

Kolejny numer naszego kwartalnika jest w znacznej części poświęcony konferencji naukowo technicznej „Bezpieczeństwo ludzi i infrastruktury w aspekcie ochrony odgromowej”, która odbyła się w Warszawie w ramach Światowego Dnia Telekomunikacji i Społeczeństwa Informacyjnego. Organizatorem konferencji było Stowarzyszenie Elektryków Polskich, jednym ze współorganizatorów - Instytut Łączności. W skład Komitetu Naukowo-Organizacyjno-Programowego ze strony IŁ wchodził inż. Wojciech Halka, dr inż. Jacek Jarkowski, mgr inż. Władysław Moroń i prof. dr hab. Ryszard Strużak. Konferencja była sponsorowana przez firmę DEHN, znaną z produkcji komponentów i urządzeń z dziedziny ochrony odgromowej, ochrony przed przepięciami oraz sprzętu bezpieczeństwa. Konferencja była dofinansowana przez MNiSW.

Trzy artykuły, zawierające w dużym stopniu ważne dla telekomunikacji aspekty tematu, powstały na podstawie wygłoszonych na konferencji referatów i zostały zgrupowane w drugiej części numeru.

Artykuł „Nature of Atmospheric Discharges” napisany przez profesora Karola Aniserowicza stanowi dobre wprowadzenie niezbędne do zrozumienia zagadnień ochrony odgromowej. Podano w nim uproszczony opis zjawiska wyładowań atmosferycznych, ze specjalnym uwzględnieniem wyładowań chmura-ziemia. Opiszano typowe i nietypowe środki i metody ochrony, w szczególności w odniesieniu do obiektów telekomunikacyjnych.

W artykule „Ochrona odgromowa obiektów budowlanych i ich wyposażenia”, profesor Zdobysław Flisowski, mający ogromne doświadczenie i wiedzę w tym zakresie, poruszył kilka tematów ważnych także dla obiektów telekomunikacyjnych: sytuację w normalizacji, stan prawny, problemy właściwego wykonawstwa instalacji odgromowych; podał także wiele informacji dotyczących fizyki i charakterystyk wyładowań oraz wskazówek konstrukcyjnych i wykonawczych ważnych dla urządzeń odgromowych.

Artykuł „Aspekty normalizacyjne w dziedzinie ochrony odgromowej” napisany przez Krzysztofa Brodnickiego stanowi dobre uzupełnienie dwóch poprzednich materiałów, gdyż w sposób systematyczny przedstawia sytuację normalizacji w Polsce w tym obszarze. Autor omawia obowiązujące normy europejskie i krajowe, przedstawia uwagi krytyczne i wskazuje na niezbędne działania. Do materiału jest dołączona tablica zawierająca kompletne zestawienie norm dotyczących ochrony odgromowej.

Redakcja TiTI wyraża wdzięczność Panu doktorowi Jackowi Jarkowskiemu, który w znacznej mierze przyczynił się do przygotowania omówionych powyżej publikacji.



W pierwszej części numeru znajdują Państwo trzy artykuły. Pierwszy z nich jest związany z bardzo szybkim postępem w dziedzinie sieci optycznych i ukazuje stan wiedzy i prawdopodobny kierunek rozwoju w jednym z obszarów tej dziedziny. Dwa kolejne przedstawiają wyniki prowadzonych w Instytucie Łączności projektów badawczych.

W artykule „Elastyczne sieci optyczne” Edyta Biernacka i Artur Lasoń przedstawili stan wiedzy i przewidywany rozwój tych sieci (EON). Pokazali problemy jakie pozostały do rozwiązania przed ich wprowadzeniem. W opinii autorów artykułu, w związku z pojawieniem się styków optycznych o przepływnościach 40 Gbit/s i 100 Gbit/s, rozpoczął się powolny proces zastępowania odchodzącej do lamusa sieci WDM elastycznymi sieciami optycznymi EON.

Krzysztof Borzycki, Paweł Gajewski, Stanisław Dziubak i Michał Jabłoński, w artykule „System ochrony sieci kablowych SPOT”, opisali opracowany przez nich, w ramach projektu badawczego IŁ, system nadzoru sieci kablowych miedzianych i światłowodowych. Pomimo, że pierwotnym zadaniem systemu była ochrona sieci przed kradzieżami i dewastacjami, to w efekcie system realizuje wszechstronny nadzór nad siecią. Opracowanie jest rozwinięciem wcześniej powstałego w Instytucie systemu SMOK szeroko stosowanego przez operatorów telekomunikacyjnych.

W artykule „Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej” napisanym przez Andrzej Pękalskiego i Mikołaja Waszkiewicza autorzy opisali przebieg i wyniki zrealizowanego w Instytucie Łączności projektu badawczego polegającego na zaprojektowaniu i wykonaniu prototypu bardzo nowoczesnego i wszechstronnego laboratorium na kołach. Użytkowany produkt umożliwia natychmiastowe jego użytkowanie systemu i ma poważne walory rynkowe.

Na końcu numeru umieściliśmy wykaz projektów badawczych Instytutu Łączności będących w stanie realizacji na początku 2013 r. oraz wykaz ważniejszych konferencji planowanych na II półrocze 2013 r.

Naszym Czytelnikom życzymy, aby po miło spędzonych urlopach i powrocie do pracy pomyśleli o aktywnej współpracy z naszą redakcją nad przygotowaniem materiałów do następnych numerów naszego czasopisma.

ALINA KARWOWSKA-LAMPARSKA

Wspomnienie



2 kwietnia 2013 roku na Warszawskich Powązkach pożegnaliśmy Alinę Karwowską-Lamparską, doktora nauk technicznych, wieloletniego docenta Instytutu Łączności. Z Aliną – tak będę zmarłą w tym krótkim wspomnieniu nazywał ze względu na łączącą nas przyjaźń – spotkałem się po raz pierwszy w latach pięćdziesiątych, kiedy to jako student Wydziału Łączności, odbywałem zajęcia laboratoryjne z telewizji w Zakładzie Telewizji Instytutu Łączności, w jego pomieszczeniach przy ulicy Ratuszowej. Zajęcia te prowadziła Alina, wówczas młody pracownik IŁ, która po ukończeniu studiów stała się etatowym pracownikiem Instytutu. Od tamtego czasu spotykaliśmy się systematycznie, przede wszystkim przez długie lata jako pracownicy Instytutu, zachowując przy tym relacje przyjaźni osobistej.

Podjmując prace w Zakładzie Telewizji IŁ Alina stała się członkiem najwybitniejszego w Polsce zespołu badawczego z zakresu telewizji. Na czele tego zespołu stał Profesor Lesław Kędzierski, utalentowany już wówczas zasłużony badacz, inżynier i organizator, którego Profesor Janusz Groszkowski, ówczesny dyrektor Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego powołał na to stanowisko. O randze tego zespołu świadczy m.in. fakt, że misją utworzenia w Politechnice Warszawskiej, w połowie lat pięćdziesiątych, Katedry Telewizji powierzono właśnie Profesorowi Kędzierskiemu i jego zespołowi z IŁ. Warto przypomnieć, że zespół ten uruchomił w roku 1952 ze studia w IŁ pierwsze w Polsce emisje telewizji czarno-białej, a około 15 lat później kolorowej.

Alina z czasem stała się jednym z podstawowych pracowników Zakładu Telewizji IŁ obejmując kolejno stanowiska kierownika pracowni, a potem zakładu badawczego. Po przejściu na emeryturę najstarszych wybitnych pracowników w osobach Profesora Tadeusza Bzowskiego i docenta Andrzeja Kielkiewicza i po śmierci Profesora Lesława Kędzierskiego stała się wiodącym specjalistą Instytutu w dziedzinie telewizji, a także radiokomunikacji. W życiu naukowym zajmowała wybitną pozycję, będąc autorką licznych ważnych publikacji z dziedziny telewizji, a także będąc członkiem Rady Naukowej IŁ kilku kadencji oraz Sekcji Telekomunikacji Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN, a także kilku innych gremiów eksperckich obejmujących zagadnienia telekomunikacji, radiokomunikacji i telewizji. Jej ścisłe zainteresowania naukowe koncentrowały się początkowo na problematyce miernictwa i badania jakości przekazu telewizyjnego, a następnie dotyczyły systemów telewizji cyfrowej. W minionym dwudziestolecu była prawdopodobnie najwybitniejszym ekspertem w zakresie systemów telewizyjnych w Polsce, stając się ich znawcą także w skali międzynarodowej, gdzie jej aktywność trwała prawie do końca życia. Jeszcze jesienią 2012 roku brała aktywny udział w posiedzeniach grup ekspertów ITU w Genewie, pomimo pogarszającego się już stanu zdrowia, a na kwiecień 2013 roku planowała dalszy swój udział w pracach ITU-T i ITU-R.

Alina do końca była osobą wszechstronnie aktywną. Wyróżniała się pracowitością i wyjątkową trzeźwością umysłu. Bez przesady oceniam, że obok Profesora Lesława Kędzierskiego była najwybitniejszym specjalistą w Instytucie, a sądzę że i w kraju, w dziedzinie telewizji, jakkolwiek jej zainteresowania zawodowe obejmowały również szersze obszary radiokomunikacji i telekomunikacji.

Tak oto pożegnaliśmy jedną z najbardziej wśród pracowników Instytutu Łączności zasłużonych osób, której postać kojarzy się z dziedziną, w której Instytut odnosił spektakularne sukcesy badawcze i techniczne, dziedziną o największej chyba społecznej popularności.

Alinę żegnamy także jako człowieka. Osobę zawsze życzliwą i pełną poczucia odpowiedzialności, dzięki czemu zjednała sobie wielu przyjaciół.

*Prof. dr Andrzej Zieliński
Warszawa, sierpień 2013*

Elastyczne sieci optyczne

Edyta Biernacka

Artur Lasoń

Artykuł przybliża koncepcję elastycznej sieci optycznej i charakterystyczne zagadnienia związane z jej implementacją. Przedstawiono w nim standardy styków optycznych sieci Ethernet 40 Gbit/s i 100 Gbit/s zawarte w dokumencie IEEE 802.3ba. Następnie opisano szczelinowy charakter widma elastycznej sieci optycznej, porównując ze sztywnym podziałem częstotliwości DWDM. Nakreślono problem planowania i dynamicznej alokacji zasobów w sieci.

Elastyczna sieć optyczna, interfejsy optyczne PMD, problem routingu i alokacji zasobów częstotliwościowych RSA

Wprowadzenie

Coraz większe zapotrzebowanie na przepustowość współczesnych sieci transmisji danych wymaga coraz pilniejszych zmian w infrastrukturze sieciowej pod względem efektywności, skalowalności oraz kosztów jej utrzymania. Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku wprowadzenie techniki zwielokrotnienia falowego WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), ugruntowało pozycję włókna światłowodowego, jako dominującego medium transmisyjnego. Obecnie szybkość transmisji danych w jednym kanale WDM na poziomie 10 Gbit/s, czy 40 Gbit/s staje się niewystarczająca dla nowoczesnych usług oraz aplikacji internetowych. Wdrażane są standardy sieci Ethernet o szybkości 40 i 100 Gbit/s, pojawiają się informacje o żywym zainteresowaniu pracami nad stykiem optycznym 400 Gbit/s. Operator sieci światłowodowej powinien przygotować sieć na przesyłanie strumieni danych o istotnie różnych przepływnościach.

Ustanowienie połączenia w sieci WSON (*Wavelength Switched Optical Network*) wymaga pełnej alokacji długości fali, nawet jeśli ilość danych przesyłanych między końcowymi węzłami jest znacznie mniejsza od oferowanej przepustowości w kanale optycznym, co w konsekwencji prowadzi do marnotrawstwa pojemności pasma transmisyjnego. Aby zminimalizować zjawisko niedopasowania pomiędzy przepustowością strumienia danych klienta, a optyczną warstwą sieci szkieletowej, konieczna jest agregacja ruchu w drogich i energochłonnych urządzeniach IP/MPLS. W związku z tym poszukiwane są nowe rozwiązania sposobów transmisji skoncentrowane na zmniejszeniu kosztów eksploatacji sieci. Wymagana jest elastyczna sieć, której drobnoziarnisty charakter udostępnianych zasobów widmowych pozwoli na efektywne ich wykorzystanie i w sposób adaptacyjny dostarczy wymaganej pojemności żądaniom o znacznie mniejszej lub znacznie większej przepływności od typowej nośnej optycznej systemu WDM [1], [2].

Zaproponowana i dyskutowana w literaturze naukowej elastyczna sieć optyczna EON (*Elastic Optical Network*) spełnia te wymagania, co więcej jej budowa z użyciem transponderów o zmiennej przepływności [3] i selektywnych przełączników długości fali [4] jest już dziś możliwa do realizacji, w przeciwieństwie do wcześniej rozważanych technik optycznego przełączania pakietów OPS (*Optical Packet*

Switching) i grup pakietów OBS (*Optical Burst Switching*) [5], [6]. Wprowadzenie nowej siatki częstotliwości *flexgrid* dla sieci EON umożliwia elastyczny dostęp do zasobów widmowych i pokonanie ograniczeń związanych ze sztywno zdefiniowanymi kanałami systemów z gęstym podziałem długości fali DWDM (*Dense WDM*) [7]. Wykorzystująca zaawansowane techniki wielopoziomowej modulacji sieć EON stała się kandydatem do miana transportowej sieci optycznej nowej generacji [8], [9].

Ethernet 40 Gbit/s i 100 Gbit/s

Sieci optyczne stanowią istotny element w rozwoju sieci telekomunikacyjnych, przed którymi stawia się coraz większe wymagania dotyczące szybkości i zasięgu transmisji danych oraz jakości świadczonych usług. Niedrogie włókno światłowodowe udostępniające pasmo rzędu 50 THz przy niskiej bitowej stopie błędów (10^{-12}) okazało się dobrym medium transmisyjnym i zastąpiło kabel miedziany w warstwie fizycznej. Kluczowym momentem było wdrożenie techniki zwielokrotnienia falowego WDM, która przekształca włókno światłowodowe w wiele, stosunkowo dobrze odseparowanych od siebie kanałów transmisyjnych. Implementacja techniki WDM powoduje zmniejszenie liczby wymaganych regeneratorów, a więc znacznie obniża całkowity koszt budowy sieci w porównaniu do wcześniej stosowanych, starych systemów ze zwielokrotnieniem czasowym TDM. Ze względu na liczbę wykorzystywanych kanałów i odległość pomiędzy nimi w dziedzinie długości fali, można wyróżnić zwielokrotnienie z małą liczbą długości fali o szerokim paśmie CWDM (*Coarse WDM*) lub systemy z gęstym podziałem długości fali DWDM (*Dense WDM*).

Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się wzrost zapotrzebowania na szerokopasmowe łącza transmisyjne wśród zwykłych użytkowników Internetu. Tak jak kiedyś współpraca *on-line* była trudna w realizacji, tak teraz wideokonferencje, telewizja internetowa, gry sieciowe są na porządku dziennym. Konsolidacja przestrzeni dyskowej serwerów poprzez wprowadzenie systemu NAS (*Network Attached Storage*) zmniejsza koszty utrzymania sieci, ale w konsekwencji zwiększa się ilość danych w sieci przypadającą na jeden serwer.

Aby sprostać powyższym wymaganiom IEEE wprowadziła nowy standard dla przesyłania danych w sieciach LAN i WAN [10]. Dokument 802.3ba opisuje standard komunikacji sieci Ethernet o prędkości 40 Gbit/s i 100 Gbit/s. Na uwagę zasługuje zdefiniowanie szybkich interfejsów optycznych PDM (*Physical Media Dependent*), zestawione w Tabeli 1, wśród których wymienia się:

40GBASE-SR4: optyczny interfejs 40 Gbit/s oparty na czterech niezależnych ścieżkach (odrębnych parach światłowodu wielomodowego) o przepływności 10,3125 Gbit/s każda, pracujących w trybie *full-duplex*. Styk pracuje z nominalną długością fali 850 nm. Możliwa jest transmisja na odległość do 100 m z użyciem światłowodów wielomodowych OM3 (*Optical Multimode 3*) lub do 150 m w przypadku światłowodów OM4. Różnica pomiędzy światłowodami OM3 i OM4 polega na różnej wartości dyspersji modowej dla włókien w oknie 850 nm – dla włókna OM3 wartość ta wynosi 1500 MHz · km, dla OM4 3500 MHz · km. Podkreślić należy, że styk pracuje na czterech niezależnych parach włókien, przesyłane są równoległe cztery strumienie danych. Standard definiuje maksymalną różnicę opóźnień (*skew*) tych strumieni, tak by odbiornik mógł poprawnie strumienie te agregować. Nie może ona przekroczyć 134 ns w punkcie referencyjnym odbiornika złącza (*Receiver Medium Dependent Interface*), a zmienność tych opóźnień z kolei musi pozostać w zakresie 3-4 ns. Jest to równoważne maksymalnej różnicy długości poszczególnych par światłowodów złącza 40GBASE-SR4 około 26-27 metrów. Jakkolwiek próby niezależnego przesłania czterech strumieni danych złącza 40GBASE-SR4 przez sieć rozległą, np. typową sieć DWDM o przepływności każdego z kanałów 10 Gbit/s skazane są zatem na niepowodzenie.

40GBASE-LR4: optyczny interfejs oparty na czterech niezależnych ścieżkach CWDM (o długościach fal 1271 nm, 1291 nm, 1311 nm, 1331 nm), każda o prędkości przesyłu danych 10,3125 Gbit/s. Interfejs obsługuje połączenia o długości do 10 km, wykorzystuje standardowy światłowod jednomodowy SMF (*Single Mode Fiber*) G.652 (B1.3). Standard dopuszcza stosowanie włókien starszego typu, w których nie usunięto silnego tłumienia sygnału optycznego spowodowanego obecnością jonów wodorotlenowych (B1.1) oraz włókien o zwiększonej odporności na zginanie G.657 (B6-a). Ograniczenia względnej różnicy opóźnień propagacyjnych strumieni składowych styku 40GBASE-LR4 są identyczne jak dla wersji 40GBASE-SR4.

100GBASE-SR10: optyczny interfejs oparty na dziesięciu niezależnych ścieżkach (parach włókien wielomodowych) o szybkości 10,3125 Gbit/s pracujących w trybie *full-duplex*. Interfejs obsługuje łącza oparte na włóknach OM3 o długości do 100 m i OM4 o długości do 150 m. Specyfikacja styku jest praktycznie identyczna ze specyfikacją styku 40GBASE-SR4 – różni się jedynie liczbą użytych par włókien optycznych.

100GBASE-LR4: optyczny interfejs oparty na czterech niezależnych ścieżkach DWDM (o długościach fal 1295,56 nm, 1300,05 nm, 1304,58 nm, 1309,14 nm), każda o prędkości 25,8 Gbit/s. Interfejs obsługuje połączenia o długości do 10 km i wykorzystuje standardowy światłowod jednomodowy. Specyfikacja włókien jest identyczna jak w przypadku styku 40GBASE-LR4. Identyczne są również wymagania odnoszące się do opóźnień składowych strumieni styku.

100GBASE-ER4: optyczny interfejs oparty na czterech niezależnych ścieżkach DWDM, każda o prędkości 25,8 Gbit/s. Interfejs jest opcjonalną wersją 100GBASE-LR4 pozwalającą na zwiększenie zasięgu do 30 km. Standard przewiduje możliwość dalszego zwiększenia zasięgu (do 40 km) poprzez staranne dobranie parametrów łącza (*engineered links*).

Tabela 1. Optyczne interfejsy PMD według IEEE 802.3ba

| Oznaczenie PMD | Typ światłowodu | Zasięg |
|----------------|-----------------|--------|
| 40GBASE-SR4 | Wielomodowy OM3 | 1 km |
| 40GBASE-LR4 | Jednomodowy SMF | 10 km |
| 100GBASE-SR10 | Wielomodowy OM3 | 1 km |
| 100GBASE-LR4 | Jednomodowy SMF | 10 km |
| 100GBASE-ER4 | Jednomodowy SMF | 40 km |

Można spodziewać się, że w krótkim czasie upowszechni się stosowanie styków Ethernet 40 Gbit/s i 100 Gbit/s, co sprawi, że pasmo transmisyjne sieci szkieletowej, którą stanowi system WDM, będzie niewystarczające do obsłużenia napływającego do niej ruchu. Zwiększające się zapotrzebowanie na tak duże szybkości transmisji danych widać ze strony firm budujących ogromne bazy danych. Jednocześnie można przewidywać wciąż spore zainteresowanie transmisją danych strumieni o przepływności 1 Gbit/s i 10 Gbit/s. W sieci optycznej pojawią się strumienie danych o przepływnościach od 1 do 100 Gbit/s. W takiej sytuacji, agregowanie kilku strumieni o niższych przepływnościach i przesyłanie ich w jednym kanale 100 Gbit/s sieci optycznej jest rozwiązaniem niewłaściwym – bardzo energochłonnym, drogim i nieelastycznym.

Architektura sieci EON

Biorąc pod uwagę zmiany zachodzące na rynku szybkich sieci transmisji danych, poszukiwane jest rozwiązanie sieci szkieletowej, w której:

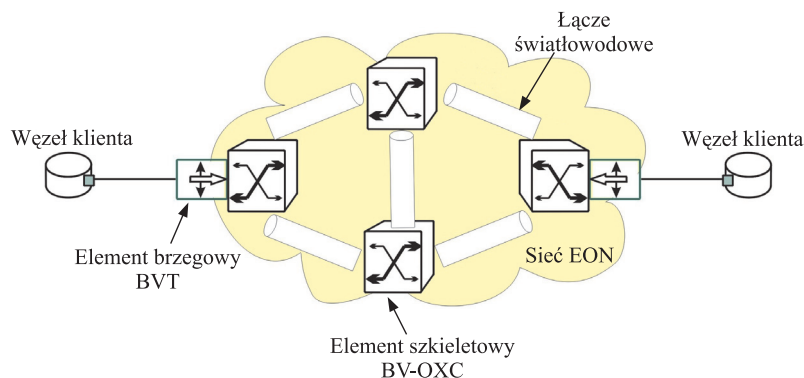
- możliwy jest elastyczny dostęp do kanałów optycznych o różnym zakresie widma dla transmisji strumieni danych o różnej przepływności,
- w każdym kanale możliwe jest zestawienie optycznego połączenia przenoszącego sygnał pojedynczej nośnej lub wielu nośnych,
- szerokość kanału optycznego jest dostosowana do nadawanego sygnału.

Aby „łagodnie” i bez gwałtownych zmian infrastruktury sieci przejść od obecnej sieci WDM, w której kanał zdefiniowany jest na sztywne, do wersji, w której kanał „uszyty jest na miarę potrzeb” przesyłanego sygnału, pojawił się pomysł wprowadzenia otwartego interfejsu WDM, tzn. przesyłania fali AW (*Alien Wavelength*), nazywanej również „czarnym łączem” (*black link*). Oznacza to, że do sztywnej siatki częstotliwości zostaje wkomponowany dodatkowy kanał, który może przenosić sygnał pojedynczej lub wielu nośnych.

Przezroczystość optycznej warstwy sieci DWDM pozwala na zwiększenie prędkości transmisji i wykorzystanie rezerw pasma transmisyjnego poprzez przesłanie dodatkowego kanału fali AW. Niestety, w praktyce system zarządzania siecią DWDM nie ma informacji na temat parametrów sygnału fali AW (długości fali, szerokości pasma). Stąd też przedmiotem badań jest wpływ transmisji fali AW na jakość transmisji w sieci DWDM, np. wpływ dodatkowej transmisji fali AW o prędkości 40 Gbit/s przenoszącej sygnał zaawansowanych formatów modulacji (np. DPSK) na całkowitą jakość transmisji kanałów o prędkości 10 Gbit/s w sieci DWDM, bądź wpływ transmisji fali AW o prędkości 40 i 100 Gbit/s w sieci DWDM, w której szybkość transmisji danych w jednym kanale jest na poziomie 40 Gbit/s. W [11] przedstawiono wyniki symulacji wpływu szerokości pasma przesyłanej fali AW na wielkość przesłuchów kanałów DWDM. Analizowane były dwa sposoby włączenia kanału fali AW (o prędkości 40 i 100 Gbit/s) do transmisji DWDM (40 Gbit/s). W pierwszym, w procesie zwielokrotnienia fala AW jest włączona do transmisji DWDM, co wiąże się z przepuszczeniem sygnału AW przez wąskopasmowy filtr multipleksera (o paśmie filtrowania 10-40 GHz). W drugim scenariuszu fala AW zostaje dodana do wcześniej zwielokrotnionej grupy kanałów DWDM za pomocą optycznego sprzęgacza. Uzyskane wyniki wskazują, że nieprawidłowo przefiltrowany kanał AW (o prędkości 40 lub 100 Gbit/s) może zaszkodzić całej transmisji DWDM, wprowadzając dużą wartość przesłuchów (pow. -20 dB). Szerokość pasma wprowadzanego kanału fali AW musi być ściśle ograniczona, co można uzyskać za pomocą filtra multipleksera lub specjalizowanego filtra optycznego. Atrakcyjne rozwiązanie, jakim jest przesyłanie fali AW, pozwala wdrażać stopniowo elastyczną sieć optyczną EON, która w przyszłości stanie się rozwiązaniem docelowym.

W architekturze sieci EON można wyróżnić dwa podstawowe elementy logiczne (rys. 1 [12]):

- transponder o zmiennym paśmie BV-T (*Bandwidth Variable Transponder*),
- zmiennopasmowa matryca przełączająca BV-OXC (*Bandwidth-Variable Wavelength Cross-Connect*).



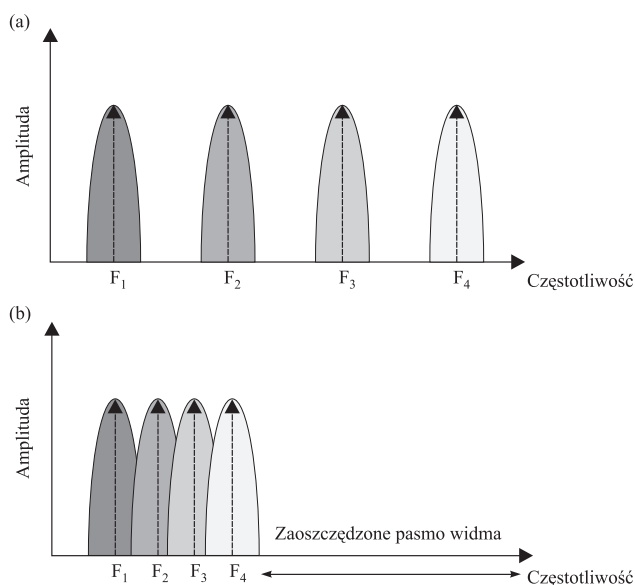
Rys. 1. Architektura sieci EON

W elemencie brzegowym BV-T (realizującym funkcję *add/drop*) następuje adaptacja sygnału klienta na sygnał żądanych podnośnych, który następnie jest przesyłany w sieci EON lub przekształcenie otrzymanego sygnału widmowego do postaci sygnału użytkownika. Zatem dostosowanie sygnału danych do wysłania oznacza, że dla żadanego połączenia zostaje przydzielony kanał optyczny o pewnej częstotliwości środkowej CF (*Central Frequency*) i wystarczającym zakresie widma [13]. Element szkieletowy BV-OXC składa się ze sprzęgacza optycznego (*Optical Splitter*) i zmiennopasmowego selektywnego przełącznika długości fali BV-WSS (*Bandwidth-Variable Wavelength Selective Switch*). Komponent BV-OXC umożliwia stworzenie w sieci optycznej ścieżki poprzez przełączanie podnośnych przesyłanych sygnałów na odpowiedni port wyjściowy komutatora. W związku z charakterem sieci EON, rozmiar okna przełączania BV-OXC musi być dostosowany do szerokości pasma nadchodzącego sygnału, a jego konfiguracja powinna odbywać się w sposób elastyczny. W przeciwieństwie do tradycyjnego, selektywnego przełącznika długości fali WSS (*Wavelength Selective Switch*), zaprojektowanego dla określonego odstępu międzykanałowego WDM (50 lub 100 GHz) [4], ziarnistość przełączania BV-OXC musi być dopasowana do poziomu podnośnych widma.

Elastyczne sieci EON

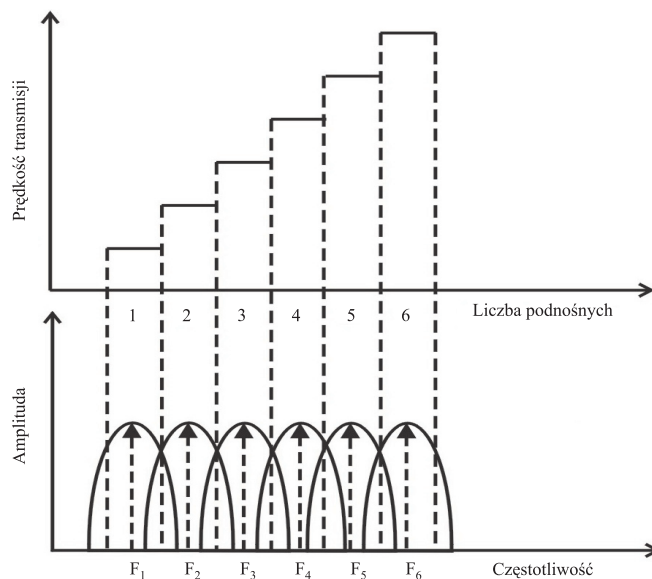
Gwałtowny wzrost zapotrzebowania na łącza transmisyjne dużej przepustowości powoduje, że w laboratoriach są testowane coraz to bardziej zaawansowane techniki transmisji danych dla medium, jakim jest włókno światłowodowe. Obiecującym kandydatem stała się dobrze znana i stosowana w bezprzewodowych sieciach lokalnych LAN (*Local Area Network*) i w asymetrycznych cyfrowych liniach abonenckich ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) technika OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). O sukcesie tej modulacji świadczy szeroka gama jej adaptacji w standardach sieci szerokopasmowych przewodowych i bezprzewodowych takich jak: 802.11a/g Wi-Fi, 802.16 WiMAX, LTE (*Long Term Evolution*), DAB i DVB (*Digital Audio and Video Broadcasting*) i DSL (*Digital Subscriber Loop*).

Zastosowanie modulacji wielu nośnych OFDM, czyli jednoczesne przesłanie kilku wąskopasmowych strumieni danych na ortogonalnych częstotliwościach podnośnych, pozwala osiągnąć szerokopasmową transmisję sygnału. W technice WDM, każdy kanał długości fali jest oddzielony odstępem międzykanałowym eliminującym zjawisko przesłuchu, natomiast sygnał OFDM jest sumą ortogonalnych, nakładających się nośnych (podkanałów). Na rys. 2 pokazano zaoszczędzone pasmo OFDM, które w przypadku techniki WDM musi być wykorzystane na przestrzeń międzykanałową.



Rys. 2. Postać widmowa techniki: a) WDM i b) OFDM

Takie zawężenie pasma transmisji pozwala na efektywne wykorzystanie zaoszczędzonych zasobów widmowych, a przypisanie różnej liczby podkanałów OFDM użytkownikom steruje prędkością transmisji. Zależność prędkości transmisji od liczby przypisanych podnośnych sygnału OFDM przedstawia rys.3 [14]. Można zauważyć, że prędkość transmisji sygnału wzrasta wraz z liczbą przypisanych podnośnych, niemniej wzrost ten nie musi być liniowy wraz ze wzrostem liczby podkanałów. Jakość poszczególnych podkanałów może być różna, co implikuje transmisję z zastosowaniem różnej liczby poziomów modulacji.



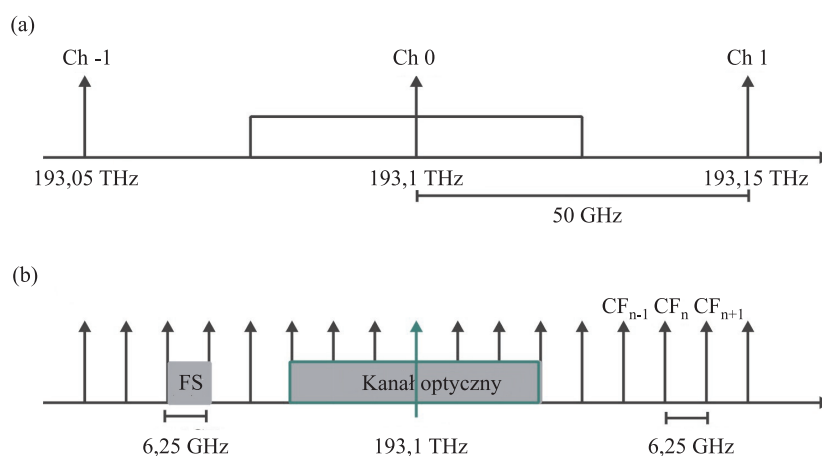
Rys. 3. Zależność prędkości transmisji od liczby podnośnych sygnału OFDM

Dodatkową zaletą techniki OFDM jest zdolność adaptacji sygnału bez konieczności dodatkowej implementacji sprzętowej. Oznacza to, że pojedynczy podkanał OFDM może przenosić sygnał: BPSK, QPSK, 8QAM, uzyskany za pomocą tego samego modulatora, podczas gdy w tradycyjnej sieci WDM zmiana poziomu modulacji wymaga użycia kilku różnych transponderów [9].

Badania nad optyczną formą modulacji OFDM pozwalają na przystosowanie jej jako metody dostępu do medium transmisyjnego, np. wykorzystania w światłowodach jednomodowych SMF i wielomodowych MMF (*Multimode Fiber*), w plastikowych włóknach światłowodowych POF (*Plastic Optical Fiber*), OFDM-PON (*Passive Optical Network*) i w systemach bezprzewodowej komunikacji optycznej OWC (*Optical Wireless Communication Systems*) [15].

Wprowadzenie modulacji OFDM otwiera nowy rozdział dla sieci EON. Autorzy [12] po raz pierwszy zaproponowali połączenie technik modulacji OFDM z elastyczną siatką zasobów widmowych włókna światłowodowego, nazywając nowo powstałą architekturę sieci SLICE (*spectrum-sliced elastic optical path network*). Sieć plastrowa (SLICE) stała się obiecującym rozwiązaniem dla transmisji 100 Gbit/s przy jednoczesnym wykorzystaniu rezerw pasma optycznego. W sieci SLICE zasoby widma są dostosowane do przenoszenia żądanej ilości ruchu dzięki „pokrojeniu” widma sygnału OFDM wzdłuż optycznej ścieżki *end-to-end*.

Dostępne dla sieci EON widmo optyczne (np. pasmo C) jest podzielone na szczeliny FS (*Frequency Slot*) o ustalonej szerokości spektralnej równej 25, 12,5 lub 6,25 GHz. W tak zdefiniowanych szczelinach FS, zostają ulokowane optyczne połączenia, a liczba zajmowanych przez nie sąsiadujących FS zależy od żądanej przepływności bitowej, zastosowanej techniki modulacji oraz rodzaju siatki częstotliwości [16].

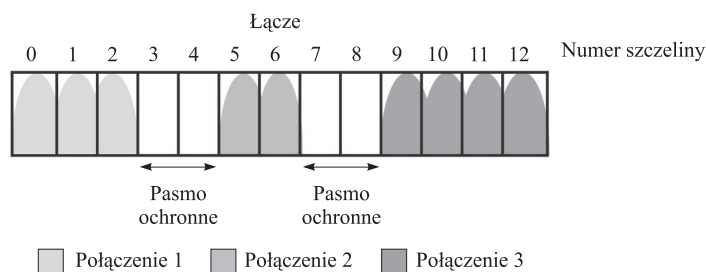


Rys. 4. Zalecenie ITU-T G.694.1 dotyczące parametrów siatki: a) *fixed-grid*, b) *flexgrid*

Na rys. 4 pokazano podział częstotliwości zgodny z zaleceniem ITU-T G.694.1 [17]. Odległość pomiędzy sąsiednimi częstotliwościami środkowymi CF wyznacza szczeliny FS i jest równa 6,25 GHz (rys. 4b). W przeciwieństwie do sztywnej siatki *fixed-grid* DWDM (na rys. 4a odstęp międzykanałowy wynosi 50 GHz) podział *flexgrid* charakteryzuje się drobnoziarnistością. Zatem gęstsze siatki pozwalają na efektywne wykorzystanie widma oraz przygotowanie danych bezpośrednio do warstwy optycznej bez konieczności implementacji kosztownych urządzeń IP/MPLS. Ponieważ szczelina FS stanowi najmniejszą jednostkę przełączaną w zmienno-pasmowym komutatorze BV-WSS, urządzenia te powinny być zaopatrzone w zaawansowane, zależne od siatki *flexgrid*, charakterystyki filtrowania widma.

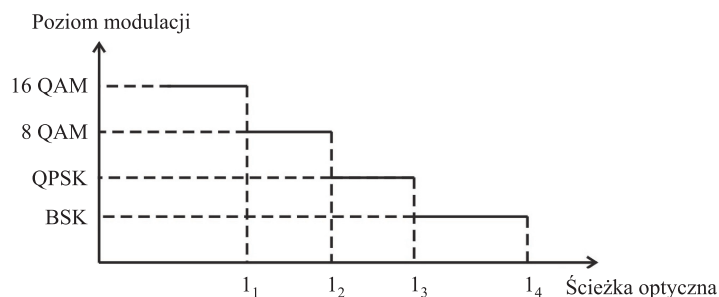
Zgodnie z definicją ITU-T G.694.1 [7] kanał optyczny ma elastycznie przypisane widmo (*ad hoc*), które mieści w sobie sygnał optyczny oraz pasmo ochronne wymagane przez filtry *roll-off*, związane ze współczynnikiem opadania pasma. Parametry charakteryzujące kanał to jego rozmiar (np. liczba szczelin FS) i nominalna częstotliwość środkowa CF (środek geometryczny kanału). Na rys. 4b rozmiar zaznaczonego kanału optycznego wynosi 37,5 GHz (6 szczelin FS), a jego widmo jest rozmieszczone symetrycznie wokół CF o wartości 193,1 THz.

Podsumowując, aby powstał optyczny kanał w sieci EON, oprócz przypisania wartości częstotliwości środkowej CF (podobnie jak przypisanie długości fali w WDM) należy również przypisać zajmowane przez niego widmo. Natomiast pasmo ochronne oddziela widma sąsiednich połączeń i jest osobno między nie wprowadzane jako stała liczba szczelin, aby zmniejszyć zjawisko interferencji podczas przełączania [16]. Rys. 5 przedstawia szczelinowy charakter łącza, w którym przebiegają trzy różne połączenia. Założono, że pasmo ochronne oddzielające dwa sąsiednie połączenia ma szerokość dwóch szczelin.



Rys. 5. Przykładowa postać szczelinowa łącza optycznego

Kolejnym ważnym zagadnieniem sieci EON jest zdefiniowanie elastycznej ścieżki optycznej. Ścieżka optyczna w sieci EON jest określana przez ścieżkę routingu oraz kanał optyczny. Żądane zasoby częstotliwości są zajmowane w łączach należących do ścieżki routingu, a powstałe połączenie optyczne może zostać użyte do przenoszenia sygnałów modulacji pojedynczej nośnej (k-PSK, k-QAM) lub wielu nośnych (optyczna OFDM). Wybrany dla danego połączenia format modulacji jest określony przez współczynnik jakości transmisji QoT (*Quality of Transmission*). W [16] i [18] zauważono, że jedynym istotnym parametrem QoT jest długość optycznej ścieżki, czyli odległość, na jaką przesyłany jest sygnał, a techniki modulacji wielopoziomowej są przeznaczone do transmisji na krótkich dystansach. Na rys. 6 została przedstawiona zależność formatu modulacji od długości optycznej ścieżki [14]. Zgodnie z rys. 6 można zauważyć, że optyczna droga przesyłanego sygnału z modulacją BSK jest dłuższa od długości ścieżki sygnału z modulacją k-QAM.



Rys. 6. Zależność formatu modulacji sygnału od długości ścieżki optycznej

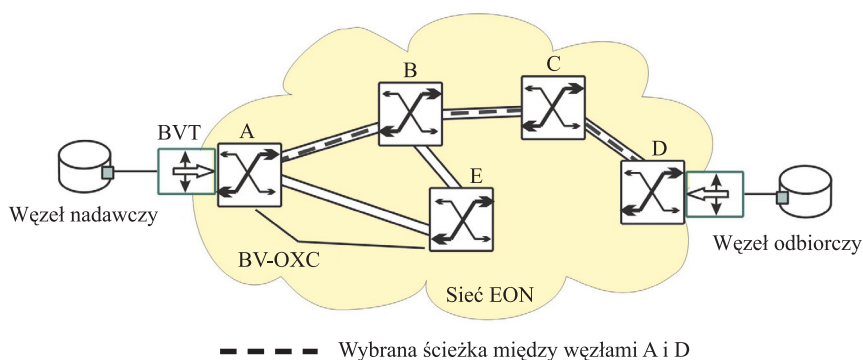
Problem RSA

Kluczową kwestią w sieci EON jest zagadnienie routingu i alokacji spektrum RSA (*Routing and Spectrum Allocation*) [19]. Poszukiwane są metody, których zadaniem jest znalezienie odpowiedniej liczby szczelin do obsłużenia poszczególnych połączeń. Zakres szczelin FS, w których będzie ulokowane połączenie musi być taki sam w każdym łączu należącym do trasy routingu między źródłem a miejscem przeznaczenia. Innymi słowy ścieżka routingu i kanał elastycznie przypisanego zbioru szczelin wyznaczają ścieżkę optyczną. W konsekwencji algorytm RSA koncentruje się na przypisaniu dla danego połączenia dokładnie takich samych sąsiednich szczelin widma (*Spectrum Contiguity Constraint*) z zachowaniem warunku ciągłości i nie nakładania się fragmentów widma (*Spectrum Continuity Constraint*) w łączach należących do ścieżki optycznej.

W sieci WSON, zadaniem algorytmów routingu i przypisania długości fali RWA (*Routing and Wavelength Assignment*) jest znalezienie dla danego żądania połączenia ścieżki routingu i przypisanie jej długości fali. W sieci, w której nie ma zaimplementowanych konwerterów długości fali, zgodnie z obowiązującym warunkiem ciągłości długości fali WCC (*Wavelength Continuity Constraint*), zestawienie ścieżki optycznej na drodze od węzła nadawczego do odbiorczego wymaga użycia tej samej długości fali na każdym odcinku trasy.

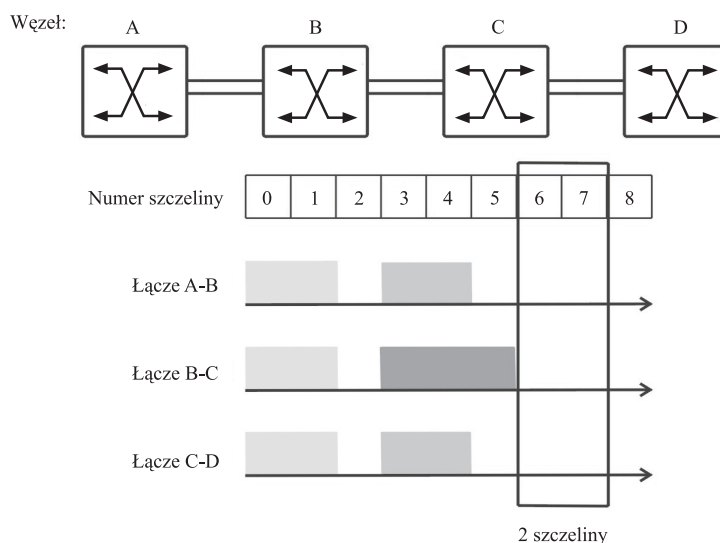
Zakładając, że pojemność szukanej długości fali WDM odpowiada szerokości szczeliny FS oraz dostrzegając podobieństwo między warunkiem ciągłości widma i długości fali, można zastanowić się nad wykorzystaniem dostępnych algorytmów RWA w sieci EON. Niestety nawet w przypadku ustalonego poziomu modulacji w sieci EON nie można skorzystać z algorytmów RWA stosowanych w *fixed-grid* WDM. Jeśli za pomocą algorytmu RWA zostanie znaleziona ścieżka optyczna o wymaganej wolnej liczbie długości fal to nie ma pewności, że długości tych fal są kolejne. Alokacja sąsiednich szczelin podnośnych jest ważna dla modulacji OFDM, ponieważ efektywność tej modulacji osiągnięta jest dzięki nakładaniu się widma sąsiednich podnośnych.

Poniżej podany został prosty przykład zagadnienia szukania wolnych szczelin do obsłużenia połączenia w sieci EON. Przyjęto sieć EON o architekturze z rys. 7. Dla przychodzącego żądania zestawienia połączenia o prędkości 400 Gbit/s zostaje wybrana trasa ABCD (3 skoki), która będzie mogła dostarczyć pasmo o szerokości 28 GHz dla każdej z dwóch podnośnych na odległości 3 skoków pomiędzy źródłem a miejscem przeznaczenia.



Rys. 7. Architektura sieci z wybraną trasą do zestawienia połączenia 400 Gbit/s

Dla tak obliczonej trasy można przedstawić uproszczoną architekturę sieci EON z wyszczególnieniem tylko tych łączy, dla których szukane są wolne szczeliny do obsłużenia połączenia (rys. 8).



Rys. 8. Alokacja szczelin w łączach sieci EON

Następnie poszukiwane są dwie, kolejne, wolne szczeliny w łączach A-B, B-C, C-D. W omawianym przypadku wybrane zostają szczeliny o numerach 6-7, gdyż są równocześnie wolne we wszystkich łączach należących do trasy routingu.

Zgodnie z [15] można wyróżnić algorytmy RSA z uwzględnieniem statycznego lub dynamicznego scenariusza ruchu. W pierwszym wymienionym, operacje routingu i przydzielenia widma wykonywane są *off-line*. Zadana *a priori* macierz ruchu uwzględnia obsłużenie w sieci wszystkich połączeń o wymaganej pojemności. Żądanie zestawienia połączenia przekształcone jest w odpowiednią liczbę szczelin o określonej szerokości podnośnej dla danej ścieżki routingu. Sformułowanie problemu RSA za pomocą ILP (*Integer Linear Programming*) daje w efekcie optymalne rozwiązanie z minimalną ilością wykorzystanych zasobów widmowych sieci.

Za pomocą metod heurystycznych można rozwiązać zagadnienie RSA z uwzględnieniem statycznego lub dynamicznego scenariusza ruchu. Wykorzystuje się w tym celu metody dwu- i jednokrokowe. W pierwszym przypadku problem RSA zostaje rozdzielony na problem znalezienia trasy routingu i odpowiedniego przypisania szczelin widmowych. Przykładowo, do obliczenia trasy routingu mogą posłużyć takie metody, jak metoda wstępnej kalkulacji najkrótszej ścieżki (z uwzględnieniem minimalnej ilości wykorzystania zasobów widmowych) lub metod, gdzie trasa routingu obliczona jest z uwzględnieniem obciążenia ruchu w sieci. W drugim etapie metody dwukrokowej, dla danego połączenia zostają przypisane szczeliny widma zgodnie z polityką „pierwsze pasujące” (*First Fit*) lub o najmniejszym indeksie (*Lowest Starting Slot*). Natomiast w metodach jednokrokowych, algorytm równocześnie szuka odpowiedniej trasy routingu i sprawdza warunek ciągłości wolnych szczelin widma, np. zmodyfikowanym algorytmem Dijkstry najkrótszej ścieżki MSP (*Modified Dijkstra's Shortest Paths*) lub algorytmem wektorowym SCPVS (*Spectrum-Constraint Path Vector Searching*).

Podsumowując, prace badawcze nad problemem RSA w elastycznej sieci optycznej uwzględniają zarówno dynamiczny, jak i statyczny scenariusz ruchu w sieci. Do planowania szczelin widma służą różnego rodzaju algorytmy: ILP, metaheurystyczne i heurystyczne. Podczas planowania zasobów widmowych sieci, zostają uwzględnione różne formaty modulacji, szerokość szczelin, jak również fizyczne ograniczenia warstwy sieciowej. Z powodu nierównomiernego zagospodarowania widma w łączach

powstają pasma trudnodostępne do późniejszego wykorzystania. Dlatego też ciągle prowadzone są dyskusje na temat technik alokacji widma z polityką minimalnej liczby niezagospodarowanych fragmentów i algorytmów defragmentacji, które rekonfigurują sieć, planując ponownie rozlokowanie połączeń w szczelinach widma.

Podsumowanie

Sieć ze zwielokrotnieniem falowym WDM jest podstawą dzisiejszych sieci telekomunikacyjnych. Pozwala na przesyłanie wielu strumieni danych w pojedynczym włóknie światłowodowym na znaczne odległości. W sieci tej zazwyczaj wszystkie nośne optyczne służą do przesyłania strumieni danych o tej samej przepływności. Wyjątkiem jest koncepcja użycia nośnej AW, która zwykle służy zestawieniu połączenia o większej niż standardowej transmisji. W obliczu coraz częściej stosowanych styków optycznych o przepływnościach 40 Gbit/s i 100 Gbit/s należy podjąć decyzję, jaka powinna być standardowa, czy też typowa przepływność kanału WDM. Czy powinna rosnać wraz z pojawianiem się nowych standardów styków optycznych? W tym wypadku pojawiać się zaczyna problem, w jaki sposób poprzez taką sieć przesyłać strumienie danych o niższych przepływnościach. Agregowanie ich do docelowej przepływności 100 Gbit/s w urządzeniach warstwy elektrycznej (IP/MPLS, Ethernet) będzie dalece nieefektywne. Być może należy zatem utrzymać przepływność kanału WDM na poziomie 10 Gbit/s i kolejne standardy szybkich styków Ethernet winny uwzględniać możliwość niezależnego przesyłania w sieci WDM ich komponentów (*lanes*). Takie podejście z kolei znacznie ogranicza twórców nowych standardów styków optycznych. Spowoduje podniesienie kosztów implementacji tak przygotowanych standardów. Rozwiązaniem jest elastyczna sieć optyczna EON. Zastosowanie modulacji OFDM pozwala podzielić kanał transmisyjny włókna optycznego na wiele wąskich szczelin widmowych. Mogą one być wykorzystane niezwykle efektywnie. Tuż obok siebie mogą współistnieć kanały transmisyjne 1 Gbit/s i 400 Gbit/s przesyłane na odległość 2 km i 1200 km.

W najbliższym czasie obserwować będziemy stopniowy, powolny proces zastępowania odchodzącej do lamusa sieci WDM elastycznymi sieciami optycznymi EON.

Bibliografia

- [1] Winzer P. J.: *Beyond 100G Ethernet*, IEEE Communications Magazine, vol. 48, nr 7, 2010.
- [2] Gringeri S., et al.: *Flexible architectures for optical transport nodes and networks*, IEEE Communications Magazine, vol. 48, nr 7, 2010.
- [3] Jinno M., et al.: *Multiflow optical transponder for efficient multilayer optical networking*, IEEE Communications Magazine, vol. 50, nr 5, 2012.
- [4] Strasser A., Wagener J. L.: *Wavelength-selective switches for ROADM applications*, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 16, nr 5, 2010.
- [5] Yoo S.: *Optical packet and burst switching technologies for the future photonic internet*, Journal of Lightwave Technology, vol. 24, nr 12, 2006.
- [6] Chen Y., Qiao C., Yu X.: *Optical burst switching: A new area in optical networking research*, IEEE Network, vol. 18, nr 3, 2004.
- [7] ITU-T Recommendation G.694.1: *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid*, 2012.
- [8] Djordjevic I. B., Vasic B.: *Orthogonal frequency division multiplexing for high-speed optical transmission*, Optics Express, vol. 14, nr 9, 2006.

- [9] Nag A., Tornatore M., Mukherjee B.: *Optical network design with mixed line rates and multiple modulation formats*, Journal of Lightwave Technology, vol. 28, nr 4, 2010.
- [10] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: *Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 40 Gb/s and 100 Gb/s Operation*, IEEE Std 802.3ba, 2010.
- [11] Perlicki K.: *Impact of alien wavelength on wavelength division multiplexing transmission quality*, Photonics Letters of Poland, vol. 4, nr 3, 2012.
- [12] Jinno M., et al.: *Spectrum-efficient and scalable elastic optical path network: Architecture, benefits, and enabling technologies*, IEEE Communications Magazine, vol. 47, nr 11, 2009.
- [13] Shen G., et al.: *Experimental demonstration of CO-OFDM optical network with heterogeneous ROADM nodes and variable channel bit-rates*, IEEE Communications Letters, vol. 15, nr 8, 2011.
- [14] Christodoulopoulos K., Tomkos I., Varvarigos E.A.: *Elastic bandwidth allocation in flexible OFDM-based optical networks*, Journal of Lightwave Technology, vol. 29, nr 9, 2011.
- [15] Zhang G., Leenheer M., Morea A., Mukherjee B.: *A survey on OFDM-based elastic core optical networking*, IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol.15, nr 1, 2013.
- [16] Jinno M., et al.: *Distance-adaptive spectrum resource allocation in spectrum-sliced elastic optical path (SLICE) network*, IEEE Communications Magazine, vol. 48, nr 8, 2010.
- [17] Klinkowski M., Walkowiak K.: *Offline RSA algorithms for elastic optical networks with dedicated path protection consideration*, 4th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2012.
- [18] Takara H., et al.: *Distance-adaptive super-wavelength routing in elastic optical path network (SLICE) with optical OFDM*, 36th European Conference and Exhibition on Optical Communication (ECOC), 2010.
- [19] Klinkowski M., Walkowiak K.: *Routing and spectrum assignment in spectrum sliced elastic optical path network*, IEEE Communications Letters, vol. 15, nr 8, 2011.

Edyta Biernacka



Mgr inż. Edyta Biernacka – absolwentka kierunku Telekomunikacja na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zainteresowania naukowe: sieci optyczne nowej generacji, w szczególności problem planowania i dynamicznej alokacji zasobów w elastycznych sieciach optycznych.

e-mail: edyta@biernacki.pl

Artur Lason

Dr inż. Artur Lason ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki, specjalność Telekomunikacja, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie w roku 1992. W tym samym roku uzyskał stypendium naukowe i odbył staż w ośrodku naukowo-badawczym firmy Alcatel SESA w Madrycie. W roku 1999 uzyskał stopień doktora nauk technicznych z informatyki. Od roku 1992 związany z Katedrą Telekomunikacji AGH. Odpowiedzialny jest za prowadzenie zajęć dydaktycznych z zakresu systemów światłowodowych i sieci dostępu abonenckiego. Prowadzi wykłady, zajęcia projektowe i laboratoryjne dla studentów studiów dziennych i słuchaczy Studium Podyplomowego. W Katedrze Telekomunikacji AGH uczestniczył w pracach międzynarodowych projektów badawczych, między innymi ACTS 038 BBL, IST LION, e-Photon/ONe, BONE NoE, IST NOBEL I/II. Główne obszary zainteresowań badawczych obejmują szerokopasmowe sieci dostępowe, sieci optyczne, włączając w to optyczne sieci transportowe i sieci GMPLS/ASON.

e-mail: lason@kt.agh.edu.pl

System ochrony sieci kablowych SPOT

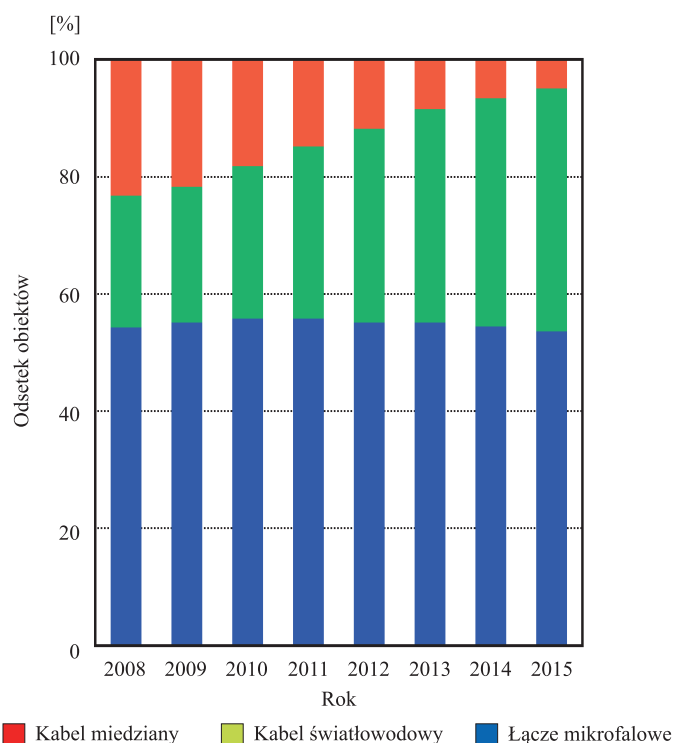
Krzysztof Borzycki, Paweł Gajewski,
Stanisław Dziubak, Michał Jabłoński

W artykule przedstawiono metody monitoringu technicznego telekomunikacyjnych sieci kablowych i ich elementów oraz system monitoringu sieci kablowych SPOT opracowany w ramach projektu rozwojowego OR00012612. System ten służy do scentralizowanego wykrywania uszkodzeń i nieuprawnionych ingerencji w sieciach kablowych miedzianych i światłowodowych. Rola monitoringu sieci kablowych wzrasta wobec obserwowanego w ostatnich latach znacznego wzrostu liczby uszkodzeń związanych z robotami budowlanymi i drogowymi oraz kradzieżami kabli.

Hermetyzacja sieci, kable miedziane, kable światłowodowe, monitoring, oprogramowanie, sieci kablowe

Wprowadzenie

Sieci telekomunikacyjne i informatyczne wymagają odpowiedniej infrastruktury kablowej. Także w sieciach bezprzewodowych około 45% stacji bazowych (BTS) na świecie ma łącza kablowe, przeważnie światłowodowe (rys. 1) [1].



Rys. 1. Media transmisyjne w łączach do stacji bazowych

Działanie sieci wymaga fizycznej ciągłości torów transmisyjnych zbudowanych z par przewodów metalowych lub włókien światłowodowych i utrzymania ich parametrów w zakresie narzuconym przez współpracujące urządzenia aktywne.

Przerwy i zmiany parametrów linii kablowych to przyczyny większości zakłóceń w pracy. Sieć można wyposażać w mechanizmy ochronne, tworząc znane z sieci SDH pierścienie, bądź łącza z rezerwą 1+1 lub 1+N, gdzie urządzenia aktywne automatycznie przełączają ruch na nieuszkodzone zasoby, eliminując skutki pojedynczej awarii. Z powodu wysokich kosztów są one rzadko spotykane w sieciach dostępowych.

Większość systemów transmisyjnych ma funkcje nadzoru i sygnalizacji przerw w działaniu łączy i zmian tłumienności torów kablowych, lecz bez funkcji lokalizacji miejsca uszkodzenia kabla. Nadzór ten nie obejmuje nieużywanych linii kablowych. Właściciel infrastruktury kablowej, wynajmujący pary miedziane i „ciemne” włókna światłowodowe innym użytkownikom, nie ma dostępu do danych z ich systemów zarządzania siecią.

Sieci zawierają też liczne obiekty bezobsługowe: szafy kablowe, kontenerowe krotnice abonenckie, szafy dostępne z urządzeniami sieci VDSL i TV kablowej, czy stacje bazowe sieci komórkowych (BTS), narażone na wpływ środowiska, wandalizm i kradzieże. Liczba samych BTS-ów w Polsce przekracza 28 tysięcy i praca większości z nich zależy od sprawności światłowodowych łączy kablowych.

Awarie sieci telekomunikacyjnych prowadzą często do zakłóceń w działaniu instalacji ważnych dla gospodarki i bezpieczeństwa państwa: systemów kolejowych, bankowych, kontroli ruchu lotniczego, administracji, policji, numerów alarmowych, a straty z powodu niedostępności usług telekomunikacyjnych są znacznie wyższe od kosztów naprawy.

Dla sprawnego utrzymania infrastruktury i zachowania określonych parametrów jakości usług QoS (*Quality of Service*) przez umowy z klientami SLA (*Service Level Agreement*) i regulatorów, niezbędne jest:

- monitorowanie stanu sieci kablowej przez wyspecjalizowany i autonomiczny system,
- detekcja, identyfikacja, lokalizacja i sygnalizacja zdarzeń zagrażających pracy sieci, jak przerwa kabla, otwarcie obiektu, pożar, czy zmiany parametrów,
- wspomaganie procesów ochrony i utrzymania infrastruktury kablowej,
- rejestracja, analiza i raportowanie zdarzeń w sieci.

Poniżej przedstawiono zagrożenia i mechanizmy uszkodzeń sieci kablowych, metody lokalizacji uszkodzeń kabli i system monitoringu infrastruktury telekomunikacyjnej SPOT. System ten powstał w latach 2010-2012, w wyniku realizacji projektu rozwojowego z zakresu obronności i bezpieczeństwa „Prototyp systemu perymetrycznej ochrony infrastruktury telekomunikacyjnej”, finansowanego przez NCBiR. Wykonawcą było konsorcjum złożone z Instytutu Łączności, który odpowiadał za opracowanie elementów sprzętowych i firmy informatycznej Asseco Poland, która przygotowała oprogramowanie dla Centrum Nadzoru i Stacji Nadzoru. Wybrane elementy SPOT zainstalowano dla przetestowania w sieci dostępowej TP S.A.

Zagrożenia dla telekomunikacyjnych sieci kablowych

Rodzaje uszkodzeń

Najczęściej spotykane przyczyny uszkodzeń infrastruktury kablowej to:

- 1) roboty budowlane i drogowe, których skutkiem są przecięcia lub uszkodzenia kabli, kanalizacji i studni kablowych,

- 2) kradzieże kabli i osprzętu, dewastacje, włamania do obiektów i sabotaż,
- 3) wypadki komunikacyjne powodujące uszkodzenia podpór linii napowietrznych i szaf ulicznych, a także uszkodzenia studni kablowych przez pojazdy,
- 4) warunki zewnętrzne: wichury, szkody górnicze, osuwiska gruntu, oblodzenie, uszkodzenia linii napowietrznych przez złamane drzewa,
- 5) błędy w trakcie prac przy utrzymaniu i eksploatacji sieci: przecięcia kabli, zwarcia przewodów, błędne przełączenia, nadmierne zginanie światłowodów,
- 6) starzenie kabli i osprzętu pod wpływem temperatury, wilgoci i wibracji,
- 7) przegryzanie kabli przez zwierzęta.

W kraju dominują powody 1 i 2. Zdecydowana większość kabli telekomunikacyjnych jest układana pod ziemią w kanalizacji z bloków betonowych lub rur osłonowych HDPE, stąd typowe dla linii napowietrznych uszkodzenia 4 i 6 są nieliczne.

Instalacje napowietrzne są typowe na obszarach wiejskich, gdzie kable z parami przewodów miedzianych są wieszane na słupach drewnianych pozostałych po liniach z przewodami niez izolowanymi. Stan słupów jest często zły i dochodzi do awarii (rys. 2). Światłowodowe kable napowietrzne są rzadko używane, m.in. z powodu podatności kabli o przekroju ósemkowym na wibracje od wiatru, prowadzące do uszkodzeń.



Rys. 2. Złamany drewniany słup w sieci dostępowej

Od 1993 r. zainstalowano ponad 15 tys. km przewodów odgromowych z włóknami światłowodowymi OPGW (*Optical Ground Wire*) na liniach 110 kV, 220 kV i 400 kV. Branża energetyczna ma dobre doświadczenia z ich eksploatacją. Samonośne dielektryczne kable światłowodowe ADSS (*Aerial Dielectric Self Supported*) są instalowane rzadziej, przeważnie na liniach średniego napięcia nieposiadających przewodów odgromowych. Wskutek licznych awarii zrezygnowano natomiast z dielektrycznych kabli światłowodowych, podczepianych do przewodów fazowych.

Wzrost liczby uszkodzeń kabli podczas prac budowlanych, to efekt dużej liczby inwestycji infrastrukturalnych po wejściu Polski do UE w 2004 r., nieostrożności wykonawców oraz błędnej lub niekompletnej dokumentacji sieci kablowej. Spadku liczby uszkodzeń tego typu w krótkiej i średniej perspektywie nie można oczekiwać.

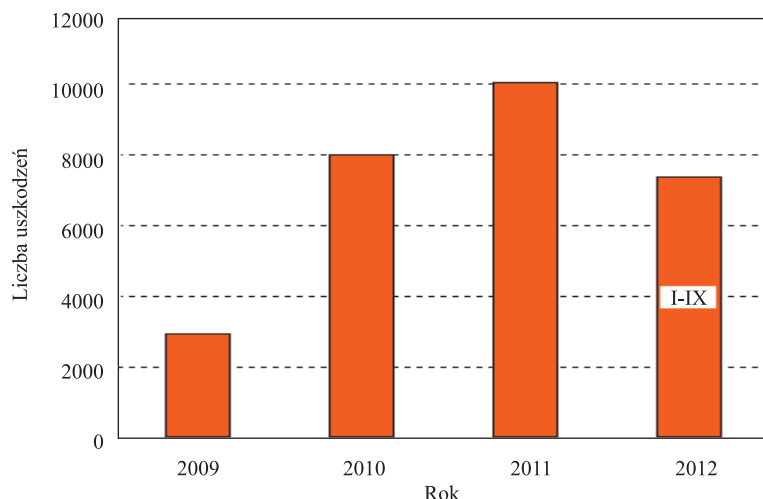
Kradzieże kabli

Poważne zagrożenie stanowią kradzieże kabli miedzianych w celu sprzedaży miedzi na złom. Podstawowa forma kradzieży to włamanie do dwóch lub więcej studni kablowych (rys. 3), przecięcie kabli i wyciągnięcie ich z kanalizacji. Spotyka się również wykopywanie kabli doziemnych i zdejmowanie kabli napowietrznych. W rejonach, gdzie pokrywy studni kablowych wzmocniono i zaopatrzone w zabezpieczenia mechaniczne, obserwuje się odkopywanie kanalizacji i włamania do niej.



Rys. 3. Pokrywa studni kablowej rozbita przez złodziei w Warszawie w 2013 r.

W sieci TP S.A. od stycznia 2009 r. do września 2012 r. zanotowano 28308 kradzieży lub usiłowania kradzieży kabli połączonych z dewastacją. W latach 2011-2012 takich zdarzeń notowano średnio 30 dziennie (rys. 4), co spowodowało 1,6 mln uszkodzeń łączy abonenckich [2]. Kradzieże to główny powód niedostępności usług w stałej sieci dostępowej: w 2010 r. było 0,5 mln uszkodzeń na 7,5 mln czynnych przyłączy abonenckich TP S.A. – tj. 67 uszkodzeń na 1000 przyłączy.



Rys. 4. Uszkodzenia na skutek kradzieży w sieci TP S.A. w latach 2009-2012

Uwagę zwraca koncentracja geograficzna. W 2012 r. opisywane zjawiska miały miejsce głównie w okolicach Katowic, Szczecina, Gdańska i Łodzi [2]. Wskaźniki uszkodzeń były tam kilkakrotnie wyższe od średniej krajowej oraz pojawiały się seryjne uszkodzenia tych samych linii: dla 30% z nich w czasie 19 miesięcy (styczeń 2010 – lipiec 2011) co najmniej 7-krotnie [3]. Po okresie koncentracji kradzieży kabli na Górnym Śląsku, gdzie w 2010 r. było ich aż 4858, tj. 48,4% całej liczby w kraju i wzmożeniu aktywności policji w tym rejonie, nastąpiła migracja zjawiska na Pomorze [2], [4].

Koszty materiałów niezbędnych do napraw w latach 2009-2012 wyniosły 95 mln zł, co jest kwotą dużą, ale nadal nieobejmującą robocizny, strat przychodów z usług oraz utraty niezadowolonych klientów. Kradzieże miedzianych kabli telekomunikacyjnych, energetycznych i kolejowych, to także poważny problem w Wielkiej Brytanii [5]-[7], gdzie straty w 2011 r. oszacowano na ok. 4 mld zł, RPA, Włoszech, Austrii i Indiach.

Prócz straty kabli miedzianych, podczas kradzieży lub ich usiłowań dochodzi zwykle do:

- przecinania sąsiednich kabli, także światłowodowych,
- niszczenia studni kablowych i kanalizacji,
- uszkodzeń złączy kablowych, szaf i innego osprzętu,
- pozostawiania otwartych studni i szaf ulicznych, stanowiących zagrożenie dla ludzi i pojazdów oraz narażonych na dalsze uszkodzenia lub zalanie wodą.

Obiektem zainteresowania złodziei i wandalów są też kable energetyczne i przewody uziemiające stacji bazowych sieci komórkowych, kontenery i szafy uliczne z wyposażeniem, akumulatorami i okablowaniem.

W 2011 r. pojawiło się w Polsce zjawisko kradzieży poprzez wyciąganie kabli światłowodowych z kanalizacji w miejscach budowy sieci, dla odsprzedaży innym użytkownikom. W Indiach podobne kradzieże notowano już w 2008 r. [8].

Naprawy kabli światłowodowych są kosztowne. Wykonanie złącza kabla 144-włóknowego razem z pomiarami OTDR z obu końców linii trwa 6-12 h i kosztuje 8-10 tys. zł, bez uwzględnienia kosztów dojazdów, napraw studni kablowych i odszkodowań dla klientów pozbawionych usług itd. Dodatkowe jedno lub dwa złącza spawane w naprawionej linii wprowadzają straty rzędu 0,1-0,4 dB. Wzrost tłumienia torów światłowodowych po serii uszkodzeń może przekroczyć rezerwę budżetu mocy łącza, ustaloną zwykle na 2-6 dB, zmuszając operatora do odbudowy całej linii długości 50-80 km. Sytuacje takie wystąpiły w sieciach DWDM na Górnym Śląsku. Mimo, że wykrywalność takich przestępstw w 2012 r. wyniosła 14%, wiele spraw jest umarzanych na skutek „niskiej szkoldliwości społecznej” czynu.

Inne rodzaje uszkodzeń

Przypadki sabotażu (przecinania) linii kablowych są w Polsce rzadkie. Występują głównie na tle sporów między operatorem a właścicielem nieruchomości, przez którą przechodzi linia. Inne pospolite w kraju uszkodzenia infrastruktury kablowej to uszkodzenia studni kablowych obok dróg przez samochody ciężarowe, wyłamywanie i kradzieże żeliwnych wkładów pokryw studni kablowych, uszkodzenia kabli napowietrznych przez złamane drzewa. Spotyka się też nielegalne układanie przez operatorów alternatywnych swych kabli w kanalizacji TP S.A. bez uzgodnień i opłat. Obiekty mieszczące urządzenia aktywne i systemy zasilania bezprzewodowego są narażone również na przegrzanie wskutek wysokiej temperatury na zewnątrz i nasłonecznienia, uszkodzenia akumulatorów w niskich temperaturach i kondensację wilgoci wewnątrz.

Przeciwdziałanie takim zjawiskom wymaga zamykania i monitorowania otwarcia wszystkich studni kablowych na danym obszarze. Zestaw środków używanych do zabezpieczenia sieci kablowej przed uszkodzeniami przez czynniki zewnętrzne i nieuprawnioną ingerencją nosi nazwę „hermetyzacji sieci”. Odpowiednie czujniki i systemy alarmowe są dostępne, jednak dla operatora sieci lepszy jest jeden system zapewniający zintegrowaną ochronę całej infrastruktury.

Uszkodzenia linii kablowych

Uszkodzenia prowadzące do przerwy lub zmian parametrów linii można podzielić według kryteriów szybkości rozwoju i długości uszkodzonego odcinka, jak pokazano w tabeli 1. Styl druku wskazuje prawdopodobne konsekwencje:

- **uszkodzenie trwale: niezbędna wymiana lub naprawa,**
- uszkodzenie trwale w części przypadków,
- *uszkodzenie przemijające po zaniku przyczyny.*

Tabela 1. Klasyfikacja typowych uszkodzeń linii kablowych

| | | |
|-----------|--|--|
| Skupione | Natychmiastowe | Stopniowe |
| | Przecięcie kabla | Korozja złączy miedzianych |
| | Zgniecenie kabla | Zawilgocenie osłony złącza |
| | Zwarcie pary miedzianej | Uszkodzenie połączenia od wibracji |
| | <i>Zgięcie włókna światłowodowego</i> | Uszkodzenie uchwytu od wibracji |
| | <i>Rozłączenie toru transmisyjnego</i> | Osiadanie gruntu |
| Rozłożone | Kradzież kabla | Starzenie i zawilgocenie kabla |
| | Uszkodzenie OPGW od zwarcia | Ruchy gruntu i szkody górnicze |
| | Złamany słup linii napowietrznej | Migracja włókien w kablu |
| | Uszkodzony uchwyt kabla napowietrzego | Oblodzenie kabla napowietrzego |
| | | <i>Niska temperatura (światłowody)</i> |

Uszkodzenia natychmiastowe

Natychmiastowe uszkodzenie linii kablowej nie jest poprzedzone mierzalną, stopniową zmianą parametrów. Najczęściej spotykane przecięcia kabli wskutek kradzieży lub prac budowlanych powodują nagle przerwanie wszystkich par przewodów lub włókien światłowodowych. Nie można tu wykonać działań prewencyjnych, lecz można wyznaczyć strefy zagrożone na podstawie statystyki wcześniejszych uszkodzeń i charakterystyk obszarów, przez które przechodzi linia kablowa.

W razie takiego uszkodzenia krytyczna jest szybkość jego wykrycia i czas przybycia na miejsce pracowników ochrony lub policji. System monitoringu musi lokalizować przerwę kabla z dokładnością nie gorszą niż 300 m, porównywalną do długości sekcji między studniami kablowymi, względnie sy-

gnalizować otwarte studnie kablowe. Reakcja w ciągu 10 minut umożliwia schwytanie złodziei na gorącym uczynku lub ich spłoszenie bez zabrania kabli, co redukuje koszt i czas naprawy.

Uszkodzenia stopniowe

Uszkodzenia tego typu rozwijają się powoli, w czasie od tygodni do 20 lat i dłużej i są powodowane m.in. przez:

- wnikanie wilgoci lub lekkich węglowodorów do kabli i osprzętu,
- starzenie polimerów pod wpływem wysokich temperatur lub światła,
- wibracje (linie napowietrzne, wzdłuż torów kolejowych, na mostach i wiaduktach),
- korozję elektrochemiczną (metale) i naprężeniową (polimery, włókna szklane),
- migrację włókien wewnątrz kabli światłowodowych.

Okresowe pomiary zmieniających się parametrów tłumienia jednomodowych włókien światłowodowych dla długości fali 1550 lub 1625 nm, rezystancji izolacji par przewodów, czy poziomów zakłóceń w sieciach współosiowych i analiza ich wyników przez oprogramowanie bądź wyszkolonego operatora umożliwiają predykcję uszkodzeń i naprawy prewencyjne. Uszkodzenia takie mogą także ujawniać się nagle, choć z opóźnieniem. Przykłady to:

- skutki zamarzania zimą wody zgromadzonej w osłonie złączowej na linii napowietrznej,
- pękanie włókien światłowodowych poddanych ostremu zginaniu w osłonie złączowej, szafce lub przełącznicy po niestarannej instalacji,
- przegrzanie i pęknięcie lub nawet zapalenie się ciasno zgiętego włókna światłowodowego przenoszącego sygnał o mocy pow. 400 mW [11]-[12].

Zmiany parametrów pod wpływem czynników zewnętrznych

Specjalną kategorię stanowią zmiany parametrów i awarie kabli napowietrznych wskutek ciężkich warunków pogodowych: niskich temperatur (-30 do -40°C), oblodzenia lub porywistego wiatru. Warunki takie utrzymują się na ogół do 200 h, a po ich zaniku parametry linii kablowej mogą samoczynnie wrócić do normy. Przykładem jest wzrost tłumienności kabla światłowodowego z ośrodkiem tubowym niskiej jakości lub zestarzoną po wielokrotnej ekspozycji na wysokie temperatury, obserwowany po spadku temperatury poniżej pewnego progu, np. -30°C, kiedy włókna światłowodowe ulegają silnym mikrozmęgnięciom po wykorzystaniu całego zakresu swobodnego ruchu wewnątrz skurczonych tub ośrodka [13], bądź formowania się kryształów lodu lub bryłek stwardniałego żelu.

Okresy podwyższonej intensywności uszkodzeń powyższego typu są częściowo przewidywalne na podstawie prognoz pogody, pomiarów temperatury i siły wiatru, itp. Zachowanie narażonych elementów sieci kablowej jest jednak w dużym stopniu losowe i można jedynie przewidywać podwyższone ryzyko uszkodzeń w określonym rejonie i czasie. Dane z monitoringu parametrów wskazują natomiast elementy sieci kablowej niespełniające standardów niezawodności, które należy wymienić.

W sieciach z parami przewodów miedzianych, wzrost rezystancji lub przerwa może być wynikiem uszkodzeń korozyjnych lub mechanicznych łączówek. Wnikanie wody przez nieszczelną powłokę kabla lub pojemnik osłony złączowej prowadzi też do upływności między przewodami lub przewodami a ziemią. Problem dotyczy głównie linii zbudowanych przed 1992 rokiem, zanim wprowadzono w kraju żelowanie ośrodka kabli i łączówek.

Zasady monitoringu sieci kablowej w systemie SPOT

Zdecydowana większość uszkodzeń linii kablowych powoduje przerwę, zwarcie bądź zmiany parametrów wszystkich par przewodów lub włókien światłowodowych. Statystyki Bellcore z USA [14] podają że 86% uszkodzeń podziemnych kabli światłowodowych podczas prac ziemnych i budowlanych (80% wszystkich uszkodzeń) doprowadziło do przerywania wszystkich włókien w kablu. Odsetek ten jest niższy dla uszkodzeń powodowanych m.in. przez gryzienie, wyładowania atmosferyczne i ostrzał z broni palnej, względnie rzadkich w Polsce. Z tego powodu wystarcza monitorowanie jednej pary lub włókna w każdej linii. Wyjątki to błędy w montażu i przełączaniu, obejmujące zwykle pojedyncze pary lub włókna, sabotaż wybranych łączy i instalacja odgałęzienia, wymagająca przecięcia i ponownego zespawania włókna.

System monitoringu powinien zapewnić szybkie i niezawodne wykrycie uszkodzenia i jego lokalizację oraz mieć zasięg wystarczający do nadzoru linii w całym zakresie długości. Lokalizacja jest ważniejsza dla linii światłowodowych o długości do 100-120 km, niż przyłączy miedzianych w sieci dostępowej o długości do 5-8 km (dane sieci w kraju). Jak pokazano w Tabeli 2, nie ma metod uniwersalnych. Szarym tłem wyróżniono metody zastosowane w SPOT.

Tabela 2. Porównanie typowych metod monitoringu kabli telekomunikacyjnych

| Metoda | Lokalizacja uszkodzenia | Czas detekcji uszkodzenia [s] | Zasięg [km] | Uwagi |
|---|-------------------------|-------------------------------|-------------|---|
| Monitoring kabli miedzianych | | | | |
| Kontrola ciągłości elektrycznej | Nie | <1 | >30 | Niski koszt |
| Pomiary rezystancji i pojemności | Tak (mało dokładna) | 1-10 | ≥15* | Średni koszt |
| Reflektometryczna (TDR) | Tak (dokładna) | ~5 | 3-5* | Wysoki koszt. Możliwe zakłócenia |
| Monitoring kabli światłowodowych | | | | |
| Transmisyjna (źródła i odbiorniki) | Nie | <1 | ≥150 | Możliwy nadzór czynnych włókien |
| Reflektometryczna (OTDR) | Tak (dokładna) | 20-1200** | 50-120*** | Możliwy nadzór czynnych włókien. Wysoki koszt |
| * zależy od przekroju przewodów w kablu, ** zależy od liczby sekwencyjnie kontrolowanych linii *** dla kabli jednomodowych, zależy od wymaganej zdolności rozdzielczej | | | | |

SPOT wykonuje cykliczne pomiary parametrów wybranych par przewodów i włókien, porównując ich wyniki z danymi wzorcowymi pochodzącymi z pomiarów wykonanych w czasie tzw. kalibracji linii. Zmiana parametru przekraczająca zakres tolerancji powoduje alarm i określenie miejsca uszkodzenia. Monitorowane parametry obejmują:

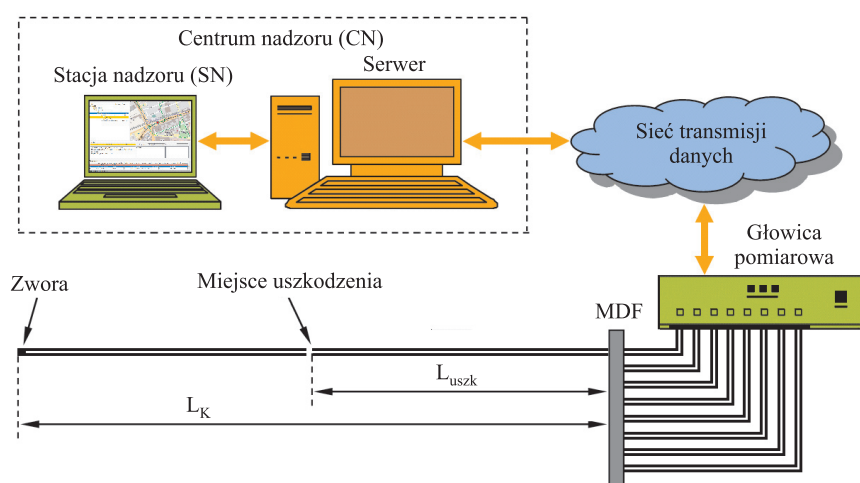
- dla par przewodów miedzianych: rezystancję pętli przewodów R, pojemności między przewodami C i rezystancji pomiędzy przewodami a ziemią (Rz),

- dla jednomodowych włókien światłowodowych: charakterystyki reflektometryczne amplitudy sygnału powracającego z toru optycznego w funkcji opóźnienia względem wprowadzanego do włókna impulsu sondującego, mierzone światłowodowym reflektometrem impulsowym OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*).

Uwarunkowania zasięgu oraz dokładności lokalizacji uszkodzenia są odmienne dla kabli miedzianych i światłowodowych.

Monitoring kabli miedzianych

Zasada lokalizacji uszkodzenia bazuje na monitorowaniu pary przewodów, która jest zwarta na końcu linii oddalonym od głowicy pomiarowej, co umożliwia pomiary rezystancji w pętli (rys. 5).



Rys. 5. Lokalizacja uszkodzenia kabla z przewodami miedzianymi

Uszkodzenia par przewodów miedzianych w kablach telekomunikacyjnych objawiają się przeważnie [15] jako:

- 1) zwarcie przewodów ze sobą,
- 2) przerwa jednego lub obu przewodów,
- 3) upływność izolacji między przewodami, widoczna jako rezystancja bocznikująca,
- 4) wtrącenie dodatkowej rezystancji w obwód.

Objawy 1 i 2 są typowe dla najczęściej spotykanych uszkodzeń kabli wywołanych przez nagłe czynniki zewnętrzne: roboty ziemne, budowlane i drogowy, uszkodzenia słupów i szaf kablowych przez pojazdy, kradzieże kabli, sabotaż, itp. Objawy 3 i 4 sygnalizują na ogół powoli rozwijające się uszkodzenia spowodowane korozją przewodów, degradacją złączy lub zawilgoceniem ośrodka kabla. Zawilgocenie ośrodka kabla powoduje też około 3-krotny wzrost pojemności między przewodami [16].

W wymienionych sytuacjach zmienia się rezystancja widziana przez głowicę pomiarową (GP): spada w przypadkach 1 i 3, a rośnie w przypadkach 2 i 4. W sytuacji zupełnego zwarcia lub przerwy możliwa jest lokalizacja uszkodzenia na podstawie zmian parametrów elektrycznych pary – rezystancji przypadku 1 i pojemności dla 2. Automatyczny wybór trybu pomiaru odległości odbywa się na podstawie kierunku zmian rezystancji pętli widzianej przez GP. Odległość od GP do miejsca zwarcia na linii zbudowanej z kabli o stałej średnicy przewodów wyznacza się z zależności:

$$L_{\text{uszk}} = L_K \cdot R_p/R_K, \quad (1)$$

gdzie: L_{uszk} - odległość do miejsca uszkodzenia, L_K - długość linii w chwili kalibracji, R_p - rezystancja pętli zmierzona po uszkodzeniu, R_K - rezystancja pętli zmierzona w trakcie kalibracji.

Odległość miejsca do przerwy wyznacza się na podstawie pojemności między przewodami:

$$L_{\text{uszk}} = L_K \cdot C_p/C_K, \quad (2)$$

gdzie: C_p - pojemność zmierzona po uszkodzeniu, C_K - pojemność zmierzona w trakcie kalibracji.

Zasięg i dokładność lokalizacji uszkodzenia zależą od parametrów monitorowanych kabli, technologii budowy sieci kablowej i jakości jej dokumentacji oraz procedury pomiarowej.

Własności kabli i wpływ temperatury

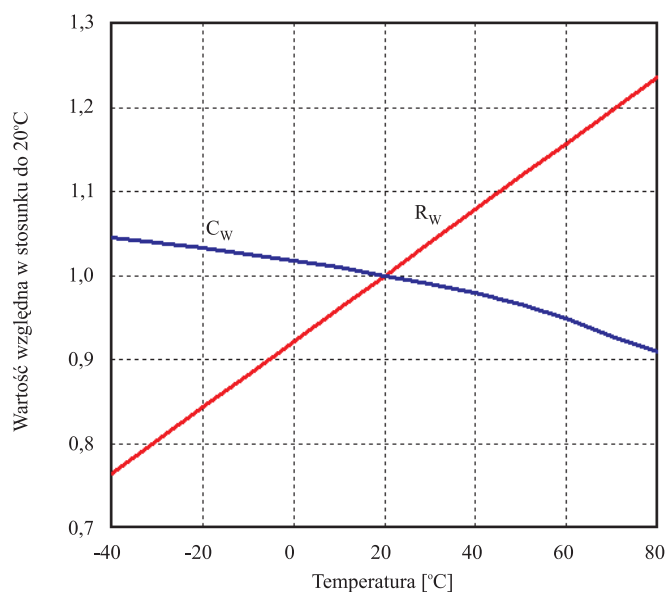
Kable dla sieci dostępowych produkowane zawierają pary przewodów miedzianych o średnicy 0,4-0,8 mm w izolacji z polietylenu niskiej gęstości (LDPE) litego lub spienionego [17]. Kable dla innych zastosowań mają przewody o średnicach do 1,4 mm [18]. Dane kable istotne dla pracy systemu monitoringu zestawiono w Tabeli 3 [18].

Tabela 3. Parametry par przewodów w kablach miejscowych w temperaturze +20°C

| Średnica przewodu [mm] | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,2 |
|--|-------|-------|-------|------|--------|--------|--------|
| Rezystancja pętli maks. [Ω /km] | 300,0 | 191,8 | 133,2 | 73,6 | 56,6 | 45,6 | 31,8 |
| Pojemność skuteczna maks. [nF/km] | 55 | 55 | 55 | 55 | 26-60* | 26-60* | 26-60* |
| * zależny od konstrukcji i przeznaczenia kabla | | | | | | | |

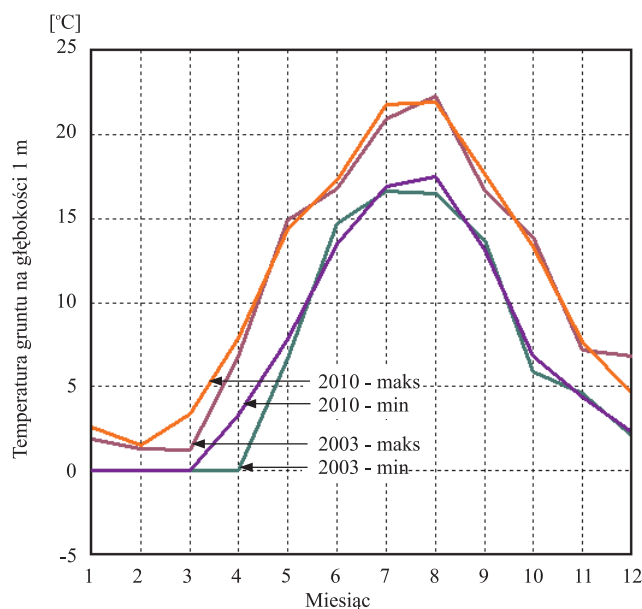
Tolerancja produkcyjna rezystancji i pojemności par w kablach telekomunikacyjnych wynosi odpowiednio około $\pm 3\%$ i $\pm 10\%$, co sugeruje wyższą dokładność lokalizacji zwarcia niż przerwy. Niestety, przyłącza abonenckie często zawierają sekcje o różnych średnicach przewodów, których rezystancja jednostkowa zmienia się w stosunku aż 1:4 dla zakresu 0,4-0,8 mm, a zależność (1) daje prawidłowe wyniki tylko dla linii o budowie jednorodnej. Wyznaczenie dokładnej odległości do miejsca uszkodzenia jest możliwe przy znanej długości i średnicy przewodów w każdej sekcji, oczywiście jeśli dokumentacja jest ścisła i kompletna. Problem ten nie występuje przy lokalizacji przerw kabli telekomunikacyjnych o nominalnie identycznej pojemności par.

Złącza rozmieszczone co 120-300 m wnoszą pomijalną rezystancję $\leq 0,003 \Omega$ [19] i pojemność. Duże znaczenie mają natomiast zmiany parametrów kabli z temperaturą. Rezystywność wyżarzanej miedzi elektrolitycznej stanowiącej materiał żył w kablach miejscowych rośnie prawie liniowo z temperaturą, o 0,393%/K przy +20°C, natomiast przenikalność dielektryczna litego LDPE używanego do ich izolacji spada nieliniowo z temperaturą [20]. Związane z tym zmiany parametrów przewodów miedzianych z izolacją z litego LDPE przedstawiono na rys. 6. Zmiany pojemności między przewodami w izolacji z polietylenu spienionego z temperaturą są mniejsze.



Rys. 6. Względna rezystancja pętli R_W i pojemność C_W pary przewodów w funkcji temperatury

Zakres zmian parametrów kabla zależy od przedziału temperatur pracy. Pomiarzy temperatury gruntu na typowej dla układania kabli telekomunikacyjnych głębokości 1 m wykonane w kraju na terenach nizinnych w Sobolewie w Wigierskim Parku Narodowym i w Białymstoku w latach 2003-2010 wykazały, że roczna zmienność temperatury mieści się w zakresie $\pm 12^\circ\text{C}$ w odniesieniu do średniej rocznej temperatury, która jest bliska $+10^\circ\text{C}$ [21]-[23]. Przykładowe wyniki pokazano na rys. 7.



Rys. 7. Roczne zmiany temperatury gruntu w miejscowości Sobolewo w latach 2003-2010

Długotrwałe ustalenie minimalnej temperatury w sezonie zimowym na poziomie 0°C wskazuje, że woda gruntowa podczas procesu zamarzania i topnienia odbiera i dostarcza ciepło stabilizując temperaturę. W suchym, piaszczystym gruncie efekt ten nie wystąpi i można oczekiwać szerszego przedziału temperatur. Podobnie będzie w gruncie skalistym o wysokiej przewodności termicznej, gdzie transfer ciepła z i do atmosfery jest szybszy.

Zakres temperatur pracy kabli napowietrznych w Polsce należy do najszerszych na świecie i rozciąga się od około -40°C, zanotowanych w 1913, 1939-40 i 1987 r. do około +70°C dla kabla z czarną powłoką grzanego przez promieniowanie słoneczne latem przy bezwietrznej pogodzie.

Określone na podstawie powyższych danych warunki termiczne pracy linii kablowych oraz związane z nimi zmiany parametrów par przewodów w kablach miejscowych zestawiono w Tabeli 4. System monitoringu powinien tolerować te zmiany bez generowania fałszywych alarmów o uszkodzeniach lub przekroczenia zakresu pomiarowego.

Tabela 4. Temperatury kabli miejscowych i zmiany parametrów par przewodów

| Rodzaj kabla | Podziemny | Napowietrzny |
|---------------------------------|-------------|--------------|
| Temperatura minimalna [°C] | -5 | -40 |
| Temperatura maksymalna [°C] | +25 | +70 |
| Temperatura średnia [°C] | +10 | +15 |
| Zmienność temperatur [°C] | ±15 | ±55 |
| Zmienność rezystancji pętli [%] | ±6,1 | ±21,6 |
| Zmienność pojemności pary [%] | +1,2 / -1,5 | +4,0 / -9,6 |

Zmiany rezystancji z temperaturą są znaczne, natomiast wpływ starzenia i normalnie spotykanych sił rozciągających na oba parametry kabla jest pomijalny.

Zasięg lokalizacji uszkodzenia

Parametry chronionej linii powinny mieścić się w zakresach pomiarowych, z marginesami na wzrost rezystancji i pojemności pod wpływem temperatury (Tabela 4), wzrost rezystancji po degradacji złączy i innych elementów (20%) i inne zjawiska (10%). Przy tych założeniach, rezystancja pętli i pojemność pary przewodów linii w temperaturze odniesienia nie powinny przekraczać odpowiednio 73% i 90% górnej granicy zakresu pomiarowego dla linii podziemnych oraz 65% i 87% dla napowietrznych.

Tabela 5. Zakresy pomiaru pojemności i rezystancji głowicy pomiarowej SPOT

| | |
|---|---------|
| Zakres pomiaru rezystancji pętli (nominalny) | 4095 Ω |
| Zakres pomiaru rezystancji (linie podziemne) | 3008 Ω |
| Zakres pomiaru rezystancji (linie napowietrzne) | 2701 Ω |
| Zakres pomiaru pojemności (nominalny) | 1000 nF |
| Zakres pomiaru pojemności (linie podziemne) | 899 nF |
| Zakres pomiaru pojemności (linie napowietrzne) | 877 nF |

Jak pokazano w Tabeli 6, zasięg użyteczny jest ograniczony praktycznie tylko przez zakres pomiaru pojemności, gdyż kable z żyłami 0,4 mm służą do budowy krótkich linii i odgałęzień, i wynosi około 16 km. Monitoring spotykanych w sieciach kolejowych linii z przewodami o średnicy 1,0-1,4 mm i długości do 40 km wymaga zakresu pomiaru pojemności rozszerzonego do 2,5-3 μF .

Tabela 6. Maksymalne długości monitorowanych linii kablowych

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Średnica przewodu [mm] | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |
| Rezystancja pętli maks. [Ω/km] | 300,0 | 191,8 | 133,2 | 73,6 |
| Pojemność skuteczna maks. [nF/km] | 55 | 55 | 55 | 55 |
| Zasięg dla $R = 3008 \Omega$ (linie podziemne) [km] | 10,03 | 15,68 | 22,58 | 40,87 |
| Zasięg dla $R = 2701 \Omega$ (linie napowietrzne) [km] | 9,00 | 14,08 | 20,28 | 36,70 |
| Zasięg dla $C = 899 \text{ nF}$ (linie podziemne) [km] | 16,35 | | | |
| Zasięg dla $C = 877 \text{ nF}$ (linie napowietrzne) [km] | 15,95 | | | |

Niepewność lokalizacji uszkodzenia

Kalibracja linii obejmuje pomiary R_K i C_K oraz wprowadzenie długości L_K . Dane te służą do wyznaczenia odległości między GP a miejscem uszkodzenia zgodnie ze zależnościami (1) i (2). Wyznaczanie odległości na podstawie stosunku wartości R lub C z pomiarów przed i po uszkodzeniu eliminuje niektóre źródła błędów, jak tolerancje produkcyjne parametrów kabli (pod warunkiem ich jednorodności) i niedokładność kalibracji głowicy pomiarowej. Dla ograniczenia wpływu temperatury, pożądane jest przeliczenie R_K i C_K do temperatury odniesienia, uwzględniające charakterystyki z rys. 6. Przy prawidłowej kalibracji, błąd pomiaru odległości do miejsca uszkodzenia ΔL_{uszk} w linii o stałej średnicy przewodów zależy głównie od temperatury kabla podczas pomiaru po uszkodzeniu, która objawia się zmianą względnej rezystancji R_W i pojemności C_W par w kablu, przedstawioną na rys. 6.

Błąd pomiaru odległości do miejsca zwarcia określa zależność:

$$\Delta L_{\text{uszk}} = L_{\text{uszk}} \cdot R_W, \quad (3)$$

lub w przybliżeniu:

$$\Delta L_{\text{uszk}} = L_{\text{uszk}} \cdot 0,00393 (T_P - T_K), \quad (4)$$

gdzie: T_K - temperatura kabla w czasie kalibracji, T_P - temperatura kabla w czasie pomiaru po uszkodzeniu.

Błąd pomiaru odległości do przerwy określa podobna zależność:

$$\Delta L_{\text{uszk}} = L_{\text{uszk}} \cdot C_W. \quad (5)$$

Drugie źródło błędów to tolerancje parametrów kabli. W najgorszym przypadku linii złożonej z dwóch segmentów identycznej długości o skrajnych odchyłkach parametrów w przeciwnych kierunkach, z uszkodzeniem pośrodku, względny błąd pomiaru odległości ($\Delta L_{\text{uszk}} / L_{\text{uszk}}$) jest równy tolerancji mierzonego parametru. Do obliczeń przyjęto tolerancje rezystancji $\pm 2\%$ i pojemności $\pm 5\%$, zakładając że

maksymalne odchyłki katalogowe, odpowiednio $\pm 3\%$ i $\pm 10\%$, występują rzadko. Wyniki dla przypadku dodawania się błędów obu rodzajów, zestawiono w Tabelach 7, 8 i 9, gdzie znak określa kierunek największego błędu w danych warunkach.

Tabela 7. Niepewność lokalizacji uszkodzenia $\Delta L_{uszk}/L_{uszk}$ w linii jednorodnej

| $\Delta L_{uszk}/L_{uszk}$ [%] | | Rodzaj uszkodzenia | |
|-----------------------------------|-----|--------------------|-----------|
| | | Zwarcie | Przerwa |
| $T_K - T_P$ [K] | -30 | -13,8 | +7,4 |
| | -15 | -7,9 | +6,3 |
| | 0 | $\pm 2,0$ | $\pm 5,0$ |
| | 15 | +7,9 | -6,5 |
| | 30 | +13,8 | -8,3 |

Lokalizacja zwarcia jest bardziej dokładna w zakresie temperatur pracy linii podziemnych. W szerszym dokładniejsza jest lokalizacja przerwy. Znak błędu związanego z wpływem temperatury jest dla obu metod lokalizacji uszkodzenia przeciwny.

Tabela 8. Błąd lokalizacji zwarcia ΔL_{uszk}

| ΔL_{uszk} [%] | | Odległość do miejsca uszkodzenia L_{uszk} [m] | | | | |
|---------------------------------------|-----|---|----------|----------|----------|-----------|
| Różnica temperatur ($T_P - T_K$) | | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| | -30 | -138 | -276 | -414 | -552 | -689 |
| | -15 | -79 | -158 | -237 | -316 | -395 |
| | 0 | ± 20 | ± 40 | ± 60 | ± 80 | ± 100 |
| | 15 | +79 | +158 | +237 | +316 | +395 |
| | 30 | +138 | +276 | +414 | +552 | +689 |

Tabela 9. Błąd lokalizacji przerwy ΔL_{uszk}

| ΔL_{uszk} [%] | | Odległość do miejsca uszkodzenia L_{uszk} [m] | | | | |
|---------------------------------------|-----|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Różnica temperatur ($T_P - T_K$) | | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
| | -30 | -74 | -148 | -221 | -295 | -369 |
| | -15 | -63 | -126 | -189 | -252 | -315 |
| | 0 | ± 50 | ± 100 | ± 150 | ± 200 | ± 250 |
| | 15 | +65 | +131 | +196 | +261 | +326 |
| | 30 | +83 | +166 | +249 | +332 | +414 |

Lokalizacja uszkodzenia linii podziemnej z dokładnością nie przekraczającą podwójnej odległości między studniami kablowymi (ok. 250 m) jest możliwa w zakresie do 3-3,5 km. Wpływ temperatury można zmniejszyć, korygując wyniki pomiarów rezystancji i pojemności do wartości w temperaturze odniesienia zgodnie z rys. 6. Dane o temperaturze kabla mogą pochodzić z czujnika w studni kablowej lub być wprowadzane ręcznie.

Podczas lokalizacji uszkodzeń na trasie linii należy uwzględnić rozmieszczenie zapasów kabli (20-40 m) oraz nadmiar długości kabla wprowadzany przez zwisy i odcinki pionowe na zejściach ze słupów w liniach napowietrznych.

Dla uniknięcia fałszywych alarmów, zaprogramowane na stałe zmiany rezystancji pętli sygnalizowane jako uszkodzenie muszą być większe niż podane w Tabeli 6, np. $\pm 20\%$. Wadą tego rozwiązania jest brak sygnalizacji zwarcia blisko odległego końca linii, na przykład podczas kradzieży ostatnich 150 m kabla, kiedy rezystancja linii długości 3 km spada o tylko 5%. Należy je uzupełnić o porównywanie wyników pomiarów w krótkim przedziale czasu, przykładowo 15 minut, z mniejszym zakresem tolerancji.

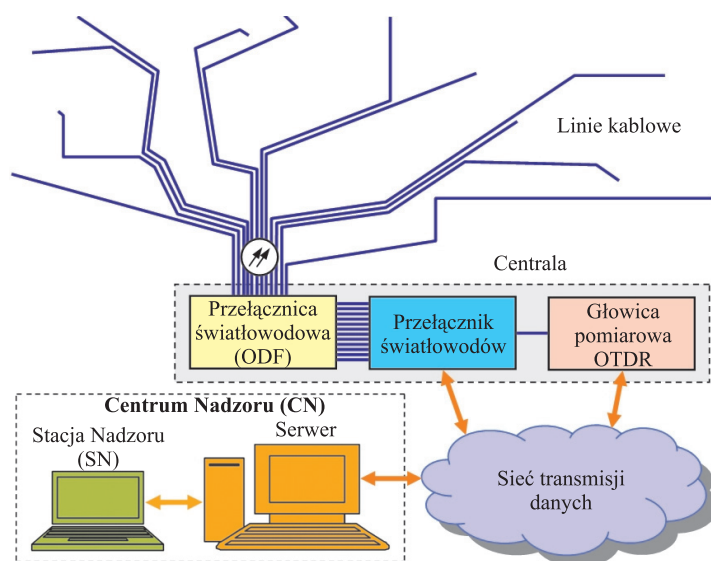
Monitoring kabli światłowodowych

Do nadzoru sieci światłowodowych wybrano metodę reflektometryczną impulsową OTDR (*Optical Time Domain Reflectometry*), która umożliwia lokalizację miejsca uszkodzenia z dokładnością 10-200 m, pozwala określić typ uszkodzenia (przerwa, wzrost tłumienności, odbicie), nie wymaga dostępu do obu końców linii i zbierania alarmów i danych z urządzeń transmisyjnych. Niemniej ma ona też wady, jak wysoki koszt reflektometru (10-30 tys. euro), długi czas pomiaru: (20-300 s) i skomplikowana interpretacja charakterystyk reflektometrycznych.

Budowa systemu

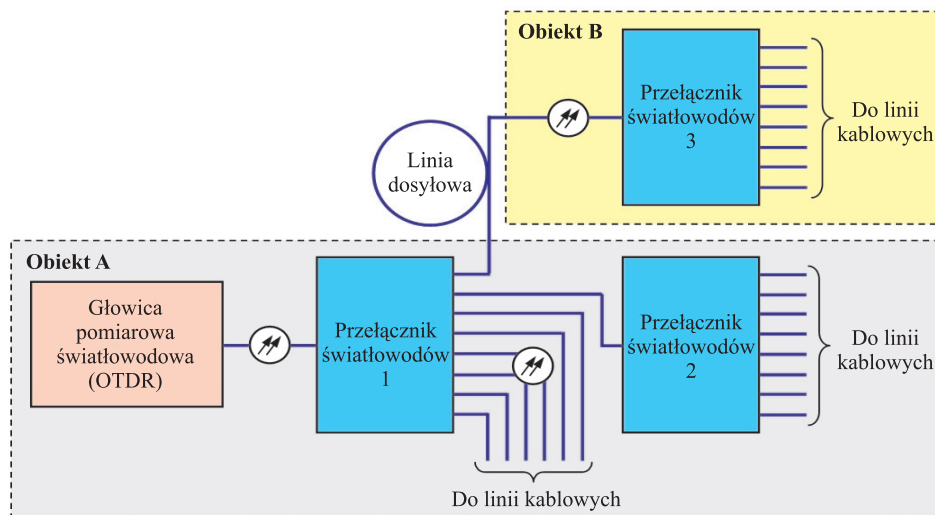
Wysoki koszt OTDR wymusza zmianę architektury systemu. GP dla kabli miedzianych ma zespół równoległe pracujących modułów pomiarowych przyłączonych na stałe do chronionych kabli, natomiast GP do kabli światłowodowych zawiera jeden OTDR, przyłączany do monitorowanych kabli za pomocą zdalnie sterowanego przełącznika światłowodowego (rys. 8). Zasadniczy tryb pracy to nadzór jednego wolnego włókna w każdym kablu.

OTDR pracuje w zakresie 1625-1650 nm lub 1550 nm, gdzie włókna jednomodowe mają minimalną tłumienność (0,18-0,25 dB/km) oraz najsilniejszą wrażliwość na oddziaływania zewnętrzne, jak zgięcia, ściskanie bądź degradację w wyniku uszkodzenia pokrycia ochronnego, wywołujące skupiony lub rozłożony wzrost tłumienności.



Rys. 8. Schemat blokowy systemu monitoringu kabli światłowodowych

Liczbę kabli chronionych przez pojedynczą GP można zwiększyć spinając szeregowo włókna z kilku krótkich linii kablowych w jeden obwód oraz łącząc kaskadowo przełączniki światłowodów, także umieszczone na różnych obiektach połączonych wolnym włóknem światłowodowym (rys. 9).



Rys. 9. Dwustopniowe przełączenie włókien światłowodowych

Wymienione rozwiązania obniżają koszt ochrony pojedynczej linii, ale niestety straty dodatkowych linii i przełączników sumują się, konfigurowanie systemu jest bardziej skomplikowane, oprogramowanie Centrum Nadzoru musi wydzielać dane poszczególnych linii z każdej charakterystyki reflektometrycznej. Wydłuża się także czas detekcji uszkodzenia.

Analogicznie jak dla kabli miedzianych, w czasie uruchamiania systemu wykonuje się kalibrację linii, tj. pomiar wzorcowej charakterystyki reflektometrycznej. Podczas nadzorowania sieci, system porównuje charakterystyki z bieżących pomiarów ze wzorcowymi.

Lokalizacja uszkodzeń

Lokalizacja przerwy lub skupionego wzrostu tłumienności włókna światłowodowego za pomocą odbywa się przez pomiar opóźnienia T_R pomiędzy wysłaniem impulsu sondującego przez reflektometr, a odbiorem sygnału odbitego lub rozproszonego, na podstawie zależności:

$$L_{\text{uszk}} = cT_R/2n_{\text{eff}}, \quad (6)$$

w której c – prędkość światła w próżni, a n_{eff} – współczynnik załamania światła dla danego włókna i długości fali (1,46-1,50), podawany przez producenta z dokładnością do 4 cyfr po przecinku i praktycznie niezależny od temperatury.

Niepewność pomiaru odległości do miejsca uszkodzenia włókna jest porównywalna z długością impulsu sondującego OTDR, która w typowych warunkach jest ustawiana w zakresie 10-100 m. Lokalizacja uszkodzenia na trasie linii kablowej musi uwzględnić obecność i rozmieszczenie zapasów kabli, nadmiar długości kabla wprowadzany przez zwisy i odcinki pionowe w liniach napowietrznych i nadmiar długości włókna światłowodowego w kablu (0,2-4%).

Budżet tłumienności i zasięg

Maksymalne rozmiary monitorowanego obszaru ogranicza budżet tłumienności optycznej T :

$$T = D - 5 \text{ [dB]}, \quad (7)$$

gdzie: D – określony dla $S/N = 1$ zakres dynamiki reflektometru światłowodowego [dB], zależny od szerokości impulsu. Istnieje kompromis między zakresem dynamiki i zasięgiem, a zdolnością rozdzielczą OTDR i czasem pomiaru. W przybliżeniu, każde podwojenie szerokości impulsu podwyższa zakres dynamiki o 1,5 dB, a podwojenie czasu pomiaru o 0,75 dB.

Suma strat elementów obwodu optycznego pokazanego na rys. 9 nie może przekraczać budżetu tłumienności OTDR, zgodnie z zależnością:

$$L_M\alpha + L_D\alpha + NS_P + (2N+1)S_Z \leq T \quad (8)$$

w której: L_M – długość linii kablowej monitorowanej [km], L_D – długość linii kablowej dosyłowej [km], α – tłumienność włókna w kablu ze złączami spawanymi [dB/km], N – liczba stopni rozgałęzienia ($N = 1$ lub 2), S_P – straty wnoszone przez przełącznik optyczny [dB], S_Z – straty złączy światłowodowych na przełączniczy na każdym obiekcie [dB].

Założono, że na każdym obiekcie z przełącznikiem w torze optycznym wstawione są 2 złącza rozłączalne. Typowe parametry dla długości fal 1550 nm i 1625 nm: $\alpha = 0,30$ - $0,35$ dB/km (włókno: $0,20$ - $0,25$ dB/km, złącza spawane: $0,2$ dB co $1,5$ - $2,5$ km), $S_P = 1,5$ - $2,0$ dB, $S_Z = 0,3$ - $0,6$ dB.

Przykłady obliczeń budżetu strat i zasięgu przedstawiono w Tabeli 10. Wariant 1 dotyczy monitoringu rozległej sieci strefowej ($N = 1$, rys. 8), 2 – sieci miejskiej o dużej liczbie linii kablowych, z przełącznikami wyniesionymi ($N = 2$, rys. 9), 3 - sieci pokrywającej mniejszy obszar, bez przełączników wyniesionych ($N = 1$), a z podwyższoną zdolnością rozdzielczą dla dokładnej lokalizacji uszkodzeń.

Tabela 10. Przykłady obliczeń budżetu tłumienności i zasięgu pomiaru

| Parametr | Wariant 1 | Wariant 2 | Wariant 3 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Zakres dynamiki OTDR (D) [dB] | 35 | 30 | 25 |
| Budżet tłumienności brutto (T) [dB] | 30 | 25 | 20 |
| Liczba stopni przełączania (N) | 1 | 2 | 1 |
| Straty przełącznika (S_p) [dB] | 2 | 2 | 2 |
| Straty złącza na ODF (S_z) [dB] | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Budżet tłumienności netto [dB] | 26,8 | 21,0 | 16,8 |
| Tłumienność linii kablowej (α) [dB/km] | 0,33 | 0,35 | 0,35 |
| Zasięg ($L_M + L_D$) [km] | 81,2 | 60,0 | 48,0 |

Uwzględniając że trasy linii kablowych odbiegają od linii prostych z powodu korzystania z dostępnej kanalizacji, pasów drogowych, linii energetycznych itp., średnica obszaru pokrytego przez monitorowaną sieć kablową może osiągnąć orientacyjnie 100 km.

Monitoring czynnych łączy światłowodowych

Czynne łączy jednomodowe można nadzorować reflektometrem pracującym poza zakresami widma zajmowanymi przez systemy transmisyjne: 1270-1350 nm i 1510-1590 nm, na zasadzie zwielokrotnienia falowego WDM (*Wavelength Division Multiplexing*). Zalecenie ITU-T L.41 przewiduje wykorzystanie tu długości fal bliskich 1650 nm [24].

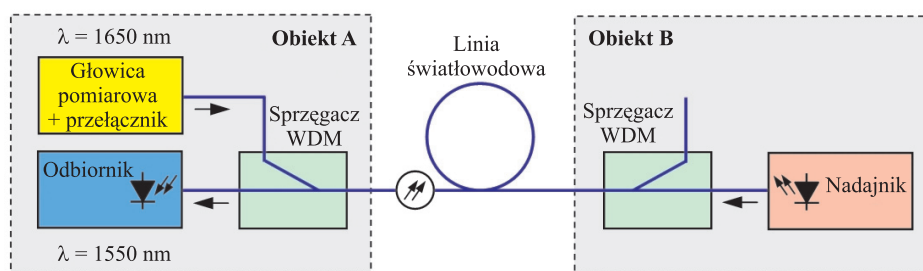
Nadzorowany tor światłowodowy należy wyposażyć na końcach w sprzęgacze WDM, separujące spektralnie ODTR od urządzeń aktywnych (rys. 10). Sprzęgacze podwyższają tłumienność toru optycznego o ok. 2,5 dB [25], co wymaga weryfikacji budżetu mocy łączy.

Równoczesna propagacja w jednomodowym włóknie światłowodowym o małym przekroju czynnym rdzenia $A_{\text{eff}} = 50\text{-}90 \mu\text{m}^2$ impulsów z reflektometru i nadajnika łączy prowadzi do ich intermodulacji w wyniku wymuszonego rozproszenia Ramana [26]-[27]. Zjawisko to jest najsilniejsze, kiedy długość fali OTDR jest o 70-120 nm dłuższa niż ta, na której pracuje łączy, na przykład 1550 nm, a praktycznie nie występuje w przypadku łączy 1310 nm. Podczas propagacji obu sygnałów w identycznym kierunku obserwuje się modulację amplitudy (tłumienie) sygnału w łączy w takt impulsów OTDR, które redukuje budżet mocy łączy i może prowadzić do błędów transmisji, wzmocnienie sygnału z OTDR wzdłuż linii i zaniżenie wskazań tłumienności, a także wzrost szumów na charakterystykach reflektometrycznych.

Wzajemne zakłócenia można ograniczyć przez propagację sygnałów w przeciwnych kierunkach i zmniejszenie mocy impulsów z OTDR wprowadzanych do włókna.

Przeciwbieżna propagacja impulsów z OTDR i nadajnika łączy w układzie z rys. 10 znacznie redukuje szkodliwą modulację amplitudy i zniekształcenia charakterystyk reflektometrycznych, gdyż maksymalny poziom sygnału w łączy, od którego zależy niepożądane wzmocnienie impulsów i ech OTDR występuje na oddalonym od GP końcu linii kablowej. Przedstawione rozwiązanie nie nadaje

się do monitoringu łączy DWDM ze wzmacniaczami EDFA o wysokiej mocy sygnału i wrażliwych na zakłócenia analogowych łączy spotykanych w sieciach TV kablowej. Ze względu na różne charakterystyki nadzorowanych łączy, w części przypadków jest konieczna redukcja mocy impulsów OTDR za pomocą tłumika, niestety kosztem spadku zakresu dynamiki i zasięgu systemu.



Rys. 10. Schemat monitoringu czynnego włókna światłowodowego

Koszt sprzęgaczy i ich montażu połączonego z przerwą w pracy łącza oraz konieczność sprawdzania kompatybilności systemu z nadzorowanym łączem sprawiają, że monitoring czynnych włókien stanowi wyjątkowe rozwiązanie dla ochrony sieci o specjalnym znaczeniu.

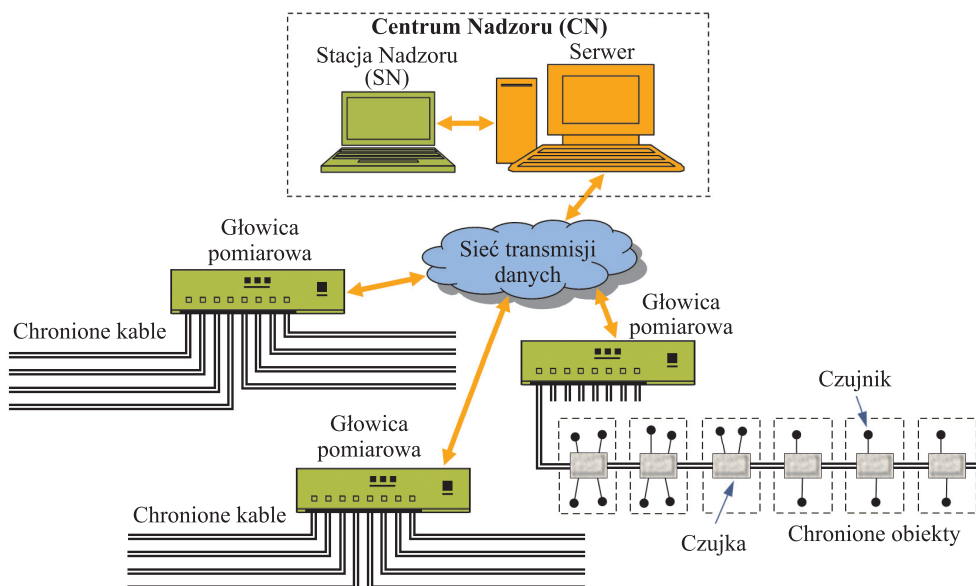
Opis techniczny systemu SPOT

Możliwości i elementy sprzętowe systemu

System SPOT umożliwia:

- monitorowanie ciągłości i parametrów (R, C) par przewodów miedzianych,
- lokalizację uszkodzeń kabli miedzianych,
- monitorowanie obiektów bezobsługowych za pomocą czujników,
- wprowadzanie i prezentację opisów obiektów i danych kontaktowych,
- sygnalizację uszkodzeń oraz prezentację elementów sieci i uszkodzeń na mapie,
- rejestrację i archiwizację zdarzeń w sieci,
- tworzenie raportów z danymi selekcjonowanymi według kryteriów użytkownika.

Ochrona linii kablowych obejmuje cykliczne pomiary parametrów par przewodów i włókien w liniach kablowych za pomocą głowic pomiarowych (GP) i porównywanie wyników z danymi wzorcowymi z pomiarów w czasie tzw. kalibracji linii. Zmiana przekraczająca ustalony zakres tolerancji powoduje alarm w centrum nadzoru (CN) i określenie przez oprogramowanie serwera CN miejsca uszkodzenia. System nadzoruje też obiekty bezobsługowe za pomocą czujników połączonych z GP parą przewodów przez interfejsy – czujki. Schemat blokowy SPOT przedstawia rys. 11.



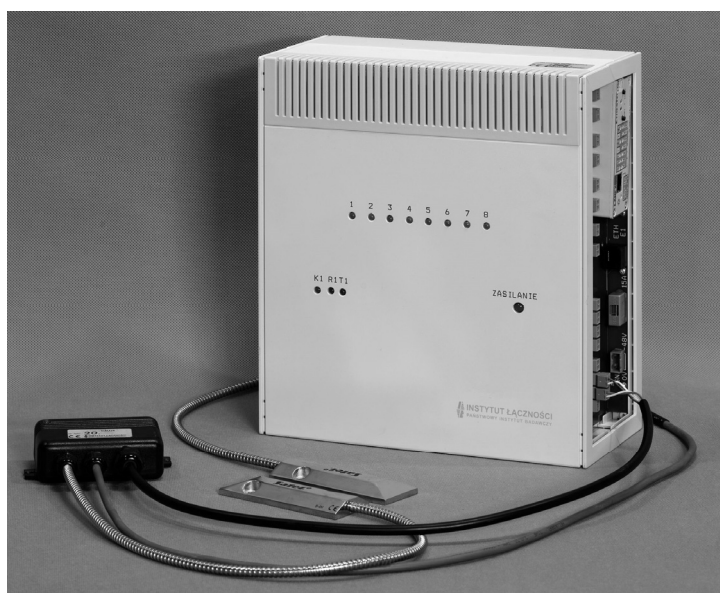
Rys. 11. Konfiguracja systemu SPOT

Do serwera CN są dołączone Stacje Nadzoru (SN) – komputery PC z wyspecjalizowanym oprogramowaniem, używane przez operatorów weryfikujących alarmy i przekazujących zlecenia napraw lub interwencji do firm serwisowych, agencji ochrony lub jednostek policji.

Głowica pomiarowa dla kabli miedzianych (rys. 12) ma 8 lub 16 portów dla linii kablowych i 8 dla linii z czujkami. Maksymalna liczba czujek przyłączonych do jednej pary przewodów zależy od poboru mocy oraz rezystancji przewodów i zawiera się zwykle w granicach 15-40. GP zbiera dane przez sekwencyjne „odpytywanie” czujek - przy 30 czujkach na linii czas aktualizacji danych wynosi około 2 s. Dane GP zestawiono w Tabeli 11.

Czujka to interfejs elektroniczny, do którego można przyłączyć cztery czujniki. Prócz klasycznych czujników włamaniowych i pożarowych, dla ochrony infrastruktury telekomunikacyjnej przydatne są czujniki temperatur wykrywające przegrzanie urządzeń w szafach ulicznych i kontenerach lub przechłodzenie akumulatorów w tych obiektach, a także kamery i mikrofony umożliwiające dokumentowanie włamań, kradzieży i nielegalnych prac oraz sprawdzanie osób wykonujących planowe roboty w sieci.

Serwer CN współpracuje z rozmieszczonymi w chronionej sieci głowicami pomiarowymi, które są z nim połączone za pośrednictwem sieci transmisji danych, wykorzystując protokół transmisji UDP lub TCP/IP. Umożliwia to scentralizowany nadzór całej sieci kablowej operatora, przy praktycznie dowolnej liczbie i lokalizacji GP.



Rys. 12. Głowica pomiarowa do kabli miedzianych, czujka przewodowa i dwa czujniki otwarcia obiektu

Tabela 11. Dane techniczne głowicy pomiarowej do kabli miedzianych i czujek SPOT

| | |
|---|---|
| Napięcie zasilania GP | 48 V _{DC} |
| Liczba portów dla pomiarów kabli | 8/16 |
| Liczba portów dla czujek | 8 |
| Zakres pomiaru rezystancji pętli | 0-4095 Ω |
| Zakres pomiaru pojemności | 20-1000 nF |
| Zakres pomiaru rezystancji izolacji | 0-500 kΩ |
| Napięcie zasilania czujek na zaciskach GP | 62 V _{DC} |
| Przepływność transmisji danych z czujek | 3,5 kbit/s |
| Napięcie zasilania czujki | 12-62 V _{DC} |
| Zakres temperatur pracy GP | -20...+70°C |
| Zakres temperatur pracy czujki | -30...+70°C |
| Protokoły transmisji danych | TCP-IP, UDP |
| Interfejs transmisji danych do CN | Ethernet 10/100 Mbit/s, 2 Mbit/s E1, modem V.32bis |

Oprogramowanie dla Centrum Nadzoru

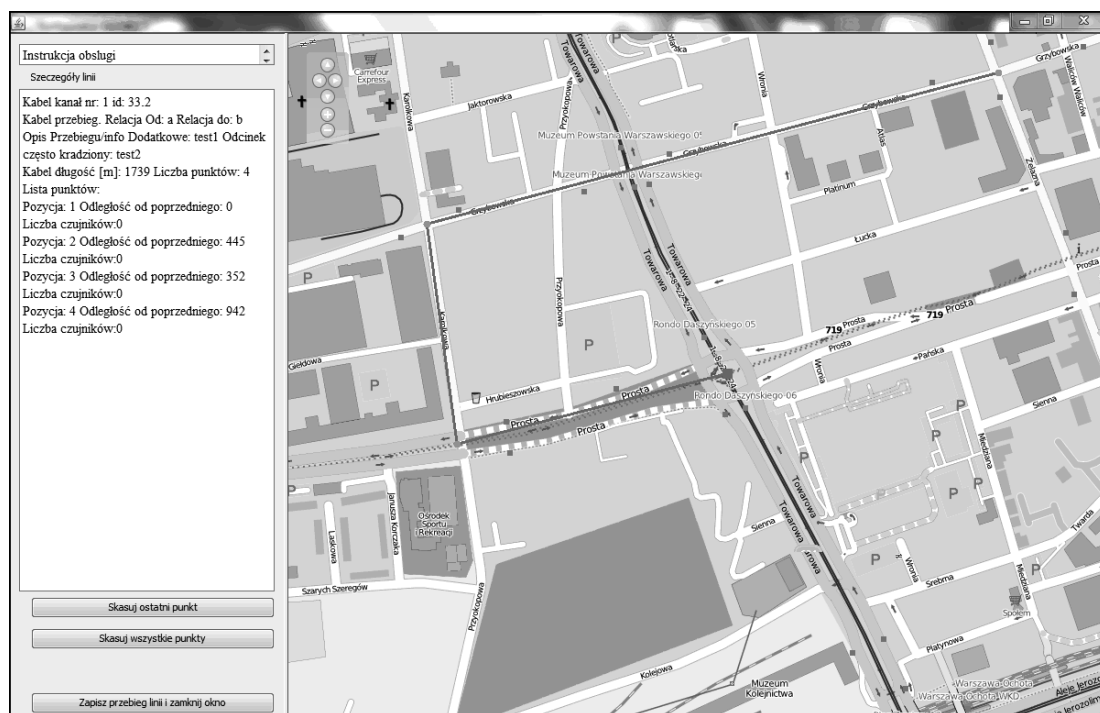
Oprogramowanie serwera CN i SN realizuje funkcje związane z:

- zbieraniem i obróbką danych pomiarowych z GP,
- wykrywaniem, sygnalizacją i lokalizacją uszkodzeń,

- instalacją, konfigurowaniem i nadzorem pracy własnych elementów sprzętowych,
- wprowadzaniem danych chronionych elementów sieci,
- utrzymywaniem bazy map cyfrowych,
- zarządzaniem użytkownikami o różnych poziomach uprawnień.

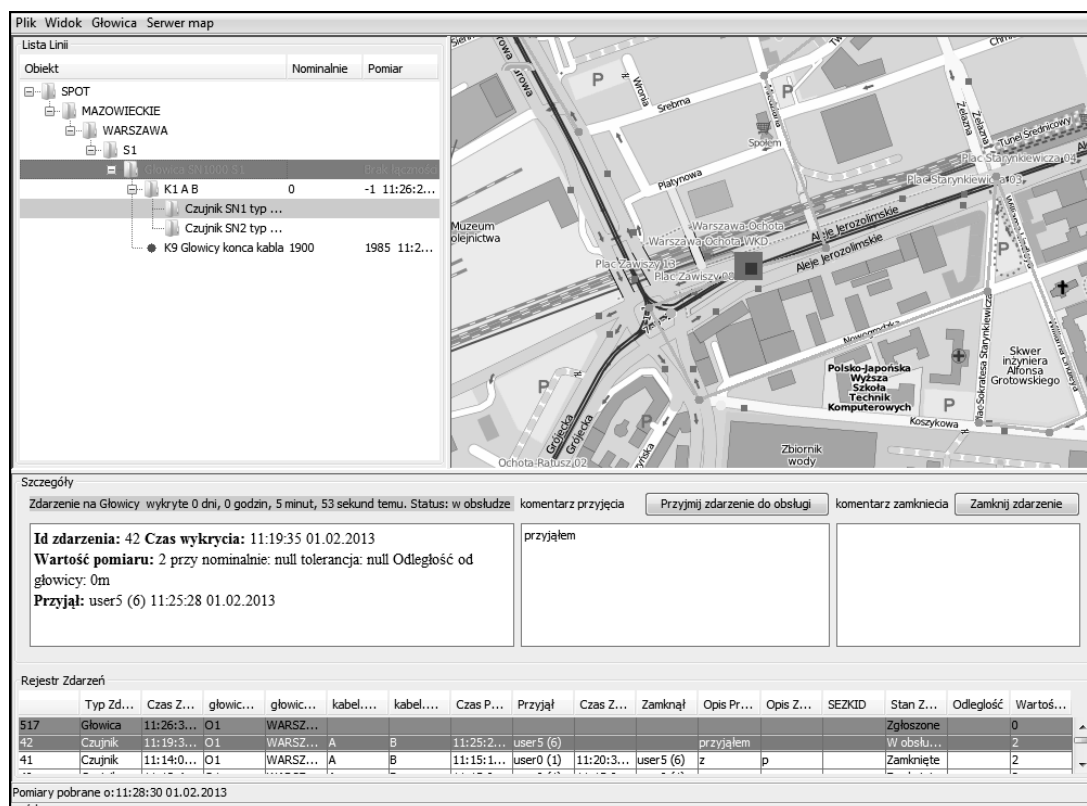
Oprogramowanie serwera pracuje pod Linuxem, a SN - Windows XP, Vista lub 7. Zestaw map cyfrowych Polski do prezentacji elementów sieci i uszkodzeń na Stacjach Nadzoru pochodzi z darmowego serwisu OpenStreetMap. Mapy używane w systemie mają postać plików graficznych PNG określanych jako „kafelki mapowe”. Wymieniony, niekomercyjny serwis mapowy nie gwarantuje ich dostępności i jakości, jednak dotychczasowe doświadczenia wykazały, że dokładność map jest wystarczająca dla SPOT. Dla zagwarantowania nieprzerwanej pracy systemu, kopie kafelków mapowych są przechowywane „offline” na serwerze Asseco Poland.

Planowana przez TP S.A. centralizacja monitoringu sieci telekomunikacyjnych w skali kraju dopuszcza fakt, że pracownicy CN nie będą znali specyfiki miejsca uszkodzenia i muszą polegać na informacjach z systemu monitoringu, takich jak dane o wcześniejszych uszkodzeniach, adresy, telefony i inne dane kontaktowe, lokalizacje i charakterystyki techniczne chronionych obiektów i miejsca częstych uszkodzeń i kradzieży kabli.



Rys. 13. Wprowadzanie trasy linii kablowej (linia falista) na Stacji Nadzoru

Oprogramowanie SPOT nadzoruje również działanie własnych głowic pomiarowych i ciągłość połączeń z nimi przez zewnętrzną sieć transmisji danych (rys. 14).



Rys. 14. Ekran aplikacji SN z sygnalizacją utraty połączenia CN z głowicą pomiarową, pokazaną na mapie jako mały kwadrat

Podsumowanie

System ochrony infrastruktury telekomunikacyjnej SPOT jest obecnie testowany w sieci TP S.A. w Lublinie, gdzie służy do ochrony kabli miedzianych w kanalizacji kablowej przed kradzieżami. W każdej z nadzorowanych studni kablowych zamontowano 2 magnetyczne czujniki otwarcia pokrywy, połączone przewodowo z GP zainstalowaną w szafie ulicznej z wyposażeniem DSLAM. System próbny monitoruje 5 linii kablowych o długości do 5 km, zawierających 94 studnie.

Autorzy są przekonani, że wdrożenie tego rodzaju rozwiązań oraz szybkie interwencje policji i agencji ochrony powinny ograniczyć uciążliwą i kosztowną plagę kradzieży kabli telekomunikacyjnych.

Praca naukowa jest finansowana ze środków na naukę w latach 2011-2012 jako projekt rozwojowy OR00012612 „Prototyp systemu perymetrycznej ochrony telekomunikacyjnej infrastruktury krytycznej”.

Bibliografia

- [1] Mishra P.: *Heterogeneous Access Networks and the Need for a Fibre-Rich Infrastructure*. FTTH Conference 2013, Londyn, Wlk. Brytania, 2013
- [2] Matyasik R.: *Doświadczenia Orange Polska w walce ze zjawiskiem kradzieży kabli*. Konferencja „Przeciwdziałanie kradzieżom metali”, Warszawa, 2012

- [3] *Kradzieże kabli telekomunikacyjnych*. Prezentacja TP na spotkanie „Kradzieże infrastruktury”, Warszawa, 2011
- [4] *Przeciwdziałanie wybranym zjawiskom przestępczym*. Wydział Prewencji KWP w Katowicach. Konferencja „Przeciwdziałanie kradzieżom metali”, Warszawa, 2012
- [5] Holzhammer J.: *On the case of copper theft*. Total Telecom, 2012
- [6] Hosken A.: *Scrap metal industry faces crackdown*. BBC News, 2012. [Online] Available <http://www.bbc.co.uk/news/uk-16411400>
- [7] Ransom D.: *Police – Private Partnership to Tackle Metal Theft*. Konferencja „Przeciwdziałanie kradzieżom metali”, Warszawa, 2012
- [8] Kotteeswaran C. S.: *BSNL cable theft goes unchecked*. Deccan Chronicle, 2012
- [9] *Ramowa oferta TP o dostępie telekomunikacyjnym w części infrastruktura telekomunikacyjna w zakresie kanalizacji kablowej*. TP S.A., 2011
- [10] *Projekt: Decyzja Nr DHRT-WORK-6082-7/11 (...) w przedmiocie zatwierdzenia „Ramowej Oferty TP o dostępie telekomunikacyjnym w części infrastruktura telekomunikacyjna w zakresie kanalizacji kablowej”*. UKE, 2012
- [11] André P., Rocha A., Domingues F., Facão M.: *Thermal Effects in Optical Fibres*. Developments in Heat Transfer, InTech, Rijeka, Chorwacja, 2011 [Online] Available http://cdn.intechopen.com/pdfs/19881/InTech-Thermal_effects_in_optical_fibres.pdf
- [12] Percival R. M., Sikora E. S. R., Wyatt R.: *Catastrophic damage and accelerated ageing in bent fibres caused by high optical powers*. Electronics Letters, vol. 36, no. 5, 2000, s. 414 - 416
- [13] Gebizlioglu O. S.: *Time- and Temperature-Dependent Material Behavior and Its Impact on Low-Temperature Performance of Fiber Optic Cables*. Materials Research Society Symposium Proceedings Vol. 531, San Francisco, USA, 1998, s. 333 - 345
- [14] *Reliability Of Fiber Optic Cable Systems: Buried Fiber Optic Cable, Optical Groundwire Cable, All Dielectric, Self Supporting Cable*. Alcoa Fujikura Ltd., 2001
- [15] *Identifying Basic Faults on Cable Pairs and Station Wiring*. dB Levels, Inc., i.H.E.L.P., 2007/2012
- [16] Valencia R.: *Outside Plant Telephone Cable Testing & Fault Locating*. 3M Test & Measurement Systems, Austin, USA, 1999
- [17] ZN-96/TP S.A.-029: *Telekomunikacyjne sieci miejscowe. Telekomunikacyjne kable miejscowe o izolacji i powłoce polietylenowej, wypełnione. Wymagania i badania*.
- [18] *Kable i przewody telekomunikacyjne*. Tele-Fonika Kable S.A., 2006.
- [19] ZN-05/TP S.A.-030: *Telekomunikacyjne sieci miejscowe. Łączniki żył. Wymagania i badania*.
- [20] Van den Berg O., Sengers W. G. F., Jager W. F., Picken S. J., Wübbenhorst M.: *Dielectric and Fluorescent Probes To Investigate Glass Transition, Melt, and Crystallization in Polyolefins*. Macromolecules, vol. 37, 2004, s. 2460-2470,
- [21] Biernacka B.: *Półempiryczne równanie opisujące naturalne pole temperatury gruntu w rejonie Białegostoku*. Budownictwo i inżynieria środowiska, Nr 1, 2010, s. 5-9

- [22] Krzysztofiak L., Mackiewicz A., Danilewicz J., Krzysztofiak A., Romański M.: *Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej Wigry za rok 2003*. Wigierski Park Narodowy - Wigierska Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. [Online] Available <http://www.wigry.win.pl/monit2003/index.htm>
- [23] Krzysztofiak L., Mackiewicz A., Danilewicz J., Krzysztofiak A., Romański M.: *Raport o stanie środowiska przyrodniczego Stacji Bazowej Wigry w roku hydrologicznym 2010*. Wigierski Park Narodowy - Stacja Bazowa Wigry - Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. [Online] Available <http://www.wigry.win.pl/monit2010/tytul.htm>
- [24] Zalecenie ITU-T L.41: *Maintenance wavelength on fibres carrying signals*. 05/2000
- [25] *OTDR-WDM Filter 1625 nm or 1650 nm*. FOC Fibre Optical Components GmbH 08/2011
- [26] Scheerer C.: *OTDR pulse power limit in on-line monitoring of optical fibres owing to stimulated Raman scattering*. Electronics Letters, Vol. 32, No. 7, 1996, s. 679-680,
- [27] Chen H., Leblanc M., Plomteux O.: *Live-Fiber OTDR Testing: Traffic and Measurement Impairments*. Technical Note 022, EXFO Electro-Optical Engineering Inc., 2007.

Krzysztof Borzycki



Dr inż. Krzysztof Borzycki – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1982); doktor nauk technicznych (2006, IŁ); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1982); pracownik laboratorium badawczo-rozwojowego firmy Ericsson Telecom w Szwecji (2001–2002); specjalista w zakresie badań kabli i włókien światłowodowych, osprzętu i systemów transmisyjnych; uczestnik europejskich programów badawczych COST-270, COST-299 i NEMO; wykładowca oraz instruktor w zakresie telekomunikacji optycznej; przedstawiciel IŁ w Polskim Komitecie Normalizacyjnym i IEC TC86. Aktualnie zaangażowany w opracowanie systemów monitoringu technicznego dla telekomunikacyjnych sieci kablowych (projekty SPOT i SMIT). Autor 60 publikacji i 2 patentów; tłumacz języka angielskiego; zainteresowania naukowe: telekomunikacja optyczna, kable i włókna światłowodowe, miernictwo optyczne, badania kabli i osprzętu, dyspersja polaryzacyjna.

e-mail: K.Borzycki@itl.waw.pl

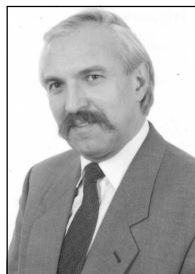
Paweł Gajewski



Mgr inż. Paweł Gajewski – absolwent Wydziału Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej (1983); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1983); zainteresowania: projektowanie oraz oprogramowanie urządzeń i systemów pomiarowych, kontrolnych itp. Aktualnie zaangażowany w projektowanie systemów monitoringu telekomunikacyjnych sieci kablowych oraz systemów pomiaru jakości energii elektrycznej.

e-mail: P.Gajewski@itl.waw.pl

Stanisław Dziubak



Mgr inż. Stanisław Dziubak – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1975); długoletni pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (od 1976); współautor wielu wniosków racjonalizatorskich i patentów; zainteresowania naukowe: projektowanie i wdrażanie systemów informatycznych, szczególnie kontrolno-pomiarowych oraz do monitoringu sieci kablowych i energetycznych. Współautor systemów: badania łączy międzymiastowych ABUS, rozliczania abonentów AST, monitorowania pracy central telefonicznych ASM oraz monitorowania infrastruktury telekomunikacyjnej SMOK i SPOT.

e-mail: S.Dziubak@itl.waw.pl

Michał Jabłoński



Mgr inż. Michał Jabłoński – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Kierownik projektów w Dziale Projektów Badawczo-Rozwojowych w Departamencie Organizacji Międzynarodowych i Rozwiązań Dla Sektora Bezpieczeństwa w Asseco Poland SA. Analityk w projektach B+R dotyczących infrastruktury krytycznej oraz bezpieczeństwa.

e-mail: michal.jablonski@asseco.pl

Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej

Andrzej Pękalski

Mikołaj Waszkiewicz

Artykuł opisuje projekt w ramach którego zaprojektowano mobilne laboratorium badawcze, które zostało wykonane przez Instytut Łączności we współpracy z Wojskowymi Zakładami Łączności Nr 1 w Zegrzu. Opisano zakres zastosowań i przeznaczenie takiej jednostki, funkcjonalność metrologiczną, wyposażenie w aparaturę pomiarową i możliwości eksploatacyjne. W dalszej części publikacji opisano przebieg realizacji projektu oraz uzyskane wyniki.

Mobilne laboratorium, planowanie i ocena jakości sieci radiowych, pomiary sieci radiokomunikacyjnych

Wprowadzenie

Mobilne Laboratorium Badawcze (MLB), przeznaczone do badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej, powstało w latach 2010-2012 w wyniku realizacji projektu rozwojowego o symbolu O R00 0075 11 – pracy finansowanej ze środków na naukę [1]-[2]. Obiekt został zaprojektowany, zbudowany, uruchomiony oraz poddany badaniom przez Instytut Łączności we współpracy z Wojskowymi Zakładami Łączności Nr 1 w Zegrzu.



Rys. 1. Mobilne Laboratorium Badawcze

MLB może być zastosowane do badań i prac rozwojowych, oceny funkcjonalności i jakości profesjonalnych ruchomych usług radiokomunikacyjnych. W szczególności umożliwia badania w sieciach

TETRA, DMR, GSM, UMTS i LTE oraz wykonywanie pomiarów parametrów radiowych (np. poziomu natężenia pola elektrycznego, sygnału użytecznego emitowanego przez stacje bazowe oraz zakłóceń wspólnokanałowych i sąsiednikanałowych), a także kompatybilności elektromagnetycznej, w tym prawidłowego wykorzystania widma radiowego, niezbędnych do oceny usług profesjonalnej radiokomunikacji (PMR).

Mobilny charakter laboratorium umożliwia wykonywanie badań w czasie jazdy, w miejscu świadczenia tych usług (*in situ*) w terenie lub w lokalizacji usługobiorcy i w warunkach zbliżonych do tych, w jakich usługi są faktycznie wykorzystywane [3].

MLB może wspomagać działania na rzecz poprawy efektywności funkcjonowania sieci łączności, w tym radiowej. Zgodnie z założeniami projektu, w ramach którego laboratorium zostało zaprojektowane i wykonane, jego wyposażenie oraz procedury badawcze mają zastosowanie między innymi w bardzo ważnym dla państwa obszarze bezpieczeństwa publicznego, obronności i zarządzania kryzysowego, w tym w odniesieniu do systemów dla zespołów dowodzenia i łączności.

W szczególności MLB i wyniki badań prowadzonych z zastosowaniem MLB mogą być wykorzystywane do:

- wspomaganie procesu planowania częstotliwości poprzez analizę stanu widma radiowego, poprzez pomiary zajętości zakresów częstotliwości z uwzględnieniem identyfikacji rzeczywistych (legalnych i nielegalnych) oraz pozornych źródeł emisji radiowych,
- wsparcia planowania i projektowania sieci radiowych, poprzez realizację pomiarów testowych, w celu weryfikacji poprawności planowania lub projektowania parametrów sieci radiowych (pomiaru użytecznego i zakłóceńowego natężenia pola elektromagnetycznego projektowanych stacji radiowych w obszarach działania planowanych sieci radiowych, weryfikacja metod i procedur projektowania),
- realizacji zadań odbiorów technicznych budowanych sieci i systemów radiowych (pomiaru zasięgów łączności, dostępności i jakości usług, zgodności z obowiązującymi przepisami i planami lub projektami),
- oceny dostępności i jakości usług publicznych sieci radiokomunikacyjnych,
- weryfikacji zgodności wykorzystania częstotliwości z rezerwacjami, identyfikacji źródeł emisji rzeczywistych i pozornych, w tym nielegalnych, weryfikacji stanu uzgodnień międzynarodowych dotyczących wykorzystywania częstotliwości w rejonach przygranicznych,
- wykrywania, identyfikacji i lokalizacji niepożądanych źródeł emisji radiowych mających negatywny wpływ na funkcjonowanie systemów i usług telekomunikacyjnych.

Unikatowość MLB, w porównaniu z innymi, istniejącymi w kraju mobilnymi laboratoriami, polega między innymi na tym, że jest ono przygotowane do realizacji badań zarówno funkcjonujących urządzeń, systemów i sieci radiowych, jak i planowanych, przygotowywanych i wdrażanych nowych systemów i sieci, a także do badań na potrzeby kontroli stanu środowiska elektromagnetycznego. Takie kompleksowe, zintegrowane rozwiązania mobilnych laboratoriów pomiarowych, nie są w praktyce spotykane.

MLB wyróżnia się także pod względem jakości, nowoczesności i funkcjonalności wykorzystywanego w nim specjalistycznego wyposażenia i oprogramowania, szerokiego zakresu możliwości pomiarowych, badawczych i analitycznych oraz możliwości realizacji badań w skali krajowej i międzynarodowej. Wyposażenie pozwala na realizację kompletnych, spójnych cykli badań (przygotowanie, pomiary, analizy, dokumentowanie, raportowanie) obejmujących takie działania jak:

- tworzenie własnych procedur – w oparciu o opracowane biblioteki MLB,
- realizację pomiarów w terenie – zgodnie z opracowaną metodyką funkcjonowania MLB i przyjętymi procedurami, z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury pomiarowej i oprogramowania do jej obsługi i automatyzacji badań,
- sterowanie i zarządzanie pomiarami – z wykorzystaniem specjalizowanego komputera i specjalistycznego oprogramowania,
- prowadzenie analiz uzyskanych wyników – z wykorzystaniem oprogramowania analitycznego,
- dokumentowanie pomiarów oraz tworzenie raportów – z wykorzystaniem możliwości sprzętowo-programowych części stacjonarnej MLB oraz zgodnie z zawartymi w bibliotekach wzorami dokumentów.

Kompleksowy sposób działania MLB zapewnia między innymi jego architektura, przewidująca funkcjonowanie powiązanych ze sobą elementów, odpowiedzialnych za realizację poszczególnych, głównych funkcji laboratorium, istotnych dla zapewnienia pełnej, zakładanej funkcjonalności MLB. Tymi elementami są:

- część mobilna MLB – pomiarowo-badawcza,
- część stacjonarna MLB – analityczno-dokumentacyjna,
- zaplecze dokumentacyjne do badań – biblioteki procedur badawczych, wymagań, wzorów dokumentów, dokumentacji technicznej oraz systemu jakości,
- zaplecze dokumentacyjne do utrzymania infrastruktury MLB – dokumentacja techniczna infrastruktury oraz metodyki funkcjonowania laboratorium,
- baza stacjonarnej MLB – do prac przygotowawczych oraz prac konserwacyjnych pojazdu i wyposażenia MLB.

Koncepcja i wymagania techniczne i eksploatacyjne dla MLB

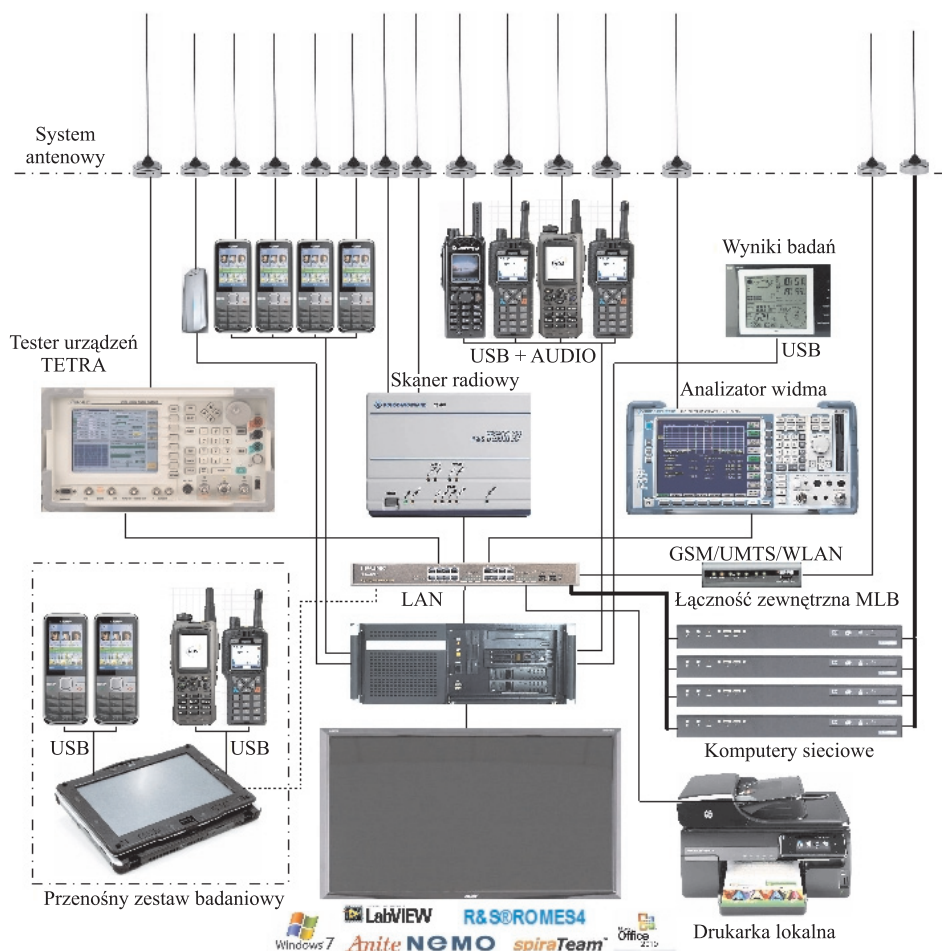
Projektowanie architektury MLB

Opis projektu zawarty we wniosku konkursowym [1] oraz w umowie o wykonanie [2] prezentuje MLB, jako ruchomy kompleks aparatury badawczej, umożliwiający prowadzenie badań usług radiokomunikacyjnych w terenie w miejscu faktycznego świadczenia tych usług. Zgodnie z założeniami MLB miało przede wszystkim służyć badaniom usług wykorzystywanych przez służby mundurowe i reagowania kryzysowego, zwłaszcza dysponujących cyfrowymi systemami trunkingowymi w terenie. Założono zaprojektowanie i wytworzenie, w warunkach przemysłowych, prototypu, którego funkcjonalności będą mogły być zademonstrowane i zastosowane w praktyce.

Koncepcja budowy i funkcjonowania MLB [3] stanowiła podstawę do opracowywania wszystkich pozostałych dokumentów technicznych i organizacyjnych MLB. Zdobywane w trakcie prac projektowych i konstruktorskich doświadczenia jednak spowodowały potrzebę weryfikacji pewnych ustaleń początkowych. Zmiany i nowości pokazano w dwóch suplementach [5]-[6] oraz w kolejnych w dokumentach, a zwłaszcza w wymaganiach technicznych i eksploatacyjnych [7] oraz w metodyce funkcjonowania MLB [12]-[13].

Tworząc koncepcję przeprowadzono rozpoznanie możliwości technicznych budowy mobilnego laboratorium i sformułowano wymagania na jego komponenty. Objęły one aparaturę badawczą i infrastrukturę, zapewniającą funkcjonowanie MLB w terenie, a także umożliwiającą prowadzenie badań i opracowywanie wyników.

Ze względu na Prawo Zamówień Publicznych wymagania na komponenty MLB zostały sformułowane bez wskazywania na konkretne produkty i dostawców. Wymagania techniczne, które faktycznie wykorzystano do realizacji przetargów zgromadzone w dokumencie „Wymagania techniczne i eksploatacyjne” [7], czyli zbiorze opisów przedmiotów zamówienia (OPZ) z tych postępowań przetargowych, które zakończyły się chociaż częściowym sukcesem, tzn. w wyniku tych postępowań dokonano wyboru oferenta, podpisania umowy i dostarczenia zamówionych produktów [8]. Oznacza to, że te wymagania odpowiadają rzeczywistym, dostępnym na rynku produktom.



Rys. 2. Schemat konfiguracji wyposażenia badawczego MLB

Istotę wyposażenia badawczego MLB (rys. 2) stanowią:

- skaner radiowy Rohde&Schwarz TSMW wraz z terminalami-radiotelefonami i modemami oraz oprogramowaniem sterującym i przetwarzającym wyniki badań funkcjonalnych i jakościowych,
- analizator widma elektromagnetycznego Rohde&Schwarz FSP do obserwowania warunków realizacji usług radiokomunikacyjnych,
- tester urządzeń sieci TETRA Aeroflex 3920 do badania poprawności działania stacji bazowych, przekaźników i terminali standardu TETRA,

- aplikacja bazodanowa spiraTeam do zarządzania projektami oraz badaniami. Przynrzędy pomiarowe zostały zilustrowane na rysunkach 3-6.



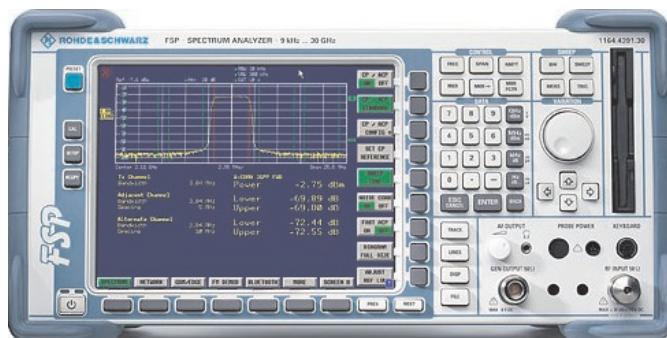
Rys. 3. Skaner radiowy R&S TSMW

Skaner wykonuje badania interfejsu radiowego oraz funkcji sieci TETRA, GSM/UMTS, LTE na interfejsie radiowym, w tym analizy sygnałów w sieci TETRA, pokrycia radiowego i identyfikacji zakłóceń. Użytkowanie skanera tego typu wiąże się nierozdzielnie z wykorzystaniem pakietu specjalistycznego oprogramowania ROMES4.



Rys. 4. Terminale wykorzystywane do badań funkcjonalnych i jakościowych usług radiokomunikacyjnych

Stacje ruchome (radiotelefony noszone) TETRA przeznaczone do zautomatyzowanych badań funkcjonalności i jakości usług sieci TETRA. Podobne zastosowanie mają telefony komórkowe GSM/UMTS oraz modemy GSM/UMTS/LTE. Zostały one przystosowane do współpracy z komputerem oraz oprogramowaniem ROMES4.



Rys. 5. Analizator widma elektromagnetycznego

Analizator widma pozwala na obserwowanie, analizowanie i dokumentowanie stanu widma elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości znacznie szerszym od tego, które jest przedmiotem skanowania i w którym są wykonywane badania funkcjonalne systemów radiokomunikacyjnych. Ma to na celu identyfikowanie i śledzenie źródeł komponentów widma w dziedzinie częstotliwości, które mogą negatywnie wpływać na sygnały użytkowe.



Rys. 6. Tester urządzeń TETRA

Tester realizuje pomiary parametrów oraz badania funkcjonalne urządzeń systemów TETRA, a w szczególności stacji bazowych, stacji ruchomych działających w trybie trunkingowym oraz bezpośrednim. W szczególności takim testerem wykonywane są badania nadajników i odbiorników stacji TETRA pod względem zgodności ich parametrów ze stawianymi wymaganiami. Wykonywane są również badania sterowania (wymiany sygnałów i protokołów) oraz realizacji funkcji użytkowych (połączeń telefonicznych, transmisji SDS i danych).

Przedmiotem projektu było skompletowanie, zainstalowanie w mobilnym środowisku, uruchomienie i wdrożenie do użytkowania wymienionego wyposażenia badawczego umożliwiającego prowadzenie badań określonych usług radiokomunikacyjnych.

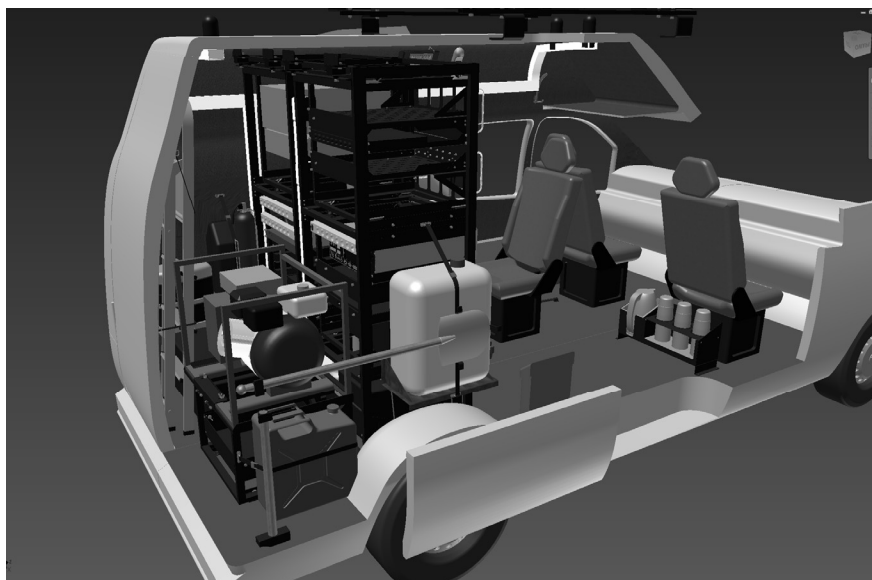
Infrastruktura MLB, zintegrowanie i uruchomienie prototypu

Zapewnienie mobilności i autonomii działania MLB

Opisane powyżej wyposażenie badawcze musi mieć zapewnione odpowiednie warunki do działania. Założenie, że badania usług będą wykonywane *in situ*, w terenie, a także w ruchu, prowadzi do wniosku, że jest potrzebna infrastruktura zapewniająca możliwość pracy aparatury w poruszającym się pojeździe i w warunkach tylko zdalnego kontaktu pomiędzy MLB, a infrastrukturą stacjonarną znajdującą się w miejscu stacjonowania. Aby spełnić te warunki w zakresie infrastruktury MLB:

- kupiono samochód spełniający wymagania odnośnie możliwości zainstalowania w nim specjalistycznego wyposażenia,
- zidentyfikowano i kupiono szereg elementów mających zapewnić zarówno odpowiednie warunki działania wyposażenia (zwłaszcza zasilanie) i warunki pracy załogi,
- zaprojektowano i wytworzono szereg elementów mechanicznych, które pozwalają na odpowiednie rozmieszczenie i umocowanie komponentów MLB i zapewniają możliwość ich pracy w pojeździe [10],
- zaprojektowano i wytworzono okablowanie łączące komponenty MLB [10],
- zidentyfikowano i kupiono infrastrukturę teleinformatyczną (sprzęt i oprogramowanie), tworzącą warunki do sterowania aparaturą badawczą, gromadzenia i przetwarzania wyników badań oraz do komunikacji z infrastrukturą stacjonarną.

W procesach projektowania i integrowania elementów MLB wykorzystano zaawansowane oprogramowanie do tworzenia dokumentacji oraz modelowania wyników. Przykładowy wynik wizualizacji konstruowania i integracji elementów MLB przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Studium rozmieszczenia wyposażenia i obsługi MLB w pojeździe

Elementy infrastruktury zintegrowano ze sobą oraz z wyposażeniem badawczym, tworząc mobilne laboratorium. Wygląd stanowiska operatora części mobilnej MLB pokazano na rys. 8, przy czym ważnym przedmiotem tej części prac było opracowanie dwóch stojaków o specjalnej konstrukcji uwzględ-

niającej warunki panujące w poruszającym się samochodzie, w których zainstalowano aparaturę badawczą oraz elementy infrastruktury teleinformatycznej.



Rys. 8. Stanowisko pracy operatora części mobilnej

Stacjonarne zaplecze MLB

Mimo, że główną cechą MLB jest wykonywanie badań w terenie i w ruchu, ze względów praktycznych i ekonomicznych większa część prac przygotowawczych do badań, a także opracowanie wyników badań powinno być wykonywane w stacjonarnym zapleczu. Zaplecze takie zostało zorganizowane i wyposażone w zasoby informatyczne (rys. 9) oraz modelowe fragmenty infrastruktury MLB.



Rys. 9. Stacje robocze części stacjonarnej MLB

Wyposażenie informatyczne umożliwia, przy wykorzystaniu zasobów sieci lokalnej w Instytucie Łączności oraz dostępu do Internetu, przygotowywanie badań, tj. ustalanie wymagań i celów badań, opracowywanie zestawów procedur badawczych, uzgadnianie szczegółów organizacyjnych i logistycznych.

W zapleczu stacjonarnym przewidziano fragmenty infrastruktury do prowadzenia obsługi aparatury pomiarowej w przypadku, gdy warunki w pojeździe na to nie pozwolą. Zapewniono też możliwości pracy stacjonarnej MLB (bez potrzeby uruchamiania silnika samochodu w celu podtrzymania zasilania), zarówno w zamkniętym pomieszczeniu, niezależnie się od warunków atmosferycznych i na otwartym terenie w typowych warunkach pracy urządzeń radiowych.

Wykonana w ramach projektu dokumentacja konstrukcyjna oraz przewodnik po elementach infrastruktury MLB zostały zawarte w [11].

Metodyka i rezultaty działania MLB

Metodyka funkcjonowania MLB opisuje zasady działania MLB prowadzące do zaspokojenia potrzeb klientów laboratorium [12], [13]. Obejmuje ona obszar i przedmiot działalności MLB, profile spodziewanych klientów i ich przewidywane oczekiwania, rodzaje badań (badania funkcjonalności, badania jakości, badania pokrycia radiowego), a także metody badań oraz zasady ich walidacji. Opisuje ponadto właściwości metod badawczych (pewność, dokładność, powtarzalność), potrzebne wyposażenie, uzyskiwane wyniki i produkty przekazywane klientom oraz metody walidacji wyników.

Po stronie obróbki danych pomiarowych metodyka precyzuje zasady tworzenia i dokumentowania procesów, procedur i instrukcji, organizacji bibliotek procesów i procedur oraz ich wykorzystania do przygotowania i wykonania programu badań, metody przetwarzania wyników badań i ich prezentacji, a także metody analizy, oceny i formułowania wniosków.

Przyjęta w koncepcji MLB metodyka jego działania może być zrealizowana w praktyce tylko przy wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi informatycznych. Dzięki temu możliwe jest zautomatyzowanie szeregu procesów, zwielokrotnienie możliwości pozyskiwania i przetwarzania informacji o przedmiocie badań.

Biblioteki wymagań i procedur badawczych

W początkowych fazach realizacji projektu opracowano własną metodę opisu wymagań i procedur z wykorzystaniem narzędzi biurowych (MS Office). Po zakupieniu specjalistycznej aplikacji do zarządzania projektami i badaniami (Inflectra spiraTeam) prace nad bibliotekami procedur przeniesiono na tę platformę.

Na rysunkach 10-13 zilustrowano zasadnicze formularze stanowiące elementy opisu procesu badań, które są wykorzystywane do planowania i rejestracji wyników.

Requirement: NEW [RQ:000053]

Name*: NEW

Description:

Importance: -- None --

Status*: Requested

Creation Date: 2011-12-19 12:22:36

Last Updated: 2011-12-19 12:22:50

Author*: System Administrator

Release: -- None --

Owner: -- None --

Plan Effort: hours

Test Coverage * | Tasks | Comments | Custom Props | Attachments | History * | Associations

Available Test Cases:

| ✓ | Name |
|--------------------------|------|
| <input type="checkbox"/> | NEW |

► Add >

► Remove <

► Remove All

Test Coverage:

| ✓ | ID | Name | Status |
|--------------------------|----------|------|---------|
| <input type="checkbox"/> | TC000147 | NEW | Not Run |

> Create Test Case From This Requirement

The test coverage box indicates the test cases that are currently mapped against the requirement. To add test cases to this requirement, choose from the list above and click [Add]. You can use the [Remove] and [Remove All] buttons to remove tests that no longer cover the requirement.

Rys. 10. Formularz ekranowy wymagania

Wymagania (rys. 10) określają co ma być zbadane i jakie są oczekiwane właściwości przedmiotu badania. Jest to określenie celu badań.

Test Case: New Test Case [TC:000428]

Name*: New Test Case

Description:

Author*: Andrzej Pękalski

Owner: -- None --

Active*: Yes

Est. Dur.: hours

Creation Date: 2012-05-28 10:05:44

Execution Status: Not Run

Last Executed: 2012-06-05 12:15:46

Test Steps * | Req. Coverage * | Automation | Comments | Custom Props | Test Runs * | Releases | Attachments | History

Available Requirements:

| ✓ | Name |
|--------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | New Requirement (New Test Case...) |

► Add >

► Remove <

► Remove All

Requirements Coverage:

| ✓ | ID | Name | Status |
|--------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> | RQ000426 | New Requirement (New Test Case...) | Requeste |

> Create Requirement From This Test Case

The requirements coverage box indicates the requirements that are currently mapped against the test case. To add requirements to this test case, choose from the list above and click [Add]. You can use the [Remove] and [Remove All] buttons to remove requirements that are no longer covered by the test case.

Rys. 11. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką wymagań

Tak jak każdemu wymaganiu powinna odpowiadać co najmniej jedna procedura badań, tak w opisie procedury (rys. 11) jest pokazane z jakiego wymagania ona wynika.

Test Case New Test Case [TC:000428]

Name*: New Test Case

Description: -- Font -- -- Size --

Author*: Andrzej Pękalski Est. Dur.: hours

Owner: -- None -- Creation Date: 2012-05-28 10:05:44

Priority: -- None -- Execution Status: Not Run

Active*: Yes Last Executed: 2012-06-05 12:15:46

| Test Steps * | Req. Coverage * | Automation | Comments | Custom Props | Test Runs * | Releases | Attachments | History |
|---|-----------------|------------|-----------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| > Insert Step Insert Link Delete Copy Refresh -- Show/Hide columns -- Edit Parameters | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | @ | Step # | Test Step Description | Expected Result | Sample Data | Execution Status | ID | Edit |
| <input type="checkbox"/> | | Step 1 | | | | Passed | TS000249 | Edit |
| <input type="checkbox"/> | | Step 2 | | | | Not Run | TS000250 | Edit |

Show 15 rows per page Displaying page 1 of 1

To change the order of the test steps, please click on the test step/link icon and drag it to the appropriate place in the list.

Rys. 12. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką kroków

Szczegółowy opis procedury stanowią jej kroki (test steps). Każdy krok jest jednostką, której jest przypisany oczekiwany rezultat oraz werdykt, stanowiący wynik procesu badawczego (rys. 12). W przypadku określonych niepozytywnych werdyktów automatycznie jest ustalany werdykt dla całej procedury i jest otwierany incydent, czyli proces analizy i doprowadzania badanego obiektu do stanu, w którym będzie możliwe uzyskanie pozytywnego werdyktu.

Test Case New Test Case [TC:000428]

Name*: New Test Case

Description: -- Font -- -- Size --

Author*: Andrzej Pękalski Est. Dur.: hours

Owner: -- None -- Creation Date: 2012-05-28 10:05:44

Priority: -- None -- Execution Status: Failed

Active*: Yes Last Executed: 2012-06-05 12:35:18

| Test Steps * | Req. Coverage * | Automation | Comments | Custom Props | Test Runs * | Releases | Attachments | History | | | | |
|--|-----------------|---------------|------------|--------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| > Refresh Apply Filter Clear Filter -- Show/Hide columns -- | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | @ | Test Run Name | End Date | Test Set | Type | Tester | Release | Execution Status | Est. Dur. | Act. Dur. | Test Run # | Edit |
| <input type="checkbox"/> | | New Test Case | 5-cze-2012 | | Manual | Andrzej Pękalski | | Passed | | 0.0h | TR000055 | Edit |
| <input type="checkbox"/> | | New Test Case | 5-cze-2012 | | Manual | Andrzej Pękalski | | Failed | | 0.0h | TR000059 | Edit |

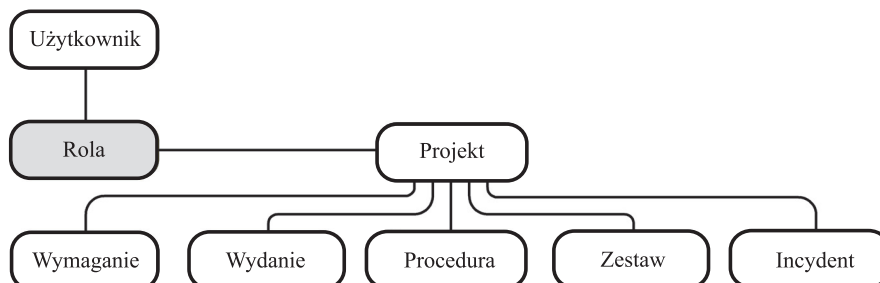
Show 15 rows per page Displaying page 1 of 1

Rys. 13. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką wykonania

Narzędzie spiraTeam obejmuje również generator raportów, umożliwiający prezentowanie zawartości poszczególnych fragmentów bazy danych w różny sposób.

Zarządzanie procesem badań z zastosowaniem aplikacji bazodanowej spiraTeam

Oprócz formy zapisu wymagań, procedur i wyników, aplikacja spiraTeam wspomaga również realizację całego projektu badawczego, co zapewnia odpowiednią jakość badań oraz daje możliwość ich automatyzacji.

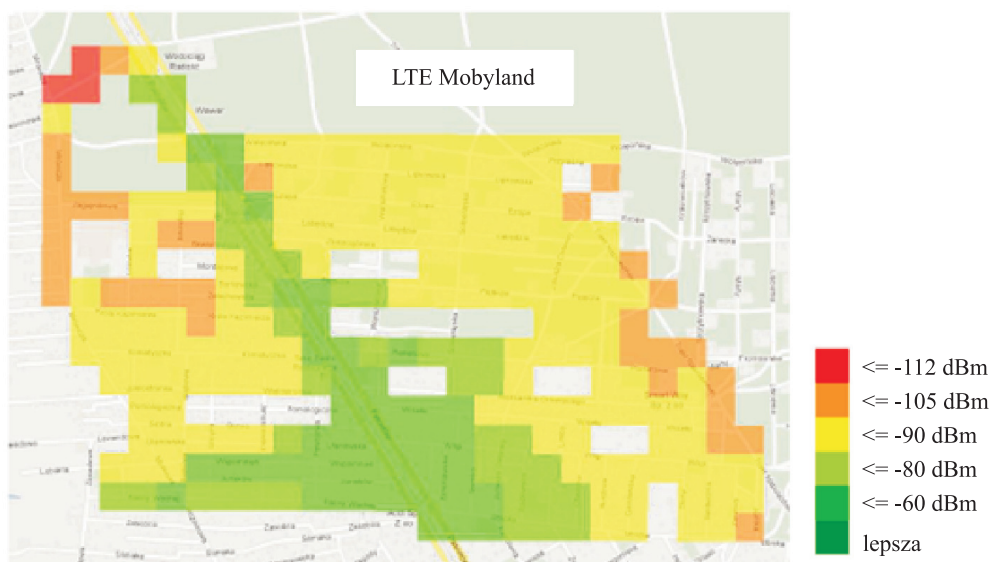


Rys. 14. Podstawowe elementy projektu badawczego zarządzanego za pomocą spiraTeam

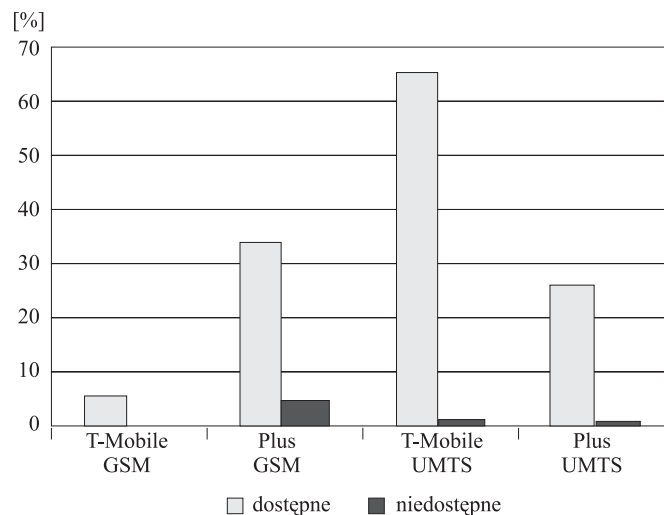
Przetwarzanie wyników pomiarów

Pakiet oprogramowania R&S ROMES4 (obejmujący moduł analizatora problemów sieciowych NPA) jest wykorzystywany w MLB do przetwarzania danych pozyskanych w trakcie badań prowadzonych w terenie. Umożliwia to szybkie i atrakcyjne przedstawianie zgromadzonych danych tak, aby ich odbiorca w łatwy sposób mógł wyciągać wnioski. Jest to jedna z dróg do zmniejszenia nakładu pracy i przyspieszenia prac przy opracowywaniu wyników badań, a tym samym raportów z badań.

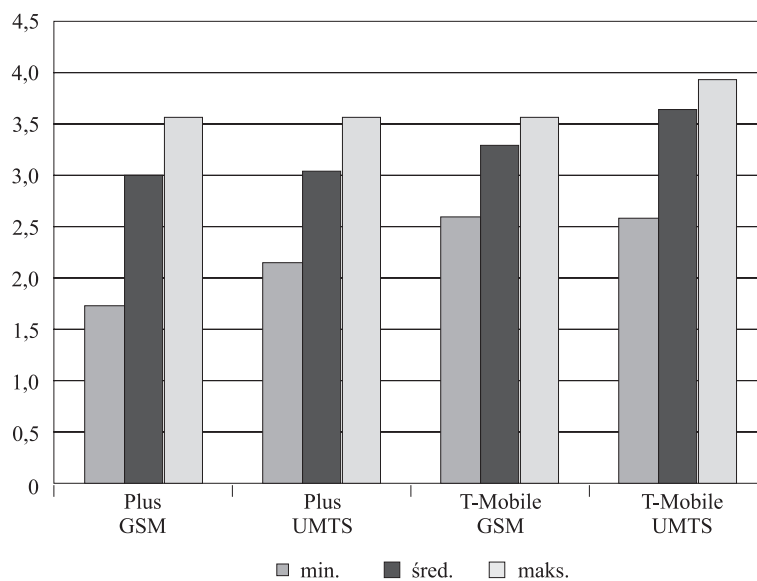
Na rysunkach 15-17 przedstawiono przykłady analiz uzyskanych za pomocą narzędzi ROMES NPA. Rysunek 15 jest przykładem analizy wyników pomiarów naniesionych na mapę. Rysunki 16 i 17 pokazują wyniki badań przetworzone do postaci diagramów słupkowych.



Rys. 15. Moc odbieranego sygnału referencyjnego (RSRP) najsilniejszego nadajnika LTE (TopN, N=1)



Rys. 16. Dostępność usługi telefonicznej (Telephone Service Accessibility)



Rys. 17. Jakość głosu w próbkach (Speech Quality on Sample Basis) według skali MOS

Podsumowanie realizacji projektu

Podstawowy wynik projektu - prototyp ruchomego laboratorium o założonej funkcjonalności - został zweryfikowany poprzez serię przeprowadzonych badań dostępnych sieci radiokomunikacyjnych, przeprowadzonych zgodnie z metodyką MLB [14].

Przeprowadzone badania prototypu wykazały, że cel projektu - opracowanie i wytworzenie prototypu MLB spełniającego odpowiednie wymagania - został osiągnięty.

W wyniku realizacji projektu Instytut Łączności zdobył doświadczenie w zakresie opracowywania i wykorzystywania mobilnych laboratoriów badawczych. Otwiera to placówce drogę do prowadzenia podobnych prac konstrukcyjnych i usługowych w przyszłości, także na warunkach komercyjnych.

Bibliografia

- [1] Wniosek o finansowanie projektu rozwojowego własnego, część B; Numer rejestracyjny wniosku: Nr O R00 0075 11, Tytuł projektu: Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności
- [2] Umowa Nr 0075/R/T00/2010/11 o wykonanie projektu rozwojowego Nr O R00 0075 11
- [3] Chojnacki B., Pękalski A.: *Badania usług komunikacji elektronicznej w terenie – wyzwania i rozwiązania*, XXVII Krajowe Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Łódź 2011
- [4] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, wersja 2.2, Warszawa, grudzień 2010
- [5] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, Suplement 2011, wersja 1.2, Warszawa, grudzień 2011
- [6] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, Suplement 2012, wersja 1.3, Warszawa, sierpień 2012
- [7] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Wymagania techniczne i eksploatacyjne, wersja 3.2, Warszawa, czerwiec 2012
- [8] Dokumentacja przetargów (*zbiory w postaci elektronicznej w zasobach MLB oraz w BIP IŁ PIB*)
- [9] Dokumentacja fabryczna zakupionych komponentów MLB (*zbiory w postaci elektronicznej w zasobach MLB*)
- [10] Mobilne Laboratorium Badawcze (MLB) Dokumentacja konstrukcyjna DK-192.00.00.00; Wojskowe Zakłady Łączności nr 1, Zegrze
- [11] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Infrastruktura mobilnego laboratorium, wersja 1.17, Warszawa, wrzesień 2012
- [12] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Metodyka funkcjonowania MLB, część 1, wersja 2.6, Warszawa, sierpień 2012
- [13] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Metodyka funkcjonowania MLB, część 2, wersja 2.6, Warszawa, wrzesień 2012

[14] Mobilne Laboratorium Badawcze, Zespół Badań Prototypu MLB, Sprawozdanie nr 1 z badań prototypu MLB, Warszawa 2012.

Uwaga: Poniższe dokumenty lub zbiory dokumentów są dokumentacją projektu rozwojowego Nr O R00 0075 11 pt. Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności.

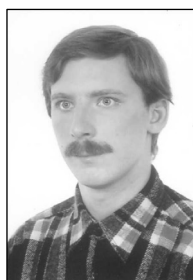
Andrzej Pękalski



Mgr inż. Andrzej Pękalski – Absolwent Politechniki Warszawskiej o ponad trzydziestoletnim stażu w różnych ośrodkach badawczo-rozwojowych firm branży telekomunikacyjnej: Polska Poczta, Telegraf i Telefon, Instytut Łączności, Alcatel, Telekomunikacja Polska. Uczestniczył w pracach Sektora Normalizacji Telekomunikacji Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU-T) oraz TeleManagement Forum. W Instytucie Łączności obecnie pracuje w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Jest przewodniczącym Komitetu Technicznego Telekomunikacji w Polskim Komitecie Normalizacji. W latach 2010 - 2012 kierował projektem „Mobilne badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności” finansowanym ze środków na naukę.

e-mail: A.Pekalski@itl.waw.pl

Mikołaj Waszkiewicz



Mikołaj Waszkiewicz – absolwent Politechniki Warszawskiej, wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych na kierunku telekomunikacja (1998). Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Łączności w Warszawie. Tu zajmuje się pisaniem oprogramowania i analizą danych związanych z badaniami jakości sieci telekomunikacyjnych. Uczestniczy też w pracach projektowych systemów badania jakości sieci telekomunikacyjnych takich jak AWP-IL oraz MLB.

e-mail: M.Waszkiewicz@itl.waw.pl

Nature of Atmospheric Discharges

Karol Aniserowicz

This article presents simplified description of the phenomenon of lightning, with special regard to the cloud-to-ground discharges, and parameters of standardized lightning electromagnetic pulses. Measures of protection against lightning are pointed out. These parameters and measures are important for proper lightning protection of telecommunication facilities.

Lightning Electromagnetic Pulse (LEMP), lightning phenomenon, protection against lightning

Introduction

The natural phenomenon of lightning has previously been treated mainly as a fire hazard or a threat for living beings. In parallel with technological progress, lightning has become a significant threat for electronic devices, especially for telecommunication sites.

Lightning protection is one of important engineering challenges. The protection measures may be chosen properly if the design process is based on knowledge about the nature and parameters of the atmospheric discharges. There are many publications concerning these topics, i.e. [1]-[11]. However, many engineers do not read them for different reasons. Understanding the lightning protection rules is not very common. It is often seen that opportunistic marketing leads to unnecessary or sometimes even hazardous selections. Hence, there is a need of publishing of considerably short papers in engineering journals and magazines, concerning basics of lightning protection and describing this in a simplified but nontrivial manner. The present paper belongs to that group of publications.

The electrostatic phenomena accompany different processes occurring in the atmosphere. The electric field of about 130 V/m exists close to the ground even during a sunny day in the mid-latitudes. The typical potential difference between the Earth's surface and the lower part of the ionosphere is from 200 to 500 kV. Due to this, a so-called fair-weather current of density of several pA/m² flows in the air.

The electric nature of lightning is known from about 260 years. It was proved by Benjamin Franklin during his famous kite experiment in year 1752. This experiment gave the basis for invention of a lightning rod. In Poland, Józef Osiński was the pioneer of lightning protection. He was the priest and lecturer in physics and chemistry in the Piarists Collegium Nobilium in Warsaw. Under his influence the first lightning rod was installed on the clock tower of the Royal Castle in Warsaw in year 1784.

The foundations of modern knowledge about the distribution of electrical charges in the storm clouds were developed at the beginning of the twentieth century. A special role was played by two British scientists G. C. Simpson and C. T. R. Wilson.

Simpson measured the loads carried by raindrops directly beneath the clouds. Later, he developed a tool to measure the vertical component of the electric field from the balloon deep into the clouds. Wilson studied the changes in the electric field accompanying lightning bolts at a distance from clouds, and on this basis, he determined the value and polarity of discharge in the clouds, and between clouds and the ground. Wilson was awarded the Nobel Prize in year 1927 (together with A. H. Compton) for his research on the electric charges in so-called storm cell. Three regions with dissimilar electrostatic polarization are present in a thundercloud: the highest is a large area of positively charged ice crystals, the lower part is dominated by the negative charge, and at the cloud base there is a small zone of positive polarity.

Atmospheric discharges are classified as:

- cloud-to-ground (CG),
- intracloud (IC), occurring wholly within the cloud - well over 50% of all flashes,
- cloud-to-cloud,
- cloud-to-air (including ionosphere).

Cloud-to-cloud and cloud-to-air discharges occur less frequently than either IC or CG lightning. About 2000 thunderstorms take place on the Earth at any moment. Within every second about 100 lightning strikes of any type, not only CG, are recorded on average all around the globe. This gives an average density of discharges of about 6 per km² per year. The average year density of discharges in the lands ranges from 2 to 5 per km², and in areas with the highest storm activity – up to 50 per km². In Poland, the average number of stormy days per year vary from less than 16 (north) to 36 (south) [12]. Temperature of plasma in the lightning channel reaches 30000°C, exceeding five times the surface temperature of the Sun.

Information on lightning is provided by experimental studies. Research centers are located in areas of high storm activity, where discharges are provoked by rockets fired toward the clouds. Such centers are located, for example, in the United States – in Florida and New Mexico, in Australia – on Melville Island. Studies using rockets were also performed in France and Japan. There are many publications of natural discharge measurements carried out on high building objects, such as the Canadian National (CN) Tower in Toronto, broadcasting towers of Ostankino in Moscow and Peissenberg in Germany. Electronic systems for lightning detection are developed around the world.

Classification of cloud-to-ground discharges

There are much more experimental data concerning the cloud-to-ground (CG) discharges than other forms of lightning. This is because the consequences of the CG lightning are very important in practice, i.e. the ignition of fires, the cause of injuries and death, disturbances in power and communication systems. Moreover, the studies of lightning below the cloud base are less difficult.

The charge neutralization with an average value of about 20-30 coulombs takes place during a CG flash. The typical length of the discharge channel is a few kilometers.

The initial stages of the four main types of CG discharges, according to the classification given by Uman [10], [11], are presented in Fig. 1. The placed further description of atmospheric discharges comprises their most important characteristic electrical parameters. Detailed analysis of the phenomenon of lightning lies outside the scope of this work. Comprehensive descriptions can be found for example in [3], [4], [8], [11].

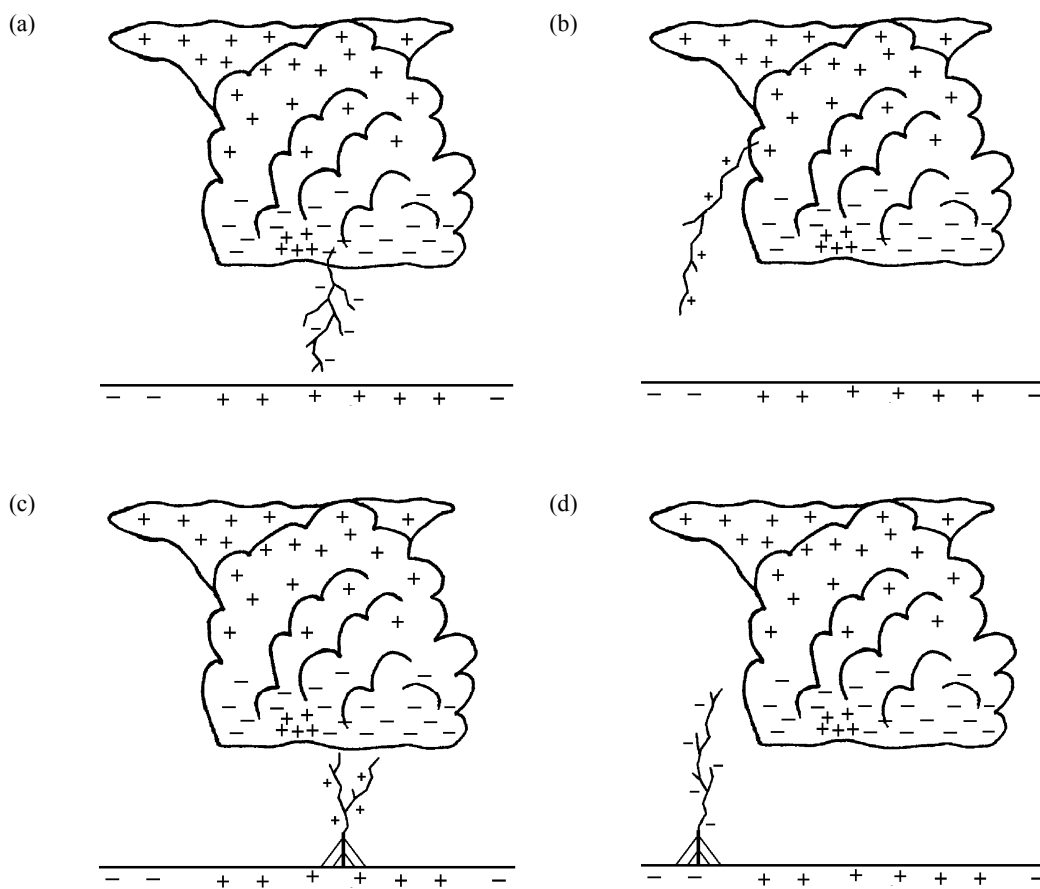


Fig. 1. Four types of development of CG flashes according to Uman: a) negative descending leader, b) positive descending leader, c) positive ascending leader, d) negative ascending leader

Simplified description of most frequent cloud-to-ground discharge

A negatively charged descending leader, as shown in Fig. 1a and Fig. 2a, is the first phase of about 90% of CG flashes. From the place of discharge initiation inside the cloud, the leader moves towards the ground with steps of tens of meters in length, and an average speed of about 200 km/s. These steps might be branched and pass in different directions. The duration of a typical step is about 1 μ s, and the intervals between successive jumps last from 20 to 50 μ s. The average leader current is of 100 to 1000 A.

As the lowering of the leader, the electric field near the ground increases from the initial value of several kV/m to over 150 kV/m. Such large gradient of potential results in the development of partial discharges and sending upward streams of positive ions (St. Elmo's fires) from sharp ends of various objects, where the local field strength is the greatest (Fig. 2b). Several tens of meters above the ground one of these so-called streamers meets with descending leader, closing the discharge channel.

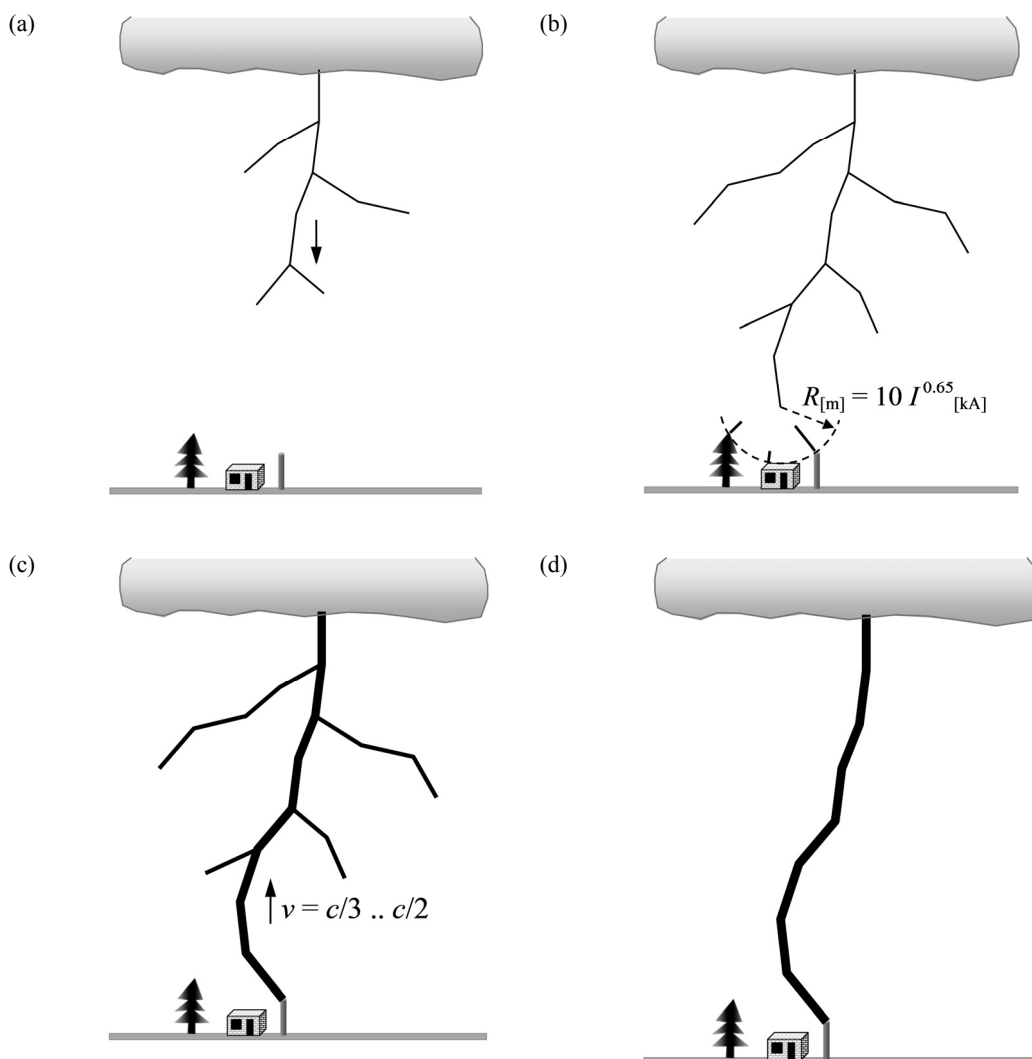


Fig. 2. Main phases of negative CG flash: a) negative stepped leader developing downwards, b) streamers developing upwards, c) return stroke developing upwards, d) subsequent stroke

The next phase is the return stroke (Fig. 2c). The electric charge accumulated in the channel and its branches is violently brought to the ground. The process of charge neutralization in the lightning channel develops in the direction from ground to the cloud at a speed of about 1/3 to 1/2 of that of light. A typical maximum value of the lightning current close to the ground is about 30 kA (the maximum current of 200 kA is predicted in the IEC/EN standard [6]). A high-temperature high-pressure discharge channel expands and creates the shock wave becoming thunder.

The rise of the return current pulse takes single microseconds. Fading of the discharge current is described by the time of decreasing to the half of peak value, which is on average of about 50 μ s. The waveform of the lightning current pulse is standardized [6]. Three parameters are used to describe the current: I_{\max} – maximum value, T_1 – front time, and T_2 – time to half-value (Fig. 3), in the form of I_{\max} , T_1/T_2 , i.e. 20 kA, 2/50 μ s.

At the end of the main surge, the long stroke component of several hundred amperes can occur, which can last for several hundred milliseconds. After the first return stroke, different charge motion processes occur in the cloud. They are described in detail in [8], [11]. If additional cloud charge is available, a so-called dart leader can propagate down the residual channel of plasma, and initiate a subsequent return stroke (Fig. 2d). Several subsequent return strokes can occur in one channel. Dart leaders and subsequent return strokes are usually not branched. A long stroke current component can follow the subsequent return stroke. The time between successive strokes is usually several tens of milliseconds. This can be noticed with the naked eye as a flickering of lightning. In comparison with the first return stroke, the subsequent discharges have usually smaller maximum current, a much shorter front time (a fraction of a microsecond) and a shorter time to half value.

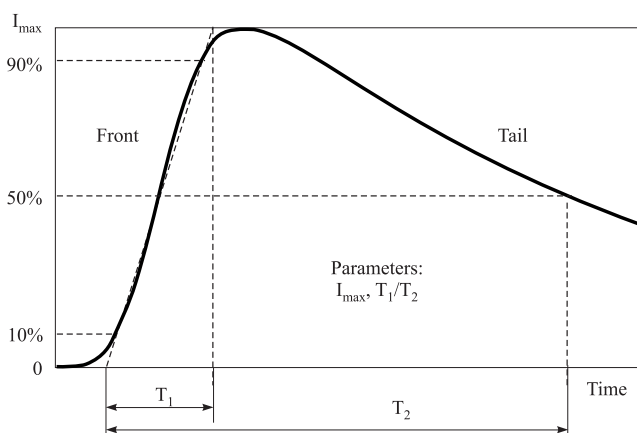


Fig. 3. Standardized waveform of lightning current

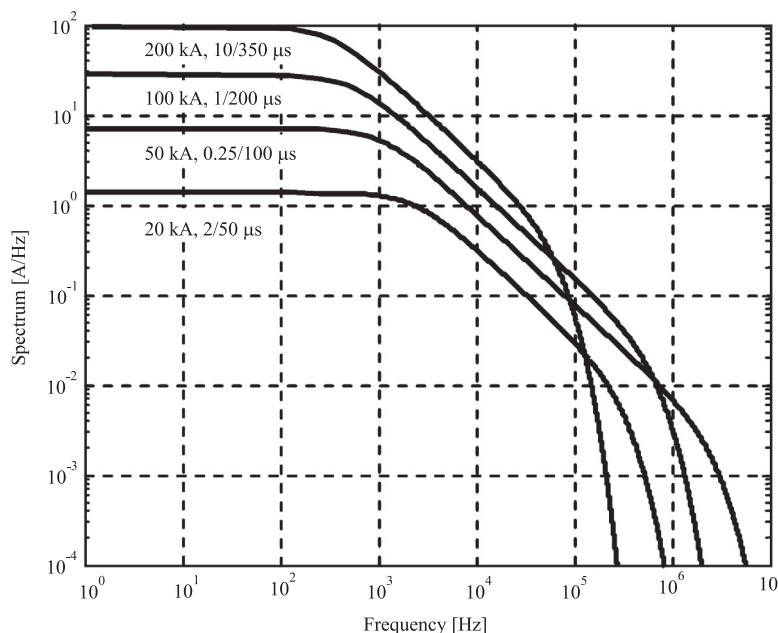


Fig. 4. Amplitude spectra of standard pulses

Other atmospheric discharges

Positive cloud-to-ground discharges, developing as shown in Fig. 1b are observed much less frequently than the phenomenon described above. Positive leaders from upper parts of clouds do not have as distinct steps as the negative ones. Usually there is only one positive stroke, transferring much greater charge than the negative one. Positive strokes are the majority of strokes to ground during winter storms. They are relatively rare in summer thunderstorms; only few percent of all the summer CG flashes are positive, often appearing at the beginning or at the end of the storm.

Cloud-to-ground discharges developing from the ground towards the cloud are relatively rare. They most frequently initiate from tops of tall objects such as towers, antennas, trees on hills, or rockets fired towards clouds in order to provoke lightning.

Other types of discharges, i.e. intracloud (IC), cloud-to-cloud and cloud-to-air, are not well studied. Typical IC discharges carry charges of tens of coulombs at a distance 5-10 km. Discharges between clouds can reach length exceeding 150 km. Measurements of accompanying electromagnetic fields exhibit significant similarities between IC and cloud-to-cloud discharges.

There are reports describing blue sky overhead and a thunderstorm more than 10 km away, beyond the horizon, from where the lightning can originate. Such phenomenon is called "bolt from the blue" [10].

Flights above clouds and flights of space shuttles enable observations of upper-atmospheric discharges called TLEs – Transient Luminous Events (elves, blue jets, red sprites). They extend up to 100 km above the ground.

Electrical parameters of lightning

The lightning protection can be effective if the parameters of lightning stroke are determined. The greatest threat is caused by a return stroke. Hence, according to the first (the highest) protection level introduced in IEC/EN 62305-1 [6], maximum values for return stroke currents are specified as follows:

- first positive return stroke – pulse of 200 kA, 10/350 μ s,
- first negative return stroke – pulse of 100 kA, 1/200 μ s,
- subsequent negative return stroke – pulse of 50 kA, 0.25/100 μ s,
- long stroke component – 400 A, duration 0.5 s.

The analysis of lightning current spectrum is important, especially for telecommunication facilities. Plots of amplitude spectra of standard pulses mentioned above, and of waveform 20 kA, 2/50 μ s, used in former Russian standards, are presented in Fig. 4. It is seen that the frequency band, which contains a majority of the pulse energy, reaches approximately 100 kHz. However, by the fact that it is a large amount of energy, the frequency band up to 10 MHz should be taken into account. More details can be found in [6].

The threat posed by lightning electromagnetic pulse (LEMP) is described not only by the current parameters, but also by associated electric and magnetic fields. Induced overvoltage surges can cause damages of electronic devices at a distance exceeding 1.5 km from the lightning channel. At a distance of several meters from the lightning channel, the electric field strength has a value of several hundred kV/m, at a distance of several tens of meters – tens of kV/m, at few hundred meters – few kV/m. Over 100 V/m is reached even at a distance of tens kilometers away from the discharge.

The magnetic field strength has a value of several kA/m at a distance of meters from the lightning channel, and it reaches hundreds of A/m within hundreds of meters.

The analysis of spectrum of the electromagnetic field associated with the whole phenomena of lightning, not only with the return stroke, is important also for remote lightning location systems, to distinguish between cloud discharges and discharges to ground [8].

Standard and non-standard lightning protection

Modern lightning protection applies not only to buildings, but also to internal installations and devices. The lightning and overvoltage protection comprises the following measures [6]:

- an outer mesh of air terminals and down conductors,
- an earth electrode system,
- direct bonding (equipotentialization),
- surge protective devices (SPDs) in the power supply network,
- SPDs in signal lines (telephones, computer network, antennas),
- appropriate cable routing,
- safe isolation distances,
- interference suppression filters,
- shielding,
- physical restrictions and warning messages.

The outer wire mesh together with the earth electrode system is called the lightning protection system (LPS). The LPS mesh dimensions are standardized, and the density of this wire mesh varies depending on the assumed level of protection (and the protection effectiveness).

There are many devices present at the market that are inconsistent with the IEC/EN standards. There are two main groups of them, called early streamer emitters (ESE, or “active” lightning rods) and “lightning preventers” [13]-[14]. The ESE devices are claimed to be able to capture the lightning to them, having extremely large protected zone in comparison to the standard air terminals. The lightning prevention air terminals (charge dissipaters) are claimed to be able to prevent lightning from occurring.

Neither data nor theory supports claims that “lightning elimination” and “early streamer emission” techniques are superior to standard lightning protection systems [14]. These devices are expensive, and methods of installation proposed by vendors may sometimes result in additional electromagnetic threats, including danger to life [15].

Essential principle of protection

The essential principle of protection against any type of electromagnetic disturbances, not only lightning, is that a design engineer should determine a boundary, on which the unwanted signals (voltages, currents, and electromagnetic fields) are limited to the desired level. As a rule, this boundary is formed by natural barriers - walls of a building, a room, or an equipment box. This principle forms a basis for the concept of lightning protection zones (LPZ) [6].

Every protective device should be installed on the determined boundary, so as not to let the unwanted signals to penetrate the protected volume. The commonly met error is that protective devices (mainly SPDs) are mounted far from the boundary, inside or outside the protected volume.

First aid

According to IEC/TR 60479-4:2004 [7] it is accepted that 70% or more lightning accidents involving humans are not fatal. Corresponding reliable data for livestock (animals) are not known. The chance of survival strongly depends on first aid, which is similar to the first aid after electric shock - to restore the respiration and the heart action.

Conclusion

Basic information concerning the lightning phenomenon and the parameters of lightning electromagnetic pulse and understanding of these facts is essential for the proper design of lightning protection of telecommunication facilities.

The most important topics of lightning protection are design and realization of lightning protection systems, grounding, bonding (equipotentialization) techniques, cable routing, location of surge arresters. Most lightning damages met in building objects could be avoided if all the electric and electronic installations were made according to appropriate IEC/EN standards.

References

- [1] Berger K., Anderson R. B., Kroninger H.: *Parameters of Lightning Flashes*, Electra, vol. 80, 1975, pp. 23-37.
- [2] Bruce C. E. R., Golde R. H.: *The Lightning Discharge*, J. Inst. Elect. Eng.-Pt. 2, vol. 88, 1941, pp. 487-520.
- [3] Cooray V. (ed.): *The Lightning Flash*, IEE, London 2003.
- [4] Golde R. H. (ed.): *Lightning*, Academic Press, 1977.
- [5] Heidler F., et al.: *Parameters of Lightning Current Given in IEC 62305 – Background, Experience and Outlook*, ICLP 29th International Conference on Lightning Protection, Uppsala, Sweden, June 2008.
- [6] *IEC/EN 62305: Protection Against Lightning*, series of IEC/EN standards (Polish standards: *PN-EN 62305*), 2010.
- [7] *IEC/TR 60479-4: Effects of Current on Human Beings and Livestock – Part 4: Effects of Lightning Strokes on Human Beings and Livestock*, IEC Technical Report, 2004.
- [8] Rakov V. A., Uman M. A.: *Lightning: Physics and Effects*, Cambridge University Press, 2003.
- [9] Szpor S., Samuła J.: *Lightning Protection* (in Polish), WNT, Warszawa 1983.
- [10] Uman M. A.: *Natural Lightning*, IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 30, no. 3, May/June 1994, pp. 785-790.
- [11] Uman M. A.: *The Lightning Discharge*, San Diego: Academic Press, CA, 1987.
- [12] Lorenc H. (ed.), *Climate Atlas of Poland* (in Polish), Warszawa: IMGW, 2005.
- [13] Mousa A. M., *Scientists Oppose Early Streamer Air Terminals*, National Lightning Safety Institute (NLSI) website: www.lightningsafety.com, 1999.
- [14] Uman M. A., Rakov V. A., *A Critical Review of Nonconventional Approaches to Lightning Protection*, Bulletin of the American Meteorological Society, Dec. 2002, pp. 1809-1820.

- [15] Hartono Z. A., Robiah I., *Conventional and Un-Conventional Lightning Air Terminals: An Overview*, Forum on Lightning Protection, Hilton Petaling Jaya, January 2004.

Karol Aniserowicz

Karol Aniserowicz received the M.Sc. degree in electronic engineering from the Warsaw University of Technology, in 1979, the Ph.D. degree from the Szczecin University of Technology, in 1987, and the habilitation degree from the Wrocław University of Technology, in 2006. Since 1979 he has been with the Faculty of Electrical Engineering, Białystok University of Technology, where he is currently a Professor. He is an expert of the Polish Electrical Engineers Association (SEP) in lightning protection, electromagnetic compatibility (EMC), and techniques of measurements.

e-mail: k.aniserowicz@pb.edu.pl

Ochrona odgromowa obiektów budowlanych i ich wyposażenia

Zdobysław Flisowski

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na specyficzne zagadnienia związane z ochroną obiektów budowlanych i ich wyposażenia przed oddziaływaniem wyładowań piorunowych. Poruszono też kwestie związane z normalizacją w ochronie odgromowej, istniejącym chaosem prawnym, nieodpowiednią reakcją urzędów państwowych, brakiem profesjonalizmu oraz ignorancją instalatorów i inspektorów nadzoru. Omówiono także zagadnienia związane z wrażliwością obiektów i wyposażenia na wyładowania piorunowe, wybiórczością piorunów przez zwody oraz bezpiecznym odprowadzaniem prądu wyładowania do ziemi.

Ochrona odgromowa, piorunowa wrażliwość obiektów, uwarunkowania prawne ochrony odgromowej

Wprowadzenie

Skuteczna ochrona odgromowa obiektów budowlanych i ich wyposażenia zależy od wielu czynników. Jest ona możliwa do osiągnięcia pod warunkiem, że jej realizatorzy dysponują dobrym rozeznanieniem istniejącej sytuacji, umiejętnością rozwiązywania problemów, profesjonalizmem w realizacji swoich zadań i uczciwością. W ostatnich latach sytuacja nieco się skomplikowała, a powodem są m.in.:

- niedoskonałość norm ochrony odgromowej i ich częste zmiany,
- brak jednoznacznej spójności ustaw i przepisów oraz zła wola urzędów państwowych,
- brak profesjonalizmu w zakresie zasad ochrony odgromowej,
- pogoń za zyskiem z pominięciem zasad naukowo-technicznych, handlowych, prawnych, a nawet etycznych,
- zmiany we wrażliwości elektromagnetycznej obiektów i ich wyposażenia elektronicznego.

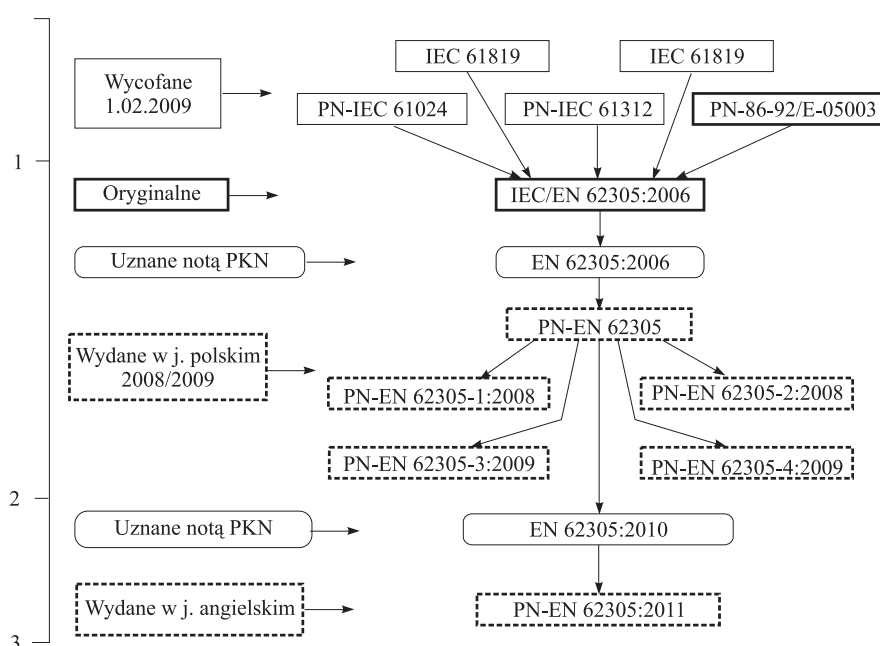
Kwestie merytoryczne podejścia do problemów ochrony budowli przed piorunami i przepięciami, wymagają przede wszystkim zwrócenia uwagi na wybiórczość piorunów przez zwody, skutki fizyczne oddziaływania wyładowań trafiających w zwody, elektromagnetyczne oddziaływanie wyładowań bezpośrednich i pobliskich na urządzenia elektryczne i elektroniczne oraz na właściwy dobór środków ochrony. Należy więc przyjrzeć się bliżej powodom wspomnianych komplikacji.

Normy ochrony odgromowej

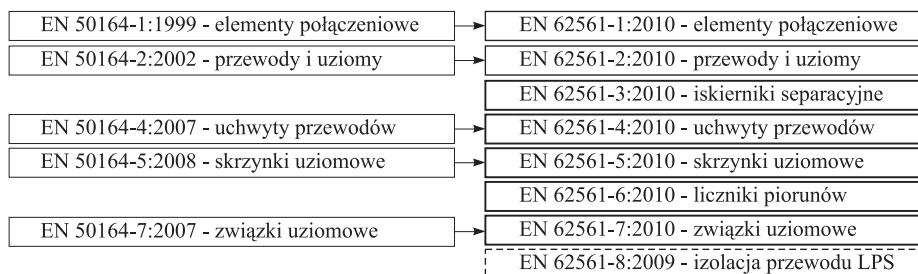
Zasady skutecznej ochrony odgromowej i oparte na nich postanowienia standardowe [10]-[13] są często modyfikowane. Aktualną wersję stanowi seria norm PN-EN 62305:2011. Jest to trzecia faza modyfikacji norm IEC i druga faza modyfikacji norm CENELEC (rys. 1). Ma ona niestety w Polsce status norm uznaniowych i jest nadal poddawana modyfikacjom w TC 81 IEC i TC 81X CENELEC przez MT (Maintenance Teams). Obok tej serii istnieje jeszcze 8 norm EN 50164 - obecnie EN 62561 [14], dotyczących komponentów urządzenia piorunochronnego (LPS), poddanych również modyfikacjom w TC 81 IEC i w TC 81X CENELEC (rys. 2).

Do realizacji ochrony przepięciowej instalacji elektrycznych, konieczne jest też respektowanie norm pokrewnych, jak: PN-EN 61643 -11 i -12 oraz -21 i -22, PN-EN 60364- (4-443, 4-444, 5-534) oraz (5-54), IEC 61000- (4-5, 4-9, 4-10), a także zaleceń ITU-T – K.11, K21 i K.22 oraz raportu technicznego IEC 62066 TR.

Prowadzona od 2004 r. europeizacja normalizacji w Polsce zdaniem niektórych specjalistów nie sprzyja porządkowi w ochronie odgromowej. Wprowadzono bowiem obligatoryjność norm europejskich, z obowiązkiem wycofania dotychczasowych własnych krajowych i opartych na IEC norm sprzecznych, ale nie dotyczy to wszystkich państw członkowskich i regulacji, a ponadto sprzeczne jest to z ustawodawstwem polskim, które w tym samym czasie znosi obligatoryjność norm polskich, identycznych z normami europejskimi [18].



Rys. 1. Schemat aktualizacji norm ochrony odgromowej



Rys. 2. Schemat blokowy przejścia od norm EN 50164 CENELEC do norm wspólnych z IEC

Chaos prawny i reakcja urzędów państwowych

Niespójność przepisów i brak w nich konsekwencji jest powszechnie widoczny [16], [17]. W Prawie Budowlanym wymaga się zapewnienia podstawowych zasad bezpieczeństwa (Art. 5. 1) i zezwala się na stosowanie tylko urządzeń wprowadzonych do obrotu zgodnie z przepisami (Art. 10). Tymczasem trudno jest uznać za zgodne z przepisami wprowadzenie na rynek krajowy tzw. „piorunochronów aktywnych”, pod dziwną nazwą okuć budowlanych, które nie tylko nie zapewniają przypisywanej im skuteczności, ale wręcz przeciwnie zwiększają zagrożenie ludzi i mienia. Z kolei w Rozporządzeniach Ministra Infrastruktury [16] wymaga się (Art. 53 ust. 2 i w Art. 184, ust. 3) wykonywania urządzeń piorunochronnych zgodnie z polskimi normami (PN) [10]-[13] i precyzuje się wymagania dotyczące jakości projektu ich instalacji, a w tym samym czasie w Ustawie o normalizacji, wbrew zasadzie bezpieczeństwa i obligatoryjności EN, likwiduje się obligatoryjność PN [18]. Bezkarne pozostaje nadużycie polegające na zaliczeniu „zwołów aktywnych” do okuć budowlanych (art. 270 K.K.) oraz zagrożenie życia, zdrowia lub mienia przez stosowanie tych „zwołów” (art. 163 i 164 K.K.). Natomiast działanie urzędów państwowych sprzyja lekceważeniu zasad ochrony i zwiększeniu zagrożenia piorunowego ludzi i mienia. Na przykład Ministerstwo Infrastruktury nie odnosi się do postulatu wyodrębnienia specjalizacji „ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa” ze specjalności „instalacje elektryczne”, ze względu na „negatywne tego skutki na rynku pracy”, a nie wyjaśnia, dlaczego zgadza się – wbrew własnemu rozporządzeniu - na urządzenia piorunochronne niezgodne z polskimi normami i na zwiększenie piorunowego zagrożenia ludzi i mienia przez urządzenia piorunochronne (LPS) wykonywane i odbierane przez niefachowy personel i nadzór budowlany.

Brak profesjonalizmu i ignorancja

Realizacja skutecznej i zgodnej z polskimi normami ochrony odgromowej wymaga dużej fachowości i solidności. Tymczasem nie ma obecnie w kraju najmniejszej możliwości dokonywania profesjonalnej weryfikacji kompetencji projektantów, wykonawców i odbiorców urządzeń piorunochronnych. Natomiast jest pogoń za zyskiem i brak skrupułów w preferowaniu bezwartościowych wyrobów. Występująca wśród wymienionej kadry ignorancja, prowadzi do obniżki jakości wykonania urządzeń piorunochronnych i przyczynia się do zwiększenia zagrożenia ludzi i ich mienia. Przykłady tego są pokazane na rys. 3, gdzie zilustrowano skutki niewłaściwego doboru i wykonania zwołów i przewodów odprowadzających oraz na rys. 4, gdzie uwidoczniono kolizję urządzeń piorunochronnych z innymi zagrożonymi w ten sposób instalacjami.



Rys. 3. Przykłady skutków bylejakości w doborze i instalowaniu elementów LPS



Splecione instalacje i pętla w przewodzie odprowadzającym

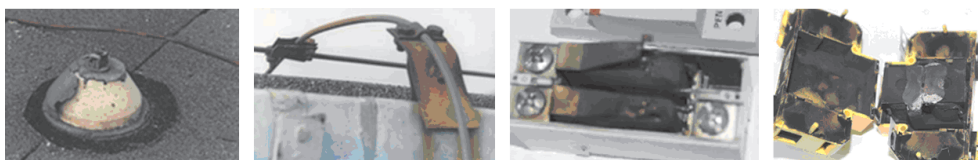
Nadmierne zbliżenie między instalacjami

Kolizja różnych instalacji

Kolizja różnych instalacji

Rys. 4. Przykłady braku koordynacji urządzeń piorunochronnych z innymi instalacjami

Na rys. 5 pokazano przykłady braku solidności w doborze elementów ochrony (uchwytów, złączy i urządzeń do ograniczania przepięć, niesłusznie reklamowanych, jako urządzenia typu 1+2 i typu 1+2+3), a także zaniedbywania okresowych przeglądów i konserwacji.

**Rys. 5.** Przykłady błędów w doborze wyrobów złej jakości

Rażąca niesolidność i brak fachowości występuje przy ocieplaniu styropianem budynków wyposażonych w urządzenia piorunochronne. Dowodem mogą być pokazane na rys. 6 zdjęcia nieistniejących lub zastąpionych atrapami zacisków probierczych.



Rzekomy dostęp do zacisków przewodu ukrytego pod styropianem

Atrapa zacisku

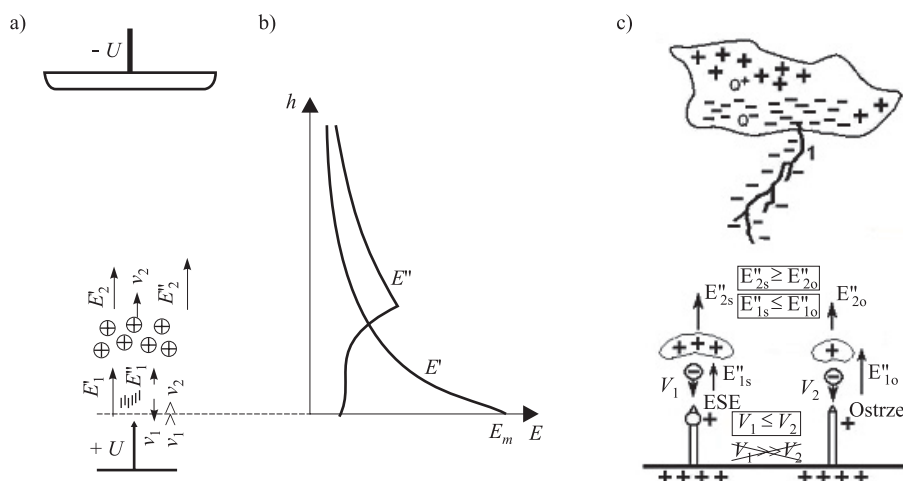
Zaciski niedostępne

Rura zamiast zacisków

Rys. 6. Przykłady nieprawidłowości towarzyszących ocieplaniu styropianem budynków wyposażonych w urządzenia piorunochronne

Największe problemy związane z lekceważeniem zasad rzetelnej ochrony odgromowej występują wśród dostawców „piorunochronów aktywnych” oraz dokonujących ich odbioru inspektorów nadzoru budowlanego. Osoby te powinny, ale nie wiedzą, że w Polsce jest ok. 90% wyładowań ujemnych, a zwód ma biegunowość dodatnią i że nad takim zwodem szybko następuje przekroczenie krytycznej wartości natężenia pola elektrycznego E_{cr} , szybkie elektrony zostają wchłonięte przez zwód, nad którym narasta dodatni ładunek przestrzenny (rys. 7), a pod nim następuje zasadnicza redukcja pola elektrycznego, przyhamowanie wyładowań oddolnych i nie może być tam mowy o żadnej wczesnej emisji

strimerów [2]. Intensyfikacja jonizacji w warunkach naturalnych, bez dodatkowego źródła, jest niemożliwa, a nawet, gdyby taka możliwość istniała, to sprzyjałaby tylko redukcji pola nad ostrzem (rys. 7c).



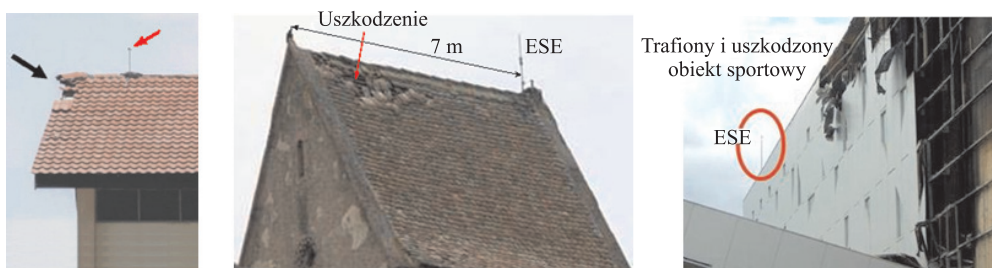
Rys. 7. Przykład skutków jonizacji nad zwodem dodatnim: E' – natężenie pola przed jonizacją, E'' – natężenie pola przy jonizacji, v_1 – prędkość elektronów, v_2 – prędkość jonów dodatnich

Należy zdecydowanie stwierdzić, że „technologia ESE” nie istnieje i jej wytwórcy postępują niesolidnie. Instalują na dachu okucia budowlane twierdząc, że są to nadzwyczaj skuteczne piorunochrony. Dążą do ich instalowania na obiektach o niewielkim zagrożeniu, np. na obiektach metalowych (rys. 8a) lub osłoniętych przez obiekty wyższe [3]. Twierdzą, że technologia ESE, dzięki wczesnym strimerom, sprzyja wybiórczości piorunów [9], a jednocześnie, że je odpycha, czyniąc ze zwodów eliminatory piorunów (rys. 8b-c) [8]. Osoby te unikają terenowych badań tej skuteczności, wiedząc, że wyniki są negatywne (rys. 9) [3]-[6], a nawet ujawniające zagrożenia śmiertelne (rys. 10) [15].

„Zwody aktywne” wyposaża się w jedno odprowadzenie prądowe, twierdząc, że pole magnetyczne w obiekcie nie zależy od ich liczby. Prowadzi się też długi przewód odprowadzający na dachu metalowym, twierdząc, że w tym przewodzie płynie rzekomo prąd piorunowy. Instaluje się te urządzenia wg dokumentu NF C 17-102 [9], który jest całkowicie sprzeczny z polską i europejską normą [1], a wydaje się certyfikaty ich zgodności z tą normą. Inspektorzy nadzoru budowlanego udają, że tego nie widzą, a UOKiK twierdzi, że nie jest powołany do tępienia nadużyć.



Rys. 8. „Zwody ESE i eliminatory piorunów



Rys. 9. Przykłady uszkodzenia budynków tuż przy „zwodach ESE”



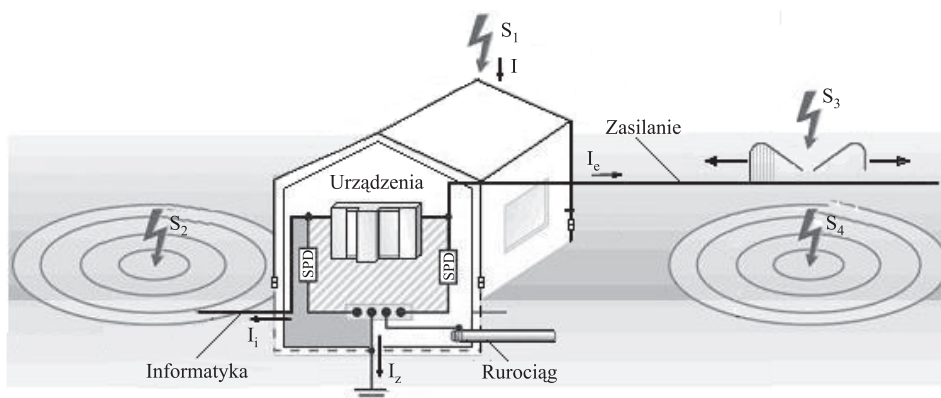
Rys. 10. Śmiertelny wypadek na drodze X-Y (trasa ześlizgu wodnego) zdarzył się między „zwodami ESE” A-B, których deklarowany zasięg ochrony oznaczono strzałkami

W opisaney sytuacji należy mocno skoncentrować uwagę na realizacji prawidłowych zasad ochrony budowli i ich wyposażenia przed bezpośrednimi wyładowaniami piorunowymi i przed elektromagnetycznym ich oddziaływaniem.

Piorunowa wrażliwość obiektów i wyposażenia

Wprowadzane wraz z postępem techniki zmiany konstrukcyjne i wyposażeniowe w budownictwie sprzyjają zwiększeniu odporności obiektów budowlanych na bezpośrednie wyładowania piorunowe i radykalnemu zmniejszeniu odporności wyposażenia elektrycznego i elektronicznego tych obiektów na oddziaływanie elektromagnetyczne wyładowań piorunowych.

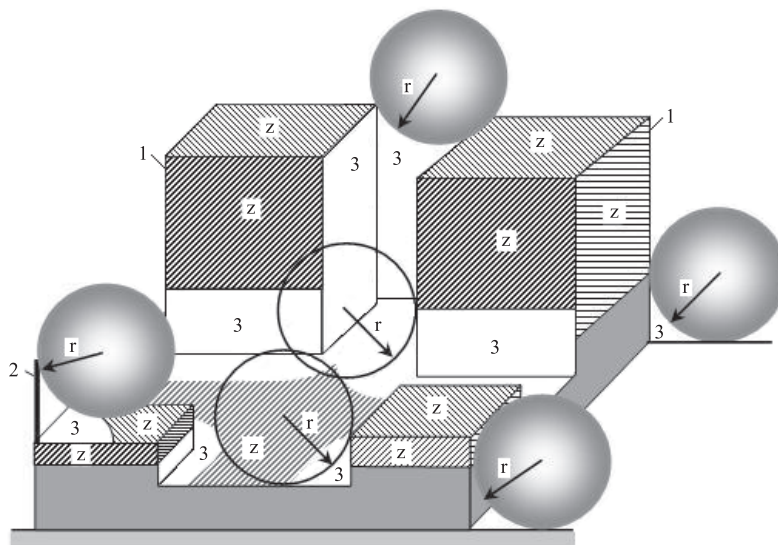
Konsekwencją jest znaczny wzrost częstości zagrożeń piorunowych wyładowaniami pobliskimi w porównaniu z częstością zagrożeń powodowanych przez wyładowania bezpośrednie w obiekt. Szacuje się, że częstość pobliskich oddziaływań piorunowych S_2 , S_3 , S_4 (rys. 11) przekracza aż o ponad dwa rzędy wielkości częstość oddziaływań powodowanych przez wyładowania bezpośrednie S_1 . Dlatego profesjonalne podejście do ochrony obiektów budowlanych i ich wyposażenia wymaga uwzględnienia wszystkich przypadków oddziaływań piorunowych [11], [13].



Rys. 11. Przypadki trafień piorunowych: S_1 – w obiekt, S_2 – obok obiektu, S_3 – we wprowadzane instalacje, S_4 – obok tych instalacji oraz rozptyw prądu pioruna: I – prąd całkowity, I_2 – prąd w uziemieniu, I_e – prąd w linii zasilającej, I_1 – prąd w linii informatycznej

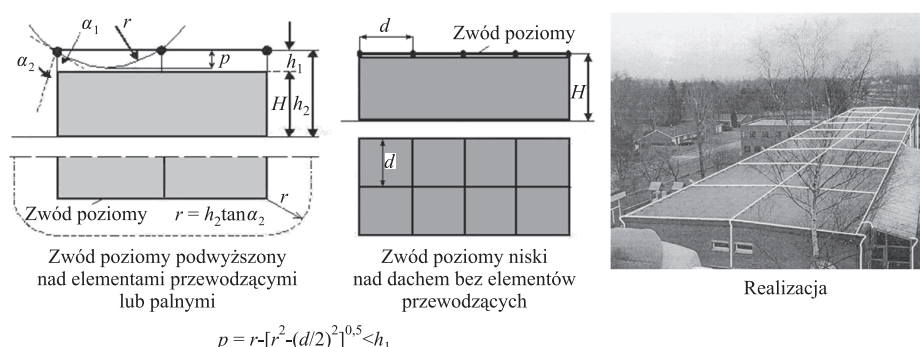
Wybiórczość piorunów przez zwody

O skuteczności działania osłonowego zwodów decydują parametry wyładowań piorunowych i geometria oraz właściwości narażonego na nie układu. Wyróżnia się trzy metody rozmieszczania zwodów: uniwersalną metodę toczącej się kuli RSM (rys. 12), metodę oczkową właściwą dla dachów płaskich (rys. 13) i metodę kąta ochronnego [12].



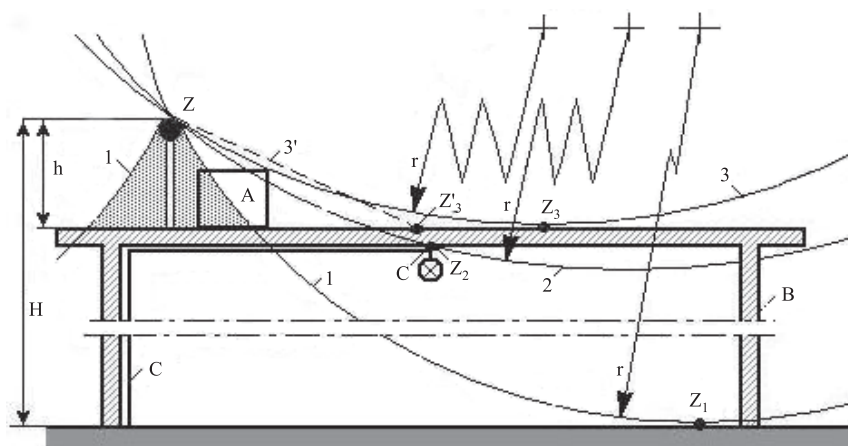
Rys. 12. Przykład zastosowania metody toczącej się kuli do rozmieszczania zwodów w układzie kilku obiektów: 1 – obiekt, 2 – zwód pionowy, 3 – obszar chroniony, z – powierzchnia styku obiektu z kulą, r – promień toczącej się kuli (zależny od poziomu ochrony)

Przykład zwodów poziomych podwyższonych (z aplikacją RSM) i zwodów poziomych niskich (z aplikacją metody oczkowej) oraz widok ich rzeczywistego układu pokazano na rys. 13.



Rys. 13. Przykład zwodów poziomych

Metoda kąta ochronnego wzbudza pewne kontrowersje. Jej głównym problemem jest płaszczyzna odniesienia, którą może być przewodząca powierzchnia ziemi, przewodząca i uziemiona płaszczyzna nad ziemią, płaszczyzna izolacyjna wyposażona w zwód wzdłuż śladu granicznej strefy - Z_3 i Z'_3 na rys. 14.



Rys. 14. Przykład wyznaczania stref zwodu pionowego Z na przewodzącym i nieprzewodzącym płaskim dachu budynku B

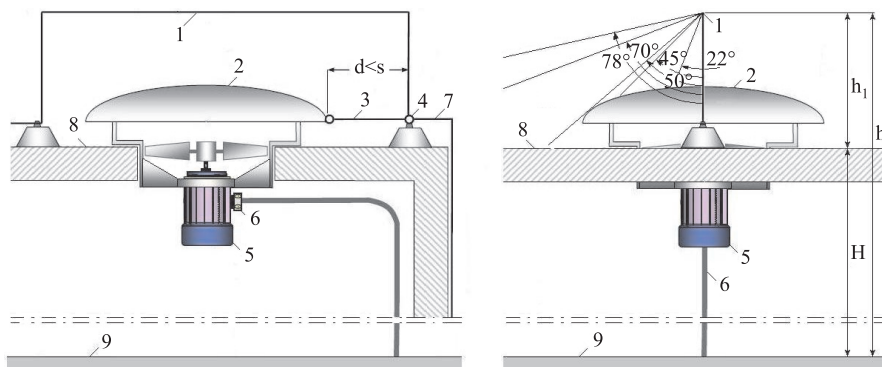
Aby wyjaśnić sygnalizowane kontrowersje należy na rys. 14 wyróżnić trzy przypadki ochrony urządzenia A przez zwód Z:

- dach izolacyjny a brak instalacji przewodzących,
- dach izolacyjny, a pod nim uziemione instalacje przewodzące,
- metalowe pokrycie dachu.

W pierwszym przypadku strefę chronioną wyznacza łuk 1 o promieniu r , przebiegający przez wierzchołek zwodu Z stycznie do powierzchni ziemi w punkcie Z_1 . Jak widać urządzenie A jest poza tą strefą.

W drugim przypadku strefę chronioną wyznacza łuk 2, przechodzący przez wierzchołek zwodu Z i przez skrajny punkt Z_2 instalacji przewodzącej C pod powierzchnią dachu. Urządzenie A ani instalacja C nie są chronione, jeżeli nie zainstaluje się dodatkowego zwodu na dachu. W przypadku trzecim strefę chronioną wyznacza łuk 3 stycznie do powierzchni dachu w punkcie Z_3 . Urządzenie A znajduje się zarówno w tej strefie, jak i w strefie równoważnej, wyznaczonej prostą $3'$ przechodzącą przez punkty Z i Z_3 .

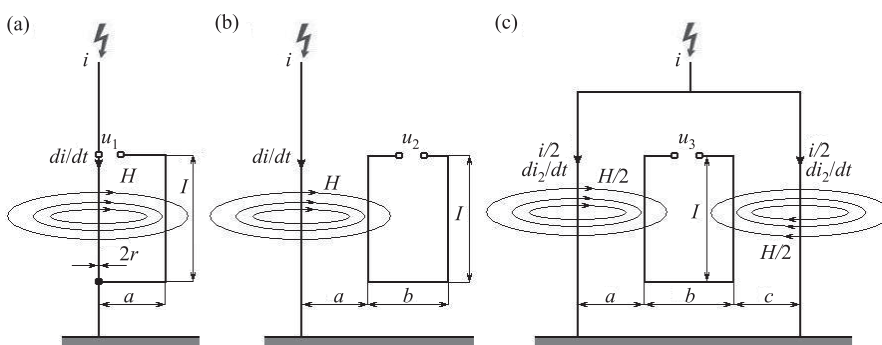
Przy stosowaniu zwodów poziomych wysokich na dachu powstaje problem ochrony urządzenia 2 w kierunku prostopadłym do płaszczyzny zwodu (rys. 15). Powstają różne kąty ochrony tego urządzenia w zależności od istnienia i rozmieszczenia w obrębie dachu uziemionych elementów przewodzących. Jeżeli na powierzchni dachu lub pod jego izolacyjnym pokryciem znajdują się konstrukcje lub instalacje przewodzące, to stają się one naturalnymi zwodami, a jeżeli nie mogą być za nie uznane, to powinny podlegać dodatkowej ochronie. Podane na rys. 15 różne kąty ochrony są podyktowane poziomem ochrony oraz wysokością zwodu nad ziemią i nad przewodzącym lub nieprzewodzącym dachem.



Rys. 15. Przykład strefy chronionej w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny zwodu poziomego: h_1 – wysokość zwodu od powierzchni dachu, h_2 – wysokość zwodu od powierzchni ziemi, H – wysokość powierzchni dachu nad ziemią, 8 – powierzchnia dachu, 9 – powierzchnia ziemi

Bezpieczne odprowadzanie prądu piorunu do ziemi

Przy uderzeniu piorunu w zwody, prąd jego, odprowadzany najkrótszą drogą do ziemi, nie powinien powodować wzdłuż tej drogi skutków termicznych i mechanicznych, a wokół tej drogi - skutków elektromagnetycznych. Do eliminacji skutków termicznych i mechanicznych służą proste zabiegi, polegające na doborze właściwego przekroju przewodu i solidnym jego umocowaniu. Natomiast redukcja skutków elektromagnetycznych wymaga już pewnych analiz z ukierunkowaniem na dwojaki rodzaj pętli, tj. tworzone w kompozycji ze zwodem i z przewodem odprowadzającym, dla minimalizacji ich powierzchni (rys. 16a) oraz pętli tworzone w odseparowaniu od tego przewodu, gdzie dodatkowo chodzi o radykalne ich oddalenie od niego (rys. 16b-c).



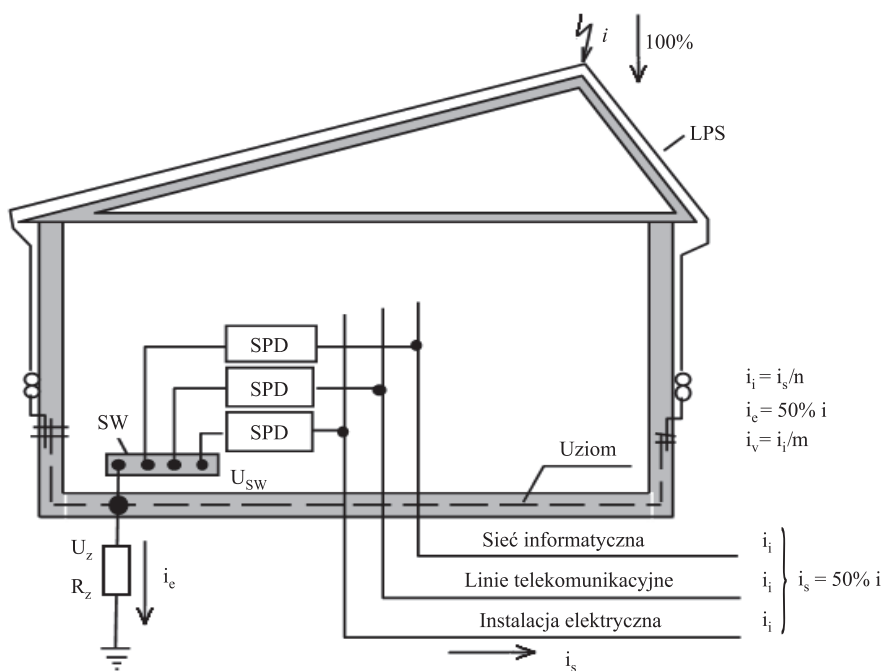
Rys. 16. Pętli indukcyjne utworzone: a) z udziałem przewodu odprowadzającego, b) w odseparowaniu od przewodu odprowadzającego, c) między dwoma przewodami odprowadzającymi

Od rodzaju i od usytuowania pętli istotnie zależy wartość indukowanego w niej napięcia, na przykład, jeżeli na rys. 16 założy się, że $a = 2$ m, $l = 3$ m, $r = 0,005$ m, $di/dt = 100$ kA/ μ s, $b = 3$ m, $c = 5$ m lub $c = a$, to w przypadku a) $u_1 = 359$ kV, w przypadku b) $u_2 = 55$ kV, a w przypadku c), gdy $c = 5$ m, $u_3 = 14$ kV, a gdy $c = a$, $u_3 = 0$ kV.

Wskazane jest odsuwanie pętli od przewodu odprowadzającego na bezpieczną odległość również przy istnieniu większej niż jeden liczby przewodów odprowadzających.

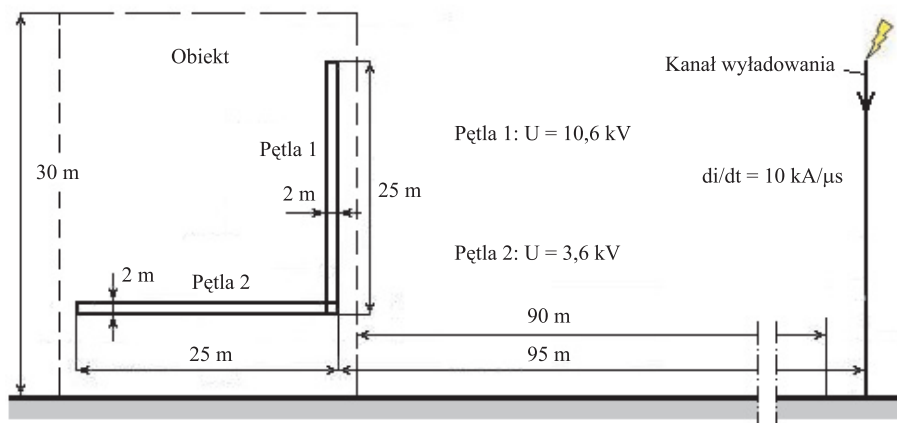
Konstrukcje stalowe i żelbetowe obiektów powinny być wykorzystywane, jako zwody i przewody odprowadzające. Jeżeli jest to niemożliwe, to należy zainstalować dodatkowe zwody i przewody, łącząc je z konstrukcją, w celu uniknięcia niekontrolowanych przeskoków iskrowych. Nieprawidłowością jest też zbliżanie przewodu odprowadzającego do innych instalacji przewodzących obiektu bez ich połączenia wyrównawczego. Instalacje te powinny być chronione przed niekontrolowanymi przeskokami iskrowymi (np. łączone wyrównawczo) i przed przepięciami indukowanymi (np. ekranowane) oraz przed ich skutkami (np. za pomocą SPD).

Obok napięć indukowanych ważną rolę odgrywa uziomowy spadek napięcia U_z wymuszający wysoki potencjał U_{SW} na szynie wyrównawczej (rys. 17), skąd przenosi się na inne połączone z nią urządzenia w rozpatrywanym obiekcie i na przyłączone do niego instalacje zewnętrzne.

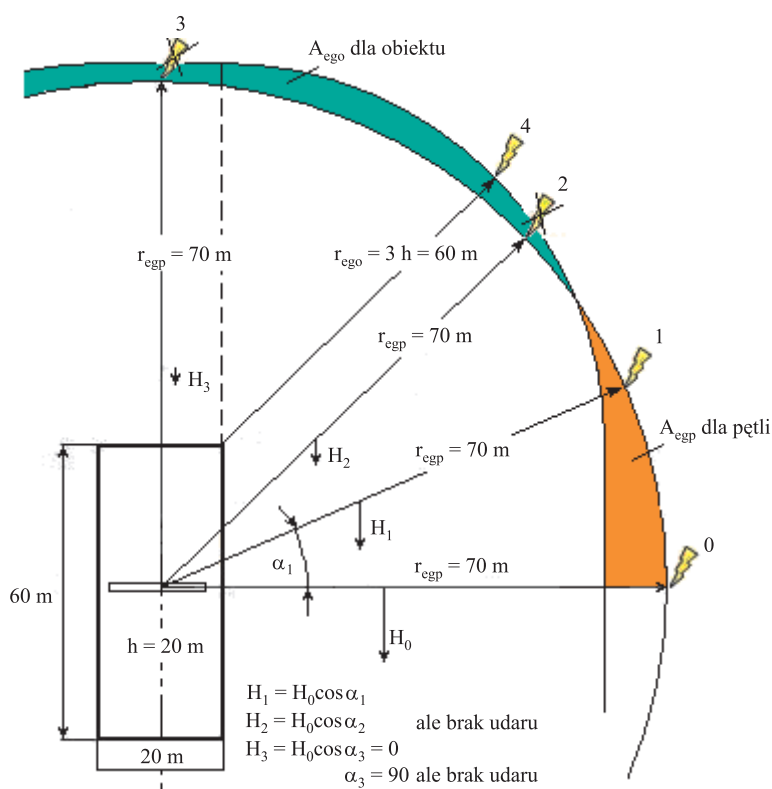


Rys. 17. Rozpływ prądu: i_i – prąd wpływający do każdej linii (sieci), i_s – jego suma, i_v – prąd w przewodach linii, m – liczba żył w linii, n – liczba wchodzących linii, SW – szyna wyrównawcza, U_{SW} – napięcie szyny

Przy wyładowaniach pobliskich w ziemię, napięcia indukowane w instalacjach przewodzących obiektu nie powinny przekraczać poziomów kategorii przepięć, przypisanych elektrycznemu wyposażeniu. Ich wartość zależy od parametrów charakteryzujących zarówno pętlę, jak i wyładowanie piorunowe (rys. 18), przy czym zasadniczą też rolę odgrywają, pokazane na rys. 19, powierzchnie równoważne A_{eqo} dla obiektu i A_{eqp} dla pętli.



Rys. 18. Przykład wpływu układu pętla-kanal wyładowania na napięcia indukowane



Rys. 19. Przykład wpływu lokalizacji kanału i długości budynku na powierzchnie równoważne A_{ego} i A_{esp} oraz na napięcia indukowane

Napięcia indukowane przez wyładowania, związane z powierzchnią A_{esp} dla pętli, są zwykle znacznie liczniejsze niż związane z A_{ego} dla obiektu, ale w znacznej części mają mniejszą wartość, gdyż promień równoważny r_{esp} dla pętli może być znacznie większy niż promień r_{ego} dla obiektu i wynika z zależności:

$$U = 0,2 / \ln \frac{r_{eqp} + 0,5 a \frac{di}{dt}}{r_{eqp} - 0,5 a \frac{di}{dt}}, \quad (1)$$

gdzie: $a = \frac{S}{h}$ – szerokość pętli, S – jej powierzchnia, h – wysokość pętli/obiektu.

Gdy napięcie indukowane U jest większe niż napięcie wytrzymałowe U_w i spełniony jest warunek $U > U_w$ oraz gdy $I = h$, wówczas

$$U_w = 0,2 h \ln \frac{r_{eqp} + 0,5 \frac{S}{h} \frac{di}{dt}}{r_{eqp} - 0,5 \frac{S}{h} \frac{di}{dt}} \quad (2)$$

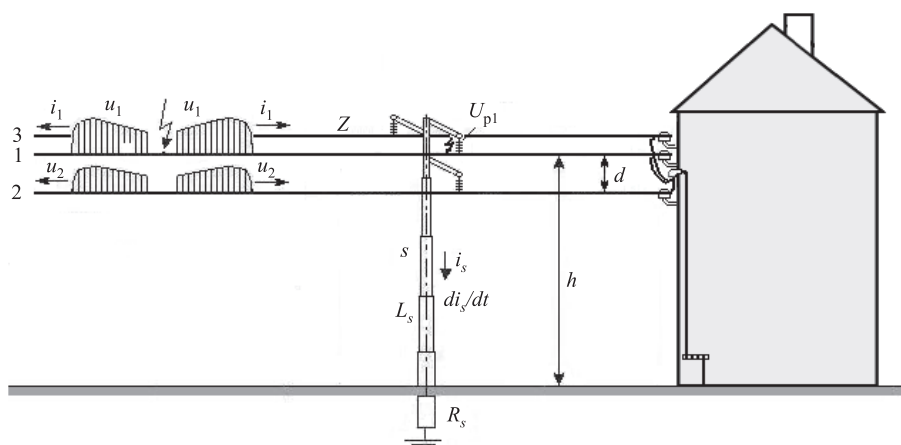
oraz

$$r_{eqp} < -0,5 \frac{S}{h} \left[1 + \exp \left(\frac{U_w}{0,2 h \frac{di}{dt}} \right) \right] \times \left[1 - \exp \left(\frac{U_w}{0,2 h \frac{di}{dt}} \right) \right]^{-1} \quad (3)$$

Z zależności (3) wynika, że jeżeli: $S = 15 \text{ m}^2$, $h = 20 \text{ m}$, $U_w = 2,5 \text{ kV}$ i $di/dt = 30 \text{ kA}/\mu\text{s}$, lub jeżeli $S = 26 \text{ m}^2$, $h = 20 \text{ m}$, $U_w = 1,5 \text{ kV}$ i $di/dt = 20 \text{ kA}/\mu\text{s}$, to wówczas $r_{eqp} \approx 70 \text{ m}$.

W przypadku trafień piorunowych we wchodzącą do obiektu linię powstaje kwestia liczby trafień i przepięć w liniach napowietrznych i kablowych oraz kwestia naturalnego i ingerencyjnego (za pomocą SPD) ograniczania przepięć, a także wzrostu napięcia ponad napięcie ograniczone w obwodzie chronionym.

Sytuacja linii napowietrznych, przy trafieniach bezpośrednich, została zobrazowana na rys. 20. Przyjmuje się tak, jak dla obiektu budowlanego, że zasięg powierzchni równoważnej tej linii $r_{egl} = 3h$, przy czym h – wysokość przewodu linii nad ziemią.



Rys. 20. Przykład trafienia piorunu we wchodzącą do obiektu linię

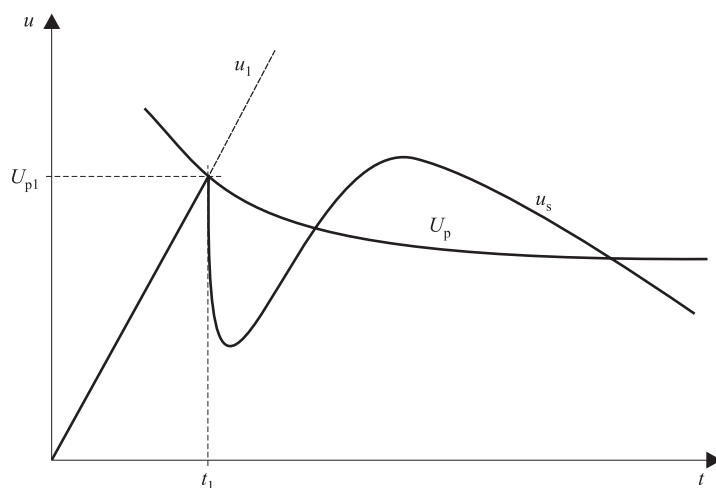
Powstające w linii przepięcia bezpośrednie mogą być wyznaczone z zależności:

$$u_1 = 0,5 I Z, \quad (4)$$

w której I – prąd piorunu, Z - impedancja falowa przewodu linii.

Już przy niewielkich wartościach, np. $I = 15 \text{ kA}$ i przy impedancji falowej $Z = 450 \Omega$, napięcie w przewodzie trafionym mogłoby osiągnąć wartość $u_1 = 6,75 \text{ MV}$, gdyby nie przeskok na izolatorze o wytrzymałości $U_w = U_{p1} = 60 \text{ kV}$. Wskutek przeskoku napięcie - jak pokazano na rys. 21 - zostaje naturalnie ograniczone, a dalszy jego przebieg ma charakter spadku napięcia na indukcyjności L_s słupa i na jego uziemieniu R_s , wg zależności:

$$u_s \approx R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt} \quad (5)$$



Rys. 21. Przebieg napięcia wejściowego do obiektu

W przypadku linii kablowej zasięg powierzchni równoważnej jest uzależniony od rezystywności gruntu ρ , według zależności:

$$r_{eqk} = 0,5\sqrt{\rho} \quad (6)$$

Napięcie na kablu może sięgać również MV i jest przenoszone do obiektu ekranem lub po przebiciu izolacji żyłami. Uszkodzenie kabla stwarza poważniejsze niż w liniach napowietrznych problemy identyfikacyjne i naprawcze.

Ingerencyjna redukcja przepięć na wejściu linii do obiektu polega na zastosowaniu urządzeń do ograniczania przepięć (SPD), których dobór wymaga monitorowania wartości ryzyka szkód piorunowych i zależy głównie od poziomu ochrony U_p , napięcia pracy ciągłej U_c , wartości prądów wyładowczych I_n i I_{imp} , wartości napięć wytrzymywanych (kategorii przepięć) U_w chronionych urządzeń i długości chronionego obwodu oraz od charakteru i wartości jego obciążenia. Ryzyko R jest monitorowane na podstawie warunku [11]:

$$R < R_T \quad , \quad (7)$$

przy czym:

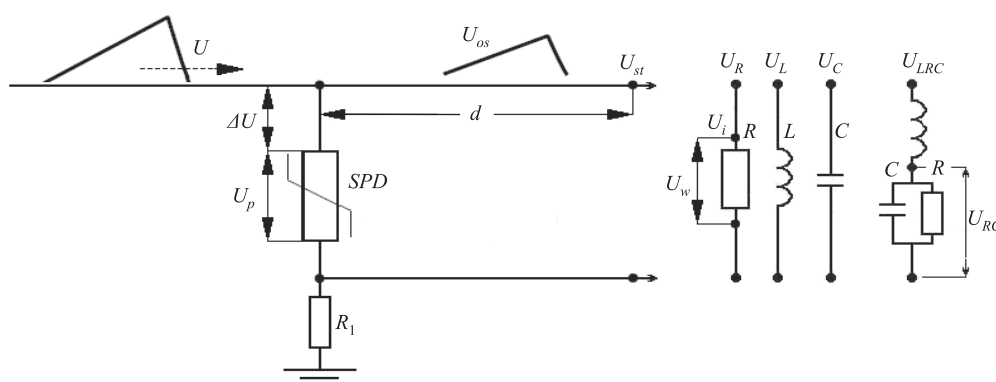
$$R \approx NPL \quad , \quad (8)$$

gdzie: N – liczba wyładowań oddziałujących na obiekt, P – prawdopodobieństwo wywołania szkody przez wyładowanie, L – względny rozmiar szkody, R_T – tolerowana wartość ryzyka.

Poziomy napięć U_p , U_w , U_c powinny być skoordynowane, a wartości napięć U_w w instalacjach elektrycznych, telekomunikacyjnych i informatycznych dostosowane do znamionowych napięć i kategorii przepięć zainstalowanych urządzeń. Prądy wyładowcze znamionowe i impulsowe SPD, powinny - w zależności od lokalnych warunków – osiągać wartości: $I_n \geq 5 \text{ kA}$, 10 kA , 20 kA ($8/20 \mu\text{s}$), a $I_{imp} \geq 12,5 \text{ kA}$, 25 kA , 50 kA ($10/350 \mu\text{s}$). Długość chronionego obwodu d (rys. 22) powinna być powiązana ze zjawiającym się na zaciskach chronionego urządzenia napięciem:

$$U_{st} = U_p + \Delta U + U_i + U_{os} \leq U_w \quad , \quad (9)$$

gdzie: U_p – poziom ochrony, ΔU – spadek napięcia w gałęzi SPD, U_i – napięcie indukowane, U_{os} – napięcie oscylacyjne w chronionym obwodzie, U_w – napięcie wytrzymywane chronionego urządzenia.



Rys. 22. Schemat analizowanego obwodu z alternatywnym obciążeniem w postaci kombinacji elementów RLC

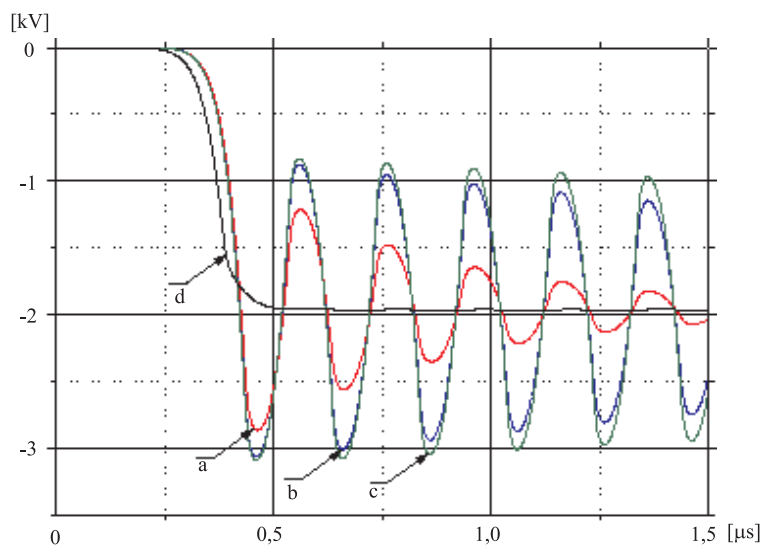
Krytyczna długość chronionego obwodu $d = d_c$ wynika z warunku:

$$d_c \leq \frac{U_w - U_p}{u_d} \quad , \quad (10)$$

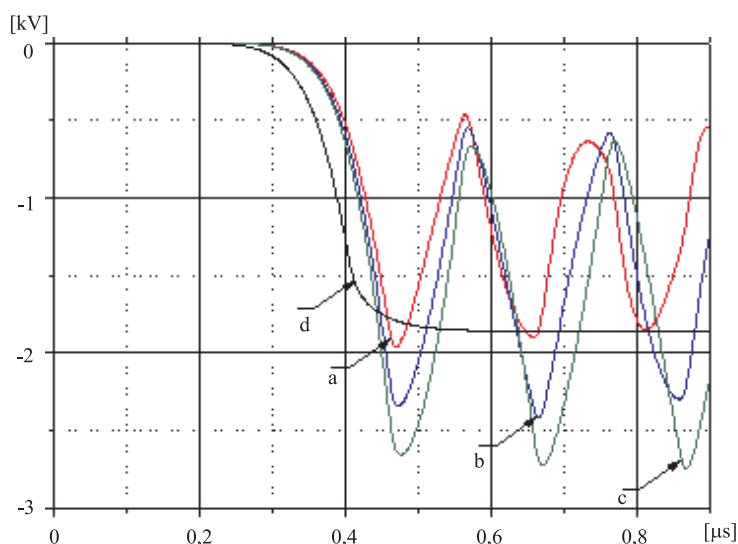
w którym u_d - jednostkowy przyrost napięcia na drodze d między SPD a chronionym urządzeniem, zależy od kształtu fali przepięciowej i od charakteru obciążenia.

Jeżeli różnica napięć ($U_w - U_p$) jest mała, to d_c też jest mała, a jeżeli rzeczywista długość obwodu d jest większa niż d_c , to również napięcie U_{st} jest większe niż napięcie wytrzymywane U_w i wówczas należy zaciski chronionego urządzenia wyposażyć w dodatkowe SPD.

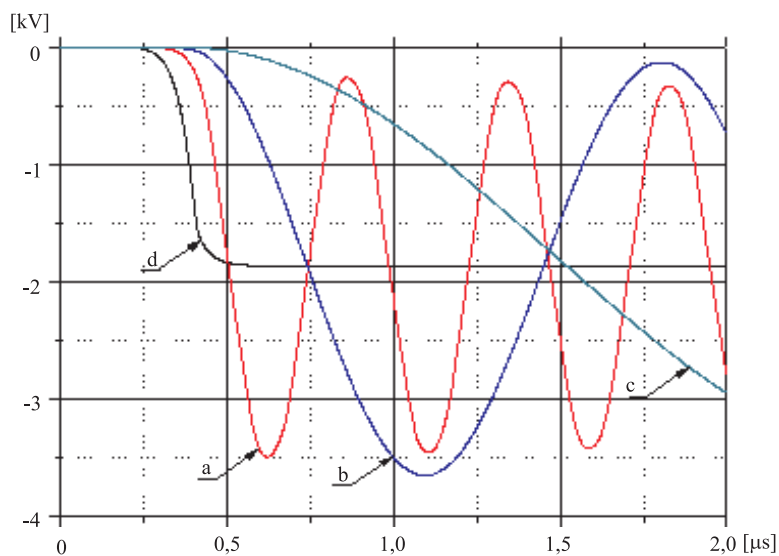
Wzrost napięcia U_{st} na końcu chronionego obwodu z rys. 22, w zależności od jego parametrów, można wyznaczyć za pomocą PSPICE [7]. Do symulacji przebiegów napięciowych, na początku obwodu (napięcie U_p) i na jego końcu (napięcie U_{st}), przyjęto pięć wariantów jego parametrów, przy pobudzeniu udarem prądowym o kształcie $0,25/100 \mu s$ i dodatkowo jeden (szósty) wariant, przy pobudzeniu udarem prądowym o kształcie $10/350 \mu s$. Wyodrębnione krzywe dla różnych wariantów pokazano na rys. 23-28.



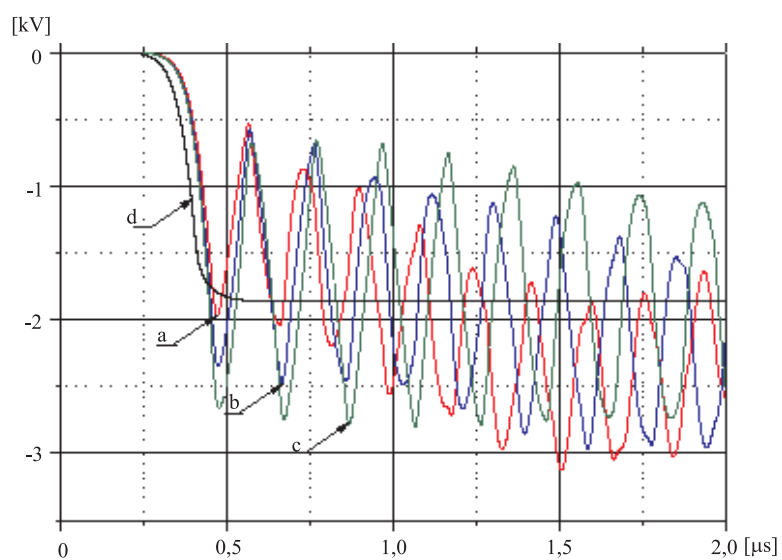
Rys. 23. U_{st} dla: a) $R = 1 \text{ k}\Omega$, b) $R = 10 \text{ k}\Omega$, c) $R = 1 \text{ M}\Omega$, d) U_p dla $R_l = 10 \Omega$



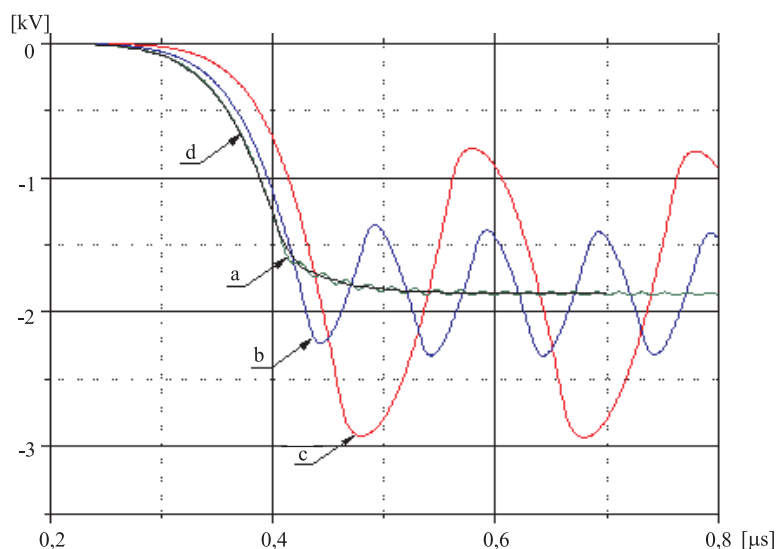
Rys. 24. U_{st} dla: a) $L = 10 \mu H$, b) $L = 20 \mu H$, c) $L = 50 \mu H$, d) U_p dla $R_l = 10 \Omega$



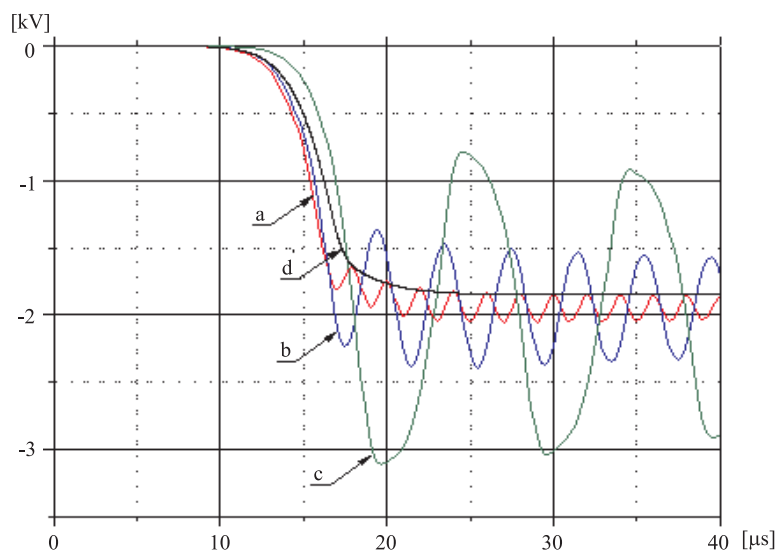
Rys. 25. U_{st} dla: a) $C = 1 \text{ nF}$, b) $C = 10 \text{ nF}$, c) $C = 100 \text{ nF}$, d) U_p dla $R_l = 10 \Omega$



Rys. 26. U_{st} dla: a) $R = 100 \text{ k}\Omega$, $L = 10 \text{ }\mu\text{H}$, $C = 10 \text{ nF}$, b) $R = 100 \text{ k}\Omega$, $L = 20 \text{ }\mu\text{H}$, $C = 10 \text{ nF}$, c) $R = 100 \text{ k}\Omega$, $L = 50 \text{ }\mu\text{H}$, $C = 10 \text{ nF}$, d) U_p dla $R_l = 10 \Omega$



Rys. 27. U_{st} dla: a) $d = 1$ m, b) $d = 5$ m i c) $d = 10$ m, przy obciążeniu $R = 1$ M Ω oraz d) U_p dla $R_l = 10$ Ω



Rys. 28. U_{st} dla: a) $d = 100$ m, b) $d = 200$ m, c) $d = 500$ m, przy obciążeniu $R = 1$ M Ω oraz d) U_p dla $R_l = 10$ Ω

Jak już wspomniano należy jeszcze zwrócić uwagę na potrzebę uwzględnienia wpływu wyładowań występujących w pobliżu linii wchodzących do obiektu, które wprawdzie nie wpływają dodatkowo na dobór SPD, z uwagi na mniejsze wartości przepięć indukowanych niż bezpośrednich, ale mają istotny wpływ na zwiększenie częstości występowania przepięć. Przeciętna roczna częstość bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekt odosobniony, o wymiarach $10 \times 10 \times 10$ m, w klimacie umiarkowanym na równinie, nie przekracza wartości rzędu 10^{-2} , a roczna częstość wyładowań piorunowych bezpośrednich we wchodzące do obiektu linie o wysokości 8 m nie przekracza wartości rzędu 10^{-1} . Nato-

miast roczna częstość oddziaływań na obiekt wyładowań pobliskich szacowana jest na poziomie $1,5 \times 10^0$, a analogiczna częstość oddziaływań piorunowych, na wchodzące do obiektu linie, jest szacowana na poziomie $2,0 \times 10^0$. Większa częstość występowania przepięć indukowanych wynika z większego zasięgu powierzchni równoważnych. Zasięg ten, wyrażony w metrach, wynosi dla linii napowietrznych:

$$r_{eq1} = 500 \quad (11)$$

i dla linii kablowych:

$$r_{eqk} = 12,5\sqrt{\rho} \quad (12)$$

Wzrost częstości występowania przepięć może stwarzać potrzebę stosowania innych środków ochrony, jak redukcja pętli przez odpowiednie trasowanie obwodów instalacyjnych, ekranowanie przestrzeni i przewodów oraz połączenia wyrównawcze.

Podsumowanie

W realizacji ochrony odgromowej występują obecnie w Polsce znaczne nieprawidłowości. Są one powodowane niespójnością przepisów, zaniedbaniami ze strony przedstawicieli instytucji państwowych i brakiem profesjonalizmu realizatorów ochrony. Istnieje wyraźnie pilna potrzeba podjęcia zdecydowanych kroków, w celu wyeliminowania tych zjawisk. Działania Polskiego Komitetu Ochrony Odgromowej, przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, okazują się niewystarczające. Wymagają one silnego, powszechnego i pełnego inicjatyw wsparcia ze strony całego środowiska technicznego.

Bibliografia

- [1] CLC/TC 81X (Secretariat) 0101/RM. Unconfirmed minutes of the 9th meeting held in Brussels (Belgium) on 2nd September 2009, Items: 6.1, 6.4, 6.5.
- [2] Flisowski Z., Stańczak B., Mazzetti C.: *Conditions for corona discharge on installation shielded against lightning stroke*, Int. Symposium on High Voltage Engineering (ISH), New Orleans (USA), September 1989.
- [3] Gomes C, Abidin Ab Kadir M. Z.: *Lightning protection: Getting it wrong*, IEEE Technology and Society Magazine, Summer 2011 1932-4529/11
- [4] Hartono Z. A., Robiah I.: *Conventional and Un-conventional Lightning Air Terminals: An Overview*. Forum on Lightning Protection, Hilton Petaling Jaya, January 2004
- [5] <http://www.lightningsafetyalliance.org>
- [6] http://www.lightningsafetyalliance.org/documents/acem_air_terminals.pdf
- [7] Krasowski D., and oth.: *On critical distance between an SPD and protected appliance with respect to their voltage coordination*, ICLP 2010, Cagliari, Italy
- [8] Lightning Eliminators: <http://www.lightningprotection.com>
- [9] NF C 17-102:1995. Protection contre la foudre. Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage.

- [10] PN-EN 62305-1:2008 - Ochrona odgromowa - część 1: Ogólne zasady
- [11] PN-EN 62305-2:2008 - Ochrona odgromowa - część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [12] PN-EN 62305-3:2009 - Ochrona odgromowa - część 3: Uszkodzenie fizyczne obiektu i zagrożenie życia
- [13] PN-EN 62305-4:2009 - Ochrona odgromowa - część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
- [14] PN-EN 62561:2010. Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) - Wymagania dotyczące: część 1 - elementów połączeniowych, część 2 - przewodów i uziomów, część 3 - iskierników separacyjnych, część 4 - uchwyty przewodów, część 5 – uziomowych skrzynek inspekcyjnych i uszczelek, część 6 – liczników piorunowych (LSC), część 7 – związków poprawiających uziemienie, część 8 – elementów izolowanego LPS (wstępny projekt).
- [15] Robbyn Mitchell: *Adventure Island employee dies after being struck by lightning*, Tampa Bay Times September 10, 2011
- [16] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
- [17] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.).
- [18] Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz. U. Nr 169, poz. 1386, z późn. zm.)

Zdobysław Flisowski



Prof. dr hab. Zdobysław Flisowski ukończył studia na Politechnice Warszawskiej, w 1952 roku został pracownikiem naukowym tej uczelni. W 1966 obronił doktorat, a w 1980 r. habilitację. W 1987 r. został profesorem nadzwyczajnym, w 1992 profesorem zwyczajnym. Przez kilkanaście lat pełnił funkcję prodziekana Wydziału Elektrycznego, w latach 1989-1992 prorektora PW. W 1991 roku został kierownikiem Zakładu Techniki Wysokich Napięć. Specjalizuje się w technikach wysokich napięć, elektrotechnologiach i ochronie odgromowej. Przewodniczy Polskiemu Komitetowi Ochrony Odgromowej SEP, należy do Towarzystwa Naukowego Warszawskiego.

e-mail: zdobyslaw.flisowski@ee.pw.edu.pl

Aspekty normalizacyjne w dziedzinie ochrony odgromowej

Krzysztof Brodnicki

Zapewnienie bezpieczeństwa przeciwpożarowego, ochrony przed porażeniem elektrycznym i ciepłym, czy innymi skutkami wyładowań atmosferycznych jest bardzo istotnym działaniem, nie mniej ważnym niż ochrona przed innymi zagrożeniami związanymi z korzystaniem z różnych urządzeń elektrycznych i mechanicznych.

Sprawie ochrony odgromowej poświęcona była konferencja: „Bezpieczeństwo ludzi i infrastruktury w aspekcie ochrony odgromowej”, gdzie między innymi wygłoszono szereg referatów odnoszących się do stanu polskiej normalizacji w tym zakresie [1]. Artykuł podsumowuje stan normalizacji dotyczącej ochrony odgromowej i przedstawia związane z nią wnioski z obrad.

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe, ochrona przed porażeniem elektrycznym i ciepłym

Podsumowanie dotyczące zagadnień normalizacyjnych omawianych na konferencji

Normalizacja krajowa w dziedzinie bezpieczeństwa przeciwpożarowego, ochrony przed porażeniem elektrycznym i ciepłym czy innymi skutkami wyładowań atmosferycznych, opiera się głównie na wprowadzaniu norm europejskich (wydawanych przez CENELEC) zharmonizowanych z normami międzynarodowymi (IEC) lub w nielicznych przypadkach norm własnych CENELEC. Jednak większość Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej jest ustanawiana w postaci tzw. norm uznaniowych wprowadzających normy europejskie w oryginalnej wersji językowej, z reguły angielskiej, bez tłumaczenia na język polski. Dotyczy to szczególnie PN wydawanych w ostatnich latach.

W jednym z referatów [2] poruszono kwestię wydania 10.12.2010 r. przez ówczesnego Ministra Infrastruktury rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [3]. W rozporządzeniu tym, które weszło w życie 20.03.2011 r., powołano szereg Polskich Norm dotyczących ochrony odgromowej, które obowiązkowo powinny być stosowane przy obowiązkowym wyposażaniu budynków w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych.

Polskie Normy powołane w rozporządzeniu to: PN-EN 62305-1:2008 {6}^① i PN-EN 62305-2:2008 {7} (w § 53 ust. 2 i w § 184 ust. 3) oraz PN-EN 62305-3:2009 {8}, PN-EN 62305-4:2009 {9} i PN-IEC 60364-4-443:1999 {2} (w § 184 ust. 3). Norma o numerze 2 w Tabeli 1 została znowelizowana w 2006 r., zaś normy 6, 8 i 9 w 2011 r., gdyż ustanowiono następne wydania ich odpowiedników IEC i EN. Nowelizacje tych PN-EN są dokonywane w Komitecie Technicznym PKN 55 ds. Instalacji Elektrycznych i Ochrony Odgromowej Obiektów Budowlanych powołanym przez Polski Komitet Normalizacyjny.

Aktualnie obowiązujące części normy: PN-EN 62305-1 {6}; -3 {8} i -4 {9} ustanowione w 2011 r. oraz PN-EN 62305-2 {7}, ustanowiona w 2012 r. są to tzw. normy uznaniowe (U), które wydawane są jako PN w wersjach oryginalnych, bez tłumaczenia na język polski. Wszystkie te normy oraz ich odpowiedniki podano w Tabeli 1.

^① Liczbami w nawiasie klamrowym oznaczono pozycje omawianych norm w załączonej „Tabeli 1. Zestawienie norm dotyczących ochrony odgromowej”.

Odpowiedniki europejskie podanych powyżej PN nie są normami zharmonizowanymi na mocy dyrektyw Unii Europejskiej, co uniemożliwia finansowanie ich tłumaczenia z budżetu PKN. Z chwilą przyjęcia normy uznaniowej (U) jako obowiązującej, traci moc obowiązywania poprzednie wydanie tej normy. W związku z tym wyżej wymienione rozporządzenie Ministra Infrastruktury staje się nieaktualne (dotyczy nieaktualnych wydań norm).

Dlatego, w celu utrzymania obligatoryjności PN powołanych w tym rozporządzeniu, należy wnioskować, aby Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, które przejęło kompetencje Ministerstwa Infrastruktury, finansowało opracowanie w KT 55/PKN tłumaczeń nowych wydań norm serii EN 62305, a po ich opublikowaniu opracowało załącznik do rozporządzenia z powołaniem nowych wydań Polskich Norm.

Kolejną grupą Polskich Norm, o których obligatoryjność wnioskowali uczestnicy konferencji, jest wieloczęściowa seria norm PN-EN 50164 oraz PN-EN 62561, dotyczących elementów urządzenia piorunochronnego. Do czerwca 2012 r. obowiązywały PN-EN 50164-1:2010 i PN-EN 50164-2:2010, jako normy tłumaczone na język polski oraz część 3: PN-EN 50164-3:2007/A1:2009 (U) – nietłumaczona. Po nowelizacji w 2012 r. ich odpowiedników EN (ze zmianą numeru na 62561) ustanowiono PN-EN 62561-1:2012 {10}, PN-EN 62561-2:2012 {11} i PN-EN 62561-3:2012 {12}, ale już tylko w wersji oryginalnej – nietłumaczonej. Pozostałe części tej serii ustanowione w 2011 r. są również normami nietłumaczonymi. Są to części: PN-EN 62561-4 {13}, -5 {14}, -6 {15} i -7 {16}.

Wnioski

Dobrym rozwiązaniem wydaje się nowe wydanie wszystkich części tej serii norm w polskiej wersji językowej. Byłoby to możliwe niezwłocznie po znalezieniu źródeł finansowania tłumaczeń.

W referacie Przewodniczącego Komitetu Technicznego PKN 55 prof. Zdobysława Flisowskiego^①, zostały przedstawione krytyczne uwagi dotyczące zniesienia przez ustawodawstwo polskie obligatoryjności Polskich Norm identycznych z normami europejskimi [4]. W przypadku norm dotyczących ochrony odgromowej jest to szczególnie niebezpieczne, gdyż niewiele norm z tej dziedziny objętych jest rozporządzeniami ministrów w sprawie ich obligatoryjnego stosowania.

Inne polskie normy wyszczególnione w referacie prof. Flisowskiego są aktualnie wydane jako normy tłumaczone: PN HD 60364-4-444:2012 {3} i PN-HD 60364-5-534:2012 {4}, bądź jako uznaniowe pozycje {2} i {5}, które należałoby przetłumaczyć. Ponadto wskazane byłoby:

- opracowanie w polskiej wersji językowej PN stanowiącej wprowadzenie IEC/TR 60479-4 {1}, dotyczącej efektów porażenia prądem od piorunów ludzi i inwentarza żywego,
- tłumaczenie PN-EN 50536:2011 (U) {17}, która dotyczy systemów ostrzegania przed burzami stosowanych w ochronie odgromowej,
- tłumaczenie norm: PN-EN 61643-11:2006/A11:2007 (U){18} i PN-EN 61643-21:2004/A1:2009 (U) {19}, wydanych w wersji oryginalnej, opracowanych przez KT 73 ds. Projektowania i Eksploatacji Urządzeń Elektroenergetycznych o Napięciu Powyżej 1 kV Prądu Przemianowego (1,5 kV Prądu Stałego) oraz Ograniczników Przepięć.

Wypływa stąd wniosek, że wszystkie normy dotyczące ochrony odgromowej należy zaliczyć do norm związanych z bezpieczeństwem i powinny one być obligatoryjnie wydawane w języku polskim, tak jak normy dotyczące bezpieczeństwa urządzeń. Zapewni to obowiązek ich stosowania zarówno w budownictwie, jak i przez producentów elementów urządzeń piorunochronnych.

^① Patrz także artykuł prof. Flisowskiego w tym numerze *TiTI* (red.).

Reasumując należy stwierdzić, że spośród 19 norm międzynarodowych i ich odpowiedników europejskich, dotyczących zagrożeń wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi, ochrony odgromowej lub zjawisk pokrewnych, wprowadzono do aktualnych wydań PN jedynie 2 normy metodą tłumaczenia, a 16 metodą uznania. Jedna norma międzynarodowa (numer 1 w Tabeli 1) nie została wprowadzona do PN.

Z uwagi na konieczność przestrzegania bezpieczeństwa występuje pilna potrzeba opracowania nowych wydań metodą tłumaczenia wszystkich 16 Polskich Norm aktualnie ustanowionych jako normy uznaniowe. Po opublikowaniu nowych wydań PN należy tak skorygować rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 2010 r., aby znalazły się w nim aktualne wydania norm opracowanych metodą tłumaczenia.

Tabela 1. Zestawienie norm dotyczących ochrony odgromowej

| Numer | Norma IEC | Norma EN | Polska Norma | Kom. CENELEC |
|-------|--|--|---|--------------|
| 1 | IEC/TR 60479-4:2011 Ed. 2.0. Effects of current on human beings and livestock - Part 4: Effects of lightning strokes. Stability date 2014 | EN brak | PN brak | |
| 2 | IEC brak | HD 60364-4-443:2006 Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances - Clause 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching. | PN-HD 60364-4-443:2006 (U) Ed. 1 nietłumaczona (zastępuje: PN-IEC 60364-4-443:1999) - Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych - Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi - Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi (<i>opr. przez KT 55 ds. Instalacji Elektrycznych i Ochrony Odgromowej Ob. Bud.</i>). | |
| 3 | IEC 60364-4-44:2007 Ed. 2.0. Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. Stability date 2015 | HD 60364-4-444:2010 Low-voltage electrical installations – Part 4-444: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. | PN-HD 60364-4-444:2012 (zastępuje: PN-HD 60364-4-444:2010) - Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 4-444: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa - Ochrona przed zakłóceniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi (<i>opr. przez KT 55</i>). | TC 64 |
| 4 | IEC 60364-5-53:2001/A1:2002 Ed. 3.0. Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control. Stability date: 2016 | HD 60364-5-534:2008 Low-voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control - Clause 534: Devices for protection against overvoltages. | PN-HD 60364-5-534:2012 (zast. PN-HD 60364-5-534:2009) - Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie - Sekcja 534: urządzenia do ochrony przed przepięciami (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 5 | IEC 60364-5-54:2011 Ed. 3.0. Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors. St. date 2020 | HD 60364-5-54:2011 Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors. | PN-HD 60364-5-54:2011 (U) Ed. 3 nietłumaczona (zastępuje: PN-HD 60364-5-54:2010) - Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego - Układy uziemiające i przewody ochronne (<i>opr. przez KT 55</i>). | |

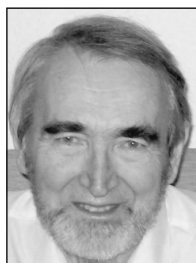
| | | | | |
|----|--|--|---|-----------|
| 6 | IEC 62305-1:2010 Ed. 2.0. Protection against lightning - Part 1: General principles. Stability date: 2018 | EN 62305-1:2011 Ed. 2. Protection against lightning – Part 1: General principles. | PN-EN 62305-1:2011 (U) Ed. 2 nietłumaczona (zast.: PN-EN 62305-1:2008.Ed.1) - Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne (<i>opr. KT 55</i>). | TC 81X |
| 7 | IEC 62305-2:2010 Ed. 2.0. Protection against lightning - Part 2: Risk management. Stability date: 2018 | EN 62305-2:2012 Ed. 2. Protection against lightning - Part 2: Risk management. | PN-EN 62305-2:2012 (U) Ed. 2 nietłumaczona (zastęp.: PN-EN 62305-2:2008. Ed. 1) - Ochrona odgromowa – Część 2: Zarządzanie ryzykiem (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 8 | IEC 62305-3:2010 Ed. 2.0. Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard. St. date 2018 | EN 62305-3:2011 Ed. 2. Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard. | PN-EN 62305-3:2011 (U) Ed. 2 nietłumaczona (zastępuje: PN-EN 62305-3:2009. Ed. 1) - Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 9 | IEC 62305-4:2010 Ed. 2.0. Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures. St. date: 2018 | EN 62305-4:2011 Ed. 2. Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures. | PN-EN 62305-4:2011 (U) Ed. 2 nietłumaczona (zastępuje: PN-EN 62305-4:2009. Ed. 1) - Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach (<i>opr. przez KT 55</i>). | TC 81X |
| 10 | IEC 62561-1 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 1: Requirements for connection components. St. date 2017 | EN 62561-1:2012 (zastępuje EN 50164-1:2008) Lightning Protection System Components (LPSC) - Part 1: Req. for connection components | PN-EN 62561-1:2012 (U) Ed. 1 nietłumaczona (zast.: PN-EN 50164-1:2010) - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 1: Wymagania dotyczące elementów połączeniowych (<i>opr. KT 55</i>). | |
| 11 | IEC 62561-2:2012 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes. Stability date: 2017 | EN 62561-2:2012 (zastępuje EN 50164-2:2008) Lightning Protection System Components (LPSC) - Part 2: Req. for conductors and earth electrodes | PN-EN 62561-2:2012 (U) Ed. 1 nietłumaczona (zastępuje: PN-EN 50164-2:2010) - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (<i>opr. KT 55</i>). | |
| 12 | IEC 62561-3:2012 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 3: Requirements for isolating spark gaps (ISG) Stability date: 2017 | EN 62561-3:2012 (zastępuje EN 50164-3:2006 i EN 50164 3:2006/A1:2009) Lightning Protection System Components (LPSC) - Part 3: Requirements for isolating spark gaps | PN-EN 62561-3:2012 (U) Ed. 1 nietłumaczona (zastępuje: PN-EN 50164-3:2007, PN-EN 50164-3:2007/A1:2009) Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) - Część 3: Wymagania dotyczące iskierników izolacyjnych (ISG) (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 13 | IEC 62561-4:2010 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 4: Req. for conductor fasteners. St. date: 2017 | EN 62561-4:2011 Ed. 1. Lightning protection system components (LPSC) - Part 4: Requirements for conductor fasteners | PN-EN 62561-4:2011 (U) Ed.1 nietłumaczona - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 4: Wymagania dotyczące uchwytów (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 14 | IEC 62561-5:2011 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 5: Req. for earth electrode inspection housings and earth electrode seals. St. date: 2017 | EN 62561-5:2011 Ed. 1. Lightning protection system components (LPSC) - Part 5: Requirements for earth electrode inspection housings and earth electrode seals | PN-EN 62561-5:2011 (U) Ed.1 nietłumaczona - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 5: Wymagania dotyczące uziomowych studzienek kontrolnych i ich uszczelnień (<i>opr. przez KT 55</i>). | |

| | | | | |
|----|---|--|--|-----------|
| 15 | IEC 62561-6:2011 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 6: Req. for lightning strike counters St. date: 2017 | EN 62561-6:2011 Ed.1. Lightning protection system components (LPSC) - Part 6: Requirements for lightning strike counters (LSC) | PN-EN 62561-6:2011 (U) Ed.1 nietłumaczona - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 6: Wymagania dotyczące liczników uderów piorunowych (LSC) (<i>opr. przez KT 55</i>). | TC 81X |
| 16 | IEC 62561-7:2011 Ed. 1.0. Lightning protection system components (LPSC) - Part 7: Req. for earthing enhancing compounds. St. date: 2017 | EN 62561-7:2012 Ed.1. Lightning Protection System Components (LPSC) - Part 7: Requirements for earthing enhancing compounds | PN-EN 62561-7:2012 (U) Ed.1 nietłumaczona - Elementy urządzenia piorunochronnego (LPCS) - Część 7: Wymagania dotyczące substancji poprawiających jakość uziemień (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 17 | IEC brak | EN 50536:2011/AC:2011 Protection against lightning - Thunderstorm warning systems | PN-EN 50536:2011 (U) Ed.1 nietłumaczona - Ochrona przed piorunami -Burzowy system ostrzegawczy (<i>opr. przez KT 55</i>). | |
| 18 | IEC 61643-11:1998 Ed. 1.0. Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods. Stability date: 2016 | EN 61643-11:2002/A11:2007 Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Req. and tests (w opr. FprEN 61643-11:2012 zgodna z IEC 61643-11:2011) | PN-EN 61643-11:2006/A11:2007 (U) nietłumaczona (dyrektywa UE: 2006/95/EC) - Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć - Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia - Wymagania i próby (<i>opr. przez KT 73 ds. Projektowania i Eksploatacji Urządzeń Elektroenergetycznych o Napięciu Powyżej 1 kV Prądu Przemianowego (1,5 kV Prądu Stałego) oraz Ograniczników Przepięć</i>). | TC 37A |
| 19 | IEC 61643-21:2000/A1:2008 Ed. 1.1. Low voltage surge protective devices - Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing methods Stability date: 2013 (w opr. IEC 61643-21/A2 Ed 1.0) | EN 61643-21:2001/A1:2009 Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance req. and testing methods (w opr. EN 61643-21:2001/FprA2:2012 zgodna z planowaną nowelizacją IEC 61643-21:2009) | PN-EN 61643-21:2004/A1:2009 (U) nietłumaczona (dyrektywa UE: 2006/95/EC) - Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia - Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych - Wymagania eksploatacyjne i metody badań (<i>opr. przez KT 73</i>). | |

Bibliografia

- [1] Referaty wygłoszone na Konferencji: „Bezpieczeństwo ludzi i infrastruktury w aspekcie ochrony odgromowej” zorganizowanej przez Oddział Elektroniki, Informatyki i Telekomunikacji Stowarzyszenia Elektryków Polskich na Politechnice Warszawskiej w dniu 25.04.2012 r.
- [2] Jęzak S.: *Ochrona odgromowa normy i przepisy - Ochrona odgromowa obiektów budowlanych w świetle nowej normy PN-EN 62305*. Referat wygłoszony na ww. Konferencji
- [3] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. Dziennik Ustaw, 2010, nr 239, poz. 1597

- [4] Flisowski Z.: *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych i ich wyposażenia*. Referat wygłoszony na Konferencji
- [5] Baza danych dotycząca Polskich Norm ustanowionych przez Polski Komitet Normalizacyjny
- [6] Baza danych dotycząca norm międzynarodowych ustanowionych przez IEC
- [7] Baza danych dotycząca norm europejskich ustanowionych przez CENELEC

Krzysztof Brodnicki

Mgr inż. Krzysztof Brodnicki ukończył studia na Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej. W latach 1959-1994 pracował w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym, Przemysłowym Instytucie Telekomunikacji i Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Elektronicznego Sprzętu Powszechnego Użytku. Od 1994 r. do chwili obecnej jest przewodniczącym Komitetu Technicznego Nr 105 ds. Elektroakustyki oraz Rejestracji Dźwięku i Obrazu – przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

e-mail: kbrodnicki@interia.pl

Projekty badawcze realizowane w Instytucie Łączności

Stan w dniu 1.01.2013

I. Projekty FP7

1.



| | |
|----------------------------------|--|
| <i>Tytuł</i> | MediA Ecosystem Deployment through Ubiquitous Content-Aware Network Environments - ALICANTE |
| <i>Kierownik</i> | dr inż. Jordi Mongay Batalla (w IŁ) |
| <i>Wykonawcy</i> | Konsorcjum 20 instytucji z Europy, Izraela i Chin, w tym IŁ i Centre National de la Recherche Scientifique – LaBRI (lider) |
| <i>Okres realizacji</i> | 2010-2013, 42 miesiące (IŁ – 22 miesiące) |
| <i>Środki finansowe (tys. €)</i> | 11 500, w tym IŁ 219 |
| <i>Cel:</i> | W sytuacji konieczności wprowadzenia zmian do obecnej struktury Internetu, projekt ALICANTE proponuje opracowanie nowej architektury pozwalającej na tworzenie w Internecie Przyszłości ekosystemów przekazu mediów. Celem takiego ekosystemu jest stworzenie zintegrowanego środowiska, w którym użytkownicy końcowi i dostawcy treści/usług mają możliwość uczestniczenia w procesie tworzenia, udostępniania i dostarczania zarówno tradycyjnych, jak i nowych usług skupionych wokół przekazu treści multimedialnej. Głównym celem zaproponowanego rozwiązania jest zapewnienie użytkownikowi możliwości dostępu do oferowanych usług multimedialnych, odpowiednio dostosowanych do jego aktualnego kontekstu. Kontekst użytkownika, zaproponowany w projekcie ALICANTE, zawiera szereg informacji o użytkowniku m.in. jego preferencje, bieżącą lokalizację oraz rodzaj i możliwości terminala, z którego korzysta. |
| <i>Strona internetowa</i> | www.ict-alicante.eu/ |

2.



| | |
|------------------|---|
| <i>Tytuł</i> | Industry-Driven Elastic and Adaptive Lambda Infrastructure for Service and Transport Networks - IDEALIST |
| <i>Kierownik</i> | dr inż. Mirosław Klinkowski (w IŁ) |
| <i>Wykonawcy</i> | Konsorcjum 23 instytucji z Europy, w tym IŁ i Telefonica Investigation y Desarrollo S.A. (lider) |

Okres realizacji 2012-2015

Środki finansowe (tys. €) 12 476, w tym IŁ 166

Cel: Opracowanie i skoordynowany rozwój innowacyjnych rozwiązań dla telekomunikacyjnych sieci transportowych zgodnych z nowymi, wymagającymi pasma aplikacjami w oparciu o elastyczne sieci optyczne

Strona internetowa www.ict-idealist.eu/

II Udział w programach COST

3.

Tytuł **COST Action IC 0804 – Energy Efficiency in Large Scale Distributed Systems**

Kierownik dr inż. Mirosław Klinkowski (IŁ), jest członkiem Komitetu Zarządzającego

Wykonawcy 23 kraje uczestniczące

Okres realizacji 2009-2013

Cel: Działanie COST IC0804 proponuje realistyczne, alternatywne, efektywne energetycznie rozwiązania dla rozproszonych zasobów IT. W sytuacji gdy wielkoskalowe systemy rozproszone skupiają coraz więcej węzłów obliczeniowych i zasobów pamięciowych, ich zużycie energii wzrasta wykładniczo. Podczas gdy dla obniżenia zużycia energii wiele wysiłku jest obecnie wkładane w specyficzne rozwiązania sprzętowe, istnieje potrzeba komplementarnego podejścia na poziomie systemu rozproszonego, to jest w obszarze middleware, sieci i aplikacji.

Strona internetowa www.irit.fr/cost804/

4.

Tytuł **COST Action IC0905 - Techno-Economic Regulatory Framework for Radio Spectrum Access for Cognitive Radio/Software Defined Radio – TERRA**

Kierownik dr inż. Dariusz Więcek (IŁ), jest członkiem Komitetu Zarządzającego

Wykonawcy 20 krajów uczestniczących

Okres realizacji 2010-2014

Cel: Ideą działania COST-TERRA jest ustanowienie wielodyscyplinarnego forum europejskiego, skoncentrowanego na koordynowaniu techniczno-ekonomicznych badań dla rozwoju zharmonizowanych norm prawnych ułatwiających postęp i szerokie komercyjne wdrażanie systemów Radia Kognitywnego/Programowo Definiowalnego (CR/SDR)

Strona internetowa www.cost-terra.org

5.

Tytuł **COST Action TD 1001 – Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Application – OFSeSa**

Kierownik dr inż. Krzysztof Borzycki (IŁ), jest zastępcą członka Komitetu Zarządzającego

Wykonawcy 25 krajów uczestniczących

Okres realizacji 2010-2014

Cel: Sensory światłowodowe mogą niewątpliwie być stosowane w monitoringu granicznych parametrów związanych z bezpieczeństwem aplikacji. Zalety tych sensorów są powszechnie znane, istnieje jednak wiele problemów technicznych wciąż oczekujących na rozwiązanie. Przez wspieranie współpracy specjalistów na obszarach multidyscyplinarnych, w celu lepszej koncentracji ich wiedzy dotyczącej rozwoju sensorów i projektowania systemów, problemy te mogą zostać zdefiniowane, umożliwiając stworzenie nowej generacji systemów wyposażonych w sensory światłowodowe charakteryzujące się doskonałą stabilnością i niezawodnością, co w efekcie przyniesie wzrost bezpieczeństwa publicznego i bezpieczeństwa systemów.

Strona internetowa www.ul.ie/td1001/

III Krajowe projekty i programy badawcze

III. 1 Projekty finansowane z funduszy strukturalnych

6.



Tytuł **System Informacyjny o infrastrukturze szerokopasmowej i portal Polska Szerokopasmowa - SIPS**

Kierownik mgr inż. Dariusz Gacoń

Wykonawcy IŁ (lider), Urząd Komunikacji Elektronicznej, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji

Okres realizacji 2009-2013

Środki finansowe (tys. zł) 19 023, w tym IŁ 13 439

Cel: Celem Projektu jest utworzenie infrastruktury teleinformatycznej o zasięgu ogólnokrajowym, zapewniającej wsparcie administracji rządowej i samorządowej w zarządzaniu oraz koordynacji projektów, dotyczących budowy regionalnych szerokopasmowych sieci szkieletowych i dostępowych na obszarach wymagających interwencji. Infrastruktura ta będzie wspomagać działania zarówno administracji rządowej, jak i samorządowej, tworząc zaplecze dla elektronicznych usług publicznych świadczonych dla obywateli i przedsiębiorców.

Strona internetowa www.sips.itl.waw.pl/

7.

*Tytuł***Inżynieria Internetu Przyszłości - IIP***Kierownik*

prof. dr. hab. inż. Wojciech Burakowski (PW), dr inż. Piotr Krawiec (w IŁ)

Wykonawcy

IŁ, Politechnika Warszawska (lider), Politechnika Wroclawska, Politechnika Poznańska, Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Politechnika Śląska, Politechnika Gdańska, Akademia Górniczo-Hutnicza

Okres realizacji

2010-2013

Środki finansowe (tys. zł) 40 014, w tym IŁ 5 873

Cel: Celem projektu w zakresie Internetu IPv6 jest opracowanie metodyki dla ewolucyjnego zastąpienia w sieci krajowej obecnej wersji IP (IPv4) przez protokół IPv6 oraz zaproponowanie nowych rozwiązań sieciowych i usług wynikających z IPv6. Celem projektu w zakresie Internetu Przyszłości jest opracowanie i przetestowanie propozycji nowej architektury opartej na wirtualizacji zasobów wraz z nowymi mechanizmami i algorytmami dotyczącymi istotnych aspektów działania sieci. Projekt stawia sobie również za cel stworzenie środowiska krajowej sieci testowej dla Internetu IPv6 i Internetu Przyszłości, pozwalającego na prowadzenie działalności badawczo-rozwojowej opartej na weryfikacji eksperymentalnej.

Strona internetowawww.iip.net.pl/

8.

*Tytuł***Platforma informatyczna do celów analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej i optymalizacji sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych - PIAST***Kierownik*

dr inż. Janusz Sobolewski (IŁ)

Wykonawcy

IŁ

Okres realizacji

2010-2013

Środki finansowe (tys. zł) 4 067

Cel Rozwój platformy informatycznej i wdrożenie nowych usług projektowania, optymalizacji i analiz kompatybilności sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych

Strona internetowawww.piast.edu.pl/

III.2 Projekty finansowane przez Narodowe Centrum Nauki**9.**

Tytuł **Modelowanie różnicowe dla potrzeb badań marketingowych i biomedycznych**

Kierownik dr hab. inż. Szymon Jaroszewicz

Wykonawcy IŁ, Centrum Onkologii

Okres realizacji 2010-2013

Środki finansowe (tys. zł) 350

Cel: Opracowanie metod modelowania różnicowego, to znaczy modelowania różnic między obiektami w dwóch grupach: doświadczalnej (na której dokonano pewnego działania) i kontrolnej (na której działanie to nie miało miejsca).

Strona internetowa www.itl.waw.pl/projekt431

10.

Tytuł **Badania i rozwój algorytmów zespołowych wzorców czasu w Bazie Danych TA(PL) - RATAPL**

Kierownik dr Włodzimierz Lewandowski (Główny Urząd Miar), inż. Anna Warzec (IŁ)

Wykonawcy IŁ

Okres realizacji 2011-2013, 24 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 345

Cel: Przygotowanie, implementacja oraz optymalizacja nowych algorytmów zespołowych wzorców czasu i częstotliwości w Bazie Danych dla TA(PL).

Modyfikacja i optymalizacja algorytmów już zaimplementowanych w Bazie Danych dla TA(PL) w celu zwiększenia stabilności TA(PL).

Porównanie wszystkich zaimplementowanych algorytmów w celu doboru najodpowiedniejszego spośród nich z punktu widzenia struktury porównań wzorców wewnątrz TA(PL).

Strona internetowa www.itl.waw.pl/projekt589

11.

Tytuł **Modelowanie i optymalizacja elastycznych sieci optycznych 100+ Gbit/s - ESO**

Kierownik dr inż. Mirosław Klinkowski

Wykonawcy IŁ

Okres realizacji 2011-2014, 36 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 457

Cel: Modelowanie, projektowanie i optymalizacja optycznych telekomunikacyjnych sieci elastycznych (ang. Elastic Optical Networks, EON), będących następcą obecnych sieci opartych na systemach DWDM i umożliwiających w sposób wydajny ustanawianie połączeń o bardzo dużej (100+ Gbit/s) i zmiennej przepływności na potrzeby obecnych i przyszłych sieci internetowych.

Strona internetowa www.itl.waw.pl/projekt602

III.3 Projekty finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

12.



Tytuł

Interdyscyplinarny system interaktywnej informacji naukowej i naukowo-technicznej - SYNAT. Zadanie IŁ: Tworzenie uniwersalnej, otwartej, repozytoryjnej platformy hostingowej i komunikacyjnej dla sieciowych zasobów wiedzy dla nauki, edukacji i otwartego społeczeństwa wiedzy

Kierownik

prof. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki (w IŁ)

Wykonawcy

Sieć 16 uczestników, w tym: IŁ, Uniwersytet Warszawski Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (lider)

Okres realizacji

2010-2013

Środki finansowe (tys. zł) 59 789, w tym IŁ 636

Cel: Tworzenie zintegrowanej platformy informatycznej krajowego systemu informacji naukowej i naukowo-technicznej. Platforma umożliwi realizację programów budowy infrastruktury zasobów informacji naukowej, systemów komunikowania naukowego i akademickiego, a równocześnie stanie się podstawą budowy integralnej struktury gromadzenia, udostępniania i rozwoju krajowych zasobów treści naukowych, edukacyjnych oraz dokumentacji dziedzictwa kulturowego. Dla osiągnięcia tych celów będą realizowane prace o charakterze podstawowym jak również stowarzyszone z nimi działania rozwojowe.

Strona internetowa

www.synat.pl

13.



Tytuł

Opracowanie metody automatycznego pozyskiwania i prezentacji w czasie rzeczywistym treści lokalnych dostawców usług w sieciach operatorów interaktywnej telewizji cyfrowej - LDUiTV

Kierownik

mgr inż. Zbigniew Kądzielski

Wykonawcy

IŁ, 4vod Sp. z o.o. Kraków (partner przemysłowy)

Okres realizacji

2011-2013, 24 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 4 042, w tym IŁ 2 597

Cel: Opracowanie nowych metod umożliwiających wprowadzenie usług interaktywnych na szeroki rynek, aby mogły z nich korzystać średnie, małe oraz mikroprzedsiębiorstwa, a tym samym szerokie grupy obywateli.

Strona internetowa www.itl.waw.pl/projekt590

14.

Tytuł **System Monitorowania Infrastruktury Telekomunikacyjnej - SMIT**

Kierownik dr inż. Krzysztof Borzycki

Wykonawcy IŁ, ASSECO Poland

Okres realizacji 2012-2014, 24 mies.

Środki finansowe (tys. zł)

Cel: Zaprojektowanie i wykonanie systemu monitorowania, który będzie stanowić innowacyjny zestaw narzędzi sprzętowych i programowych do kompleksowego monitorowania i ochrony technicznej infrastruktury telekomunikacyjnej, przede wszystkim sieci kablowych i obiektów bezobsługowych.

Strona internetowa www.itl.waw.pl/projekt741

15.

Tytuł **Opracowanie funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego - RESYS**

Kierownik mgr inż. Aleksander Orłowski (w IŁ)

Wykonawcy IŁ, Akademia Górniczo-Hutnicza (lider), 6 firm

Okres realizacji 2012-2014, 24 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 3 156, w tym IŁ 160

Cel: Przeprowadzenie prac badawczych, zmierzających do opracowania funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością jego stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, a następnie wdrożenie tego systemu do seryjnej produkcji. System ma rozwiązać dzisiejsze problemy, które towarzyszą akcjom ratowniczym, przez podwyższenie tempa i sprawności akcji oraz lepszą komunikację pomiędzy ratownikami w zastępie oraz pomiędzy zespołami ratowniczymi.

Strona internetowa <http://itl.waw.pl/projekt661>

16.

Tytuł **Zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych poprzez opracowanie nowoczesnego systemu monitoringu pożarowego na terenie RP**

Kierownik mgr inż. Aleksander Orłowski (w IŁ)

Wykonawcy IŁ, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpozarowej (lider), AM Technologies Polska

Okres realizacji 2012-2013, 24 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 2 100, w tym IŁ 686

Cel: Opracowanie prototypowego urządzenia (demonstratora) modułowego systemu integrującego stosowane w Polsce systemy transmisji alarmów pożarowych (monitoringu pożarowego) oraz przeprowadzenie testów prototypu w warunkach rzeczywistych.

Strona internetowa <http://www.itl.waw.pl/projekt618>

17.

Tytuł **Diagnostyka wczesnego rozpoznawania PCL w akumulatorach ołowiowych w celu zwiększenia niezawodności systemu zasilania rezerwowego – PBS I**

Kierownik dr inż. Robert Samborski (w IŁ)

Wykonawcy Konsorcjum: IŁ, Instytut Metali Nieżelaznych (lider), Akademia Górniczo-Hutnicza, Telzas Sp. z o.o.

Okres realizacji 2012-2015, 30 mies.

Środki finansowe (tys. zł) 2 425, w tym IŁ 733

Cel: Tematyka projektu dotyczy wczesnych symptomów zjawiska zachodzącego w niektórych ogniwach akumulatorów ołowiowych określanego jako efekt przedwczesnej utraty pojemności – PCL (*Permanent Capacity Lost*). Głównym celem badań jest opracowanie nowych, efektywnych metod diagnostyki efektu PCL, które umożliwiłyby zwiększenie niezawodności systemów zasilania rezerwowego opartych na akumulatorach ołowiowych. Badania elektryczne, elektrochemiczne i fizykochemiczne obejmą najważniejsze obszary wymieniane w literaturze jako istotne dla analizy efektu PCL. Zostaną zbadane zestawy akumulatorów, pojedyncze akumulatory, pojedyncze ogniwa, elementy składowe ogniwa oraz układy granicy faz kratka/masa aktywna. Pozwoli to w pełni poznać korelacje pomiędzy parametrami elektrycznymi i właściwościami elementów składowych ogniwa. Określone zostaną optymalne metody diagnostyki parametrów elektrycznych akumulatora, co z kolei może być podstawą oceny możliwości ich zastosowania w rzeczywistych warunkach, w ramach nadzoru technicznego stacji zasilania rezerwowego.

Strona internetowa <http://itl.waw.pl/projekt745>

Wykaz ważniejszych konferencji 1.09.2013-28.02.2014

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|---|-------------------------|-----------------------------|---|
| Microsoft TechEd Australia 2013 | 2013.09.03 - 2013.09.06 | Gold Coast, Australia | http://www.microsoft.com/en-au/teched/default.aspx |
| International Workshop on Wireless Access Flexibility - WiFlex 2013 | 2013.09.04 - 2013.09.06 | Svetlogorsk, Russia | http://wiflex.iitp.ru/2013/index.html |
| 5th Annual IT Service Management Conference & Exhibition 2013 | 2013.09.04 - 2013.09.06 | Singapore | http://www.pinkelephant.com/PinkAsia13/ |
| PIMRC 2013: 24th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications | 2013.09.08 - 2013.09.11 | London, United Kingdom | http://www.ieee.pimrc.org/2013/ |
| IEEE EDOC 2013 : The 17th IEEE International EDOC Conference | 2013.09.09 - 2013.09.13 | Vancouver, Canada | http://planet-sl.org/edoc2013/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=109&Itemid=809&lang=en |
| IEEE P2P 2013: IEEE International Conference on Peer.to.Peer Computing | 2013.09.09 - 2013.09.11 | Trento, Italy | http://www.p2p13.org/ |
| Telecoms Analytics & Big Data Forum 2013 | 2013.09.10 - 2013.09.11 | Dubai, United Arab Emirates | http://tavess.com/TelecomsBigData/#&panel1-3 |
| ITC 2013: 25th International Teletraffic Congress | 2013.09.10 - 2013.09.12 | Shanghai, China | http://www.itc25.org/ |
| ITX Asia 2013 | 2013.09.11 - 2013.09.13 | Kuala Lumpur, Malaysia | http://www.smemagazine.asia/itxasia/ |
| The 7th European Conference on Information Management and Evaluation - ECIME 2013 | 2013.09.12 - 2013.09.13 | Gdańsk, Poland | http://academic-conferences.org/ecime/ecime2013/ecime13-home.htm |
| 2nd Baltic HPC & Cloud Computing Conference 2013 | 2013.09.12 - 2013.09.13 | Riga, Latvia | http://baltic-hpc.eu/ |
| IEEE ICUWB 2013: IEEE International Conference on Ultra Wideband 2013 | 2013.09.15 - 2013.09.18 | Sydney, Australia | http://www.icuwb2013.org/index.php |

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|--|-------------------------|------------------------|---|
| 3rd Annual Cloud and Smart Data Summit 2013 | 2013.09.16 - 2013.09.17 | Vienna, Austria | http://www.umievents.com/en/UMI-Infrastructure/Conferences/3rd-Annual-Cloud-and-Smart-Data-Summit-2013.htm |
| 17th Annual Nordic & Baltic Telecoms Executive Forum 2013 | 2013.09.16 - 2013.09.17 | Nacka, Sweden | http://www.marcusevans-conferences-paneuropean.com/nordictel_clocate |
| 2013 International Conference on Internet Technology and Applications (iTAP) | 2013.09.16 - 2013.09.18 | Beijing, China | http://www.engii.org/workshop/itap2013August/ |
| ARTCom 2013 - 5th International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing | 2013.09.19 - 2013.09.20 | Bangalore, India | http://artcom.theides.org/2013/ |
| 9th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM 2013) | 2013.09.22 - 2013.09.24 | Beijing, China | http://www.wicom-meeting.org/2013/ |
| Total Telecom Customer Experience Summit 2013 | 2013.09.23 - 2013.09.24 | London, United Kingdom | http://www.terrapinn.com/2013/total-telecom-festival/ |
| TIWDC 2013: 4th Tyrrhenian International Workshop on Digital Communications | 2013.09.23 - 2013.09.25 | Genoa, Italy | http://www.tyrrhenian.cnit.it/ |
| 5th International Conference on Mobile Networks and Management 2013 | 2013.09.23 - 2013.09.25 | Cork, Ireland | http://mon-ami.org/2013/show/home |
| APNOMS 2013: The 15th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium | 2013.09.25 - 2013.09.27 | Hiroshima, Japan | http://www.ieice.org/~icm/apnoms/2013/ |
| 7th International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST 2013) | 2013.09.25 - 2013.09.27 | Prague, Czech Republik | http://www.ngmast.com/ |
| IEEE CAMAD 2013: The 18th IEEE International Workshop on Computer.Aided Modeling Analysis and Design of Communication Links and Networks | 2013.09.25 - 2013.09.27 | Berlin, Germany | http://www.ieee.camad.2013.org/ |

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|---|-------------------------|---------------------------|---|
| IEEE ISPC 2013: 2013 IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control | 2013.09.26 - 2013.09.28 | Solan, India | http://www.juit.ac.in/ispc_2013/ |
| HONET CNS 2013: 2013 High.Capacity Optical Networks and Emerging Technologies (HONET) . Communications & Network Security (CNS) | 2013.10.07 - 2013.10.09 | Magosa, Cyprus | http://honet.ict.org/ |
| International RFID Congress 2013 | 2013.10.08 - 2013.10.09 | Marseille, France | http://www.rfid-congress.com/2013/en/ |
| Total Telecom Finance Summit 2013 | 2013.10.09 - 2013.10.10 | London, United Kingdom | http://www.terrapinn.com/2013/total-telecom-festival/ |
| IEEE HEALTHCOM 2013: 15th IEEE International Conference on e.Health Networking, Application & Services | 2013.10.09 - 2013.10.12 | Lisbon, Portugal | http://www.ieee.healthcom.org/2013/#.UeksTGzWE_w |
| IEEE CNS 2013: IEEE Conference on Communications and Network Security | 2013.10.14 - 2013.10.16 | Washington, USA | http://www.ieee.cns.org/ |
| ICIN 2013: 17th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks | 2013.10.14 - 2013.10.17 | Venice, Italy | http://www.icin.co.uk/ |
| ICTC 2013: International Conference on Information and Communication Technology Convergence 2013 | 2013.10.14 - 2013.10.16 | Jeju Island, South Korea | http://www.ictc2013.org/main/ |
| ATC 2013: 2013 International Conference on Advanced Technologies for Communications | 2013.10.16 - 2013.10.18 | Hochiminh, Vietnam | http://www.rev.conf.org/ |
| IEEE CCEM 2013: IEEE Cloud Computing for Emerging Networks | 2013.10.16 - 2013.10.18 | Bangalore, India | http://ewh.ieee.org/ieee/ccem/ |
| International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC 2013) | 2013.10.16 - 2013.10.18 | Ho Chi Minh City, Vietnam | http://www.rev-conf.org/ |
| IEEE COMCAS 2013: 2013 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems | 2013.10.21 - 2013.10.23 | Tel Aviv, Israel | http://www.comcas.org/ |

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|---|----------------------------|------------------------------|---|
| IEEE SmartGridComm 2013: 4th IEEE International Conference on Smart Grid Communications | 2013.10.21 - 2013.10.24 | Vancouver, Canada | http://sgc2013.ieee-smartgridcomm.org/ |
| NOF 2013: The 4th International Conference on Network of the Future | 2013.10.23 - 2013.10.25 | Pohang, South Korea | http://nof2013.postech.ac.kr/ |
| World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS 2013) | 2013.10.23 - 2013.10.25 | San Francisco, USA | http://www.iaeng.org/WCECS2013/ |
| WCSP 2013: 2013 International Conference on Wireless Communi- cations and Signal Processing | 2013.10.24 - 2013.10.26 | Hangzhou, China | http://www.ic-wcsp.org/ |
| GIIS 2013: Global Information Infra- structure Symposium 2013 | 2013-10-28 - 2013-10-31 | Trento, Italy | http://www-l2ti.univ-paris13.fr/~giis2013/ |
| IEEE OnlineGreenComm 2013: IEEE Online Conference on Green Communications | 2013-10-29 - 2013-10-31 | on-line | http://www.ieee-onlinegreencomm.org/ |
| International Conference on Comput- ing, E-Learning and Emerging Technologies (ICCEET 2013) | 2013-10-30 - 2013-10-31 | Sydney, Australia | http://www.icceet.com/ |
| 3rd International Conference on Advance Information System, E-Education & Development (ICAISED 2013) | 2013-11-02 - 2013-11-03 | Singapore | http://www.icaised.com/ |
| IEEE WISEE 2013: IEEE Internati- onal Conference on Wireless for Spa- ce and Extreme Environments 2013 | 2013-11-07 - 2013-11-09 | Baltimore, USA | http://sites.ieee.org/wisee/committee/ |
| IEEE RIVF 2013: 2013 IEEE RIVF International Conference on Comput- ing & Communication Technologies | 2013-11-10 - 2013-11-13 | Hanoi, Vietnam | http://uet.vnu.edu.vn/rivf2013/ |
| IEEE CLOUDNET 2013: IEEE International Conference on Cloud Networking 2013 | 2013-11-11 - 2013-11-13 | San Francisco, USA | http://www.ieee-cloudnet.org/2013/ |
| FRUCT14 2013: The 14th Conferen- ce of Open Innovations Association FRUCT | 2013-11-11 - 2013-11-15 | Helsinki, Finland | http://fruct.org/conference14 |
| The 2nd International Conference on Informatics Engineering & Informa- tion Science (ICEIS2013) | 2013-11-11 - 2013-11-15 | Kuala Lumpur, Malaysia | http://sdiwc.net/conferences/2013/icieis2013/ |

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|--|-------------------------|--------------------------|---|
| WD 2013: IFIP Wireless Days 2013 Conference | 2013-11-13 - 2013-11-15 | Valencia, Spain | http://www.wirelessdays.org/ |
| IEEE CCW 2013: 27th IEEE Annual Computer Communications Workshop | 2013-11-13 - 2013-11-15 | Niagara Falls, Canada | http://www.cse.buffalo.edu/ccw13/ |
| MILCOM 2013: 2013 Military Communications Conference | 2013-11-18 - 2013-11-20 | San Diego, USA | http://www.milcom.org/ |
| IEEE Meeting Series | 2013-11-19 - 2013-11-24 | USA | |
| ISWPC 2013: International Symposium on Wireless and Pervasive Computing 2013 | 2013-11-20 - 2013-11-22 | Taipei, Taiwan | http://www.iswpc.org/2013/ |
| SSEEGN 2013: The 22nd ITC Specialist Seminar on Energy Efficient and Green Networking | 2013-11-20 - 2013-11-22 | Christchurch, New Zeland | http://www.itcspecialistseminar22.com/ |
| ATNAC 2013: Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference 2013 | 2013-11-20 - 2013-11-22 | Christchurch, New Zeland | http://www.atnac.org/ |
| LATINCOM 2013: IEEE Latin American Conference on Communications 2013 | 2013-11-24 - 2013-11-26 | Santiago, Chile | http://www.ieee-latincom.org/2013/ |
| IEEE GLOBECOM 2013: 2013 IEEE Global Communications Conference | 2013-12-09 - 2013-12-13 | Atlanta, USA | http://www.ieee-globecom.org/2013/#.UgDHgmzWE_w |
| PV 2013: Packet Video Workshop 2013 | 2013-12-12 - 2013-12-13 | San Jose, USA | http://pv2013.itec.aau.at/ |
| IEEE ANTS 2013: IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunication Systems | 2013-12-15 - 2013-12-18 | Chennai, India | http://www.ieee-comsoc-ants.org/index.html |
| ICSPCS 2013: 7th International Conference on Signal Processing and Communication Systems | 2013-12-16 - 2013-12-18 | Gold Coast, Australia | http://www.ieee-comsoc-ants.org/index.html |
| 5th International Conference on Computer Science and its Applications (CSA 2013) | 2013-12-18 - 2013-12-21 | Da Nang, Vietnam | http://www.ftrai.org/csa2013/ |
| 3rd International Conference on Electrical Engineering and Computer Sciences (EECS 2013) | 2013-12-20 - 2013-12-22 | Hong Kong, China | http://www.iceecs.org/ |

| Tytuł konferencji | Data | Miejsce | Adres internetowy |
|--|-------------------------|---------------------|---|
| ICGST International Conference on Computer Science and Engineering (CSE-13) 2013 | 2013-12-23 - 2013-12-24 | Cairo, Egipt | http://www.icgst.com/ |
| International Conference on Innovative trends in Electronics Communication and Applications (ICIECA) 2013 | 2013-12-27 - 2013-12-29 | Pondicherry, India | http://icieca.asdf.org.in/ |
| COMSNETS 2014: 6th International Conference on Communication System and Networks | 2014-01-06 - 2014-01-10 | Bangalore, India | http://comsnets.org/ |
| IEEE CCNC 2014: 2014 IEEE Consumer Communications and Networking Conference | 2014-01-10 - 2014-01-13 | Las Vegas, USA | http://ccnc2014.ieee-ccnc.org/ |
| International Conference on Information and Computer Networks - ICICN 2014 | 2014-01-12 - 2014-01-13 | Phuket, Thailand | http://www.icicn.org/ |
| ICECECE 2014: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering | 2014-01-14 - 2014-01-15 | Zurich, Switzerland | http://www.waset.org/conferences/2014/zurich/icecece/ |
| ICECECE 2014 : International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering | 2014-01-20 - 2014-01-21 | Istanbul, Turkey | http://www.waset.org/conferences/2014/istanbul/icecece/index.php |
| ICNC 2014: International Conference on Computing, Networking and Communications | 2014-02-03 - 2014-02-06 | Honolulu, USA | http://www.conf-icnc.org/2014/ |
| International Conference on Information Networking (ICOIN 2014) | 2014-02-10 - 2014-02-12 | Phuket, Thailand | http://www.icoin.org/main/ |
| Mobile World Congress (MWC 2014) | 2014-02-24 - 2014-02-27 | Barcelona, Spain | http://www.mobileworldcongress.com/ |
| NCC 2014: 20th National Conference on Communications | 2014-02-28 - 2014-03-02 | Kanpur, India | http://www.ncc.org.in/ncc2014/ |

Opracowanie: mgr inż. Karol Jóźwik

Elastic Optical Networks

Edyta Biernacka

Artur Lasoń

The paper studies a novel concept of elastic optical network and selected network-level requirements of next generation optical networks. It investigates new optical IEEE 802.3ba Physical Layer Specification. Next it is compared the fixed-grid wavelength division multiplexing optical networks with flexible-grid elastic optical networks. It is important to define routing and spectrum assignment RSA algorithms, which are required for network planning and dynamic resource allocation. Mobile lab, radiocommunication services testing, radiocommunication networks measurements.

Elastic Optical Networks, Physical Media Dependent, Routing and Spectrum Allocation

5

SPOT - monitoring system for cable networks

***Krzysztof Borzycki, Paweł Gajewski,
Stanisław Dziubak, Michał Jabłoński***

The paper presents monitoring methods for telecom cable networks and unmanned facilities, as well as SPOT monitoring system developed as result of Polish development grant No. OR00012612. This system performs centralized detection, location and reporting of faults and unauthorized access to copper and optical fibre cable infrastructure. Monitoring of cable networks is recently gaining importance in Poland and several other countries due to significant rise in number of network outages caused by digging, construction work and cable theft.

Cable network, monitoring, fault location, copper cable, optical fiber cable, software

18

Mobile testing lab of electronic communication services functions and quality

Andrzej Pękalski

Mikołaj Waszkiewicz

The paper describes a project oriented on mobile lab development, made by National Institute of Telecommunication in cooperation with Military Communication Works no 1 S.A. It was described applicability and targets of the unit, metrological functionality, measurement equipment and operational capabilities. Project execution process and results was also described.

Mobile lab, radiocommunication services testing, radiocommunication networks measurements

44

Nature of Atmospheric Discharges

Karol Aniserowicz

This article presents simplified description of the phenomenon of lightning, with special regard to the cloud-to-ground discharges, and parameters of standardized lightning electromagnetic pulses. Measures of protection against lightning are pointed out. These parameters and measures are important for proper lightning protection of telecommunication facilities.

Lightning Electromagnetic Pulse (LEMP), lightning phenomenon, protection against lightning

59

Lightning protection of buildings and their equipment

Zdobysław Flisowski

An article draws attention to specific issues related to the protection of buildings and their equipment from the lightning strikes. Issues related to standardization in lightning protection, the existing legal chaos, inadequate response to the civil service, lack of professionalism and ignorance installers and inspectors are addressed. The paper also discussed issues related to sensitive facilities and equipment to lightning strikes, lightning selectivity by rods and the safe discharge of static electricity to the ground.

Lighting protection, lightning vulnerability to building objects, legal conditions for lightning protection

68

Standard aspects in the field of the protection against lightning

Krzysztof Brodnicki

The assurance of the fire-fighting safety, the protection against electric and thermal stroke or other results summer heat lightning is very essential acting, not less important than the protection against other hazards connected with using various electric and mechanical devices. The conference „People and infrastructure safety in the aspect of the protection against lightning” was concern the matter of the protection against lightning, during which the number of reports treating to the condition of Polish standardization in this range was delivered. The article sums up the condition of standardization relating the protection against lightning and presents conclusions from debates connected with its.

Fire-fighting safety, protection against electric and thermal stroke

87