

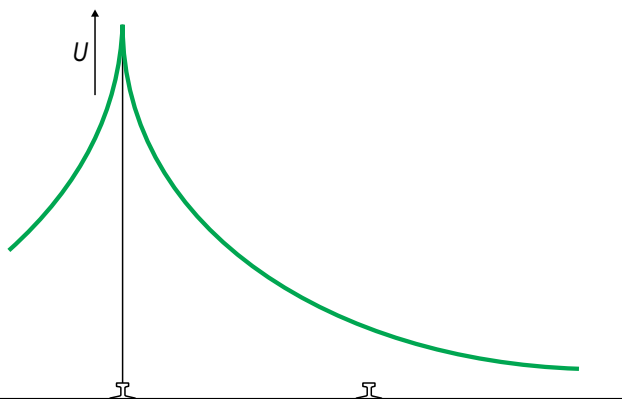
Artur Dłużniewski, Łukasz John, Mieczysław Laskowski

Wybrane sposoby ograniczania poziomów zaburzeń elektromagnetycznych w obwodach kolejowych urządzeń elektronicznych

Wszystkie urządzenia elektryczne i elektroniczne - pracujące w dowolnym środowisku elektromagnetycznym - muszą spełniać wymagania kompatybilności elektromagnetycznej. Szczegółowe wymagania zawarte są w europejskich i krajowych standardach normalizacyjnych, które w tym zakresie są obowiązkowe dla wszystkich producentów i użytkowników sprzętu.

Wymagania zawarte w standardach dotyczą odporności na dowolne zaburzenia elektromagnetyczne. Niepożądana energia wielkiej częstotliwości, generowana przez urządzenia, może rozprzestrzeniać się w postaci pola elektromagnetycznego, indukując w obwodach postronnych urządzeń zaburzenia, lub docierać do tych urządzeń poprzez sieć zasilającą niskiego napięcia. Zatem niedopuszczenie zaburzeń elektromagnetycznych do urządzenia może być realizowane na drodze ograniczenia emisji wprost przy źródle lub w urządzeniu narażonym. Należy zaznaczyć, że występuje zaburzenie elektromagnetyczne niezwiązane z działalnością urządzeń i zaliczane jest ono - ze względu na skutki oddziaływania - do zaburzeń najgroźniejszych. To właśnie wyładowania atmosferyczne stanowią najczęściej przyczynę około 30% awarii urządzeń elektronicznych. Odnosi się to również do środowiska kolejowego, bardziej zróżnicowanego i szczególnie narażonego na skutki wyładowań atmosferycznych.

Prawidłowy dobór elementów zabezpieczających może zapewnić niezakłóconą i bezawaryjną pracę urządzeń stacjonarnych i instalowanych na pojazdach kolejowych. Najczęściej popełniane przez konstruktorów błąd podczas projektowania zabezpieczeń polega na nieprawidłowej ocenie występujących zagrożeń w danym środowisku elektromagnetycznym wynikających z nieprzestrzegania zasad obowiązujących przy instalowaniu elementów ochronnych. Zaburzeniami, które mogą zakłócić pracę urządzeń kolejowych bądź przyczynić się do ich uszkodzenia,



Rys. 1. Rozkład napięcia w poprzek toków szynowych w wyniku udaru piorunowego do sieci trakcyjnej

Źródło: oprac. własne.

są głównie wyładowania atmosferyczne i przepięcia pochodzenia komutacyjnego.

Warunki pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym

Przyczyną powstawania zaburzeń elektromagnetycznych (o charakterze przepięć) w liniach zasilających i transmisyjnych urządzeń srk są między innymi bezpośrednie wyładowania atmosferyczne do sieci trakcyjnej. Wyładowania te charakteryzują się krótkim czasem trwania i dużą amplitudą napięcia i prądu.

W celu ochrony odgromowej w sieci trakcyjnej stosowane są odgromniki różkowe. Są one instalowane na szlakach kolejowych w odstępach co 1 200 m na terenach o małej intensywności burzowej i w odległości co 600 m na terenach o dużej intensywności burzowej. Zadziałanie odgromników różkowych powoduje obcięcie amplitudy fali pierwotnej do około 30 kV. Tak obcięta fala rozprzestrzenia się wzdłuż sieci trakcyjnej i na odcinku około 0,5 km jej amplituda maleje o około 30% [1].

Oddziaływanie udarów do sieci trakcyjnej na urządzenia torowe następuje dwiema drogami: przez sprzężenie galwaniczne oraz magnetyczne.

Sprzężenie galwaniczne polega na odprowadzaniu przepięcia z sieci trakcyjnej przez odgromnik różkowy do słupa trakcyjnego, który jest połączony z jednym tokiem szynowym. Sprzężenie galwaniczne podczas wystąpienia udaru piorunowego powoduje podniesienie potencjału jednego toku szynowego względem drugiego (rys. 1).

W miejscu uszynienia podczas przepływu prądu udarowego do ziemi funkcja opisująca rozkład spadku potencjału względem odległej ziemi, poprzecznie do toru kolejowego, ma kształt odwróconego stożka. W pobliżu miejsca uszynienia występują najwyższe gęstości prądu i największy gradient napięcia. Natomiast wzdłuż toku szynowego nachylenie zbocza stożka potencjału jest znacznie mniejsze.

Podczas wystąpienia przepięcia o dużych amplitudach narażone są urządzenia srk mające wejścia i wyjścia dołączone do toków szynowych, zainstalowane również w znacznej odległości od miejsca udaru, ponieważ tłumienie tych sygnałów jest niewielkie.

Oddziaływanie drogą magnetyczną występuje wskutek sprzężenia między kablowymi obwodami zasilania i sterowania urządzeń srk a trakcyjną siecią jezdnią, szynami toru kolejowego, liniami energetycznymi. Stosowane dość powszechnie kable YKSY o żyłach w izolacji i powłoce poliwinylowej nie mają własności ekranujących. Okolicznością sprzyjającą indukowaniu przepięć w tym przypadku są znaczne długości odcinków zbliżeń, liczące często kilkaset metrów, a czasem nawet kilka kilometrów.

W sieci trakcyjnej występują również przepięcia wewnętrzne, powstałe w wyniku zadziałania wyłączników szybkich i zwarć w taborze. Ich amplituda może wynosić ponad 15 kV. Biorąc pod uwagę sposoby realizacji układów zabezpieczających (przed impulsowymi zagrożeniami elektromagnetycznymi w postaci prze-

pięć), można dokonać podziału urządzeń srk na urządzenia uziemiane, w których energię przepięć odprowadza się do ziemi, oraz na urządzenia uszyniane (nie mogą być jednocześnie uziemiane), w których energię przepięć można jedynie rozpraszać. Sposób likwidacji przepięć drogą rozpraszania energii jest w chwili obecnej mało znany w literaturze i był dotychczas sporadycznie stosowany na kolejach polskich.

W urządzeniach uszynianych nie wolno dołączać elementów przeciwprzepięciowych między zacisk uszyniający a części czynne urządzenia nieprzeznaczone funkcjonalnie do połączenia z szynami toru kolejowego, może wystąpić bowiem niebezpieczeństwo wynoszenia wysokiego potencjału szyn do obwodów elektronicznych i sieci zasilania.

Charakterystyka i rodzaje impulsowych zaburzeń elektromagnetycznych

Do najistotniejszych zaburzeń impulsowych, które mogą oddziaływać na elektroniczne urządzenia srk, należą zaburzenia impulsowe o dużej energii (energia od 100 mJ do 40 J). W energetycznej sieci zasilającej występują zaburzenia elektryczne spowodowane pracą innych urządzeń lub systemów zlokalizowanych w pobliżu i zasilanych z tej samej sieci, procesami komutacyjnymi w sieci energetycznej oraz pochodzące od wyładowań atmosferycznych. Impulsy te należą do impulsów niszczących urządzenia elektroniczne i stąd stanowią główny problem w technice ograniczania przepięć. Przedostają się łatwo na znaczne odległości do urządzeń przez obwody zasilania i obwody przesyłania informacji.

Przepięcia zagrażające urządzeniom uszkodzeniami mogą powstawać w obwodach zasilania i obwodach sygnałowych. Bezpośrednią przyczyną powstawania przepięć w obwodach zasilania urządzeń elektronicznych są stany nieustalone sieciach energetycznych, wywołane procesami komutacyjnymi, oraz wyładowania atmosferyczne. W obwodach sygnałowych przyczyną powstawania przepięć są zaindukowane przebiegi pochodzące od wyładowań atmosferycznych oraz przebiegi zaindukowane w obwodach sąsiednich sprzężonych magnetycznie.

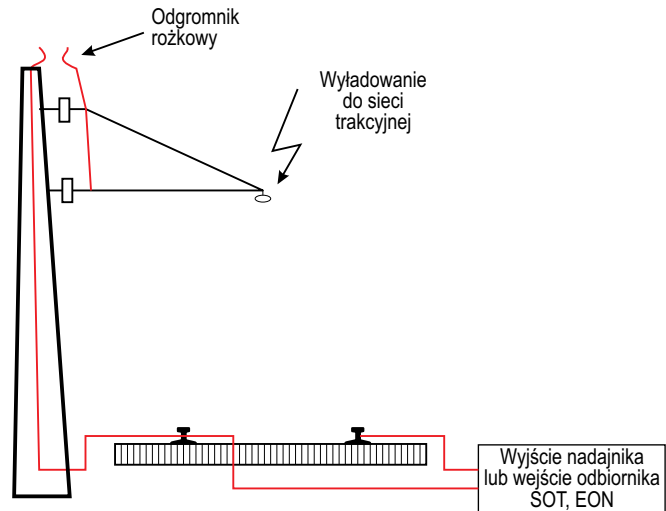
Przepięcia powstałe w wyniku wyładowań atmosferycznych mogą pochodzić od:

- ❖ uderzenia pioruna w bliskim sąsiedztwie obwodów lub obiektów wyposażonych w aparaturę elektroniczną. Część prądu piorunowego może dopłynąć do podziemnych przewodów związanych z obiektem;
- ❖ odległych wyładowań doziemnych, indukujących udary w obwodach zasilania i obwodach przesyłania informacji;
- ❖ wyładowań w chmurach i między chmurami;
- ❖ wyładowań bezpośrednich w instalację odgromową obiektu, w którym znajdują się urządzenia.

Kable łączące poszczególne urządzenia narażone są na działanie impulsowego pola elektromagnetycznego. W pętłach przewodów wewnątrz obiektu, znajdujących się w pobliżu instalacji odgromowej, mogą zaindukować się przepięcia o znacznych amplitudach.

Przyczyną powstawania przepięć w energetycznej sieci zasilającej są stany nieustalone powstałe podczas nagłych zmian wartości płynącego prądu lub konfiguracji połączeń w systemie energetycznym. Do najczęściej występujących źródeł przepięć należą:

- przepięcia łączeniowe powstające podczas wyłączenia i załączania linii (szczególnie nieobciążonych), przerywanie niewielkich prądów indukcyjnych (wyłączanie nieobciążonych lub słabo obciążonych transformatorów) oraz likwidacja zwarć za pomocą szybkich układów automatyki;



Rys. 2. Schemat połączenia bezzłączowego obwodu torowego i elektronicznego obwodu nakładanego

Źródło: oprac. własne.

- ❖ przepięcia dorywcze, powstające wskutek nagłych i dużych zmian obciążenia, nieznikających zwarć jedno- i dwufazowych z ziemią;
- ❖ przepięcia zwarciove długotrwałe, występujące podczas zwarć doziemnych w sieciach z izolowanym punktem zerowym;
- ❖ przepięcia występujące w sieciach wysokiego i średniego napięcia, przedostające się przez transformatory obniżające napięcie do obwodów niskiego napięcia i – dalej – do urządzeń elektronicznych.

Ocena środowiska pracy urządzeń elektronicznych ze względu na wyładowania atmosferyczne

Wartości szczytowe impulsów przepięć pochodzących od uderów piorunowych i dochodzące do urządzeń uzależnione są od środowiska, w którym zainstalowany jest obiekt wyposażony w urządzenia elektroniczne. Ocena środowiska wymaga uwzględnienia czynników związanych z właściwościami terenu, na którym znajduje się obiekt, a zatem:

- gęstości powierzchniowej wyładowań, rezystancji gruntu;
 - stopnia wyeksponowania urządzeń na działanie wyładowań atmosferycznych;
 - sposobów ułożenia kabli zasilających i sygnałowych w obiekcie.
- W przypadku przepięć występujących w sieci energetycznej praca urządzeń zależeć będzie od:
- rodzaju linii doprowadzającej zasilanie (napowietrzna czy podziemna);
 - zastosowania wstępnej ochrony przed przepięciami (np. w rozdzielniach);
 - rodzaju obciążeń, jakie występują w sieci energetycznej z danymi urządzeniami.

W zależności od przyjętego stopnia wyeksponowania urządzeń na działanie wyładowań atmosferycznych oraz w zależności stosowanych środków ochronnych ustalane są wymagane poziomy odporności i wytrzymałości urządzeń na działanie impulsowych zaburzeń elektromagnetycznych.

W obszarach miejskich o gęstej i wysokiej zabudowie oraz rejonach o małej gęstości powierzchniowej wyładowań zaindukowane przepięcia pochodzenia atmosferycznego rzadko przekraczają wytrzymałość udarową urządzeń elektronicznych. Urządzenia pracujące w tego rodzaju środowisku klasyfikowane są jako niewy-

eksponowane na działanie impulsowych zaburzeń pochodzenia atmosferycznego. Urządzenia pracujące w innych środowiskach klasyfikowane są jako wyeksponowane na działanie impulsowych zaburzeń pochodzenia atmosferycznego.

Urządzenia elektroniczne – ze względu na stopień narażenia na działanie impulsowych zaburzeń pochodzenia atmosferycznego – można podzielić na dwie grupy: narażone na impulsowe zaburzenia elektromagnetyczne i narażone w małym stopniu na impulsowe zaburzenia elektromagnetyczne. Urządzenia zaliczane do obu grup narażone są na działanie przebiegów pochodzących z energetycznej sieci zasilającej i ochrona przed tymi przebiegami musi być identyczna.

Oddziaływanie uderzeń do sieci trakcyjnej na torowe urządzenia sterowania ruchem kolejowym następuje dwiema drogami: przez sprzężenie galwaniczne oraz magnetyczne.

Sprzężenie galwaniczne polega na odprowadzeniu przepięcia z sieci trakcyjnej przez odgromnik rozłkowy do słupa trakcyjnego, który jest połączony z jednym tokiem szynowym, co ilustruje rys. 2. Przy uszynieniu indywidualnym szynę można traktować jako uziom punktowy. Oporność przejścia szyny jezdnej – ziemia wynosi około 1Ω dla przebiegów wolnozmiennych, natomiast w przypadku warunków uderzeniowych zależy od czasu trwania impulsu: dla przebiegów trwających np. 2–3 μs wynosi ponad 20Ω , zatem impulsy przepięcia o krótkich czasach trwania mają możliwość rozprzestrzeniania się wzdłuż toków szynowych na znaczne odległości od miejsca uszynienia słupa trakcyjnego.

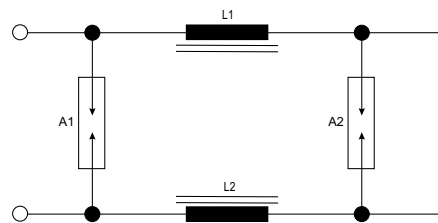
Sprzężenie galwaniczne podczas wystąpienia uderzenia piorunowego powoduje podniesienie potencjału jednego toku szynowego względem drugiego. W miejscu uszynienia podczas przepływu prądu uderzeniowego do ziemi funkcja opisująca rozkład spadku potencjału względem odległej ziemi, poprzecznie do toru kolejowego, ma kształt odwróconego stożka. Jak już wspomniano, w pobliżu miejsca uszynienia występują najwyższe gęstości prądu i największy gradient napięcia. Natomiast wzdłuż toku szynowego nachylenie zbocza stożka potencjału jest znacznie mniejsze. Skutkiem tego na przepięcia o dużych amplitudach są narażone urządzenia srk mające wejścia i wyjścia dołączone do toków szynowych, zainstalowane również w znacznej odległości od miejsca uderzenia.

W celu zabezpieczenia urządzeń typu EON, SOT został opracowany układ ochrony przeciwprzebiegowej dla urządzeń podłączonych bezpośrednio do toru kolejowego, zwłaszcza do obwodów torowych, dopasowany częstotliwościowo do toru. Układ ten był objęty ochroną patentową [5] i jego schemat elektryczny pokazano na rys. 3.

Zewnętrzna i wewnętrzna ochrona odgromowa

W systemie zabezpieczeń można wyróżnić zewnętrzną i wewnętrzną ochronę odgromową. Zewnętrzna ochrona odgromowa stanowi zespół środków służących do ochrony wnętrza chronionego obiektu przed skutkami wyładowań atmosferycznych; jej zadaniem jest przejęcie prądu piorunowego i odprowadzenie go do ziemi z jednoczesnym zapewnieniem ochrony personelu obsługi przed porażeniem.

Zadaniem wewnętrznej ochrony odgromowej jest zabezpieczenie urządzeń elektronicznych przed zagrożeniami powstającymi w wyniku rozprzysykania prądów piorunowych w instalacji odgromowej obiektu oraz personelu. Nawet najlepiej wykonana ochrona zewnętrzna nie jest w stanie zabezpieczyć urządzeń przed przepięciami wywołanymi uderzeniem piorunowym w dany obiekt. W niektórych sytuacjach może nawet pogorszyć warunki bezpieczeństwa pracy urządzeń, ponieważ podczas przepływu prądu piorunowego



Rys. 3. Schemat ideowy ochronnika do obwodów torowych
Źródło: oprac. własne.

przez instalację odgromową powstaje impulsowe pole elektromagnetyczne. Przy niewłaściwym prowadzeniu kabli i niekorzystnym rozmieszczeniu urządzeń mogą wystąpić silne sprzężenia, co spowoduje indukowanie się przepięcia o znacznych amplitudach. Dlatego w obiektach budowlanych, gdzie instalowana jest aparatura elektroniczna, muszą występować obie ochrony jednocześnie. Ochrona zewnętrzna staje się uzupełnieniem ochrony wewnętrznej, która powinna być traktowana jako ochrona zasadnicza.

Do podstawowych środków ochrony wewnętrznej można zaliczyć:

- ♦ zabezpieczenie urządzeń elementami przeciwprzebiegowymi w obwodach zasilania i przesyłania informacji na wejściu do obiektu (przyłącze kablowe). Jest to tak zwana ochrona pierwotna urządzeń;
- ♦ zabezpieczenie urządzeń elementami przeciwprzebiegowymi w obwodach zasilania i przesyłania informacji bezpośrednio na wejściach do poszczególnych urządzeń. Jest to tak zwana ochrona podstawowa urządzeń;
- ♦ zespół środków dodatkowych typu techniczno-konstrukcyjnego, w skład którego wchodzi:
 - właściwe doprowadzenie kabli do obiektu,
 - ekwipotencjalizacja i specjalne rozwiązanie uziemień,
 - sposób układania przewodów wewnątrz obiektu i rozmieszczenie urządzeń.

Realizacja praktyczna ochrony przeciwprzebiegowej dla urządzeń srk

Zabezpieczenie urządzeń wewnętrznych przed impulsowymi zaburzeniami elektromagnetycznymi wymaga skoordynowanych działań z zakresu zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej. Obiektom o dużych gabarytach, położonych na terenach podatnych na wyładowania atmosferyczne, w których zainstalowano różnorodne urządzenia elektroniczne, stawia się wysokie wymagania odnośnie do zewnętrznej ochrony odgromowej.

Prawidłowo zaprojektowana instalacja odgromowa nie powinna dopuszczać do wnikania impulsowego pola elektromagnetycznego do wnętrza obiektu. Można to zrealizować przez zwiększenie np. liczby zwodów i przewodów odprowadzających prąd piorunowy do ziemi. W wyniku rozprzysykania prądów mniejsze będą wartości impulsowego pola elektromagnetycznego wnikającego do obiektu. Najbardziej nierównomierny podział prądu ma miejsce podczas uderzenia pioruna w narożnik budynku. Przy zwiększeniu liczby przewodów odprowadzających, jak dla ochrony np. obostrzonej, występuje zjawisko wypierania prądu piorunowego do przewodów bardziej oddalonych.

Wewnętrzna ochrona odgromowa (ochrona przeciwprzebiegowa) powinna składać się z co najmniej dwóch stopni i powinien być zainstalowany w przyłączy energetycznym do budynku. Musi zabezpieczać obiekt przed przepięciami i przetężeniami pochodzącymi od:

- ❖ uderzenia pioruna w obiekt (wpływ pośredni);
- ❖ uderzenia pioruna w linię energetyczną;
- ❖ zwarć doziemnych;
- ❖ procesów komutacyjnych w linii energetycznej.

Zastosowany odgromnik powinien wytrzymać przepływ prądu wyładowczego o amplitudzie 100 kA i kształcie 10/350 μ s i powinien zredukować amplitudę przepięcia do wartości określonej w normie dla danego urządzenia. Zwykle wartość ta wynosi 4 kV dla sieci jednofazowej. Drugi stopień ochrony obejmuje zabezpieczenie konkretnych urządzeń w danym obiekcie. Redukcja przepięć w drugim stopniu następuje do wartości tolerowanej przez zasilane urządzenia; najczęściej jest to wartość wynosząca około $U \leq 1200$ V. Trzeci stopień instalowany jest wtedy, jeżeli występuje znaczna odległość pomiędzy danym urządzeniem a drugim stopniem ochrony oraz w przypadku ochrony urządzeń przed impulsowymi zaburzeniami o nanosekundowych czasach trwania.

Następnym bardzo ważnym czynnikiem jest ekwipotencjalizacja, której zadaniem jest wyeliminowanie różnic potencjałów między poszczególnymi uziołami lub masami urządzeń. W przypadku udaru w instalację odgromową obiektu zapewnia ona skuteczność ochrony przeciwprzebiegowej oraz bezpieczeństwo personelu.

Wewnętrzne urządzenia elektroniczne instalowane w obiektach stałych powinny być również zabezpieczane po stronie przesyłania sygnałów. Obiekty duże, jak na przykład nastawnie, powinny być zabezpieczane na przyłączy kablowym i na wejściu danego urządzenia. Problematyka występowania impulsowych zaburzeń elektromagnetycznych w kolejowych urządzeniach srk, szczególnie w obwodach przesyłania sygnałów, jest mało poznana.

Urządzenia zewnętrzne srk również muszą być zabezpieczane przed przepięciami. Asortyment urządzeń zewnętrznych srk jest liczny. Należą do niego, oprócz czujników przymocowanych bezpośrednio do szyny, które nie mają połączenia z ziemią, również szafy aparaturowe urządzeń SSP, SOT, KHP. Dla szaf aparaturowych nie stosuje się zewnętrznej ochrony odgromowej. Zwykle ochronniki pierwszego i drugiego stopnia montowane są w jednej obudowie i nie jest wymagana przy tym ich odporność na duże prądy udarowe. W odgromniku zainstalowanym w szafie aparaturowej w pierwszym stopniu ochrony wymagana odporność udarowa wynosi najczęściej 10 kA. Zabezpieczenie czujników torowych polega na zainstalowaniu na wejściach lub wyjściach specjalnych ochronników, jak np. ochronnik, którego schemat jest pokazany na rys. 2. Obecnie produkowane są układy rozbudowanych ochronników przystosowanych do pracy w obwodach zasilania urządzeń instalowanych w strefie oddziaływania trakcji elektrycznej. Działają one na zasadzie rozpraszania na ciepło energii przepięć.

Innym czynnikiem poprawiającym kompatybilność elektromagnetyczną dla urządzeń wewnętrznych jest przestrzeganie zasad prowadzenia kabli w instalacji zasilania i przesyłania sygnałów w taki sposób, aby zminimalizować występowanie zjawiska sprzęgania się ze sobą poszczególnych obwodów.

Bardziej szczegółowe informacje dotyczące poziomów ochrony, budowy elementów ochronnych, stosowanych rozwiązań zawarte są w literaturze [por. 7, 8, 9, 4].

Podsumowanie

Urządzenia elektroniczne zainstalowane w obiektach wewnętrznych i zewnętrznych muszą spełniać wymagania na poziomy odporności określone w aktualnie obowiązujących normach. Dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym i urządzeń telekomunikacyjnych instalowanych w środowisku kolejowym jest to norma PN-EN50121-4 [6].

Problematyka projektowania i budowy układów ochrony przeciwprzebiegowej jest bardzo złożona, ponieważ uwzględnia również wyrównywanie potencjałów w obiekcie oraz zasady prowadzenia kabli w instalacjach elektrycznych.

Należy dążyć do tego, aby nowo instalowane urządzenia srk były lokalizowane w odległości większej niż 5 m od toru, to znaczy poza strefą oddziaływania trakcji elektrycznej. Unika się w ten sposób konieczność usztywniania urządzeń, które komplikuje rozwiązania konstrukcyjne ochrony przeciwprzebiegowej, ale jej nie uniemożliwia.

W wyniku występowania przepięć pochodzenia atmosferycznego i komutacyjnego w nie zabezpieczanych urządzeniach mogą wystąpić awarie urządzeń srk. Pociąga to za sobą okresowe wymuszenie zmniejszenia prędkości pociągów na szlaku, co powoduje dezorganizację ruchu kolejowego, ponieważ nawet przy sprawnie działającym pogotowiu technicznym usuwanie awarii trwa zwykle kilka godzin. Zabezpieczenie urządzeń elementami ochronnymi zapewnia prawdopodobieństwo bezpiecznej pracy w obecności wyładowań atmosferycznych i przepięć komutacyjnych powyżej 95%.

Z porównania kosztów elementów przeciwprzebiegowych i kosztów wynikających z awarii oraz likwidacji skutków przepięć działających na urządzenia elektroniczne wynika, że powinny być one bezwzględnie zabezpieczane. Jedynie w przypadku udaru bezpośredniego należy się liczyć z uszkodzeniami urządzeń. Pełne zabezpieczenie urządzeń z punktu widzenia ekonomicznego jest nieuzasadnione. Prawdopodobieństwo wystąpienia udaru bezpośredniego do danego urządzenia na terenie kolejowym zelektryfikowanym jest bowiem niewielkie.

Bibliografia:

1. Cybulski S., Frontczak F., Charytonowicz J., *Koordinacja izolacji w układzie zasilania trakcji elektrycznej. Referat normalizacyjny*, Warszawa 1969.
2. Laskowski M., Kulawiak A., *Ochrona przeciwprzebiegowa i przeciwporażeniowa w urządzeniach srk z elementami elektronicznymi*, Praca CNTK, temat nr 1002/24, Warszawa 1994.
3. Opis patentowy nr 176994 z dnia 31.08.1999: *Układ ochrony przeciwprzebiegowej dla urządzeń podłączonych bezpośrednio do toru kolejowego, zwłaszcza do obwodów torowych dopasowanych częstotliwościowo do toru*.
4. PN-EN 50121-4:2008 *Kompatybilność elektromagnetyczna, cz. 4: Emisja i odporność urządzeń sterowania ruchem kolejowym i urządzeń telekomunikacyjnych*.
5. PN-EN 62305-1:2011 *Ochrona odgromowa, cz. 1: Zasady ogólne*.
6. PN-EN 62305-2:2012 *Ochrona odgromowa, cz. 2: Zarządzanie ryzykiem*.
7. PN-EN 62305-3:2011 *Ochrona odgromowa, cz. 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia*.
8. PN-EN 62305-4:2011 *Ochrona odgromowa, cz. 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach*.
9. Sowa A., *Ochrona odgromowa i przeciwprzebiegowa. Kompleksowa ochrona odgromowa i przeciwprzebiegowa*, Kielce 1998.

Autorzy:

mgr inż. **Artur Dłużniewski** – Instytut Kolejnictwa
mgr inż. **Łukasz John** – Instytut Kolejnictwa
dr inż. **Mieczysław Laskowski** – Instytut Kolejnictwa

The basic mode of limitations for electromagnetic disturbance levels in electronics device track circuits

This paper presents basic mode of limitations for electromagnetic transient disturbance level. The disturbances may appear in electronics device track circuits as a result of lightning in contact line system due to the galvanic coupling presence between this circuits and rail.