

**Sławomir PLUTA, Wiesław TARCZYŃSKI**POLITECHNIKA OPOLSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI  
ul. Sosnkowskiego 31, 45-272 OPOLE**Transmisja sygnałów telemechaniki w systemach elektroenergetycznych****Dr inż. Sławomir PLUTA**

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 1979 r. Stopień doktora uzyskał w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej w 1987 r. W pracy naukowej specjalizuje się w tematyce projektowania oraz diagnostyki systemów telekomunikacyjnych, a w szczególności systemów transmisyjnych z wykorzystaniem łączy światłowodowych oraz systemów łączności bezprzewodowej. Autor szeregu wdrożeń z zakresu techniki światłowodowej w obiektach energetycznych.



e-mail: s.pluta@po.opole.pl

**Dr hab. inż. Wiesław TARCZYŃSKI**

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 1974 r. Stopień doktora uzyskał w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, a stopień doktora habilitowanego na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. W pracy naukowej specjalizuje się w zastosowaniach elektroniki w diagnostyce układów i systemów elektroenergetycznych, a szczególnie w lokalizacji uszkodzeń w liniach elektroenergetycznych.



e-mail: w.tarczyński@po.opole.pl

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono zagadnienia związane ze stosowaniem łączy transmisyjnych dla przesyłu informacji niezbędnych do prawidłowego działania systemów automatyki zabezpieczeniowej, telemechaniki, telemetrii w systemach i sieciach elektroenergetycznych. Łączy takie są szkieletem komputerowej sieci technologicznej SCADA służącej do prowadzenia ruchu, eksploatacji systemów automatyki i zabezpieczeń, pomiarów i rozliczeń energii. Zwrócono uwagę na nieuchronną migrację rozwiązań obiektowych do standardu IEC 61850, a w zakresie stosowania mediów transmisyjnych przedstawiono znaczenie techniki światłowodowej i bezprzewodowej.

**Słowa kluczowe:** systemy SCADA, telemechanika, stacja energetyczna, transmisja danych, systemy światłowodowe, systemy bezprzewodowe.

**Transmission of telemechanics signals in power systems****Abstract**

This paper presents the survey of telemechanics signals transmission techniques within the field of Substation Automation System in power substations and SCADA systems in control centers. The survey is divided into two parts. In the first part local communication systems in a substation are described. The paper also discusses implementation of the new communication standard IEC 61850. IEC61850 running on an Ethernet based station bus reduces the wiring and commissioning time by providing one common platform for the whole communication in the substation. The implementation of communication links between remote systems in substations and the central SCADA application are presented in part two. Existing wireless and optical fiber data transmission technologies are discussed and their suitability for this application is considered. Some possible solutions of long communication links are suggested. Telecontrol signal transmission techniques require unique communication systems, including slow dial-up phone lines, medium speed RF connections, and broadband wired/wireless IP networks. These networks are supported by many solutions, including microwave radio, trunked radio systems, mobile data radio systems, PDH, SONET/SDH, and PCM (n x 64 Kbps). To support the mission-critical traffic of power automation systems, an IP/MPLS-based communications infrastructure is needed.

**Keywords:** SCADA systems, telemechanics, power substation, data transmission, fiber system, wireless system.

**1. Wstęp**

Obiektowe urządzenia telemechaniki RTU (ang. *remote terminal unit*) zwane też stacjami telemechaniki, Systemy Sterowania i Nadzoru (SSiN) oraz dyspozytorskie systemy zdalnego nadzoru i sterowania SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*), realizują ciągle monitoring sieci energetycznej i zdalne oddziaływanie na poszczególne jej elementy. Obserwowana jest integracja systemów sterowania, zabezpieczeń i automatyki w System Automatyki Stacyjnej (SAS). Na poziomie stacji elektroenergetycznej system SSiN stanowi podsystem dla SAS obejmujący urządzenia automatyki stacji i układy komunikacji wewnętrznej oraz komunikacji z otoczeniem [9].

W systemach i sieciach elektroenergetycznych stosuje się różne techniki przesyłu informacji, niezbędnych do prawidłowego działania systemów automatyki zabezpieczeniowej, telemechaniki, telemetrii i układów diagnostycznych. Nie będą tu jednak omawiane systemy transmisji związane ze zdalnymi systemami pomiarowymi do obliczania poboru energii elektrycznej AMR (ang. - *Automatic Meter Reading*) przez odbiorców indywidualnych oraz związane z systemami rozliczania i analizy przepływu energii oraz mocy dla obsługi odbiorców hurtowych.

W zakresie wykorzystywania łączy transmisyjnych stosowane są następujące układy:

- łączy kablowe metaliczne związane z przesyłem energii elektrycznej oraz nie związane z przesyłem energii elektrycznej, w tym instalacje kablowe w ramach sieci komputerowych LAN,
- łączy kablowe światłowodowe instalowane w oddzielnych kanałach kablowych, w tym instalacje kablowe w ramach sieci komputerowych LAN,
- łączy kablowe światłowodowe wbudowane w przewody elektroenergetycznych linii przesyłowych,
- łączy radiowe naziemnej radiokomunikacji lądowej typu dyspozytorskiego i transmisji danych, w tym trunkingowe,
- łączy radiowe naziemnej radiokomunikacji lądowej ruchomej, a szczególnie tworzone w ramach sieci komórkowych,
- łączy radiowe satelitarne.

Najczęściej pojawiającym się problemem wymagającym zastosowania nowoczesnych technik transmisyjnych są zagadnienia dostarczenia sygnałów pomiarowo-kontrolno-sterujących do zbiorczych systemów komputerowego nadzoru i monitoringu w postaci obiektowych SSiN, rejestratorów zakłóceń oraz systemów SCADA zainstalowanych w odpowiednich centrach nadzoru i dyspozycji mocy. Sygnały pomiarowe są zwykle związane z pomiarami wartości skutecznej prądów i napięć, mocy czynnej i biernej, nie rozliczeniowym dwukierunkowym pomiarem energii czynnej i biernej. Inne pomiary zawierają informacje o amplitudzie i kącie fazowym prądów lub napięć z urządzeń danego pola stacji elektroenergetycznej lub od zabezpieczenia zainstalowanego w innej stacji [4, 5].

W obiektach elektroenergetycznych rejestrowane są także sygnały dwustanowe z urządzeń automatyki zabezpieczeniowej oraz urządzeń łączeniowych zainstalowanych w poszczególnych polach. Sygnały impulsowe informujące o aktualnych wartościach napięć i prądów pobierane są z wyjść urządzeń automatyki zabezpieczeniowej i mogą być wykorzystywane do sterowania urządzeniami wykonawczymi jak wyłączniki, rozłączniki. Umożliwia to przekazywanie sygnałów sterowniczych z systemów dyspozytorskich i realizację blokad łączeniowych w danych polach. Systemy obiektowe dostarczają także lokalnie danych do systemów rozliczania, bilansowania i analizy przepływu energii i mocy.

W ostatnim czasie coraz częściej w obiektach elektroenergetycznych stosowane są urządzenia służące do diagnostyki linii i urządzeń. Wykorzystują one różnego rodzaju sygnały testowe, które są transmitowane w czasie pomiaru poprzez sieci elektroenergetyczne.

Nowoczesne urządzenia telemechaniki, oprócz standardowych zadań typu telemetria, telesygnalizacja i telesterowanie, spełniają rów-

niez rolę koncentratorów sygnałów z różnych urządzeń oraz konwerterów protokołów. Jednocześnie muszą one współpracować z systemami nadzoru korzystając z różnych protokołów wymiany danych.

Pracownicy Instytutu Automatyki i Informatyki od wielu lat uczestniczą w wielu projektach badawczych związanych z wykorzystaniem układów i sieci teleinformatycznych stosowanych w elektroenergetyce, przykładem mogą być prace [5, 6, 7, 8].

## 2. Systemy Sterowania i Nadzoru

Obecnie standardowym rozwiązaniem stają się zintegrowane systemy czasu rzeczywistego SSiN, które są stosowane w rozdzielniach elektroenergetycznych niskiego napięcia (nn), średniego napięcia (SN) i wysokiego napięcia (WN). Umożliwiają one zarówno lokalną jak i zdalną kontrolę stanu urządzeń w stacji oraz wspomagają pracę dyżurnego/dyspozytora w sytuacjach awaryjnych. Systemy wspomagania pracy dyspozytora SCADA przeznaczone są do nadzoru i zarządzania rozległymi sieciami elektroenergetycznymi w ramach: Centrum Nadzoru (CN), Regionalnego Centrum Nadzoru (RCN), a także Obszarowej Dyspozycji Mocy i Krajowej Dyspozycji Mocy. Służby dyspozytorskie w ramach powyższych układów sterują i nadzorują posterunkami energetycznymi, obiektami energetycznymi (stacja z obsługą lub bez obsługi), budynkami inteligentnymi (dyspozytornia) poprzez odpowiednie SSiN. Wymagana jest także komunikacja z SSiN należącymi do elektrowni.

System sterowania i monitoringu stacji energetycznej ma zwykle budowę hierarchiczną. System realizowany jest w postaci rozproszonej z wyróżnionymi czterema poziomami: poziomem procesu, poziomem pola, poziomem stacji oraz poziomem zewnętrznym w postaci centrum nadzoru. W takim podziale wyróżnia się trzy logiczne poziomy komunikacji w ramach danego obiektu energetycznego. Rozróżniane są poziomy: *procesu* – zdalne układy wejścia/wyjścia (I/O), różnego rodzaju czujniki, rozłączniki, wyłączniki, przekładniki napięciowe i prądowe, *pola* – kontrola, zabezpieczenia polowe, automatyka stacyjna, rejestracja, *stacji* – centrum SSiN stacji, komputer stacyjny, stanowisko prowadzenia ruchu, połączenia do centrów nadzoru i serwerów SCADA. Szeroko wprowadzane są obecnie cyfrowe urządzenia stacyjne IED (ang. *Intelligent Electronic Device*). Są to najczęściej zabezpieczenia cyfrowe, sterowniki polowe i stacyjne. Dla układów szyny procesowej DAU (ang. *Digital Acquisition Unit*) stosuje się urządzenia automatyki pierwotnej z odpowiednim interfejsem komunikacyjnym.

Obsługa obiektu elektroenergetycznego jest oparta na poziomie pola o rozproszone stacje telemechaniki lub zabezpieczenia cyfrowe, a na poziomie stacji o koncentratory. Do urządzeń stacyjnych zaliczamy uniwersalne zabezpieczenia pola rozdzielni. Obsługa obiektu na poziomie centrum nadzoru wykorzystuje lokalne lub zdalne systemy SSiN. Z powyższej hierarchii wynikają różne długości łączy, co z kolei powoduje, że konieczne jest stosowanie różnych technik transmisyjnych. O ile w zasięgu lokalnych międzyukładami obiektowych (systemy transmisji bliskiej) można stosować łączy przewodowe oraz światłowodowe, to w przypadku łączności dalekiego zasięgu (obiekt-dyspozytornia lub sterownik rozproszony – dyspozytornia) lepszym rozwiązaniem jest stosowanie łączy światłowodowych oraz bezprzewodowych (radiowych).

## 3. Systemy lokalnej transmisji sygnałów telemechaniki

Koncentrator lub komputer polowy komunikuje się zwykle z urządzeniami stacyjnymi poprzez kanały dla łączności szeregowej w okablowaniu przewodowym i wykorzystywane są standardy RS232, RS422, RS485, BEL, PFO, GFO, CAN, CL, LON lub konwerter sygnału elektrycznego na optyczny, co umożliwia zastosowanie światłowodów plastikowych lub szklanych. Konwertery zapewniają zwykle konwersję sygnału w standardzie RS232 lub RS485 (magistrala dwu- lub czteroprzewodowa) na sygnał optyczny i odwrotnie. W układach zbierania danych pomiarowych stosuje się także koncentratory emulujące układ gwiazdowy sieci światłowo-

dowej i tym samym umożliwiające komunikację z maksymalnie szesnastoma urządzeniami stacyjnymi. Układy optyczne zapewniają niezakłóconą transmisję danych oraz całkowitą izolację galwaniczną urządzeń pracujących w obecności dużych zakłóceń elektromagnetycznych. Oprócz światłowodów klasycznych wykonanych ze szkła kwarcowego coraz częściej stosuje się światłowody plastikowe POF (ang. *Plastic Optical Fiber*).

Stosuje się także urządzenia pośredniczące, którymi są konwertery służące do zamiany standardu transmisji danych, np. z RS232C na standardy RS422 lub RS485. Konwertery takie zapewniają dodatkowo separację galwaniczną w torze transmisji. Wykorzystywane są także konwertery pętli prądowej 0-20 mA i  $\pm 20$  mA, modemy telefoniczne, układy konwerterów Ethernet ze złączem elektrycznym oraz ze złączem optycznym. Dodatkowe funkcjonalności komputera polowego w obiekcie energetycznym to rejestracja zdarzeń, zakłóceń i lokalna funkcja diagnostyki. Z kolei komputer polowy posiada niezależne kanały łączności z nadrzędnym koncentratorem stacyjnym lub zdalnym systemem nadzoru.

Na większość powyższych standardów mogą być nałożone różnorodne protokoły komunikacyjne. Sterownik komputera polowego powinien posiadać implementacje protokołów kanałów asynchronicznych takich jak: DNP 3.0, IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-103, IEC 60870-5-104, IEC 61850, TG 809, MST, BEL, SPA (ABB), MODBUS, PROFIBUS, LON, MAP27, a także protokołów internetowych takich jak TCP/IP (IP, ICMP, UDP, TCP). Powinny być także obsługiwane protokoły starszych systemów telemechaniki stosowanych w Polsce: UTJ, TIDEC, DETEC.

Z zewnętrznymi koncentratorami lub bezpośrednio z systemami SCADA współpraca odbywa się poprzez redundancję połączenia w protokołach IEC 60870-05-101 lub DNP 3.0. Możliwa jest także współpraca z magistralą CAN. Z kolei protokoły DNP3.0, MST, IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-103, MODBUS, PROFIBUS, MAP27 (tranking), PPP (GPRS), IP/TCP/UDP umożliwiają prowadzenie łączności zarówno z systemami nadzoru jak i innymi urządzeniami stacji energetycznej. W takich przypadkach komputer spełnia rolę koncentratora danych i konwertera protokołów. Aktualnie dla transmisji danych do systemów nadrzędnych preferowane są protokoły MST oraz DNP3.0. Komunikacja między komputerami odbywa się przeważnie z wykorzystaniem sieci Ethernet.

W ostatnim czasie obserwuje się duże zainteresowanie nowoczesnym protokołem IEC 61850 (polską wersją normy jest PN-EN 61850) [9]. Standard IEC 61850 wprowadza obiektowy system wymiany danych w systemach elektroenergetycznych [1, 9]. Do wspólnej struktury komunikacyjnej opartej o rozwiązania LAN Ethernet 100Mb/s lub 1Gb/s (szczególnie zalecane dla szyny procesowej), podłączono trzy poziomy komunikacji (poziom procesu, pola, stacji). Urządzenia Ethernet w postaci przełączników, kart i modułów/konwerterów sieciowych mogą mieć porty przewodowe UTP/STP oraz światłowodowe (zalecane rozwiązanie). Topologia gwiazdy, w której każdy przełącznik rozdzielni jest połączony z przełącznikiem centralnym, jest rozwiązaniem kosztownym ze względu na wynikającą z tego podejścia znaczną długość okablowania. Lepszym rozwiązaniem są topologie połączonych pierścieni oraz niepełnej siatki. Dla założonego schematu komunikacji, najbardziej krytyczną czasowo jest komunikacja międzypolowa. Standard IEC 61850-5 poprzez określenie klas wydajności komunikacji wprowadza ograniczenie całkowitego opóźnienia transmisji do maksymalnie 3 ms. W zastosowaniach, w których niezbędna jest konwersja protokołu np. DNP 3.0 lub IEC 60870-104 na standard IEC 61850, wykorzystuje się konwertery protokołów. Wymóg zgodności nowych rozwiązań obiektowych telemechaniki ze standardem IEC 61850 wydaje się być przesądzony, co potwierdzają aktualne wdrożenia SAS.

## 4. Systemy rozległej transmisji sygnałów telemechaniki

Stacje telemechaniki jak i koncentratory (komputery stacyjne) mogą być dołączane do zdalnych i lokalnych centrów dyspozytorskich. Mogą one współpracować z wykorzystaniem różnych pro-

tokołów telemechaniki w układzie jedno- lub wielokanałowym. Rozwiązania te charakteryzują się dużą rozpiętością szybkości transmisji. Dostępne są dwa układy łączności [2, 3, 7, 8]:

- poprzez połączenia punkt – punkt, punkt – wielopunkt,
  - poprzez połączenia w ramach sieci pakietowych IP.
- Dla pierwszego układu stosuje się:
- łączy dzierżawione wyposażone w odpowiednie modemy kablowe przewodowe/światłowodowe i modemy radiowe o szybkościach transmisji od 9,6 kb/s do 2 Mb/s, a także 4-30 kanałowe multipleksery TDM/PCM – n x 64 kb/s,
  - łączy komutowane PSTN, ISDN,
  - systemy analogowego standardu trunkingowego MPT-1327 stosowane pod nazwą Digicom 7 - Alcatel (pasmo 410-430 MHz, szerokość kanału 12,5 kHz i szybkość transmisji 1,2 – 19,2 kbit/s) i EDACS (pasmo 136-174 MHz, 403-515 MHz, 806-870 MHz, szerokość kanału 25/12,5 kHz i szybkość transmisji 9,6 kbit/s),
  - łączy wielkiej częstotliwości (w.cz), określane także jako elektroenergetyczna telefonia nośna (ETN), wykorzystujące przewody linii elektroenergetycznych (50-9600 b/s),
  - system telemetrii satelitarnej firmy TSAT-AS, który posiada architekturę sieciową opartą o stację HUB połączoną z danym SSiN i komunikującą się łączy satelitarnymi w pasmach mikrofalowych Ku lub C ze zdalnymi terminalami RTU. Łączy takie umożliwiają transmisję danych z szybkością do 14,4 kb/s.
- Dla drugiego układu transmisja jest ustanawiana poprzez utworzenie wirtualnych kanałów łączności pomiędzy RTU/SSiN i odpowiednimi centrami dyspozytorskimi. Najczęściej wykorzystywane są:
- sieci typu WAN organizowane w oparciu o typowe układy teletransmisji TDM o szybkościach transmisji od 64 kb/s do 155 Mb/s/ 622 Mb/s/ 10Gb/s (PDH, SDH, DWDM) z wykorzystaniem multipleksów, przełączników, routerów i okablowania światłowodowego oraz protokołu IP/TCP,
  - pakietowe systemy transmisji danych w sieciach komórkowych GSM w standardzie GPRS umożliwiające transmisję danych poprzez dedykowany punkt dostępu APN (ang. *Access Point Name*) oraz indywidualny numer dostępowy.

Sieci typu WAN mają obecnie charakter podstawowy. Przy ich braku stosuje się inne rozwiązania konfiguracji sieci transmisji danych.

Stosowane do celów transmisyjnych w sieci WAN okablowanie światłowodowe, może być prowadzone zarówno w kanałach teletechnicznych, komunalnych jak i rurociągach. W elektroenergetyce światłowody są integrowane w ramach przesyłowych linii napowietrznych i tworzą tzw. trakty optyczne. W tym przypadku do budowy linii światłowodowych wykorzystywane są w Polsce takie technologie jak: OPGW (ang. *Optical Ground Wire*) – włókna światłowodowe skojarzone z przewodem odgromowym linii energetycznej, ADSS (ang. *All Dielectric Self Supporting Cable*) – samonośne światłowodowe przewody dielektryczne, ADL – (ang. *All Dielectric Lashed Cable*) – dielektryczne przewody światłowodowe podczepiane do przewodu odgromowego.

Systemy radiowe są stosowane jako układy rezerwowe dla potrzeb obsługi obiektów dużych takich jak rozdzielnie WN i SN albo podstawowe dla potrzeb obsługi obiektów małych typu sterowniki rozproszone. Rozwiązania radiowe są stosowane w tych obiektach, gdzie nie jest możliwa łączność przewodowa np. pomiędzy centrum dyspozytorskim, a rozłącznikami słupowymi sieci średniego napięcia, odległymi głównymi punktami zasilania (GPZ) itp. Wykorzystanie radiowej, pakietowej łączności GPRS dostępnej w ramach cyfrowych sieci GSM jest aktualnie najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem łączności bezprzewodowej. Jednakże należy zawsze uwzględniać ograniczenia takich zastosowań w zakresie uzyskania odpowiednich parametrów jakościowych łączności i utrzymania wysokiego poziomu dostępności usługi. Do łączności między obiektami tj. między centrami nadzoru, a sterownikami rozproszonymi w terenie (stacjami obiektowymi) wykorzystuje się także wspomnianą powyżej sieć dyspozytorskiej łączności trunkingowej DIGICOM 7. Pokrycie propagacyjne sieci to około 80% powierzchni kraju, jednakże problemem jest brak jednolitej struktury sieci ogólnokrajowej. W stacjach

objektowych lub sterownikach montowane są terminale trunkingowe. Przykładowo stosowane są szeroko instalacje punktów rozłącznikowych sterowanych radiowo. Do obsługi małych obiektów o limitowanych potrzebach w zakresie liczby wejść i wyjść instalowane są RTU, które komunikują się z systemami nadzoru poprzez łączy stałe w protokole DNP3.0, łączność trunkingową w protokole MAP27 lub poprzez sieć GSM w protokole DNP 3.0. Transmisja danych odbywa się zwykle z szybkością 1200 - 9600 bit/s.

System trunkingu cyfrowego TETRA wydaje się najlepszym technicznie rozwiązaniem bezprzewodowej transmisji danych służb energetycznych. Jednak stworzenie instalacji stacji bazowych TETRA pokrywających sygnałem cały kraj, byłoby przedsięwzięciem bardzo kosztownym i tym samym mało realnym.

## 5. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule przegląd systemów transmisji sygnałów telemechaniki o zasięgu lokalnym i dalekim, pokazuje ich aktualną złożoność układową i komunikacyjną. Jest to źródłem wielu problemów powstających na etapie projektowania tych systemów i w czasie ich eksploatacji. Spotykany w praktyce brak unifikacji i standaryzacji urządzeń i protokołów komunikacyjnych wynika przede wszystkim z ograniczonych możliwości inwestycyjnych spółek energetycznych oraz z pewnego tradycjonalizmu. Wydaje się przesądzone, że przyszłość rozwiązań obiektowych i lokalnych w transmisji sygnałów telemechaniki należy do lokalnej sieci komputerowej z zastosowaniem protokołu IEC 61850, a dla starszych wdrożeń wykorzystywana będzie nadal transmisja zgodna z normą IEC 60870-5-104. W systemach transmisji na duże odległości bezkonkurencyjne są sieci WAN, które wykorzystują łączność światłowodową. W układach łączy rezerwowych dominują komutowane łączy modemowe, łączy szeregowo PHD/SDH i połączenia radiowe poprzez sieci GSM/GPRS.

## 6. Literatura

- [1] Sidhu T. S., Gangadharan P. K.: Control and Automation of Power System Substation using IEC 61850 Communication. Proc. IEEE Control and Applications, Aug. 2005, pp.1331-1336.
- [2] Pluta S., A. Józwicki, G. Jurczak: Międzysystemowe przełączanie w sieciach dostępowych dzięki zastosowaniu protokołu Mobile IP. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej, seria: Radiokomunikacja, Radiofonia i Telewizja, 2007, Nr 1, ss. 355-358.
- [3] Pluta S.: Współczesne systemy telekomunikacyjne jako podstawa budowy struktur centrum zarządzania kryzysowego i centrów powiadamiania ratunkowego. MONOGRAFIA. Perspektywy i rozwój systemów ratownictwa, bezpieczeństwa i obronności w XXI wieku. Gdynia 2004, ss. 79-89.
- [4] Tarczyński W., A. Żurek: Techniczno-organizacyjne aspekty zabezpieczeń różnicowo-prądowych. Automatyka Elektroenergetyczna, nr 1/2003, ss. 23-26.
- [5] Pluta S., F. Szczot, W. Tarczyński: Nowoczesny układ rejestratora zakłóceń sieciowych. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Aktualne problemy w elektroenergetyce. T.1, Kontrola, Gliwice-Kozubnik 16-17 września 1993, ss.51-59.
- [6] Tarczyński W., Pluta S.: Zbiorny system pomiarowy do identyfikacji zakłóceń sieciowych w obiektach elektroenergetycznych. 4 Krajowa Konferencja Naukowo-techniczna, Automatyzacja nawigacji i systemów sterowania. Gdynia 1993, ss.171-177.
- [7] Pluta S., F. Szczot, W. Tarczyński : Rozległa sieć telemetryczna dla celów monitorowania rozdzielczych stacji elektroenergetycznych. 24 Międzynarodowa Konferencja Metrologów, Metrologia i systemy pomiarowe. Z 12, Gdańsk 14-16 września, 1992. ss. 341-348.
- [8] Szczot F., S. Pluta, G. Fikus, D. Kuźmiński: Łączność światłowodowa w energetyce. Wiad. Elektrotechniczne, nr 7-8, 1990, ss. 201-204.
- [9] PN-EN 61850-xx:2005: Systemy i sieci komunikacyjne w stacjach elektroenergetycznych. Zestaw norm.