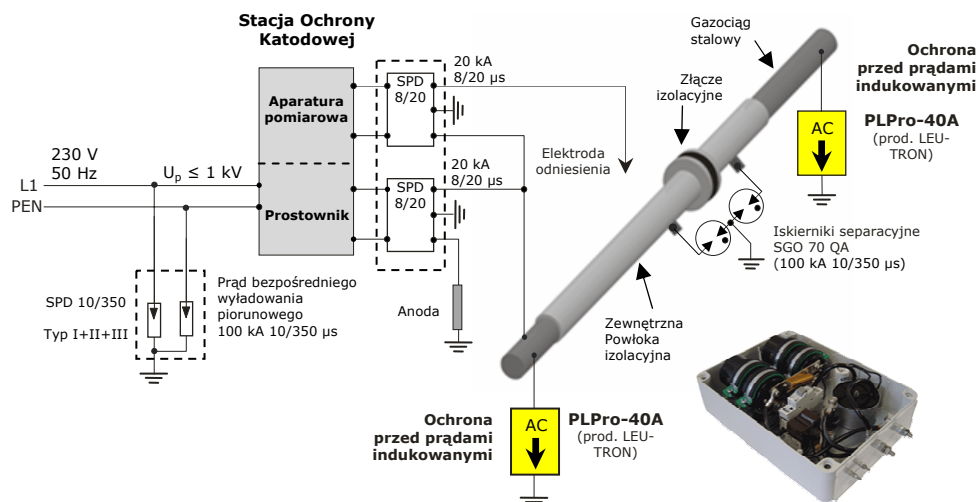
Rys. 6. Elementy pozwalające na odprowadzenie prądu pioruna z rurociągu:

- a) iskiernik separacyjny SGO 70 QA
- b) bocznik prądów indukowanych PLPro-40A ze zintegrowaną ochroną przed przepięciami.

7. Wnioski

Ze względu na znaczne zagrożenie stacji ochrony katodowej od strony przepięć będących skutkiem oddziaływania wyładowań atmosferycznych obwody SOK należy chronić zabezpieczając kompleksowo wszelkie możliwe drogi przenikania zakłóceń elektromagnetycznych zarówno od strony zasilania energetycznego, linii polaryzujących jak i od strony chronionego gazociągu. Problem ten stał się możliwy do rozwiązania dzięki dostępnej obecnie na rynku szerokiej gamie rozwiązań, dedykowanych do ochrony odgromowej zarówno systemów SOK, jak i gazociągów. Aby taka ochrona była skuteczna producenci urządzeń SOK powinni jednak brać pod uwagę konieczność stosowania profesjonalnych ograniczników przepięć, pozwalających na odprowadzenie energii przepięć poza chronionym układem, sprawdzonych zgodnie z wymaganiami norm zharmonizowanych z dyrektywą niskonapięciową 2006/95/WE: Niskonapięciowy sprzęt elektryczny (LVD).

Dla zwiększenia bezpieczeństwa SOK należy ponadto stosować dodatkowe układy pozwalające na odprowadzenie prądów udarowych bezpośrednio z gazociągu. Przykład kompleksowej ochrony przed przepięciami stacji ochrony katodowej przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Kompleksowa ochrona przed przepięciami stacji ochrony katodowej rurociągu stalowego – przykład rozwiązania dostosowanego do środowiska elektromagnetycznego rurociągów

Literatura

- [1] Zielenkiewicz M., Maksymowicz T., Sekściński M., *Ocena zagrożenia piorunowego instalacji ochrony katodowej rurociągów gazowych*, XIII Krajowa Konferencja Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej, 9–11 czerwiec Ostróda 2014.
- [2] Brodnicki T., Nowakowski B., *Przepięcia elektroenergetyczne jako główne źródło awaryjności systemu ochrony katodowej*, Doroczna VII konferencja naukowo-techniczna Współczesne technologie przeciwkorozyjne, 8–10 maj, Ostróda 2013.
- [3] Bartoszewski M., Filipowicz S.F., *Wybrane zagadnienia ochrony katodowej rurociągów przed korozją*, Prace Instytutu Elektrotechniki 2007, zeszyt 232, s. 97–112.
- [4] PN-EN 61643-11:2013-06: Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.
- [5] PN-EN 61643-21:2004 + A1:2009 + A2:2013-06: Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych. Wymagania eksploatacyjne i metody badań.
- [6] PN-EN 62305: Ochrona odgromowa – seria norm.

