

# TELEKOMUNIKACJA I TECHNIKI INFORMACYJNE

3-4/2014

*J. Granat, E. Klimasara*

5

*System zdalnego monitorowania medycznego osób starszych i niepełnosprawnych – EDFAS*

*P. Godlewski, K. Niechoda, K. Olechowski, B. Regulska*

14

*Stacjonarne urządzenia TBA-ST – do pomiaru dysponowanej pojemności akumulatorów silowni telekomunikacyjnych – projekt SKOT*

*H. N. Le*

24

*Optymalizacja sieci FTTH*

*R. Śliwa*

46

*Ograniczenia w możliwościach skutecznej implementacji planów regulacyjnych w sektorach telekomunikacyjnych krajów rozwijających się*

*M. Jermakowicz, K. Maniak, M. Pietranik*

55

*Szybka analiza zaburzeń krótkotrwałych. Opracowany w Instytucie Łączności Analizator ACA-4c*



## **Redakcja**

---

Redaktor naczelny ..... *dr inż. Andrzej Hildebrandt*

Redaktorzy działowi ..... *mgr inż. Henryk Gut*

Sekretarz redakcji ..... *dr inż. Robert Magdziak*

## **Rada Programowa**

---

*prof. dr hab. inż. Daniel J. Bem* ..... *Przewodniczący*

*prof. dr hab. inż. Marek Amanowicz*

*dr inż. Marcin Büthner-Zawadzki*

*prof. dr hab. inż. Witold Hołubowicz*

*prof. dr hab. inż. Andrzej Jajszczyk*

*prof. dr hab. inż. Marian Kowalewski*

*prof. dr hab. Marian Marciniak*

*prof. dr hab. inż. Józef Modelski*

*dr Tomasz Niewodniczański*

*prof. dr hab. Ewa Orłowska*

*prof. dr hab. Stanisław Piątek*

*prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański*

*prof. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki*

*prof. dr inż. Andrzej Zieliński*

---

ISSN 1640-1549      on-line: ISSN 1899-8933

Wersja drukowana jest wersją pierwotną.

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 2014

Nakład: 300 egz.

Sowa – Druk na życzenie [www.sowadruk.pl](http://www.sowadruk.pl), tel. 22 431-81-40

*W nowym numerze naszego kwartalnika, który właśnie Państwo otrzymali, zamieściliśmy pięć opracowań, które mają wspólną cechę – wszystkie dotyczą prac dofinansowanych lub wykonanych w ramach projektów badawczych. Cztery z tych prac zakończyły się wdrożeniami.*

*Scharakteryzujemy kolejno pokrótce zamieszczone pozycje, z których trzy opisują opracowane konstrukcje, zaś dwa mają bardziej teoretyczny charakter.*

*W latach 2009–2013 Instytut Łączności brał udział w projekcie „Functional state evaluation system with distributed intellect for elderly and disabled population – EDFAS”, w którym uczestniczyli partnerzy z Polski, Litwy i Niemiec. Janusz Granat i Edward Klimasara w artykule „System zdalnego monitorowania medycznego osób starszych i niepełnosprawnych” opisali powstały w wyniku prac system, uwzględniając w szczególności wkład Instytutu w jego powstanie.*

*Znakomici konstruktorzy Instytutu Łączności jeszcze raz pokazali, że potrafią budować nowoczesne urządzenia i systemy, mające równocześnie istotną wartość rynkową. W artykule „Stacjonarne urządzenia TBA-ST – do pomiaru dysponowanej pojemności akumulatorów silowni telekomunikacyjnych – projekt SKOT” Paweł Godlewski, Kazimierz Niechoda, Krzysztof Olechowski i Barbara Regulska przedstawili historię rozwoju systemów TBA i pokazali, jak dzięki realizacji projektu „System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych – SKOT” będzie możliwa komercjalizacja nowej wersji tego urządzenia.*

*Podstawowymi wyzwaniem w procesie budowy sieci Fiber To The Home są wysoka cena urządzeń i koszt instalacji kabli. W artykule „Optymalizacja sieci FTTH”, Hoang Nghia Le zaprezentował opracowaną metodę optymalizacji kosztów instalacji kabla optycznego. Przedstawił praktyczne zastosowanie zaimplementowanego algorytmu aproksymacyjnego.*

*Renata Śliwa przygotowała kolejny z serii swoich artykułów dotyczących regulacji rynków telekomunikacyjnych. W pracy zatytułowanej „Ograniczenia w możliwościach skutecznej implementacji planów regulacyjnych w sektorach telekomunikacyjnych w krajach rozwijających się” autorka wyjaśniła złożone zjawiska zachodzące na tych rynkach, co może ułatwiać dobór odpowiednich schematów regulacyjnych prowadzących do osiągnięcia zamierzonego celu. Artykuł opiera się na licznych istotnych publikacjach dotyczących tej tematyki.*

*W zakładzie wrocławskim Instytutu został opracowany i wdrożony, w oparciu o bogate doświadczenie w tym zakresie, analizator zaburzeń krótkotrwałych ACA-4c. Urządzenie to spełniające wszelkie wymagane normy i zalecenia międzynarodowe po-*



*zwala wykonywać pomiary zakłóceń w sposób automatyczny, dzięki czemu istotnie skracają się czasy pomiarów, a wyniki uzyskują walor obiektywności. Marek Jermakowicz, Krzysztof Maniak i Mirosław Pietranik w artykule „Szybka analiza zaburzeń krótkotrwałych. Opracowany w Instytucie Łączności Analizator ACA-4c” przedstawili zasady pomiarów zaburzeń krótkotrwałych, a następnie opisali szczegółowo opracowane urządzenie i jego parametry.*

*Przekazujemy Państwu niniejszy numer TiTI w okresie zimowym, gdy dni są krótkie, a aura nie zachęca do przebywania poza domem. Myślę, że jest to dobra pora, aby zagłębić się w lekturze zamieszczonych tu artykułów, a także zastanowić się nad możliwością przekazania nam własnych przemyśleń do opublikowania.*

## DANIEL JÓZEF BEM

### Wspomnienie



*W dniu 21 października 2014 r. zmarł we Wrocławiu prof. dr hab. inż. Daniel Józef Bem, przeżywszy lat 81. Odszedł ceniony naukowiec, nauczyciel akademicki, wychowawca wielu pokoleń studentów.*

*Profesor Bem urodził się w Skierniewicach, gdzie ukończył szkołę średnią. Studiował na Wydziale Łączności Politechniki Wrocławskiej. Tam też uzyskał tytuł magistra inżyniera (1957) oraz stopnie doktora nauk technicznych (1965) i doktora habilitowanego (1975), a także tytuły profesora nadzwyczajnego (1978) i profesora (1992). Od roku 2013 był emerytowanym profesorem Politechniki Wrocławskiej.*

*Specjalnościami naukowymi prof. D. J. Bema były propagacja fal elektromagnetycznych oraz teoria i pomiary anten. Prace z tej dziedziny rozpoczął pod kierunkiem prof. Tadeusza Tomankiewicza, jeszcze jako student, na Politechnice Wrocławskiej oraz w Oddziale Instytutu Łączności we Wrocławiu (1955–1958). Ścisła współpraca z Instytutem Łączności w zakresie badań naukowych trwała przez wiele lat. W ich wyniku rozwinięte zostały we Wrocławiu m.in. oryginalne metody pomiarowe promieniowania anten przy użyciu śmigłowca Instytutu Łączności i tzw. współczynników pobudzenia, a także metody modelowania systemów radiokomunikacyjnych. W latach siedemdziesiątych D. J. Bem był członkiem Rady Naukowej Instytutu Łączności. Pełnił funkcję wiceprzewodniczącego (1980–1984), a potem przewodniczącego Wrocławskiego Międzynarodowego Sympozjum Kompatybilności Elektromagnetycznej, organizowanego w latach 1972–2010 przez Instytut Łączności, Stowarzyszenie Elektryków Polskich i Politechnikę Wrocławską.*

*Profesor Bem położył wielkie zasługi w stworzeniu wrocławskiej szkoły naukowej w zakresie telekomunikacji, anten i kompatybilności elektromagnetycznej. Wypromował 35 doktorów nauk technicznych, w jego otoczeniu powstało 6 prac habilitacyjnych, z tego cztery z nich zakończyły się tytułami profesora. Jest autorem lub współautorem 9 książek, 5 monografii, 6 skryptów oraz ponad 250 artykułów i doniesień konferencyjnych oraz 17 patentów.*

*D. J. Bem pełnił liczne funkcje organizacyjne na Politechnice Wrocławskiej, w tym dyrektora Instytutu Telekomunikacji i Akustyki, dziekana Wydziału Elektroniki oraz prorektora ds. dydaktyki. Był dyrektorem Wrocławskiego Centrum Sieciowo-Superkomputerowego. Pełnił także liczne funkcje w organizacjach i towarzystwach naukowych, m.in. w Polskiej Akademii Nauk jako członek rzeczywisty i w Rosyjskiej Akademii Nauk. Był członkiem Akademii Inżynierskiej w Polsce, przewodniczącym Sekcji Kompatybilności Elektromagnetycznej Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN, przewodniczącym Komisji B Komitetu Narodowego URSI, przewodniczącym, a później honorowym przewodniczącym Krajowej Konferencji Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji (KKRRiT) oraz Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki (KSTiT). Był także członkiem honorowym Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej oraz Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego.*

*W latach 1978–1988 D. J. Bem kierował zespołem, który opracował satelitarne stacje do odbioru cyfrowych sygnałów z meteorologicznych satelitów METEOSAT, dzięki czemu Polska uzyskała specjalizację w RWPG w tej dziedzinie. W latach siedemdziesiątych zespół pod kierownictwem prof. Bema opracował konstrukcję elektryczną długofalowej anteny I Programu Polskiego Radia w Konstancynie k. Gąbina. Kiedy w 1991 roku maszt tej anteny zawalił się na skutek źle prowadzonych prac konserwacyjnych, Polskie Radio powierzyło mu zadanie odtworzenia możliwości emisji I Programu. Sieci komputerowe to kolejny obszar zainteresowań prof. Bema. W dobie tzw. wdzwanianego dostępu do Internetu zainicjował on prace nad szerokopasmowymi rozwiązaniami multimedialnymi, których realizacja nastąpiła 20 lat później. W latach 90. ubiegłego wieku profesor Bem był inicjatorem i współwykonawcą programu rządowego o nazwie Krajowa Akademska Sieć Komputerowa (później Naukowa Akademska Sieć Komputerowa). W ramach tego programu zbudowano m.in. Wrocławskie Centrum Sieciowo-Superkomputerowe (WCSS) przy Politechnice Wrocławskiej, którego był wieloletnim dyrektorem.*

*Za swoje osiągnięcia naukowe i dydaktyczne został uhonorowany licznymi nagrodami i odznaczeniami. Wymienić tu należy: doktoraty honoris causa Wojskowej Akademii Technicznej i Politechniki Wrocławskiej, Złoty Krzyż Zasługi, Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski i Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski oraz wiele innych.*

*Ważniejsze nagrody: nagroda III stopnia Ministra Szkolnictwa Wyższego za pracę doktorską, nagroda Wydziału IV Nauk Technicznych PAN, nagrody zespołowe Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, zespołowa nagroda Ministra Łączności, nagroda Ministra Edukacji Narodowej, zespołowe nagrody Prezesa Rady Ministrów, nagroda Senatu Politechniki Wrocławskiej za wybitne osiągnięcia dydaktyczne, nagroda NASK im. prof. Tomasza Hofmoka za wkład w rozwój społeczeństwa informacyjnego, a także liczne nagrody Rektora i Dziekana Politechniki Wrocławskiej.*

*Profesor Bem był od 2000 roku Przewodniczącym Rady Programowej naszego kwartalnika.*

*Żegnamy Cię Profesorze,*

*Pracownicy Instytutu Łączności we Wrocławiu i Redakcja TiTI*

# System zdalnego monitorowania medycznego osób starszych i niepełnosprawnych – EDFAS

Janusz Granat

Edward Klimasara

W artykule przedstawiono wyniki prac projektu EDFAS, realizowanego w ramach międzynarodowego programu EUREKA, obejmującego zdalne monitorowanie parametrów życiowych osób starszych i niepełnosprawnych za pomocą specjalizowanego systemu komputerowego.

*e-health, telemedycyna, zdalne monitorowanie*

## Wprowadzenie

W latach 2009–2013 Instytut Łączności brał udział w projekcie EDFAS (*Functional state evaluation system with distributed intellect for elderly and disabled population*), który był realizowany w ramach programu EUREKA. Inicjatywa EUREKA to zdecentralizowana sieć 40 państw europejskich oraz Unii Europejskiej powołana w celu wspierania międzynarodowej współpracy w badaniach i rozwoju. Projekty EUREKI muszą być realizowane we współpracy międzynarodowej oraz mają ukierunkowanie rynkowe. W projekcie EDFAS uczestniczyli partnerzy z trzech krajów tj. z Litwy, Polski i Niemiec:

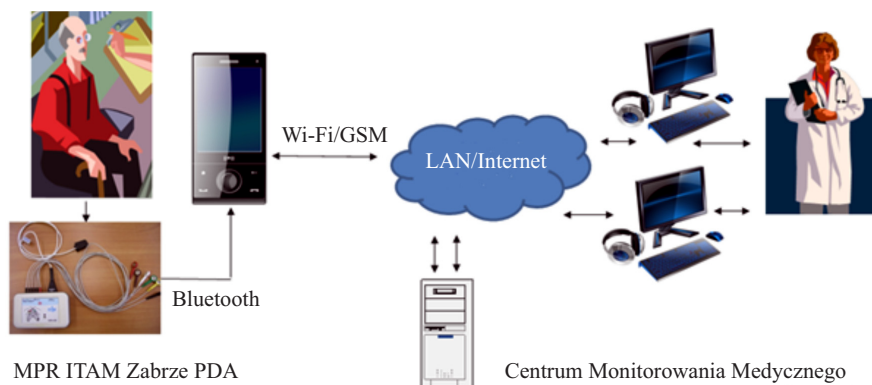
- Institute of Cardiology at Lithuanian University of Health Science – Litwa (lider projektu),
- Geriatric Clinic at Lithuanian University of Health Sciences – Litwa,
- UAB Kardiosignalas – Litwa,
- Instytut Łączności, Zakład Zaawansowanych Technik Informacyjnych – Polska,
- Instytut Techniki i Aparatury Medycznej (ITAM) Zabrze – Polska,
- PicoMed Medizintechnik GmbH – Niemcy.

Celem projektu było opracowanie systemu służącego do zdalnego monitorowania parametrów życiowych pacjenta. W projekcie przyjęto, że będą monitorowane następujące parametry: zmienność rytmu serca (ECG), wysycenie krwi tlenem (SpO<sub>2</sub>) i puls (pulsoksymetr), ruch i położenie pacjenta w przestrzeni 3D (akcelerometr) oraz impedancja klatki piersiowej. Głównym zadaniem Instytutu Łączności było opracowanie architektury systemu, wybór technik transmisji i wymaganego sprzętu komputerowego, wybór oprogramowania narzędziowego i systemowego oraz opracowanie oprogramowania aplikacyjnego dla urządzeń PDA (*Personal Digital Assistant*) i MMC (*Medical Monitoring Centre*), wykonanie i testowanie prototypu oraz przygotowanie odpowiedniej dokumentacji.

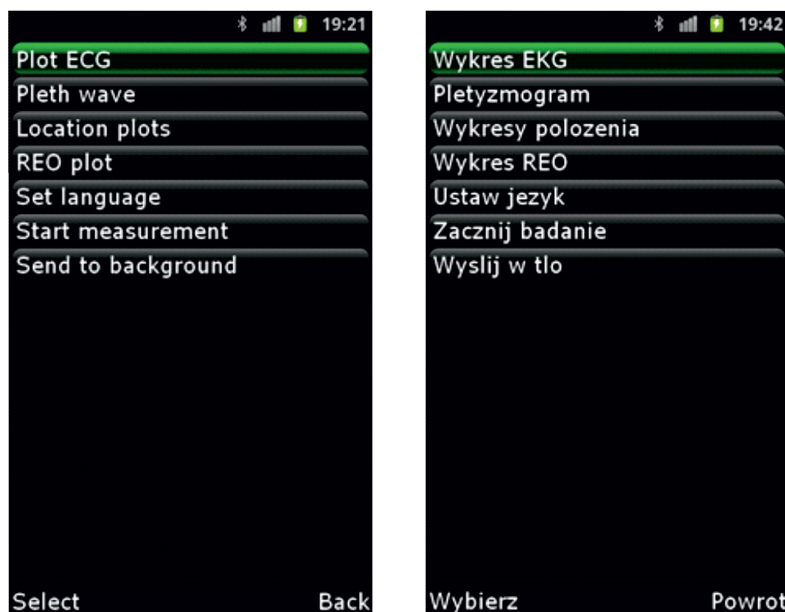
W wyniku prac powstały dwa rozwiązania: litewskie i polskie, które różnią się szczegółami technicznymi, mają jednak wspólne ramy rozwiązań. W artykule przedstawiono system, który został opracowany przez IŁ i ITAM Zabrze.

## 2. Architektura systemu

Ogólna architektura systemu została przedstawiona na rys 1. Natomiast rys. 2 prezentuje menu główne aplikacji EDFAS uruchomionej na PDA.



Rys.1. Ogólna architektura systemu



Rys. 2. Menu główne aplikacji EDFAS uruchomionej na PDA

System składa się z trzech zasadniczych elementów:

- MPR (*Mobile Personal Recorder*), który jest odrębnym urządzeniem pozwalającym na zbieranie danych pomiarowych. Jest ono wyposażone w czujniki, kartę pamięci oraz moduł komunikacji bezprzewodowej (Bluetooth). MPR został opracowany przez ITAM Zabrze;



- PDA (*Personal Digital Assistant*), który wstępnie analizuje dane, generuje alarmy on-line oraz komunikaty wizualno-dźwiękowe. Jako PDA w zaprojektowanej architekturze wykorzystano smartfon;
- MMC – Centrum Monitorowania Medycznego (*Medical Monitoring Centre*), który wykonuje zaawansowane analizy danych *on-line* i *off-line*, generuje alarmy w oparciu o dane bieżące i historyczne, tworzy raporty statystyczne. MMC składa się z serwera oraz terminali.

Wyróżniono następujące tryby monitorowania pacjenta:

- *Holter* – dane pomiarowe są zapisywane do pamięci MPR, maksymalny czas pomiaru to około 24 godziny (zależny od pojemności akumulatorów MPR). PDA i Centrum nie otrzymuje tych danych na bieżąco;
- *Emergency situation* – dane są analizowane przez MPR i PDA. W przypadku wykrycia zagrożenia dane są natychmiast przekazywane do Centrum. Wynikowa ocena stanu zdrowia pacjenta jest sygnalizowana na PDA trójkolorowym semaforem (zielony – stan w normie, żółty – parametry przekroczone, czerwony – sytuacja alarmowa);
- *Full time* – dane pomiarowe są przekazywane do PDA i Centrum w odstępach pięciominutowych. W przypadku wykrycia sytuacji alarmowej przez MPR czy PDA są one przekazywane natychmiast na wyższy poziom. Maksymalny czas monitorowania wynosi około 8 godzin (zależnie od pojemności akumulatorów).

Przy projektowaniu systemu przyjęto następujące założenia:

- komunikacja pomiędzy MPR a PDA odbywa się z wykorzystaniem protokołu *Bluetooth*,
- komunikacja pomiędzy PDA a MMC jest realizowana z wykorzystaniem sieci Internet udostępnianej przez operatorów sieci komórkowych lub sieci lokalnych,
- jako platformy systemowe PDA przyjęto Microsoft Windows Mobile/Phone, Symbian S60, Android i iPhone OS,
- jako platformy implementacji MMC przyjęto Linux i PostgreSQL.

### 3. Możliwości funkcjonalne aplikacji mobilnej instalowanej w urządzeniu PDA

Urządzenie PDA otrzymuje z urządzenia MPR następujące sygnały: dwa sygnały ECG, jeden sygnał impedancji klatki piersiowej, jeden fali tętna, wynik pomiaru wysycenia krwi tlenem ( $SpO_2$ ) oraz sygnały przyspieszenia ruchu pacjenta w trzech osiach. Ponadto wysyłane są do PDA kody pozycji pacjenta (tułowia na którym umocowano MPR). W PDA są realizowane podstawowe analizy zbieranych danych obejmujące porównanie uzyskanych wartości z wartościami progowymi oraz proste algorytmy wykrywania sytuacji nietypowych. Dane pomiarowe mogą być przekazywane przez PDA do Centrum Monitorowania Medycznego, gdzie są poddawane bardziej zaawansowanej analizie. Aplikację PDA systemu EDFAS opracowano i testowano w środowisku MoSync, co pozwoliło na szybkie dostosowanie aplikacji do różnych typów telefonów.

Można wyróżnić następujące funkcje PDA:

- odbieranie danych z MPR za pośrednictwem protokołu *Bluetooth*,
- analiza danych strumieniowych w trybie on-line,
- prezentacja wyników pomiarów w formie liczbowej i wykresów,
- prezentacja wynikowej oceny stanu pacjenta w postaci trójkolorowego semafora,
- prezentacja alarmów fizjologicznych i technicznych w formie tekstu, grafiki i dźwięku,

- transmisja danych i alarmów do MMC za pośrednictwem sieci Internet (Wi-Fi, GSM),
- odbieranie alarmu wymuszonego przez pacjenta.

PDA jest wyposażony w prosty i funkcjonalny interfejs użytkownika w kilku językach.

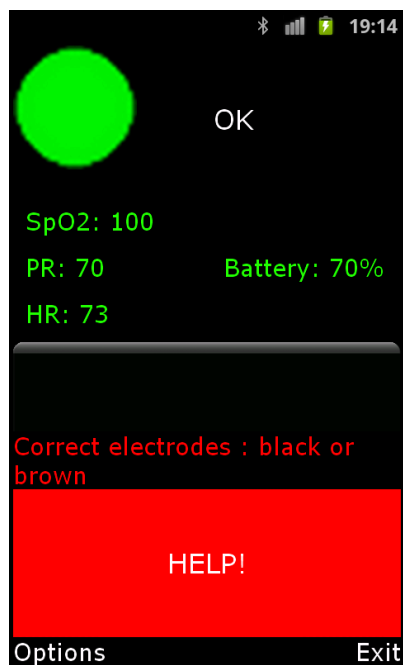
Po prawidłowym nawiązaniu komunikacji z MPR PDA otrzymuje dane pomiarowe. Transmisja jest sygnalizowana przez MPR przez miganie zielonej LED. MPR analizuje w sposób automatyczny otrzymane dane w oparciu o zaimplementowane algorytmy. Wyniki z analizy są przedstawiane w postaci komunikatów i wykresów na ekranie PDA. Dane otrzymane z PDA są również równolegle przekazywane do serwera MMC, gdzie są rejestrowane w bazie danych oraz gdzie są powtórnie analizowane pod nadzorem personelu medycznego. W przypadku wystąpienia alarmu uruchamiana jest procedura udzielenia pomocy osobie monitorowanej przez MMC.

Przycisk „Help” umożliwia wymuszenie alarmu przez użytkownika. Alarm jest natychmiast przekazywany do MMC. Istnieją dwie kategorie alarmów: alarmy fizjologiczne i techniczne. Alarmy fizjologiczne informują o wypadkowym stanie monitorowanych parametrów życiowych pacjenta i są przedstawiane za pomocą figur geometrycznych:

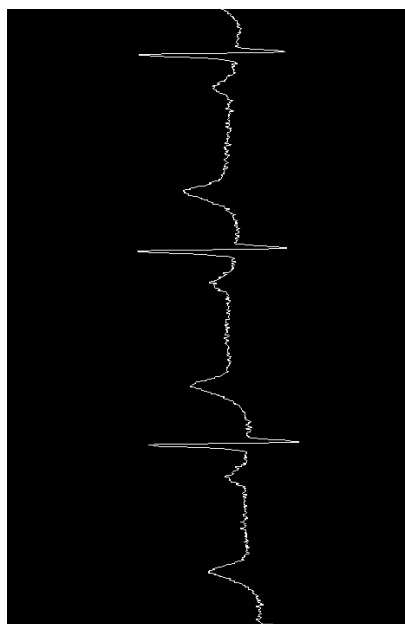
- zielone koło oznacza wypadkowy stan poprawny,
- czerwony trójkąt oznacza wypadkowy stan zagrożenia zdrowia i życia,
- żółty romb oznacza, że wartość wynikowa niewiele odbiega od normy.

Natomiast alarmy techniczne informują o niesprawnościach technicznych np. odłączonej elektrodzie, obniżonym poziomie naładowania akumulatora w MPR.

Na ekranie PDA mogą być wyświetlane wykresy dla sygnałów: ECG (kanał 0 i 1), pulsoksymetru, impedancji klatki piersiowej, akcelerometru (osie X, Y i Z). Na rys. 3 i rys. 4 zostały przedstawione przykładowe ekrany PDA.



Rys. 3. Przykładowy ekran PDA



Rys. 4. Przykładowy wykres ECG kanał 1

## 4. Centrum Monitorowania Medycznego

Do obsługi Centrum Monitorowania Medycznego MMC wykonano dedykowane oprogramowanie z wykorzystaniem języka Java i relacyjnej bazy danych PostgreSQL. Użytkownik może korzystać z zasobów stworzonej bazy danych za pomocą aplikacji dostępnej za pośrednictwem przeglądarki internetowej z sieci lokalnej lub sieci Internet. Dostęp do informacji jest zależny jest od kategorii użytkownika i jest chroniony loginem i hasłem. Zasadnicze funkcjonalności MMC to:

- rejestracja informacji administracyjnych i medycznych o pacjentach w systemie,
- rejestracja informacji o lekarzach, ich specjalnościach medycznych,
- rejestracja informacji o opiekunach,
- przypisanie pacjentów do lekarzy i opiekunów,
- rejestracja urządzeń MPR i PDA w systemie,
- przypisanie urządzeń MPR i PDA do pacjentów,
- zbieranie w czasie rzeczywistym danych pomiarowych uzyskanych z PDA,
- zbieranie danych dostarczonych na kartach pamięci,
- analiza zebranych danych pomiarowych,
- automatyczne powiadomienie o sytuacjach alarmowych,
- wspomaganie decyzji personelu medycznego,
- obsługa zdarzeń alarmowych (rejestracja, analiza, uruchamianie procedur udzielanie pomocy).

W zależności od roli użytkownika po zalogowaniu się do systemu uzyskuje on dostęp do dedykowanego interfejsu. W systemie zdefiniowano następujące role użytkowników: administrator, pielęgniarka, lekarz i opiekun.

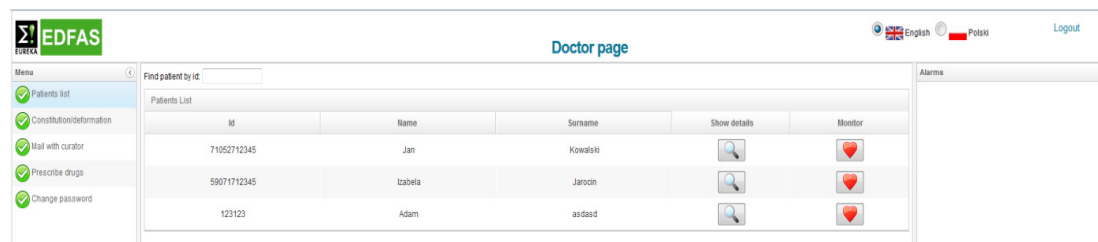
Pielęgniarka może wykonać następujące czynności:

- dodać pacjentów, lekarzy, opiekunów do bazy danych,
- przypisać pacjentów do lekarzy i opiekunów,
- wyświetlić listy pacjentów, lekarzy i opiekunów,
- wyświetlić listę pacjentów przypisanych do danego lekarza,
- wyświetlić listę pacjentów przypisanych do danego opiekuna.

Lekarz może wykonać następujące czynności:

- wyświetlić listę pacjentów,
- wprowadzić do systemu informacje o budowie i wadach wrodzonych pacjenta,
- zarejestrować w systemie przepisane leki,
- przeglądać dane z monitoringu pacjenta,
- przeglądać statystyki,
- komunikować się z opiekunem i pacjentem.

Opiekun może wyświetlić listę przypisanych do niego pacjentów, wysłać e-maila do lekarza i do pacjentów.



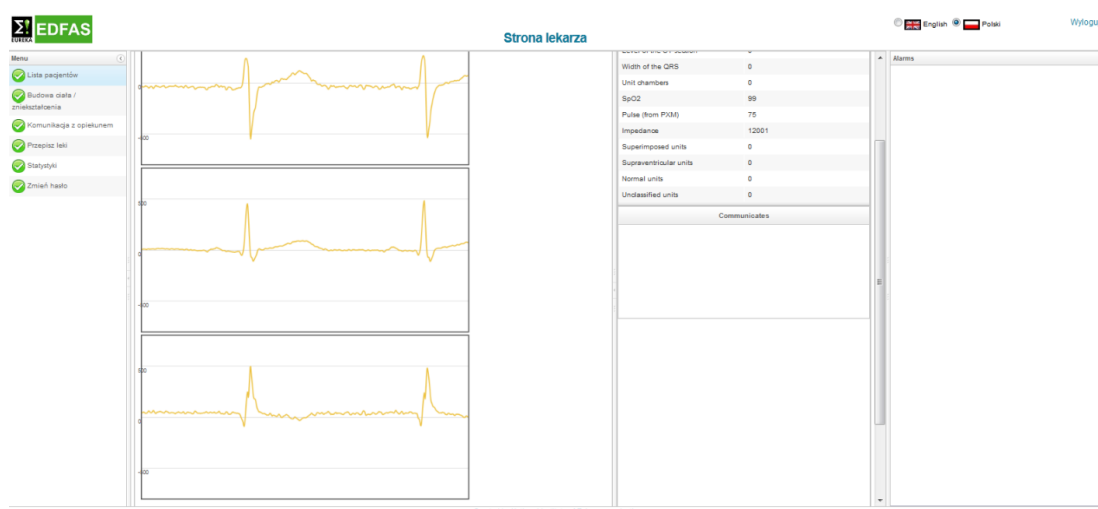
Rys. 5. Przykładowy ekran systemu MMC

W MMC zaimplementowano algorytmy umożliwiające:

- Analizy statystyczne opracowane na podstawie danych uzyskanych w dłuższym okresie czasu, a dotyczące wykrywania schorzeń serca:
  - liczba odstępów RR<sup>①</sup>,
  - średnia długość odstępu RR,
  - odchylenie standardowe odstępów RR,
  - pierwiastek kwadratowy ze średniej kwadratów z sąsiednich odstępów RR,
  - liczba odstępów RR, których różnica przekracza 50 ms [%],
  - odchylenie standardowe różnic między sąsiednimi odstępami w 5 minutowych segmentach,
  - średnia z odchyżeń standardowych odstępów RR w 5 minutowych segmentach,
  - pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR.
- Statystyki administracyjne: liczby osób monitorowanych z podziałem na kobiety i mężczyzn, przedziały wiekowe pacjentów, liczby alarmów itp.

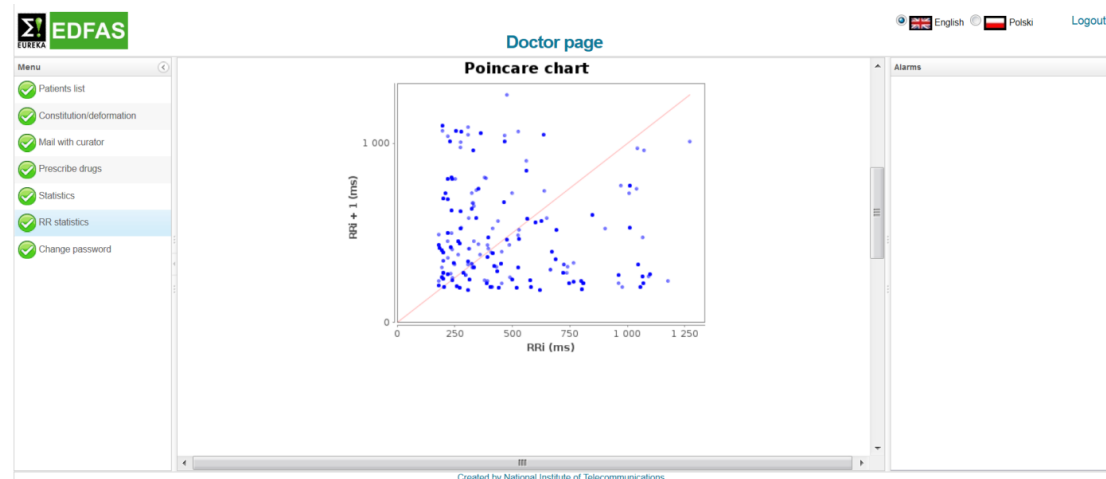
<sup>①</sup> RR - odstęp pomiędzy dwoma kolejnymi załankami R w zapisie ECG. Prawidłowy rytm serca charakteryzuje się równymi odstępami RR (z tolerancją 160 ms).

Uzyskane od pacjentów dane pomiarowe są analizowane automatycznie zgodnie z zaimplementowanymi algorytmami oraz przez personel medyczny. Wyniki analiz są prezentowane w formie wykresów, a także w formie liczbowej. Przykładowe ekrany z wykresami ECG zostały przedstawione na rys. 6. Wykres górny i środkowy są generowane na podstawie danych pomiarowych. Trzeci wykres tworzony jest w oparciu o poprzednie dane i regułę Eithovena<sup>①</sup>.



Rys. 6. Przykładowy ekran z wykresami ECG

Oprogramowanie pozwala ponadto na prezentację wyników pozostałych parametrów monitorowania: SpO<sub>2</sub>, akcelerometru i pulsoksymetru oraz pomiaru impedancji klatki piersiowej. System umożliwia także generowanie innych wykresów. Przykładem pokazanym na rys. 7 jest wykres Poincaré dla odstępów RR.



Rys. 7. Wykres Poincaré RR

<sup>①</sup> Reguła Eithovena związana jest ze sposobem odprowadzania sygnałów z ciała pacjenta – trzy spośród czterech elektrod tworzą trójkąt równoboczny.

Z kolei statystyki administracyjne są prezentowane w postaci wykresów i liczb. Obejmują one liczby monitorowanych pacjentów z podziałem na kobiety i mężczyzn, liczby monitorowanych pacjentów z podziałem na przedziały wiekowe, deformacje, zażywane leki, alarmy.

## 5. Testy funkcjonalności systemu

Testy funkcjonalności systemu przeprowadzone zostały przez wybranych pracowników Instytutu Łączności. Realizowane były z różnych miejsc w Polsce geograficznie odległych. Zbierano dane pomiarowe zarówno w trybie Holtera jak i on-line z zamocowanymi na ciele czujnikami urządzenia. Starano się zasymulować w warunkach rzeczywistych różne sytuacje alarmowe zarówno dotyczące akcelerometru (różne scenariusze upadków), jak i te dotyczące ECG (odpoczynek, wysiłek fizyczny), zmianę położenia z leżącej na siedzącą lub też stojącą oraz odłączenie się czujników. Testy były wykonywane wielokrotnie, aby wykluczyć przypadkowość wskazań. Badano również możliwość wezwania pomocy przez pacjenta poprzez uruchomienie przycisku Help na PDA. Osoba monitorowana oprócz informacji otrzymywanych na PDA miała możliwość podglądu na swoim komputerze analiz wykonywanych w MMC. Doświadczenia z testów i informacje zebrane podczas tego procesu pomogły wykryć różnego rodzaju błędy, które były na bieżąco usuwane głównie w oprogramowaniu. Testowano funkcjonalności zarówno PDA jak i MMC. Transmisja danych była realizowana poprzez sieci GSM Plus, Orange i Neostardę z szybkością 10 Mb/s.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Rynek usług telemedycznych na świecie z każdym rokiem wykazuje dużą tendencję wzrostową i jest obecnie wart kilkanaście miliardów dolarów w skali świata. Coraz więcej firm produkuje sprzęt i oprogramowanie dla tego obszaru. W Polsce zainteresowanie telemedycyną jest coraz większe. Również Instytut w ramach programu EUREKA brał udział w projekcie związanym z monitorowaniem ludzi starszych i niepełnosprawnych. W ramach przeprowadzonych prac we współpracy z ITAM Zabrze opracowano prototyp systemu zbierającego i analizującego dane pomiarowe dotyczące parametrów życiowych pacjentów.

Budowa systemu jest otwarta tzn. można go rozbudować w miarę potrzeb o dodatkowe funkcje np. algorytmy analityczne, statystyczne czy współpracę z GPS.

### Informacja

Realizacja projektu EDFAS (numer projektu E!4452) w ramach programu EUREKA była możliwa dzięki dofinansowaniu przez NCBR.

### Bibliografia

- [1] Korsakas S., Vainoras A., Gargasas L., Ruseckas R., Jurkonis V., Miskinis V., Klimasara E., Granat J., Kostrzewa A., Pajer M., Gibiński P., Badura G.: *Functional state evaluation system with distributed intellect for elderly and disabled population*, Proceedings of International Conference “Biomedical Engineering – 2010”, Kaunas, Lithuania, 28 - 29 October 2010, Kaunas University of Technology, 2010, pp. 30–36
- [2] Terrance J. Dishongh and Michael McGrath: *Wireless Sensor Networks for Healthcare Application* wyd. Artech House 2010

- [3] Vainoras A.: *Cardiological telemonitoring in rehabilitation and sports medicine* Institute of Cardiology, Kaunas University of Medicine, Sukileliu av 17, 50167 Kaunas, Lithuania Stud Health Technol. Inform. 105:121–30, 2004

---

### Janusz Granat



Dr inż. Janusz Granat – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1987); nauczyciel akademicki i pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej (od 1988); pracownik naukowy Instytutu Łączności (od 1997), kierownik Zakładu Zaawansowanych Technik Informatycznych; przewodniczący grupy badawczej IFIP WG7.6, współpracownik IIASA w Austrii oraz JAIST w Japonii; współorganizator międzynarodowej konferencji *Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS)*; kierownik wielu projektów badawczych; autor i współautor wielu publikacji naukowych; zainteresowania naukowe: teoria i metodologia optymalizacji wektorowej, hurtownie danych, analiza danych, projektowanie komputerowych systemów wspomagania decyzji.

e-mail: J.Granat@itl.waw.pl

---

### Edward Klimasara



Mgr Edward Klimasara – absolwent Wydziału Matematyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego (1977); pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1984); główny specjalista w Zakładzie Zaawansowanych Technik Informatycznych; autor i współautor prac z obszaru informatyki i telekomunikacji; zainteresowania zawodowe: zarządzanie wiedzą, zastosowanie technik informatycznych w telekomunikacji, medycynie, transporcie, administracji i edukacji.

e-mail: E.Klimasara@itl.waw.pl

# ***Stacjonarne urządzenia TBA-ST – do pomiaru dysponowanej pojemności akumulatorów siłowni telekomunikacyjnych – projekt SKOT***

***Paweł Godlewski, Kazimierz Niechoda,  
Krzysztof Olechowski, Barbara Regulska***

*Pierwsze urządzenie do pomiaru pojemności baterii akumulatorów, przeznaczone do wbudowania w układ siłowni, Instytut Łączności zaprezentował już w 2004 roku, jednak dostępne wówczas rozwiązania techniczne okazały się zbyt kosztowne. Dopiero po 2011 roku wzrost cen akumulatorów ołowiowych i kosztów pracy oraz zaostreżenie wymagań niezawodnościowych dla siłowni przyniosły zainteresowanie takim rozwiązaniem, a uzyskanie rynkowego produktu o akceptowalnej cenie umożliwiły lepsze parametry elementów, doświadczenie nabyte przy opracowaniu i eksploatacji urządzeń przenośnych (TBA150-IL, TBA160-IL, TBA30-IL) oraz współpraca z producentem i dostawcą systemu zasilania. Dzięki uzyskaniu dofinansowania z NCBR realizacji projektu „System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych – SKOT” na lata 2014/15, będzie możliwa komercjalizacja tego rozwiązania. Artykuł przybliży szczegóły techniczne urządzenia TBA-ST opracowanego w Instytucie Łączności.*

***Badanie stanu baterii akumulatorów, zasilanie urządzeń łączności, zdalna kontrola***

## **Wprowadzenie**

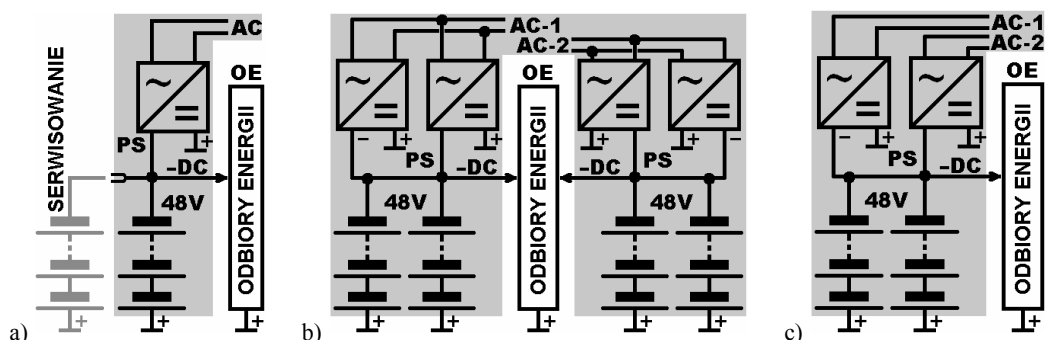
Instytut Łączności ma bogate, wieloletnie doświadczenie w konstruowaniu urządzeń do badania baterii akumulatorów w obiektach telekomunikacyjnych, współpracując m.in. z firmą Electronic Power and Market Sp. z o.o. (EP&M) [1]. Konsorcjum Instytutu z tą firmą uzyskało dofinansowanie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na projekt „System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych – SKOT”. Jego celem jest opracowanie oraz przeprowadzenie badań certyfikacyjnych i eksploatacyjnych, wyposażonego w funkcję scentralizowanego zarządzania pomiarami, systemu zdalnej kontroli dysponowanej pojemności baterii akumulatorów 48 V /50-600 Ah, stanowiących podstawową rezerwę energetyczną w obiektach telekomunikacyjnych.

W systemie przewiduje się zastosowanie rozwiązań Instytutu Łączności z zakresu pomiaru dysponowanej pojemności baterii akumulatorów, rozwiązań firmy EP&M z zakresu zdalnego nadzoru siłowni telekomunikacyjnych oraz siłowni prądu stałego firmy Benning.

## **Rezerwa energetyczna obiektów**

Urządzenia techniczne systemów telekomunikacyjnych muszą funkcjonować także przy okresowym braku napięcia w sieci elektroenergetycznej AC (230/400 V), wobec czego ich rezerwowym źródłem energii są baterie akumulatorów. W stanie normalnej pracy siłowni napięcia stałego (rys. 1), jej prostowniki PS podają na urządzenia telekomunikacyjne (odbiorcy energii OE) i na baterie akumulatorów (48 V) napięcie stałe tzw. buforowania (około 54 V). Gdy zanika napięcie w sieci elektroenergetycznej, to zasilanie urządzeń przejmują baterie. Po powrocie tego napięcia zasilanie urządzeń ponownie zapewniają prostowniki, ładując także baterie akumulatorów. W najczęściej stosowanym rozwiązaniu (rys. 1c) występują co najmniej dwie baterie akumulatorów o napięciu 48 V (złożone z ogniw o napięciu znamionowym 2 V, albo z monobloków 4 V, 6 V, 8 V, 12 V lub 18 V).





Rys. 1. Trzy układy pracy siłowni DC: a) o niskiej niezawodności, b) o maksymalnej niezawodności, c) najczęściej stosowany, optymalny; w układach b) i c) można odłączyć dowolny element bez zmiany funkcjonalności siłowni

Podstawowy parametr akumulatorów, pojemność znamionową (oznaczaną jako Q10 zn. lub C), określa się najczęściej dla rozładowania tzw. prądem 10-godzinnym (I10C lub 0,1CA), przy którym z nowego akumulatora, w ciągu 10 godzin, można pobrać 100% jego pojemności. Natomiast dostępna w danych warunkach pojemność, tzw. dysponowana (Q), zależy m.in. od pobieranego prądu, temperatury, lat eksploatacji i liczby już zrealizowanych cykli pracy.

W Polsce pracuje ponad 20 tysięcy obiektów telekomunikacyjnych wymagających gwarantowanego zasilania, zaprojektowanych na 10-25 lat pracy. W około 90% z nich rezerwą energetyczną są akumulatory typu VRLA o pojemności od 50 Ah do 600 Ah.

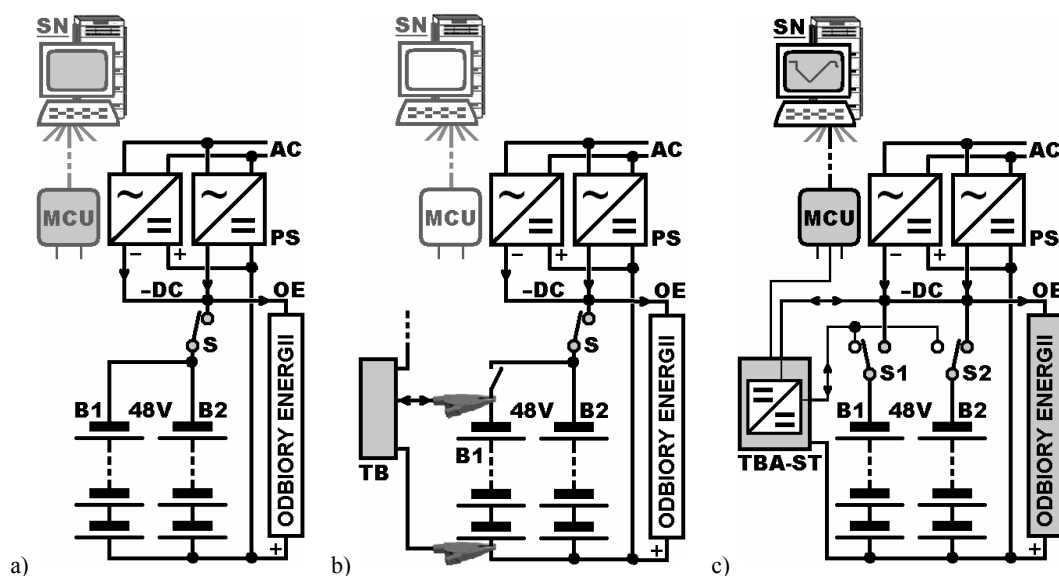
Stosowane w telekomunikacji akumulatory VRLA, w tym AGM (Absorbent Glas Mat), zależnie od typu, mają projektowaną żywotność 10-20 lat pracy z napięciem buforowania oraz 300–1800 cykli rozładowania–naładowania. Realną ich żywotność, rozumianą jako czas w którym utrzymują zdolność udostępnienia energii na poziomie co najmniej 80% pojemności znamionowej, obniżają: trwale utrzymująca się duża (ponad 20°C) temperatura pracy, zbyt mały lub zbyt duży prąd rozładowywania, odbiegający od zalecanego prądu ładowania i niedostosowane do temperatury napięcie buforowania [2].

Ze względu na występujące w trakcie normalnej eksploatacji różne od optymalnych warunki pracy, degradacja części baterii następuje nawet przed upływem połowy czasu żywotności [3], chociaż zdecydowana większość pozostaje sprawna do końca tego okresu. Dlatego, dla zagwarantowania wymaganej ciągłości rezerwy energetycznej, baterie akumulatorów należy albo wymieniać przed upływem połowy czasu projektowanej żywotności albo systematycznie badać i wymieniać tylko baterie (lub ich monobloki) wykazane podczas badania jako niesprawne. Wymiana baterii jest kosztowna, gdyż nawet niedroga bateria 48 V /150 Ah, o żywotności 10 lat / 300 cykli, kosztuje ok. 8 tys. zł. Stąd poszukiwania optymalnych rozwiązań do wiarygodnej oceny stanu baterii lub do prowadzenia systematycznych pomiarów ich dysponowanej pojemności.

## Pomiar dysponowanej pojemności akumulatorów w obiekcie telekomunikacyjnym

Układ klasycznej siłowni telekomunikacyjnej o dwu bateriach akumulatorów 48 V pokazano na rys. 2a. Zespoły prostownikowe PS podają napięcie stałe na odbiory energii OE oraz na baterie. Stycznik S w obwodzie baterii zapewnia ich ochronę przed nadmiernym rozładowaniem w razie długotrwałego zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej AC. Pracą zarządza sterownik MCU, a nadzór nad wieloma siłowniami sprawuje system nadzoru SN.

Ewidentnie uszkodzone baterie lub ich monobloki można zlokalizować w siłowniach poprzez okresowe pomiary miernikiem konduktancji lub poprzez, prowadzony z poziomu centrum systemu nadzoru SN, monitoring ich napięć, prądów i temperatur. Baterie o zaniżonej dysponowanej pojemności można obecnie lokalizować, mierząc ich pojemność za pomocą przenośnych testerów TB (opornic rozładowczych lub urządzeń TBA-IL). Istniejące, wbudowane w siłownie, rozwiązania do oceny pojemności baterii, albo bazują na częściowym (dla utrzymania rezerwy energetycznej) rozładowaniu wszystkich baterii w układzie pracy w siłowni, albo wymagają istnienia w siłowni odbiorów tzw. niekrytycznych (lub opornic), na które będą kolejno rozładowywane, odłączane do pomiaru, baterie.



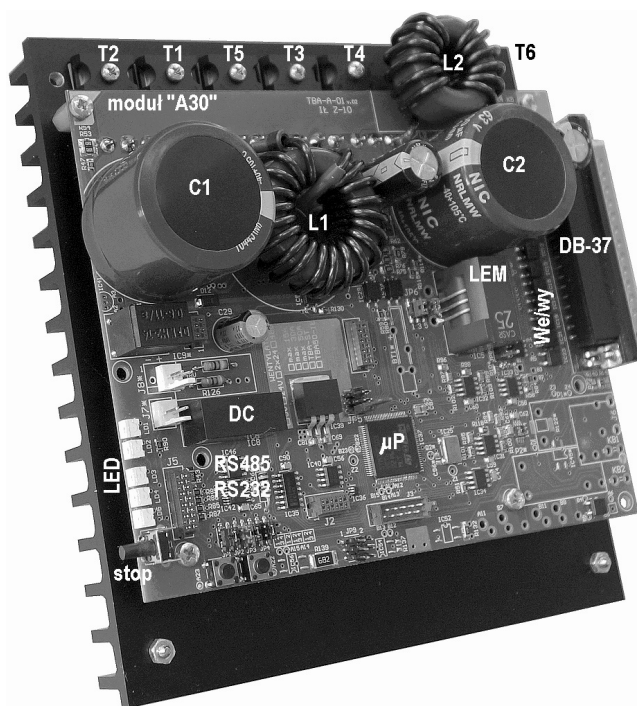
Rys. 2. Układ pracy telekomunikacyjnej siłowni DC: a) tradycyjnej, b) z dołączonym przenośnym testerem TB, c) z wbudowanym testerem TBA-ST

Ideę nowatorskiego, zintegrowanego z siłowniami, systemu pomiaru dysponowanej pojemności baterii akumulatorów, bazującego na urządzeniach TBA-ST, pokazano na rys. 2c. Rozwiązanie to wykorzystuje zmodyfikowany układ siłowni (zgłoszenie patentowe Instytutu Łączności), w którym zamiast (lub obok) odłącznika podnapięciowego S zastosowano w obwodzie każdej z baterii indywidualne styczniki S1, S2. Bateria wyznaczona przez centrum systemu nadzoru SN do badań jest odłączana od obwodu siłowni i dołączana do wejścia urządzenia TBA-ST, które rozładowuje i ładuje baterię, przy czym energię z rozładowywanej baterii przekazuje do odbiorów OE. Wyniki pomiarów, w tym dysponowana pojemność w Ah, przekazane do centrum systemu nadzoru SN, stanowią podstawę do obliczania czasu rezerwy energetycznej obiektów oraz do planowania zakupów i wymian baterii akumulatorów.

Dostępne obecnie elementy elektroniczne i rozwiązania techniczne umożliwiły wykonanie kompletnego urządzenia TBA-ST (o wydajności prądowej 50 A) w postaci jednopłytkowego modułu TBA-A o wymiarach ok. 16 x 15 cm.

## Moduł TBA-A

Moduł TBA-A (rys. 3) wraz z odpowiednim oprogramowaniem tworzy kompletne stacjonarne urządzenie TBA-ST (rys. 4), a z dodatkowym modułem TBA-W oraz z innym programem działania – przenośne urządzenie TBA50-IL (rys. 5-6).



**Rys. 3.** Modelowy moduł TBA-A – podstawa urządzeń TBA-ST oraz TBA50-IL

Podstawowym układem modułu TBA-A jest dwukierunkowa przetwornica podwyższająco-obniżająca zbudowana z tranzystorów T1–T4, dławika L1 i kondensatorów C1, C2. Odpowiednio sterowane tranzystory (zawsze pracuje impulsowo, z częstotliwością 35 kHz, jeden z nich), poprzez podwyższanie lub obniżanie napięcia, umożliwiają przekazywanie energii przy zadanym prądzie pomiędzy badaną baterią (B1 lub B2), a systemem zasilania (prostowniki PS i odbiory OE). Dodatkowo tranzystory T5 i T6 w obwodach prądowych są załączane po naładowaniu (poprzez rezystory R) kondensatorów C1 i C2, a dławik L2 i kondensator C eliminują tętnienia wnoszone do obwodu siłowni. Pracą urządzenia zarządza mikroprocesor STM32F103VE, który steruje m. in. tranzystorami, odczytuje z przetwornika LEM wartości chwilowe prądu baterii, mierzy napięcie siłowni i baterii, obsługuje interfejsy szeregowy (RS232/485) oraz blok wejść/wyjść (We/wy) współpracujący z elementami siłowni. Moduł pracuje z bateriami o napięciu znamionowym 48 V, tzn. z zakresu 43–58 V (i z siłownią o napięciu buforowania 53–55 V), ale istnieje możliwość dostosowania rozwiązania do obsługi baterii o innym ustalonym napięciu znamionowym z zakresu 24–50 V.

Elastyczny i wygodny dla potencjalnego producenta moduł TBA-A nie powstał oczywiście od razu, ale w wyniku iteracji i weryfikacji kolejnych rozwiązań. Poprzez modyfikacje układu i programu działania powstawały kolejno: wielopłytkowe i następnie dwupłytkowe urządzenia stacjonarne dla prądu 20 A [4] i 25 A z procesorem firmy NEC, takim jak w urządzeniach TBA2-IL, TBA150-IL i TBA160-IL, jednopłytkowe urządzenie stacjonarne o prądzie 30 A z nowszym i tańszym procesorem STM32F103VE, dwumodułowe urządzenie przenośne TBA30-IL dla prądu 30 A i jego rozbudowana wersja dla prądu 50 A z przystawką do pomiaru napięć 24 ogniw baterii. Obecnie trwają prace związane z tanim, jednopłytkowym, stacjonarnym urządzeniem TBA-ST o dużej elastyczności wejść-wyjść i wydajności prądowej 50 A, z możliwością rozbudowy (drugim modułem) do taniej wersji przenośnej TBA50-IL.

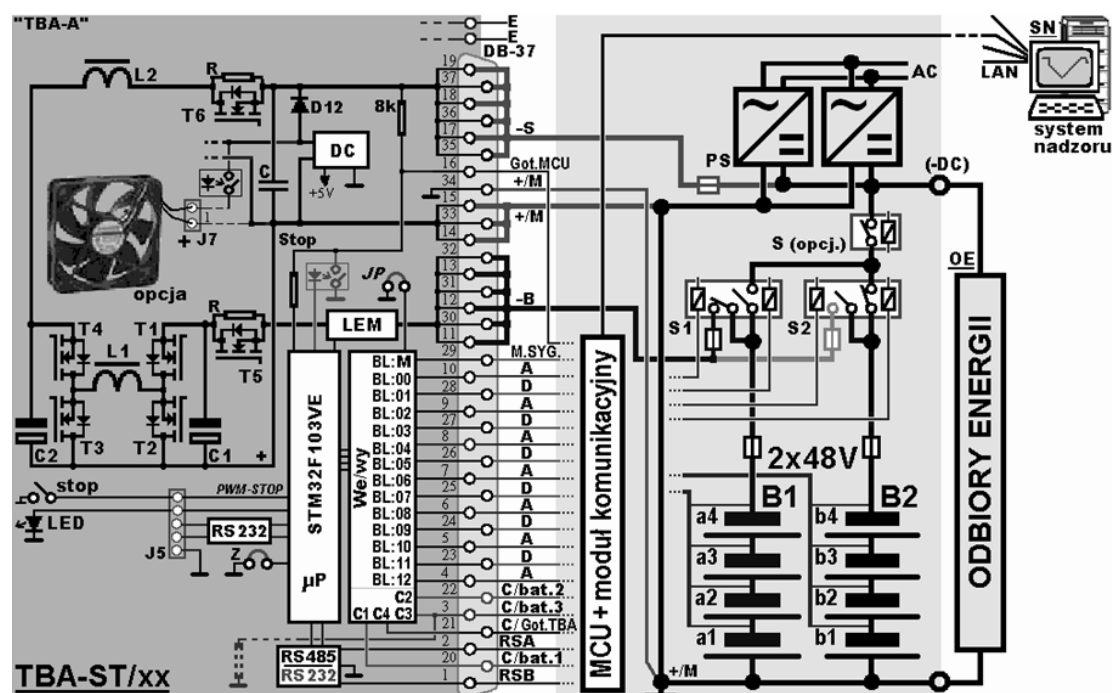
Moduł TBA-A, stanowiący z założenia podstawę urządzeń TBA-ST i TBA50-IŁ, wykorzystuje do komunikacji z otoczeniem jedno złącze typu DB-37. Dodatkowe styki prądowe E są potrzebne jedynie do pracy z prądem powyżej 30 A lub do dołączenia opornicy (dla pracy także poza siłownią). W złączu DB-37 można wyróżnić zrównoleżone styki prądowe -S (łączone z biegunem ujemnym siłowni), styki +/M (do masy siłowni) i styki -B (biegun ujemny badanej baterii) oraz szereg styków (wejść i wyjść) do komunikacji z elementami siłowni. Linia Stop sygnalizuje brak gotowości do współpracy siłowni lub urządzenia oraz wymusza natychmiastowe zaprzestanie pracy prądowej. Linie oznaczone literą A mogą być wejściami do pomiaru napięć bloków baterii lub wysokonapięciowymi wyjściami sterującymi typu 1 z 7 (aktywny stan niski, wydajność prądowa 100 mA). Sześć linii D może być wejściami do pomiaru napięć bloków baterii lub wejściami sygnałowymi (aktywny poziom niski). Cztery linie C to niezależne wyjścia (aktywny poziom niski, wydajność prądowa 100 mA). Linie RSA (RX) i RSB (TX) służą do transmisji danych po RS485 (lub RS232). W urządzeniu TBA50-IŁ linia C2 sygnalizuje trwanie stanu rozładowywania baterii.

Na pakiecie znajdują się także: złącze zasilające wentylatorów wymaganych przy pracy prądem ponad 15 A, diody sygnalizacyjne LED oraz, dla urządzenia stacjonarnego przycisk Stop. Do złącza J2/J5 (RS-232) można podłączyć zewnętrzne urządzenie – na przykład dołączany przez serwisanta programator parametrów badanej baterii (gdy moduł TBA-A pracuje w urządzeniu TBA-ST) lub zespół komunikacyjny TBA-W urządzenia przenośnego (gdy moduł TBA-A pracuje w urządzeniu TBA50-IŁ). Stosowany w urządzeniu przenośnym, umieszczony w pobliżu wentylatora czujnik temperatury LM35, mierzy temperaturę zbliżoną do temperatury otoczenia badanej baterii.

## Stacjonarne urządzenie TBA-ST w układzie siłowni DC – projekt SKOT

Zgodnie z przyjętym założeniem projektu SKOT, stacjonarne urządzenia TBA-ST mają pracować w dostosowanych do nowej funkcji siłowniach firmy Benning, przy czym za komunikację urządzeń z systemem nadzoru SCS Win odpowiada moduł komunikacyjny tego systemu. Ogólny układ siłowni z dołączonym urządzeniem TBA-ST pokazano na rys. 4.

Praca urządzenia TBA-ST w siłowni przebiega następująco. Po odłączeniu baterii wyznaczonej do badania (B1 na rys. 4) od obwodów siłowni i dołączeniu do wejścia urządzenia TBA-ST za pomocą styczników (S1) oraz otrzymaniu polecenia badania, urządzenie TBA-ST najpierw przeprowadza ładowanie wyrównawcze baterii, pobierając potrzebną energię z prostowników PS poprzez szynę systemową DC. Po zadanym czasie ładowania następuje operacja rozładowania kontrolnego baterii, realizowana z reguły prądem 10-godzinnym. Podczas rozładowywania energia z baterii jest oddawana poprzez szynę systemową DC, ze sprawnością ok. 95%, do odbiorników energii OE, co odciąża prostowniki siłowni. Rozładowywanie kończy się albo po pobraniu określonego ładunku (np. 85% pojemności znamionowej), albo gdy napięcie baterii lub jej monobloku spadnie do poziomu 1,80 V/ogniwo (wówczas jeżeli pobrane amperogodziny są poniżej 80% pojemności znamionowej, to bateria jest uważana za niesprawną). Bezpośrednio po rozładowaniu następuje ładowanie powrotne skontrolowanej baterii, z reguły prądem 10-godzinnym, a potrzebna energia jest pobierana, ze sprawnością ok. 95%, z prostowników PS. Bateria jest ładowana do zadanego napięcia, wyższego od napięcia buforowania, a gdy płynący do niej prąd spadnie do wartości prądu konserwującego lub po zadanym czasie, urządzenie kończy badanie i przesyła jego wynik do centrum systemu nadzoru SN. Następnie zbadana bateria (B1) zostaje odłączona od wejścia urządzenia oraz dołączona (poprzez stycznik S1 na rys. 1) do prostowników PS i odbiorników energii OE.

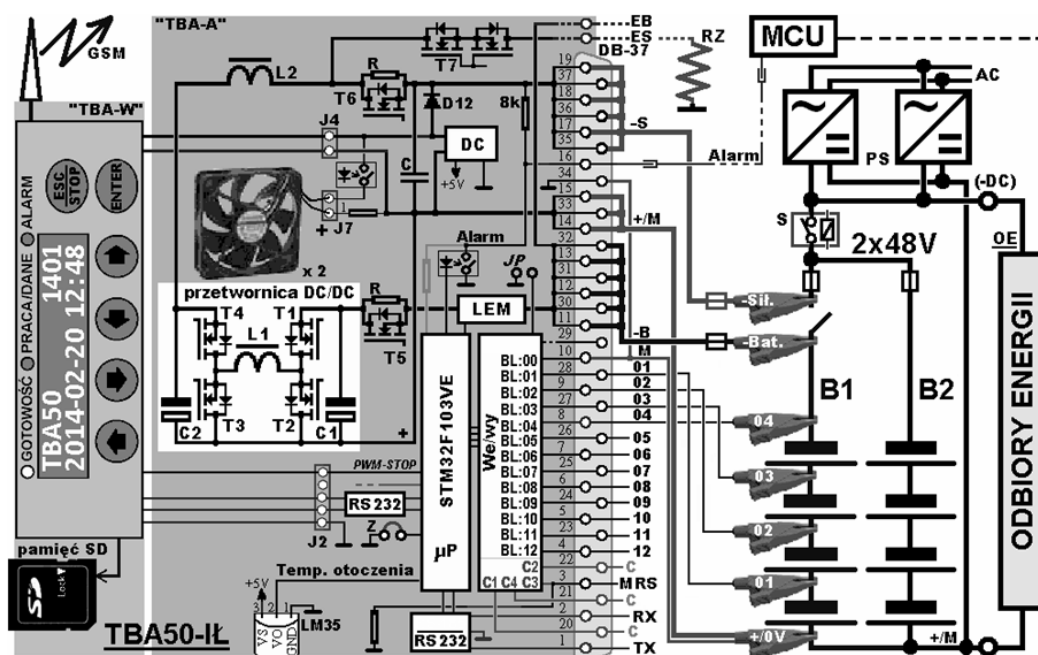


Rys. 4. Schemat blokowy stacjonarnego urządzenia TBA-ST w siłowni DC (xx w nazwie oznacza wersję prądową, ustawianą za pomocą zworek „z”)

Podczas badania baterii siłownia cały czas dysponuje rezerwą energetyczną drugiej lub pozostałych baterii. Gdy podczas kontrolnego rozładowywania baterii zaniknie napięcie w sieci elektroenergetycznej AC (230/400 V), to pobierana z niej energia, przekazywana na szynę systemową DC wspomaga przy zasilaniu odbiorów dołączone do systemu pozostałe baterie. Jeżeli zanik napięcia w sieci nastąpi podczas ładowania wyrównawczego lub powrotnego, to napięcie na szynie systemowej siłowni DC natychmiast spadnie poniżej 50 V i w odpowiedzi urządzenie TBA-ST przerwie ładowanie, aby nie obciążać pozostałych baterii. Przy dalszym spadku napięcia na tej szynie urządzenie przejdzie do rozładowywania i pozostała w baterii energia będzie wspomagać odbiory OE. Gdy napięcie na szynie systemowej (po powrocie zasilania z sieci elektroenergetycznej) zacznie rosnąć, to urządzenie przerwie wspomaganie odbiorów, a przy dalszym jego wzroście przystąpi do naładowania kontrolowanej baterii.

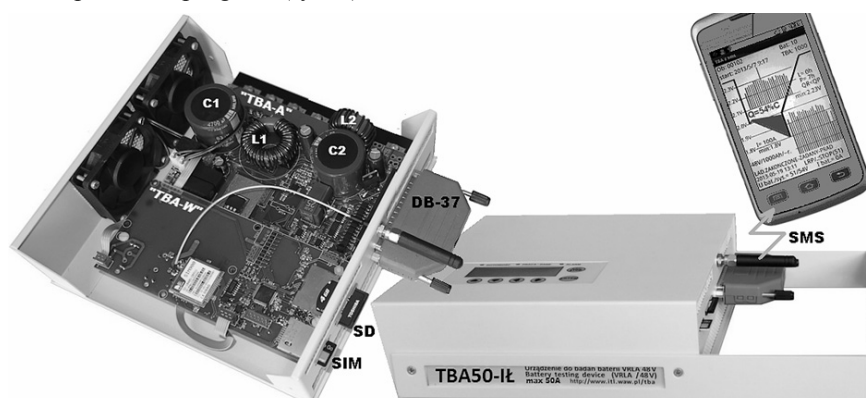
## Urządzenie przenośne TBA50-IŁ z modułem urządzenia stacjonarnego

Przed przystąpieniem do realizacji projektu SKOT w Instytucie zostało opracowane urządzenie przenośne TBA50-IŁ wykorzystujące opisany moduł TBA-A, ale w wersji modelowej. Głównym powodem opracowania tego urządzenia była potrzeba szybkiego i gruntownego przetestowania nowej koncepcji. Założono, że praca urządzenia przenośnego pod obciążeniem dużym prądem, w różnych warunkach eksploatacyjnych, z bateriami w różnym stanie technicznym będzie realizowana 20–50 razy w roku. Uznano, że takie sprawdzenie modułu TBA-A pozwoli zweryfikować rozwiązanie, a także przekonać potencjalnych użytkowników urządzeń TBA-ST do ich właściwości oraz niezawodności pracy.



Rys. 5. Schemat blokowy przenośnego urządzenia TBA50-IŁ z modulem „TBA-A” urządzeń stacjonarnych

Praca urządzenia TBA50-IŁ (rys. 5), przebiega w siłowni DC następująco. Pracownik obsługujący urządzenie odłącza baterię przeznaczoną do kontroli od obwodów siłowni, rozpoczynając od wyjęcia jej bezpiecznika, a następnie dołącza obwody prądowe (+/0 V, -S, -B) oraz przewody pomiarowe monobloków baterii 01, 02... . Po załączeniu bezpiecznika, korzystając z wbudowanej klawiatury-wyświetlacza modułu TBA-W, wprowadza parametry badanej baterii i inicjuje badanie, z reguły obejmujące ładowanie wyrównawcze, rozładowanie i naładowanie kontrolowanej baterii. Przebieg badania jest taki, jak w urządzeniu stacjonarnym, ale urządzenie kończąc badanie zapisuje wyniki w pamięci typu SD, co umożliwia ich wygodne przeglądanie, po wykonaniu wielu badań w obiektach, na komputerze PC [6]. Można także uaktywnić funkcję powiadamiania za pomocą SMS-ów, a otrzymane wyniki odczytywać tekstowo lub w postaci graficznej [5] – na telefonie-smartfonie wyposażonym w odpowiedni program (rys. 6).



Rys. 6. Model urządzenia TBA50-IŁ z funkcją powiadamiania za pomocą SMS-ów

Po zbadaniu bateria pozostaje w stanie naładowania i można ją dołączyć do obwodów siłowni, postępując w odwrotnej kolejności niż przy jej odłączeniu.

Istnieje możliwość modyfikacji rozwiązania, w tym przystosowania urządzeń TBA50-IL do pracy z obciążeniem rezystancyjnym (do pracy poza siłownią) lub do pracy równoległej (dla umożliwienia badań baterii o pojemnościach powyżej 1000 Ah).

## Cel i zadania projektu SKOT

Celem projektu SKOT jest opracowanie oraz przeprowadzenie badań certyfikacyjnych i eksploatacyjnych, opisanego powyżej systemu zawierającego urządzenie TBA-ST. W ramach projektu przewiduje się realizację następujących zadań:

- opracowanie wymagań na współpracujące z urządzeniami TBA-ST siłowni oraz moduły programowe do zarządzania badaniami i do prezentacji wyników,
- opracowanie wymagań na stacjonarne urządzenia TBA-ST i ich współpracę z elementami systemu,
- zaprojektowanie i wykonanie rozwiązań sprzętowo-programowych stacjonarnych urządzeń TBA-ST oraz zbadanie ich modeli,
- opracowanie oraz implementację modułów programowych (dla systemu nadzoru SCS Win) do zarządzania badaniami w siłowniach oraz do prezentacji wyników takich badań,
- przygotowanie modeli siłowni dostosowanych do współpracy z urządzeniami TBA-ST,
- wykonanie prototypów siłowni dostosowanych do współpracy z urządzeniami TBA-ST oraz ich badania z systemem zarządzania SCS Win,
- wykonanie i uruchomienie serii prototypowej stacjonarnych urządzeń TBA-ST oraz opracowanie ich dokumentacji technicznej,
- testowanie oprogramowania i badania elementów systemu oraz ich współpracy,
- wykonanie instalacji doświadczalnych systemu w obiektach i przeprowadzenie badań eksploatacyjnych,
- weryfikacja systemu oraz współpracy jego elementów w warunkach rzeczywistych.

Celem ostatniego zadania, którego zakończenie zaplanowano na październik 2015 roku, będzie weryfikacja wszystkich rozwiązań, funkcjonalności poszczególnych elementów oraz ich współpracy, a także upowszechnienie wiedzy o nowym rozwiązaniu. Badania będą realizowane według programu badań opracowanego w konsultacji z przyszłymi użytkownikami siłowni. Weryfikacja prototypów oraz współdziałania elementów systemu i systemu jako całości, w warunkach rzeczywistych (u użytkownika siłowni) obejmować będzie podstawowe testy funkcjonalne siłowni w systemie (bez nowych funkcjonalności), testy nowych funkcjonalności pod nadzorem obsługi oraz długookresowe (4–6 miesięcy) testy funkcjonalne urządzeń i oprogramowania.

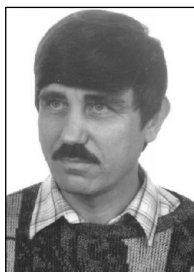
Zweryfikowana w warunkach eksploatacyjnych współpraca elementów systemu będzie podstawą do prowadzenia prac związanych z komercjalizacją tego rozwiązania.

Należy zwrócić uwagę, że każde urządzenie wykonane w Instytucie Łączności podlega badaniom na zgodność z opracowanymi wcześniej warunkami technicznymi, a następnie jest testowane w warunkach rzeczywistych. Na podstawie uwag eksploatacji następuje jego poprawienie, z reguły w zakresie oprogramowania i rozszerzeń o nowe funkcjonalności przydatne służbom technicznym.

## Bibliografia

- [1] Materiały o urządzeniach „rodziny TBA” - <http://www.itl.waw.pl/tba>
- [2] Chojnacki B., Godlewski P., Kobus R.: *Ocena sprawności baterii akumulatorów*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, SIGMA NOT, Warszawa, 2010, nr 8–9, s. 1098.
- [3] Godlewski P., Regulska B.: *Automatyzacja oraz zdalne badania baterii akumulatorów w obiekcie telekomunikacyjnym*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, SIGMA NOT, 2012, nr 8–9, s. 1260 (na CD).
- [4] Godlewski P., Kunert T.: *Konwerter TBA20-IŁ do siłowni telekomunikacyjnej*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2004, nr 1–2, s. 87.
- [5] Godlewski P., Kowalczyk W., Kobus P., Wojciechowska K.: *Obrazowanie stanu akumulatorów w smartfonie na podstawie SMS-ów z urządzeń TBA-IŁ*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2014, nr 1–2, s. 49.
- [6] Godlewski P., Parol B., Masternak M.: *Wizualizacja danych z urządzeń TBA160-IŁ*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2011, nr 3–4, s. 52.
- [7] Godlewski P., Chojnacki B., Kobus R.: *Funkcjonowanie i budowa urządzeń TBA160-IŁ*, Biblioteka Infotela. Szerokie Pasma – Rozwiązania technologiczne i usługi, 2012, s. 38.

### Paweł Godlewski



Inż. Paweł Godlewski – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1973) i długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1973). Jest autorem wielu prac konstrukcyjnych, współautorem systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ, autorem licznych publikacji naukowych a także współautorem wielu patentów. Jego zainteresowania naukowe to m.in.: systemy wizualizacji danych dla systemów telekomunikacyjnych, urządzenia kontrolno-pomiarowe sterowane programowo (procesorami) w telekomunikacji.

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

### Kazimierz Niechoda



Mgr inż. Kazimierz Niechoda – absolwent Politechniki Warszawskiej, kierunek automatyka i metrologia, od 1979 roku pracownik Instytutu Łączności w Warszawie, obecnie pracuje na stanowisku głównego specjalisty inżynierjno-technicznego w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Współautor wielu patentów oraz wdrożonych do eksploatacji, sterowanych programowo urządzeń i systemów przeznaczonych dla telekomunikacji (w tym ABA, ABUS, AST-IŁ, AWP-IŁ, TBA-IŁ).

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



### **Krzysztof Olechowski**



Mgr inż. Krzysztof Olechowski (1954) – absolwent Politechniki Warszawskiej, kierunku elektronika jądrowa, od 1979 roku pracownik Instytutu Łączności w Warszawie, obecnie pracuje na stanowisku głównego specjalisty inżynieryjno-technicznego w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Współautor wielu patentów oraz wdrożonych do eksploatacji, sterowanych programowo urządzeń i systemów przeznaczonych dla telekomunikacji (w tym ABA, ABUS, AST-IŁ, AWP-IŁ, TBA-IŁ).

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

### **Barbara Regulska**



Mgr inż. Barbara Regulska – absolwentka Wydziału Mechaniczno-Technologicznego Politechniki Warszawskiej (1980); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1984); współorganizator i współwykonawca wdrożeń w Instytucie Łączności (systemu preprocesingu AST-IŁ i systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ); współwykonawca projektów dotyczących systemów specjalnych łączności na potrzeby kierowania bezpieczeństwem narodowym i badań jakości usług telekomunikacyjnych; zainteresowania naukowe: systemy oceny jakości sieci telekomunikacyjnych i specjalne systemy łączności dla administracji publicznej.

e-mail: B.Regulska@itl.waw.pl

# Optymalizacja sieci FTTH

Hoang Nghia Le

*Fiber To The Home (FTTH) to najbardziej nowoczesna technologia wśród światłowodowych sieci dostępowych. Podstawowymi wyzwaniami w procesie budowy sieci FTTH są wysoka cena urządzeń i koszt instalacji kabli. Cena urządzeń optycznych wprawdzie stale się obniża, jednak położenie kabla optycznego nadal generuje bardzo duże koszty. W niniejszym artykule przedstawiono problem optymalizacji kosztów instalacji kabla optycznego. Jego rozwiązanie będzie miało praktyczne zastosowanie w projektowaniu sieci FTTH. Ponieważ prezentowany problem jest NP-trudny (Non-deterministic Polynomial-time hard), w celu jego rozwiązania posłużono się algorytmem aproksymacyjnym. Algorytm został zaimplementowany w celu analizy wydajności, która wykazała zadowalającą jakość wyników działania algorytmu z dopuszczalną czasochłonnością. W związku z tym autor proponuje zastosowanie algorytmu w narzędziach do projektowania sieci FTTH.*

**FTTH, Fiber To The Home, sieć telekomunikacyjna, sieć optyczna, optymalizacja kosztów, instalacja kabla optycznego**

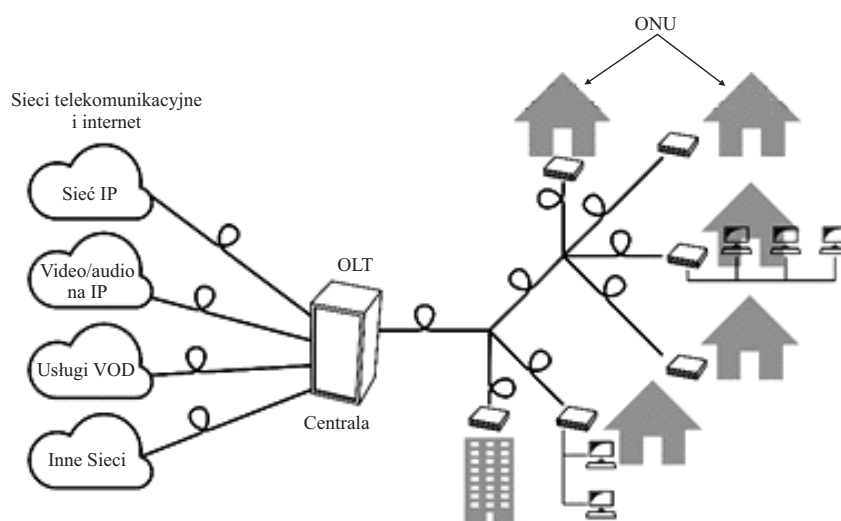
## Wprowadzenie

*Fiber To The Home (FTTH) to najbardziej nowoczesne rozwiązanie wśród światłowodowych sieci dostępowych. W przeciwieństwie do innych technologii strumień danych cyfrowych jest w niej przesyłany przez kabel optyczny bezpośrednio do terminala odbiorcy. Dzięki temu FTTH umożliwia transmisję danych z większą wyższą szybkością i lepszą jakością, niż w innych sieciach (radiowych, miedzianych, koncentrycznych lub optyczno-koncentrycznych). FTTH jest technologią, której zalety w coraz większym stopniu będą się ujawniać w niedalekiej przyszłości. Ilość przesyłanych danych rośnie bowiem wykładniczo. W przypadku sieci FTTH transmisja większej ilości danych wymaga jedynie instalacji szybszych terminali i routerów, przepustowość kabla pozostanie przez długi czas wystarczająca.*

Mimo ewidentnych zalet tempo rozwoju technologii FTTH na świecie jest bardzo nierówne. W rocznym rankingu sporządzonym przez FTTH Council na temat stopnia pokrycia siecią FTTH (odsetek użytkowników Internetu korzystających z sieci FTTH) w poszczególnych krajach [1] wskazuje się grupę około 20 krajów, na czele z Koreą Południową, Zjednoczonymi Emiratami Arabskimi i Japonią, z rozwiniętą technologią FTTH (stopień pokrycia powyżej 25%). W pozostałych krajach odsetek ten nie przekracza 5%. Barię dla rozwoju technologii FTTH są wysokie koszty instalacji urządzeń i kabli światłowodowych.

Jak widać na rys. 1, sieć FTTH zaczyna się w urządzeniu dystrybucyjnym *Optical Line Terminal* (OLT), który jest punktem styku z siecią szkieletową. Sygnały optyczne, które przenoszą strumień danych cyfrowych do różnych użytkowników sieci, na początku są transmitowane we wspólnym

kablu światłowodowym. Jest to możliwe dzięki technologii *Wave Division Multiplexing* (WDM), która umożliwia jednoczesną transmisję kilkudziesięciu kanałów optycznych w jednym włóknie światłowodowym, a każdy z tych sygnałów wykorzystuje oddzielne pasmo. W kolejnym etapie po rozdzieleniu przez rozgałęźnik (splitter) sygnał jest przesyłany oddzielnymi kablami i dociera do odbiorników zlokalizowanych w domach użytkowników sieci *Optical Network Units* (ONU). W sieci FTTH nie są wykorzystywane kable miedziane, jak ma to miejsce w sieciach innych technologii. Dzięki temu sygnałów nie trzeba konwertować z optycznych na elektryczne. Konwersja taka poważnie obniża maksymalną szybkość transmisji danych dla pojedynczego użytkownika.



Rys. 1. Struktura sieci FTTH

Cena urządzeń sieciowych (na rys. 1 OLT i ONU) systematycznie spada, podczas gdy koszt instalacji kabli pozostaje na tym samym poziomie stając się główną przeszkodą w rozwoju sieci FTTH na świecie. Koszt ten składa się z kilku części składowych:

- kopania rowów telekomunikacyjnych,
- położenia rur telekomunikacyjnych w istniejących rowach,
- położenia kabli w rurach,
- kabla.

Niniejszy artykuł prezentuje nową metodę optymalizacji sieci FTTH koncentrującą się na minimalizacji kosztu instalacji kabli. Po analizie dotychczasowych prac na temat optymalizacji sieci FTTH zagadnienie optymalizacji przedstawione zostało w postaci problemu matematycznego, który nazwany został problemem *FTTH Network Optimization* (FNO). Autor skonstruował algorytm dokładny dla FNO, modelując go jako problem programowania liniowego całkowitoliczbowego *Integer Linear Programming* (ILP). Ponieważ problem FNO jest NP-trudny, algorytm dokładny pozwala na znalezienie rozwiązania tylko dla małych instancji FNO (dla mniej niż dziesięciu użytkowników końcowych). Dla większych instancji FNO zaproponowano algorytm aproksymacyjny, który za cenę rezygnacji z poszukiwania rozwiązania idealnego, pozwala na wyznaczenie rozwiązania bliskiego optimum, ograniczając jednocześnie złożoność obliczeniową i umożliwiając zastosowanie algorytmu w systemach komputerowych o cenie akceptowalnej dla projektantów sieci. W celu oceny algorytmów wyniki ich działania zaprezentowano na przykładach.

## 2. Powiązane prace naukowe

Zagadnienia optymalizacji w planowaniu sieci FTTH były przedmiotem licznych badań naukowych [2], które koncentrowały się na następujących obszarach:

- optymalizacja sposobu instalacji urządzeń [3],
- optymalizacja sposobu instalacji kabli [4]–[7],
- optymalizacja wykorzystania przepustowości w istniejących sieciach FTTH [8].

Przedstawiony w [3] optymalizowany koszt obejmuje dwie części: CAPEX (koszt instalacji urządzeń) i OPEX (koszt utrzymania elementów sieci). Problem optymalizacji sieci przekształcono do postaci problemu programowania liniowo-całkowitoliczbowego ILP. W związku z tym, że problem jest NP-trudny, zaproponowano rozwiązanie aproksymacyjne. Optymalizacja sposobu instalacji kabli nie jest w [3] wzięta pod uwagę.

W [4]–[7] wzięto wprawdzie pod uwagę zagadnienie optymalizacji sposobu instalacji kabli, jednak autorzy ograniczyli zakres badania do problemu wyboru najlepszej spośród predefiniowanych konfiguracji położenia kabli. Podejście takie czyni wynik optymalizacji mocno zależnym od arbitralnie zdefiniowanej konfiguracji położenia kabli. W [7] wzięte jest pod uwagę dodatkowo zagadnienie niezawodności sieci – po awarii pojedynczego kabla sieć powinna działać bez strat.

W [8] rozważana jest inna kategoria optymalizacji sieci optycznej – optymalizacja sposobu dystrybucji przepustowości w istniejącej sieci FTTH.

Po analizie wyników dotychczasowych badań autor doszedł do wniosku, że problem optymalizacji sieci FTTH w pełnej formie optymalizacji geometrycznej – znalezienie optymalnej alokacji urządzeń i kabli na danym obszarze przy uwzględnieniu uwarunkowań geograficznych – nie został rozwiązany. Uzupełnienie tej luki było celem niniejszej pracy badawczej.

Optymalizacja sieci z uwzględnieniem uwarunkowania geograficznego ma zastosowanie w wielu dziedzinach: energetyce, transporcie, przemyśle, a także w telekomunikacji (w szczególności dla sieci szkieletowych). Podstawowymi problemami optymalizacji tego typu są problem komiwojażera *Traveling Salesman Problem* (TSP) oraz problem drzewa Steinera w przestrzeni euklidesowej *Euclidean Steiner Tree* (EST) [9]–[10]. Pierwszy z tych problemów polega na znalezieniu najkrótszej trasy łączącej zbiór punktów w przestrzeni euklidesowej. Drugi polega na znalezieniu najmniejszej sieci łączącej zbiór punktów na płaszczyźnie.

Autor przeanalizował szereg prób rozszerzania EST o aspektach geometrycznych przeprowadzonych w dotychczasowych pracach [11]–[12]. W tych pracach autorzy proponują algorytm znalezienia drzewa Steinera, które unika przeszkód terenowych. W tym opracowaniu zagadnienie to zostało rozszerzone o następujące aspekty dodatkowe:

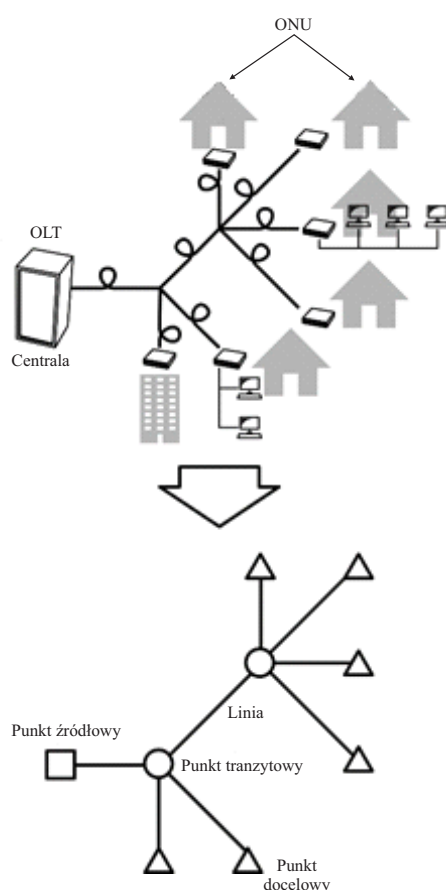
- Aspekt geograficzny. W problemie EST celem optymalizacji jest znalezienie najkrótszej sieci. W praktyce taka sieć nie zawsze jest najtańsza, jeśli niektóre odcinki muszą przechodzić przez teren z utrudnieniem lub brakiem możliwości instalacji kabli. W tej pracy koszt instalacji kabli wynikający z uwarunkowania terenowego jest przypisany do każdego punktu na płaszczyźnie, zaś algorytm znajduje taką sieć, która ma najmniejszy sumaryczny koszt;
- Ograniczoną przepustowość kabla;
- Istniejące zasoby sieci. Jest to istotne rozszerzenie, które pozwala na użycie algorytmu w szerokim zastosowaniu praktycznym, w częstych przypadkach, kiedy projektant ma do czynienia z rozbudową istniejącej sieci.

### 3. Problem optymalizacji sieci FTTH

W niniejszej sekcji przedstawiono formalny zapis problemu optymalizacji sieci *FTTH Network Optimization* (FNO). Dane wejściowe geometryczne są następujące:

- dyskretny i skończony zbiór punktów źródłowych na płaszczyźnie  $S \subset R^2$  (punkt źródłowy reprezentuje urządzenie OLT),
- dyskretny i skończony zbiór punktów docelowych na płaszczyźnie  $D \subset R^2$  (punkt docelowy reprezentuje urządzenie ONU),
- dyskretny i skończony zbiór istniejących punktów tranzytowych na płaszczyźnie  $T1 \subset R^2$  (punkt tranzytowy reprezentuje rozgałęźnik),
- dyskretny i skończony zbiór linii łączących punkty w zestawy  $S, D$  i  $T1$ :  $E1 \subset (S \cup D \cup T1)$  (linia reprezentuje odcinek kabla).

Na rys. 2 przedstawiono model przykładowej sieci FTTH.



Rys. 2. Model sieci FTTH

Dane wejściowe ilościowe są następujące:

- przepustowość kabla  $C$  - oznacza maksymalną liczbę kanałów WDM, które mogą być przesyłane przez kabel;

- funkcja gęstości kosztu instalacji kabla w obszarze  $g: R^2 \rightarrow R$ . Koszt instalacji kabla wynika z ukształtowania terenu oraz istniejącej na nim infrastruktury. Koszt ten może być: bardzo niski, jeśli kabel ma być położony wzdłuż drogi, dość wysoki, jeśli kabel ma być położony w poprzek drogi lub nieskończony, jeśli kabel ma być położony w poprzek budynku lub osiedla (instalacja jest niemożliwa).

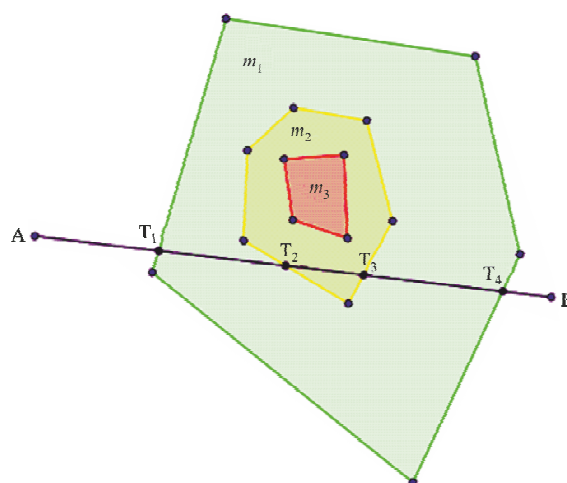
Funkcja  $g(x)$  opisuje koszt instalacji kabla o jednostkowej długości w punkcie  $x \in R^2$ . Znając funkcję  $g$  można wyliczyć koszt instalacji linii  $e$  za pomocą:

$$f(e) = \int_{r=0}^l g((1-r) \cdot \text{in}(e) + r \cdot \text{out}(e)) dr \quad (1)$$

gdzie  $\text{in}(e)$  oznacza punkt wejściowy linii  $e$ ,  $\text{out}(e)$  oznacza punkt wyjściowy linii  $e$ .

Założono, że funkcja  $g$  jest opisana za pomocą skończonego i posortowanego zbioru wielokątów, z których każdy ma przypisaną wartość kosztu. Wielokąty te nazywamy  $g$ -wielokątami. Wartość  $g(x)$  dla punktu  $x$  w  $R^2$  to koszt pierwszego wielokąta, który zawiera  $x$ . Jeśli żaden z wielokątów nie zawiera  $x$ , to  $g(x) = 1$ .  $G$ -wielokąt reprezentuje obszar o takim samym koszcie instalacji kabla, na przykład obszar wzdłuż drogi (niski koszt), obszar w poprzek drogi (wysoki koszt), obszar pod budynkiem (nieskończenie wysoki koszt).

Na rys. 3 koszt instalacji kabla z A do B to  $f(AB) = \|AT_1\| + \|T_1T_2\| \cdot m_1 + \|T_2T_3\| \cdot m_2 + \|T_3T_4\| \cdot m_1 + \|T_4B\|$ , gdzie  $m_1, m_2, m_3$  są odpowiednio koszty oznaczonych tymi symbolami obszarów.



Rys. 3. Koszt położenia kabla na obszarze  $g$ -wielokątów

Zapis problemu optymalizacji jest następujący:

**Znajdź:**

- skończony zbiór punktów tranzytowych  $T \subset R^2$ ,
- skończony zbiór linii łączących punkty w zbiorze  $S, D$  i  $T$ :  $E \subset (S \cup D \cup T)^2$ ,
- skończony zbiór ścieżek (sekwencji połączonych linii)  $P = \{p: p = (e_1, e_2, \dots, e_n); \forall i = 1..n, e_i \in E, \forall j = 1..n-1, \text{out}(e_j) = \text{in}(e_{j+1})\}$ .

**Warunki:**

- warunek łączności – każdy punkt docelowy jest połączony z przynajmniej jednym punktem źródłowym, albo bezpośrednio jedną linią, albo poprzez sekwencję połączonych linii. Innymi słowy, dla każdego punktu  $d \in D$  istnieje ścieżka  $p \in P$  taka, że  $\text{in}(p) \in S$  oraz  $\text{out}(p) = d$ , gdzie  $\text{in}(p)$  oznacza punkt wejściowy pierwszej linii ścieżki  $p$  a  $\text{out}(p)$  oznacza punkt wyjściowy ostatniej linii ścieżki  $p$ ;
- **warunek przepustowości** – liczba ścieżek przechodzących przez linię nie powinna przekroczyć predefiniowanej przepustowości linii:

$$\forall e \in E, \sum_{p \in P: e \in p} 1 \leq C,$$

gdzie w kontekście sieci z technologią WDM,  $C$  jest maksymalną liczbą kanałów, które mogą być transmitowane przez jeden kabel optyczny.

**Cel optymalizacji:**

Celem optymalizacji jest znalezienie rozwiązania z najmniejszym sumarycznym kosztem instalacji kabli:

$$\text{zminimalizować } \sum_{e \in E} f(e) \quad . \quad (2)$$

## 4. Algorytm dokładny do FNO

W niniejszej pracy zaproponowano dwa algorytmy do rozwiązania problemu FNO. Główny to algorytm aproksymacyjny, który umożliwia skuteczne odnalezienie prawie optymalnego rozwiązania problemu. Drugi z zaproponowanych algorytmów to algorytm dokładny przekształcony do postaci programowania liniowego całkowitoliczbowego (ILP). Algorytm ten jest skuteczny tylko dla małych instancji problemu i na potrzeby niniejszego opracowania jest wykorzystany jedynie do oceny jakości wyniku działania głównego algorytmu.

Problem FNO jest silnie związany z rodziną problemów drzewa Steinera, w szczególności dwóch z nich:

- topologiczny problem drzewa Steinera (*Topological Steiner Tree*, TST) – mając podany graf zawierający zbiory węzłów  $V$  i łączy  $E$  (każde łącze ma ustaloną wartość kosztu), połączyć podany podzbiór  $T$  zbioru  $V$  za pomocą podgrafu z najmniejszą sumą kosztu łączy.
- problem drzewa Steinera w przestrzeni euklidesowej (*The Euclidean Steiner Tree*, EST) – mając podane  $n$  punktów na płaszczyźnie (zwanymi punktami końcowymi), połączyć je za pomocą odcinków z najmniejszą sumaryczną długością w taki sposób, że każda para punktów końcowych może być połączona odcinkami albo bezpośrednio, albo poprzez inne punkty (zwane punktami Steinera).

TST będzie zastosowany wielokrotnie jako procedura w algorytmach dla FNO, natomiast EST jest specjalnym przypadkiem FNO, gdy  $S$  jest zbiorem składającym się z jednego elementu,  $g$  jest funkcją stałą i  $C$  jest większy niż  $|D|$ .

Ponieważ EST był intensywnie studiowany w ubiegłym wieku, został skonstruowany algorytm dokładny bazujący na wiedzy zebranej w pracach na temat EST. Udowodniono, że EST jest problemem klasy NP-trudny [13]. Trudność w transformowaniu EST i jego pochodnych problemów (takich jak FNO) do postaci programowania liniowo-całkowitoliczbowego (ILP) polega na tym, że zbiór podanych punktów do optymalizacji jest zbiorem ciągłym i nieskończonym, podczas gdy postać ILP powinna zawierać dyskretne i skończone zbiory zmiennych decyzyjnych i równań.

W celu transformowania FNO do postaci ILP, trzeba więc „dyskretyzować” przestrzeń danych tego problemu. Innymi słowy konieczne jest skonstruowanie dyskretnego i skończonego zbioru punktów, który zawiera szukane punkty Steinera, tzw. punkty kandydujące.

#### 4.1. Punkty kandydujące dla EST i FNO

Istnieją dwa podejścia dla dyskretyzacji przestrzeni problemu EST i FNO:

- poprzez wprowadzenie siatki na płaszczyźnie, gdzie wierzchołki siatki stanowią arbitralne punkty kandydujące,
- poprzez generowanie punktów kandydujących przy wykorzystaniu właściwości geometrycznej problemu EST.

Pierwsze podejście jest dość praktyczne dla algorytmów aproksymacyjnych, jednak nie pozwala na znalezienie rozwiązania dokładnego. Jakość wyniku działania algorytmu zależy od ziarnistości siatki. Dlatego w proponowanym algorytmie dokładnym zastosowano drugie podejście.

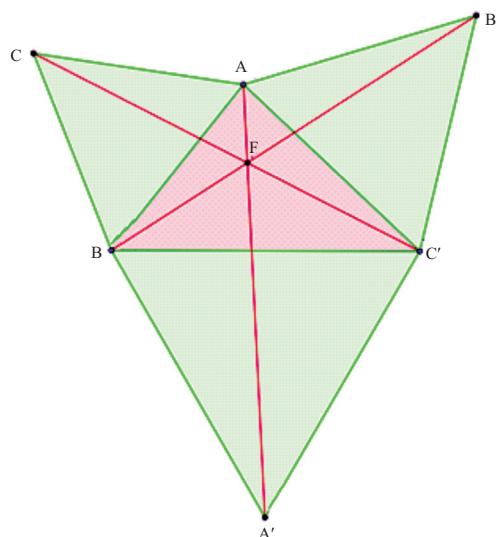
Najpierw wyszukiwany jest zbiór punktów kandydujących dla EST, a potem ten zbiór jest rozszerzany dla FNO. Aby oznaczyć problem EST dla podanej wartości  $n$ , zastosowano symbol  $EST(n)$ .

Przypadek  $EST(2)$  jest trywialny. Rozwiązaniem problemu jest odcinek prosty łączący podane dwa punkty.  $EST(3)$  jest równoważny do problemu znalezienia punktu Fermata – mając podany trójkąt  $\Delta ABC$ , znajdź taki punkt  $F$  na płaszczyźnie, że suma odległości od niego do wierzchołków trójkąta jest najmniejsza.

Problem ten został po raz pierwszy ogłoszony w 1643 roku przez słynnego francuskiego matematyka Fermata, jako wyzwanie dla włoskiego matematyka Torricellego.

Fermat rozwiązał problem (rys. 4) poprzez:

- skonstruowanie trzech równobocznych trójkątów ( $\Delta BCA'$ ,  $\Delta ACB'$  i  $\Delta ABC'$ ), każdy z nich korzysta z jednego z boków podanego trójkąta,
- skonstruowanie odcinków  $AA'$ ,  $BB'$  i  $CC'$ , które spotykają się w jednym punkcie. Jeśli punkt ten należy do obszaru trójkąta  $\Delta ABC$ , będzie punktem Fermata.



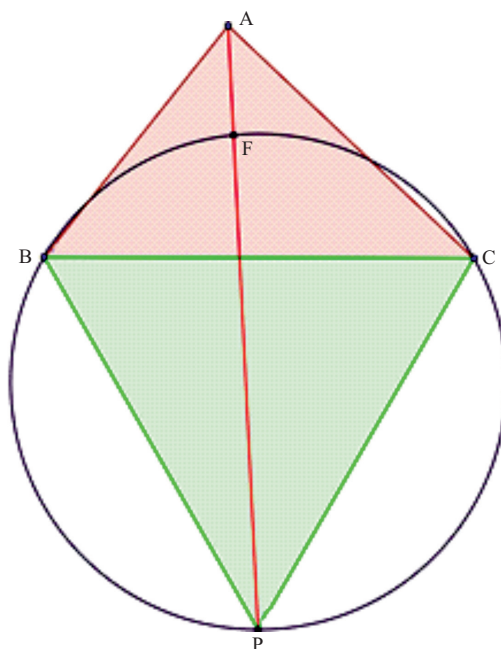
Rys. 4. Problem punktu Fermata z oryginalnym rozwiązaniem



Torricelli odpowiedział innym, równoważnym rozwiązaniem takim, aby (rys. 5):

- skonstruować punkt P taki, że  $\triangle BCP$  jest trójkątem równobocznym i nie przecina się z  $\triangle ABC$ , P jest nazwany punktem zastępczym Torricellego dla pary punktów B i C,
- skonstruować okrąg opisany na trójkącie  $\triangle BCP$ , a krótki łuk BC tego okręgu nazwany jest łukiem Torricellego dla pary punktów BC,
- jeśli odcinek AP przecina się z łukiem Torricellego dla BC, to punkt przecięcia będzie punktem Fermata.

Rozwiązanie Torricellego jest bardziej użyteczne dla dalszego rozwiązania problemów  $EST(n)$  dla  $n > 3$ . Rozwiązanie to bazuje na fakcie, że dla każdego punktu T należącego do łuku Torricellego, następujące równanie jest prawdziwe:  $|TP| = |TB| + |TC|$ . W związku z tym suma  $|TA| + |TB| + |TC|$  będzie najmniejsza, jeśli suma  $|TA| + |TP|$  zostaje zminimalizowana, co zostanie spełnione, jeśli T należy do AP.

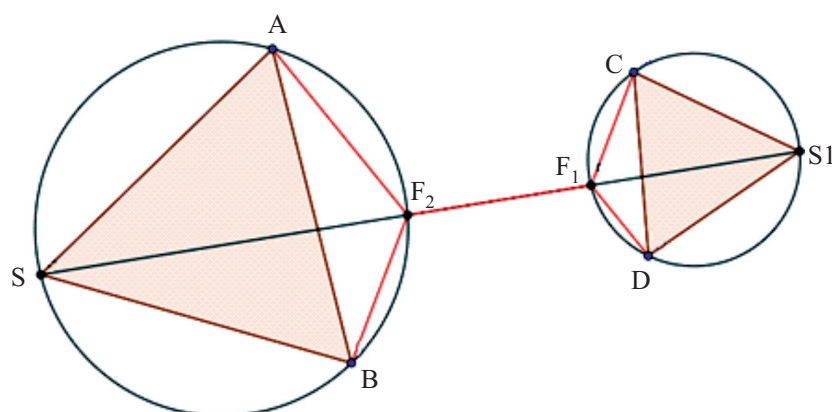


Rys. 5. Rozwiązanie Torricellego dla problemu punktu Fermata

Oba rozwiązania Fermata i Torricellego są poprawne tylko dla trójkątów z kątami mniejszymi niż  $120^\circ$ . Dla trójkątów z większymi kątami punktem F będzie wierzchołek trójkąta z największym kątem. Problem  $EST(4)$  może być rozwiązany następująco (rys. 6). Należy:

- wybrać dwa punkty spośród czterech podanych i oznaczyć wybrane punkty jako A i B, a pozostałe jako C i D,
- skonstruować punkt zastępczy Torricellego i łuk Torricellego dla pary A, B:  $S = S(A,B)$  oraz  $\alpha = \alpha(A,B)$ ,
- skonstruować punkt Fermata dla C, D i S:  $F_1 = F(C,D,S)$ ,
- jeśli  $\alpha$  przecina  $SF_1$  w  $F_2$ , to istnieje rozwiązanie problemu  $EST$  składające się z odcinków  $AF_2$ ,  $BF_2$ ,  $F_1F_2$ ,  $CF_1$  and  $DF_1$ ,
- w przeciwnym przypadku należy wrócić do pierwszego kroku i wybrać inną parę A, B.

Udowodniono, że poprawny wynik istnieje dla przynajmniej jednej pary punktów A, B.



Rys. 6. Rozwiązanie dla EST(4)

Zaproponowana metoda dla EST(4) może być uogólniona dla EST( $n$ ) z  $n > 4$ , następująco. Należy:

- wybrać dwa punkty wśród  $n$  podanych punktów i oznaczyć wybrane punkty A i B,
- skonstruować punkt zastępczy Torricellego i łuk Torricellego dla pary A, B:  $S = S(A, B)$  oraz  $\alpha = \alpha(A, B)$ ,
- rozwiązać problem EST( $n-1$ ) dla zbioru punktów składających się z S i pozostałych punktów. Niech  $F_1$  będzie pierwszym punktem, poprzez który S jest połączony z pozostałymi punktami w rozwiązaniu EST( $n-1$ ),
- jeśli  $\alpha$  przecina  $SF_1$  w  $F_2$ , to mamy rozwiązanie problemu EST( $n$ ) składające się z odcinków  $AF_2$ ,  $BF_2$  oraz zbioru elementów rozwiązania EST( $n-1$ ) po odjęciu odcinka  $SF_2$ ,
- w przeciwnym przypadku należy wrócić do pierwszego kroku i wybrać inną parę A, B.

Podany algorytm ma złożoność  $O(n!)$  i ma zastosowanie w praktyce dla mniejszych wartości  $n$ . Dla większych wartości  $n$  znalezienie EST za pomocą tego algorytmu w ograniczonym czasie jest niemożliwe. Pomimo tego ważna właściwość tego algorytmu będzie wykorzystana w proponowanym rozwiązaniu do skonstruowania zbioru punktów kandydujących. Otóż punkt kandydujący musi być:

- punktem zastępczym Torricellego dla pary punktów, wśród których każdy jest punktem końcowym lub innym punktem kandydującym, albo
- punktem Fermata dla trójki punktów, wśród których każdy jest punktem końcowym lub innym punktem kandydującym.

Inny udowodniony fakt jest taki, że liczba punktów Steinera nie może przekroczyć  $n - 2$  [9].

W związku z powyższym można generować zbiór punktów kandydujących w sposób jak na rys 7.

```

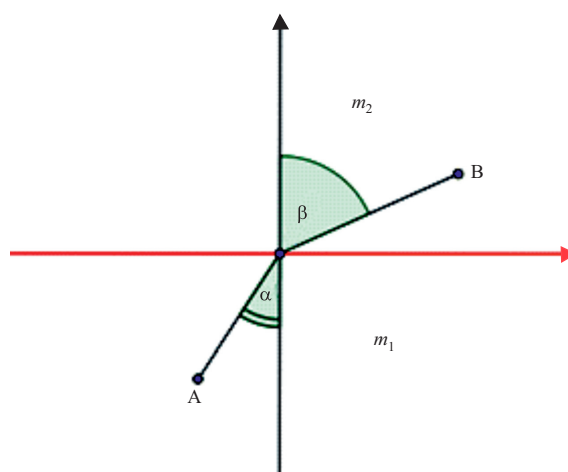
procedure WygenerujPunktyKandydująceEST
(in punktyKońcowe; out punktyKandydujące)
begin
  punktyKandydujące = punktyKońcowe
  n = Liczebność (punktyKońcowe)
  for i=1 to n-2 do
    begin
      punktyKandydujące += {zbiór punktów,
        z których każdy jest punktem
        zastępczym Torricellego dla pary
        punktów w zbiorze punktyKandydujące}
      punktyKandydujące += {zbiór punktów,
        z których każdy jest punktem
        Fermata dla trójki punktów w zbiorze
        punktyKandydujące}
    end
  end
  punktyKandydujące -= punktyKońcowe
end

```

Rys. 7. Sposób generowania zbioru punktów kandydujących

Do tej pory szukano punktów kandydujących dla EST. Dla FNO potrzebny jest większy zbiór punktów kandydujących, z powodu wpływu funkcji  $g$  określonej kolekcją  $g$ -wielokątów. Każdy  $g$ -wielokąt ma przypisaną wartość kosztu. Istnienie  $g$ -wielokątów powoduje, że linia prosta pomiędzy dwoma punktami nie zawsze jest linią najmniejszego kosztu.

Rozważmy sytuację pokazaną na rys. 8, gdzie płaszczyzna jest podzielona na dwie półpłaszczyzny z różnymi kosztami ( $m_1$  i  $m_2$ ). Trzeba znaleźć linię najmniejszego kosztu, który połączy punkty A i B należące do dwóch półpłaszczyzn.



Rys. 8. Zasada Fermata

Według zasady Fermata, linią najmniejszego kosztu jest łamana A-O-B, gdzie O jest punktem granicy pomiędzy dwoma półpłaszczyznami i spełnia następujący warunek:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{m_1}{m_2} \quad (3)$$

Zasada Fermata ma szerokie zastosowanie w fizyce, m.in. wyjaśnia zjawisko refrakcji światła. Punkt O nazywamy punktem refrakcji dla pary punktów A i B przez linię graniczną.

W FNO zasada Fermata pozwala na znalezienie nowego podzbioru punktów kandydujących, każdy z nich jest punktem refrakcji dla pary innych punktów kandydujących przez krawędź  $g$ -wielokąta. Biorąc pod uwagę punkty refrakcji zaproponowano procedurę generowania zbioru punktów kandydujących dla FNO jak na rys. 9.

```

procedure WygenerujPunktyKandydująceFNO
(in źródła, docelowe,  $g$ -wielokąty; out punktyKandydujące)
begin
  punktyKandydujące = źródła + docelowe +
    {zbiór wierzchołków  $g$ -wielokątów }
   $n$  = Liczebność (źródła + docelowe)
  for  $i=1$  to  $n-2$  do
    begin
      punktyKandydujące += {zbiór punktów,
        z których każdy jest punktem
        zastępczym Torricellego dla pary
        punktów w zbiorze punktyKandydujące}
      punktyKandydujące += {zbiór punktów,
        z których każdy jest punktem
        Fermata dla trójki punktów w zbiorze
        punktyKandydujące}
      punktyKandydujące += {zbiór punktów,
        z których każdy jest punktem
        refrakcji dla pary punktów należących
        do punktyKandydujące przez krawędź  $g$ -
        wielokąt}
    end
  punktyKandydujące -= źródła + docelowe;
end

```

Rys. 9. Procedura generowania zbioru punktów kandydujących dla FNO

Liczebność zbioru punktów kandydujących wzrasta zgodnie z  $O((n+m)^{3n})$ , gdzie  $n$  to liczba punktów źródłowych i docelowych, zaś  $m$  to sumaryczna liczba wierzchołków  $g$ -wielokątów.

#### 4.2. Transformacja problemu FNO do postaci ILP

Niech  $K$  oznacza w problemie FNO zbiór punktów kandydujących wygenerowanych dla podanych zbiorów  $S$ ,  $D$  i  $g$ -wielokątów, a  $V$  oznacza sumę  $S$ ,  $D$ ,  $T_1$  i  $K$ . Dla każdej pary  $u, v \in V$  definiowana jest zmienną binarną  $x_{uv} \in \{0,1\}$  i obliczany koszt instalacji kabli wzdłuż odcinka  $u-v$  za pomocą całki funkcji  $g$ :

$$c_{uv} = \int_{r=0}^l g((1-r)u + rv) dr \quad (4)$$

Ponieważ algorytm dokładny nie jest głównym celem tej pracy, warunki związane z przepustowością są pomijane.

Problem FNO może być transformowany do postaci ILP, oznaczonej  $ILP\_FNO(V, S, D, c)$ , następująco:

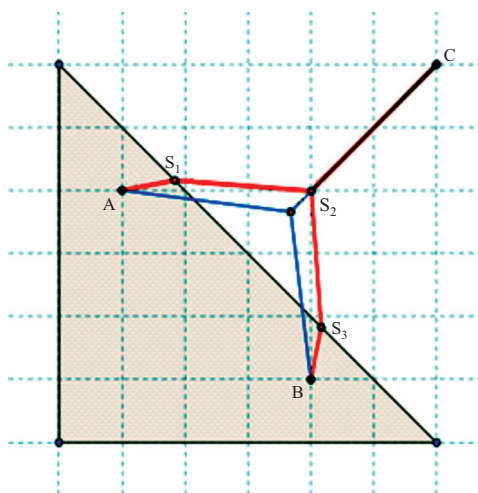
Zminimalizować:  $\sum_{u,v \in V} c_{uv} x_{uv}$  z warunkami:  $\sum_{u \in M, v \in V \setminus M} x_{uv} \geq 1$  dla każdego zbioru

$M \subset V, M \cap S \neq \emptyset$  i  $V \setminus M \cap D \neq \emptyset$ .

$ILP\_FNO$  może być rozwiązany za pomocą komercyjnych pakietów optymalizacyjnych. Dodatkowo  $ILP\_FNO$  ma bardzo podobną formę do sformułowania ILP dla problemu TST [14]. W szczególności

można go przekształcić ILP\_FNO do postaci ILP dla TST poprzez wprowadzenie „super źródła” łączącego wszystkie elementy zbioru  $S$  poprzez łącze z zerowym kosztem. Żeby znaleźć dokładne lub aproksymacyjne rozwiązanie problemu ILP\_FNO, można więc zastosować algorytmy zaproponowane dla TST.

Dla instancji FNO (Przykład 1) przedstawionej na rys. 10, gdzie istnieje tylko jeden  $g$ -wielokąt w postaci brązowego trójkąta z kosztem równym 2, algorytm dokładny zwraca optymalny wynik w postaci czerwonych odcinków: AS<sub>2</sub>, BS<sub>3</sub>, CS<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>S<sub>3</sub>, z sumarycznym kosztem równym 10,59. Gdy  $g$ -wielokąty byłyby nie uwzględnione, suma kosztu byłaby równa 10,96 (o 3,5% droższy).



Rys. 10. Przykład 1 – FNO do rozwiązania przez algorytm dokładny

Ponieważ problem FNO jest NP-trudny, utworzony algorytm dokładny pozwala na znalezienie rozwiązania tylko dla małych instancji FNO. Autor dokonał implementacji tego algorytmu i przeprowadził testy wydajnościowe, z których wynika, że dla typowych konfiguracji systemów komputerowych stosowanych do planowania sieci FTTH możliwe będzie zastosowanie algorytmu dokładnego dla sieci obejmujących nie więcej niż 10 punktów końcowych (reprezentujących użytkowników sieci). Takie rozwiązanie jest nieprzydatne w praktyce, gdyż projektowane fragmenty sieci obejmują zazwyczaj co najmniej kilkuset użytkowników.

## 5. Algorytm aproksymacyjny dla FNO

W sekcji 4 wykorzystano właściwości matematyczne EST w celu znalezienia punktów kandydujących do optymalizacji. Podejście to pozwala na znalezienie dokładnego optymalnego rozwiązania, ale ze względu na ogromną liczebność zbioru punktów kandydujących, zastosowanie tego algorytmu w przypadku większej sieci nie jest możliwe w rozsądnym czasie.

### 5.1. Strategia algorytmu aproksymacyjnego

W przeciwieństwie do algorytmu dokładnego, który rozpoczyna się już z pełnym zbiorem punktów kandydujących, algorytm aproksymacyjny zaczyna się z podstawowym zbiorem punktów kandydujących składającym się tylko z podanych punktów: źródeł, docelowych, istniejących punktów tranzyto-

wych i wierzchołków  $g$ -wielokątów. Po rozwiązaniu ILP\_FNO dla tych punktów poprawimy wynik poprzez iteracje dodawania nowych punktów do zbioru punktów kandydujących. Liczba iteracji poprawienia wyników jest zależna od parametrów algorytmu. Głównymi parametrami konfiguracyjnymi algorytmu są:

- Rozdzielczość Luźnych Wierzchołków (*Loose Vertices Resolution, LVR*). Parametr ten określa liczbę powtórzeń, w których znajdujemy punkty Fermata dla każdej trójki punktów kandydujących leżących na tym samym  $g$ -wielokącie. W ten sposób można poprawić jakość wyniku lokalnie;
- Cięcia krawędzi wielokąta (*Polygon Edge Cut, PEC*). Liczba powtórzeń, na których znajdujemy punkty quasi-refrakcyjne i dodajemy je do zbioru punktów kandydujących.

Dla implementacji ILP\_FNO, oprócz wykorzystania komercyjnych pakietów optymalizacyjnych, został utworzony także własny algorytm bazujący na znanych algorytmach dla problemu Topologicznego Drzewa Steinera [15]–[16]. Szczegóły algorytmu aproksymacyjnego są przedstawione na rys. 11.

```

procedure ObliczWektorKosztu
(in punktyKandydujące; out wektorKosztów)
begin
  foreach v1,v2 in punktyKandydujące do
    begin
      wektorKosztów[v1,v2] = koszt przypisany
      do  $g$ -wielokąta zawierającego v1 i v2.
    end
  end
end

procedure ObliczILP_FNO(in punktyKandydujące,
  źródła, docelowe, wektorKosztów; out
  steiner_points, steiner_lines)
begin
  Rozwiązać ILP za pomocą CPLEX, MS Solver
  lub algorytmu Steiner
end

procedure GłównyAlgorytmFNO (in PEC, LVR; in
  źródła, docelowe, istniejąceTranzytowe,
   $g$ -wielokąty; out steiner_points,
  steiner_lines)
begin
  punktyKandydujące = źródła + docelowe +
  istniejąceTranzytowe +
  wierzchołki( $g$ -wielokąty)
  for i=1 to PEC do
    begin
      foreach a, b in punktyKandydujące do
        begin
          if a, b należy do różnych  $g$ -wielokątów
          then
            begin
              Skonstruować punkty cięcia odcinka (A,
              B) z  $g$ -wielokątami. Nazywamy je x1,
              x2, .. xn
              punktyKandydujące += {x1, x2, .. xn}
            end
          end
        end
      for j=1 to LVR do
        begin

```

```

foreach a, b, c in punktyKandydujące do
begin
  if a, b, c należy do tego samego
    g-wielokąta then
  begin
    Skonstruować punkt Fermata dla a,
    b, c. Nazywamy go f
    punktyKandydujące += {f}
  end
end
end

wektorKosztów = ObliczWektorKosztu
(punktyKandydujące)
ObliczILP_FNO(punktyKandydujące, źródła,
docelowe, wektorKosztów,
steiner_points, steiner_lines)
foreach s in steiner_points do
begin
  if s należy do krawędzi g-wielokąta
  then
  begin
    Znajdź dwa punkty kandydujące
    najbliższe (w prawej i lewej
    stronie) do s w granicy
    g-wielokąta: v1 i v2
    Ustaw punkty środkowe odcinków: v1-s
    i v2-s, nazywamy je x1 i x2
    punktyKandydujące += {x1,x2}
  end
end
end
end

```

Rys. 11. Szczegóły algorytmu aproksymacyjnego

Złożoność algorytmu aproksymacyjnego wynosi  $O(n^4) \cdot \text{PEC} \cdot \text{LVR} + S(n^{4\text{PEC}}) \cdot \text{PEC}$ , gdzie:

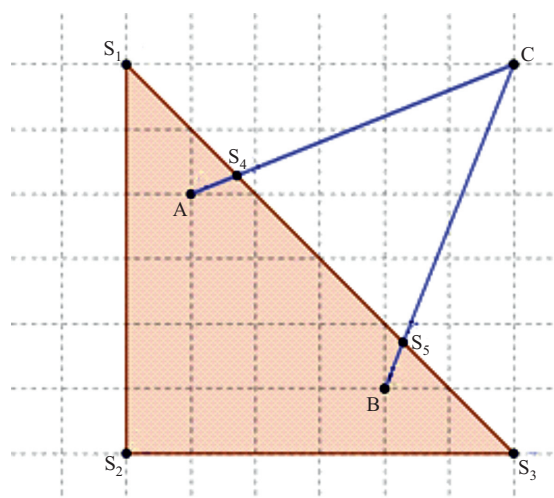
- $n$  jest liczebnością początkowego zbioru punktów kandydujących (składającego się z  $S$ ,  $D$  i wierzchołków  $g$ -wielokątów),
- $S(k)$  jest złożonością algorytmu rozwiązania problemu Topologia Drzewa Steinera dla wykresu  $k$ -elementów.

## 6. Ocena jakości wyników i wydajności algorytmu FNO i porównanie z algorytmem dokładnym

W celu porównania działania algorytmów aproksymacyjnego i dokładnego rozważamy ponownie instancję FNO w Przykładzie 1, który został rozwiązany wcześniej przez algorytm dokładny (rys. 10).

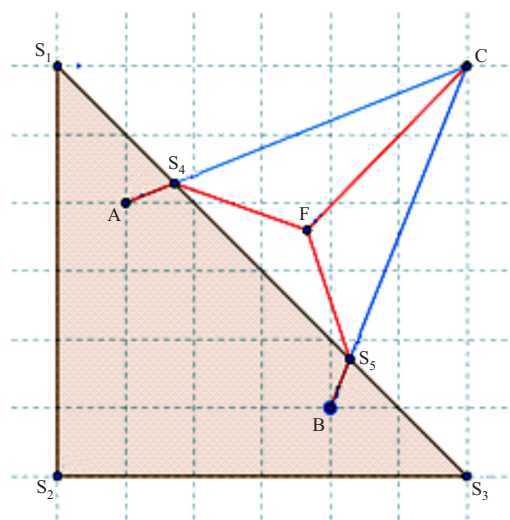
Algorytm działa w następujących krokach:

1. Rozpoczyna się od podstawowych punktów kandydujących  $A$ ,  $B$ ,  $C$  (dane punkty),  $S_1$ ,  $S_2$  i  $S_3$  (wierzchołki  $g$ -wielokąta).
2. Dodaje do zbioru punktów kandydujących punkty cięcia  $AC$  i  $AB$  z krawędziami  $g$ -wielokąta:  $S_4$  i  $S_5$  (rys. 12).



Rys. 12. Działanie algorytmu aproksymacyjnego dla Przykładu 1 (krok 2)

3. Konstruuje punkty Fermata dla wszystkich trójek punktów należących do tego samego  $g$ -wielokąta. W tym przykładzie najbardziej interesujący punkt Fermata to ten dla trójki (C, S4 i S5).
4. Rozwiązuje ILT\_FNO dla (A, B, C, K, S1, ..., S5). Wynikiem jest czerwona łamana przedstawiona na rys. 13.

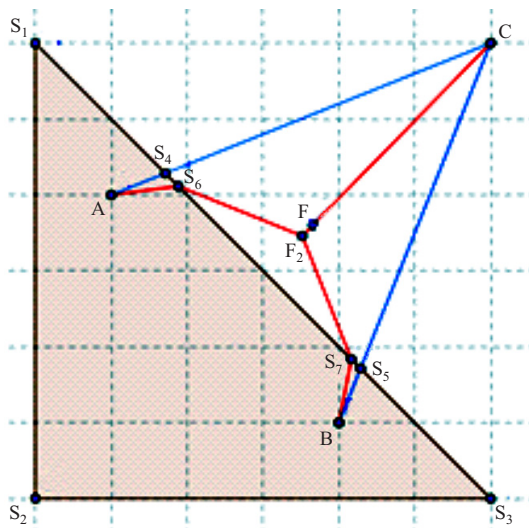


Rys. 13. Działanie algorytmu aproksymacyjnego dla Przykładu 1 (krok 4)

5. Konstruuemy punkty środkowe odcinków utworzonych przez punkty kandydujące należące do krawędzi  $g$ -wielokąta ( $S_1S_4$ ,  $S_4S_5$ , itp.). Są traktowane je jako quasi-refrakcyjne punkty. Dodaje je się do zbioru punktów kandydujących.
6. Zmniejsza się PEC o jeden, a następnie powtarza krok 2 aż do momentu, gdy PEC wynosi zero.



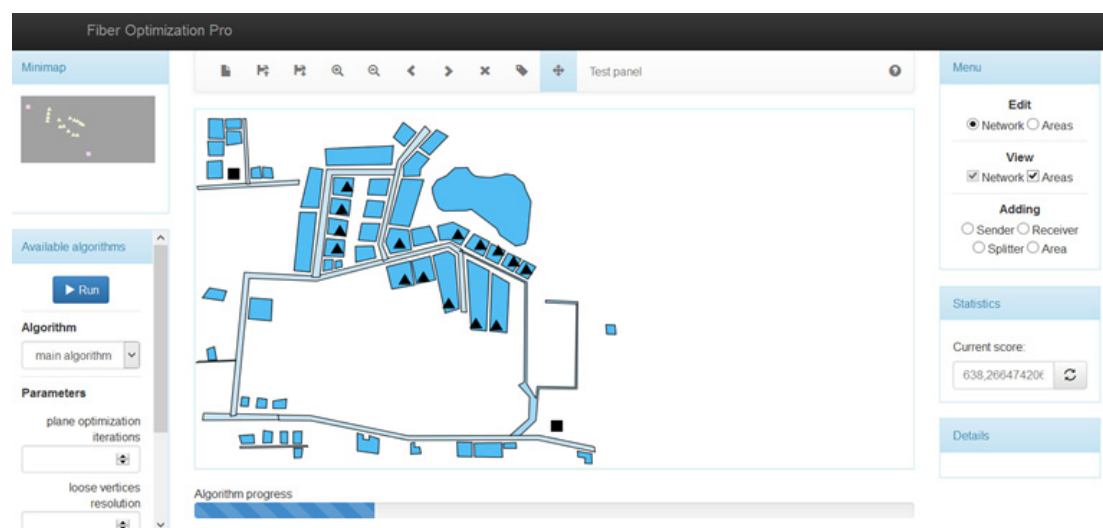
Wynik końcowy osiągnięty dla  $PEC = 20$  przedstawiono na rys. 14. Wynik ten jest bardzo bliski do wyniku algorytmu dokładnego (0,001% różnicy kosztów).



Rys. 14. Działanie algorytmu aproksymacyjnego dla Przykładu 1 – wynik końcowy

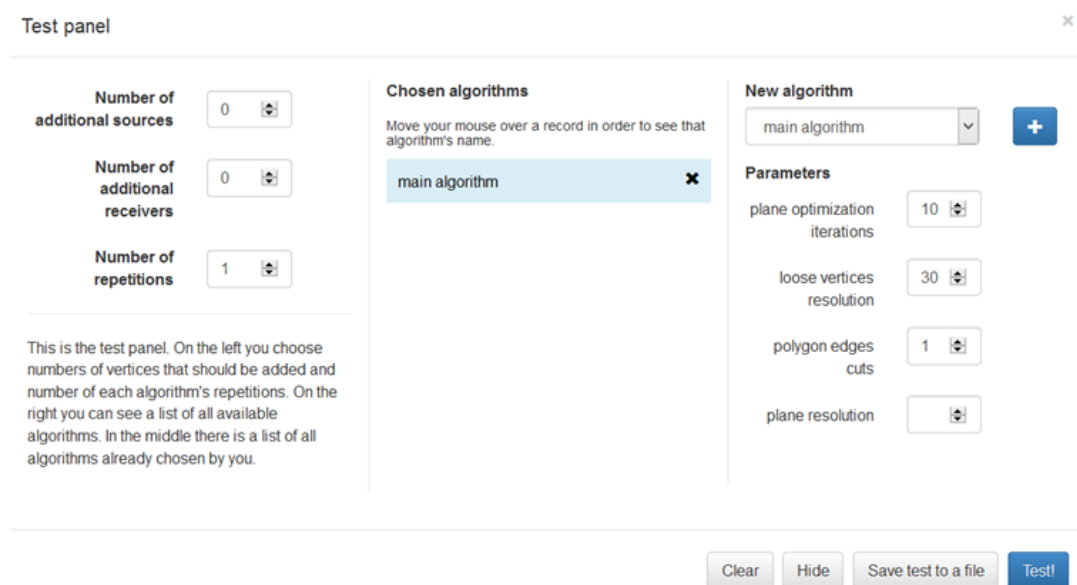
### 7.1. Analiza skuteczności działania algorytmu na przykładzie

W celu oceny skuteczności działania algorytmu zostało on zaimplementowany w języku .net C#. Program został uruchomiony na komputerze PC z procesorem Intel Core i5 2,66 GHz i 8 GB RAM.



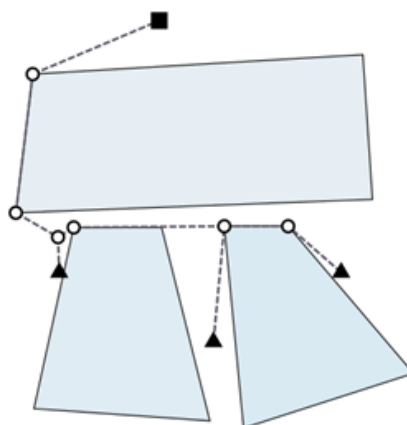
Rys. 15. Implementacja algorytmu FNO

Aplikacja ta zawiera panel testowania, który pozwala na masowe testowanie algorytmu dla różnych wartości parametrów PEC and LVR (rys. 16).



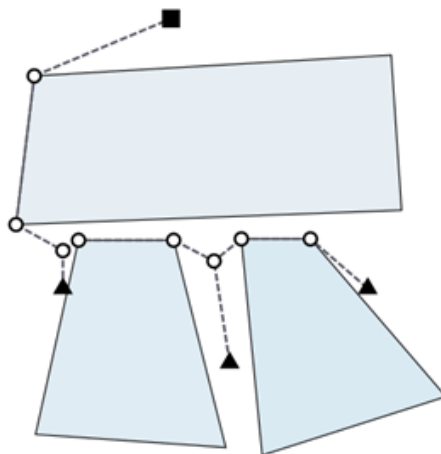
Rys. 16. Implementacja algorytmu FNO – panel testowy

W celu analizy, w jaki sposób parametry PEC i LVR mają wpływ na jakość wyniku i zużycie czasu, rozważmy instancję FNO w Przykładzie 2, w którym mamy jedno źródło (symbol kwadratu), trzy przeznaczenia (trójkąty), do których ma źródło być podłączone, oraz trzy wielokąty z wysokim kosztem.



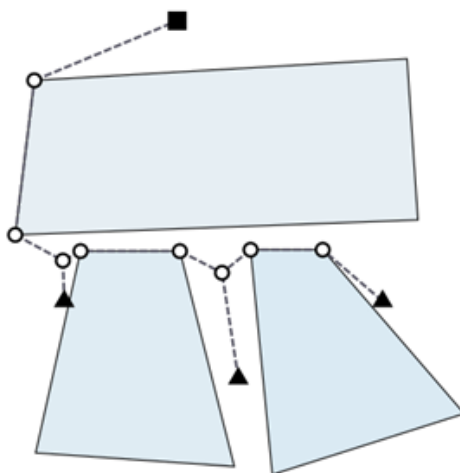
Rys. 17. Wynik algorytmu dla Przykładu 2,  $PEC = 1$ ,  $LVR = 1$ , koszt = 644,9

Dla  $PEC = 1$  i  $LVR = 1$  (rys. 17) koszt jest dość wysoki (644,9), ale algorytm działa wyjątkowo szybko – 0,7 s.



**Rys. 18.** Wynik algorytmu dla Przykładu 2, wynik dla  $PEC = 1$ ,  $LVR = 10$ , koszt = 638.3

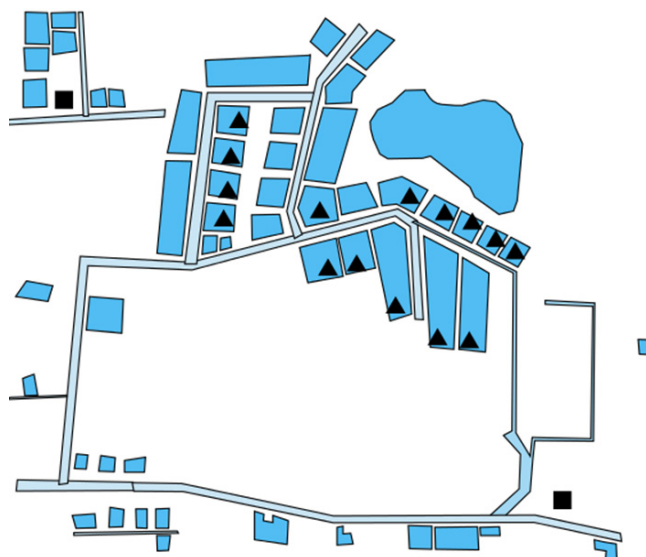
Po zwiększeniu LVR do 10 (rys. 18), koszt znacząco się zmniejszy. Algorytm działa wolniej (6 s), ale jego szybkość nadal jest akceptowalna (czas prawie niezauważalny).



**Rys. 19.** Wynik algorytmu dla Przykładu 2, wynik dla  $PEC = 1$ ,  $LVR = 20$ , koszt = 638.2

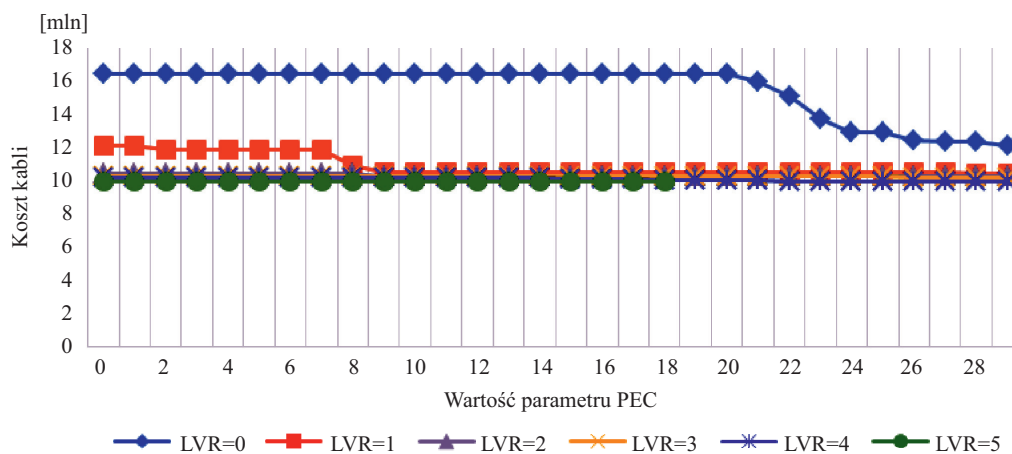
Jeśli zwiększymy LVR do 20 (rys. 19), koszt minimalnie się obniży (do 638,2). Algorytm działa jednak wówczas dużo wolniej (374 s) i jest to szybkość nie do przyjęcia w praktycznym narzędziu do projektowania sieci.

W szczegółowej analizie badano wpływ parametrów konfiguracyjnych PEC i LVR na wyniki algorytmu za pomocą testu masowego w praktycznym przykładzie optymalizacji sieci FTTH dla jednego z osiedli w Warszawie (Przykład 3, rys. 20). Test masowy polega na wielokrotnym uruchomieniu algorytmu dla różnych wartości parametrów konfiguracyjnych dla poszczególnych iteracji testu.



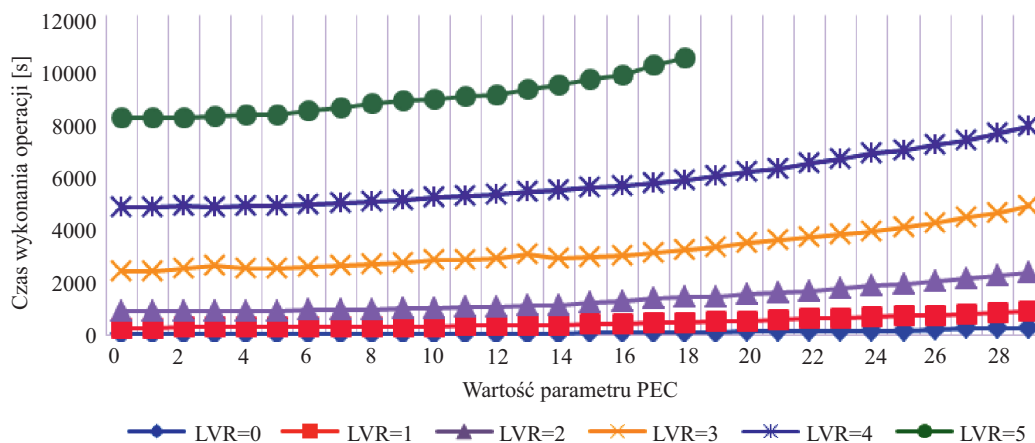
Rys. 20. Przykład 3 – badanie dla osiedla w Warszawie

Na rys. 21 przedstawiony jest wykres tendencji zmiany jakości wyników wraz ze wzrostem parametrów PEC i LVR. Zaobserwowano, że zwiększenie LVR z 0 na 1 powoduje znaczącą poprawę jakości wyników. Zwiększenia LVR z 1 na 2 przynosi już tylko umiarkowaną poprawę. Natomiast dalsze zwiększenie tego parametru już nie przynosi zauważalnego efektu. Tendencja ta jest logiczna, gdyż parametr LVR decyduje jedynie o stopniu lokalnego poprawiania wyników algorytmu polegającym na znalezieniu punktów Fermata. Natomiast wpływ PEC na działanie algorytmu jest inny. Zaobserwowano, że wymagana jest pewna liczba iteracji ( $PEC = 20$  dla  $LVR = 0$  i  $PEC = 7$  dla  $LVR = 1$ ), żeby następowała znacząca poprawa wyników. Tendencja ta jest logiczna, gdyż parametr PEC decyduje o liczebności zbioru punktów kandydujących, a algorytm zaczyna zwracać wyniki zbieżne do wyniku optymalnego dopiero w momencie, gdy zbiór punktów kandydujących posiada wystarczająco dużą liczbę elementów.



Rys. 21. Przykład 3 – jakość wyników w zależności od parametrów PEC i LVR

Wydajność algorytmu jest prezentowana na rys. 22. Tendencja zmian wykazuje, że każde zwiększenie parametru LVR wiąże się ze znaczącym wzrostem czasu wykonania operacji, zaś wzrost w parametrze PEC powoduje raczej łagodny wzrost tego czasu.



Rys. 22. Przykład 3 – zależność wydajności od parametrów PEC i LVR

Jako wniosek z obserwacji testów masowych zaleca się w sytuacjach praktycznych uruchomienie algorytmu z wartościami LVR w okolicy 1, 2 lub 3, zaś parametr PEC należy zwiększyć maksymalnie, jak to możliwe.

Przeprowadzone testy masowe potwierdzają, że zaproponowany algorytm aproksymacyjny, za cenę rezygnacji z poszukiwania rozwiązania idealnego dla problemu FNO, pozwoli na wyznaczenie rozwiązania bliskiego optimum, ograniczając jednocześnie złożoność obliczeniową i umożliwiając zastosowanie algorytmu w systemach komputerowych o wielkości i cenie akceptowalnej dla przedsiębiorstw zajmujących się projektowaniem, budową i eksploatacją sieci światłowodowych.

## 7. Podsumowanie

W artykule przedstawiona została nowa metoda optymalizacji sieci FTTH koncentrująca się na minimalizacji kosztu instalacji kabli. Metoda ta jest rozwinięciem wyników dotychczasowych prac na temat optymalizacji geometrycznej. Dodane zostały nowe aspekty nieuwzględnione w dotychczasowych pracach, w szczególności aspekt uwarunkowań terenowych i aspekt istniejących zasobów sieci.

Zagadnienie optymalizacji sieci FTTH zostało sformułowane w postaci problemu matematycznego, któremu nadano roboczą nazwę *FTTH Network Optimization, FNO*. Problem FNO został następnie przekształcony do postaci problemu *Integer Linear Programming, ILP*.

Ponieważ problem FNO jest NP-trudny, utworzony algorytm dokładny ILP pozwala na znalezienie rozwiązania tylko dla małych instancji FNO. Algorytm został zaimplementowany i przeprowadzone zostały testy wydajnościowe, z których wynika, że dla typowych konfiguracji systemów komputerowych stosowanych do planowania sieci FTTH możliwe będzie zastosowanie algorytmu dokładnego dla sieci obejmujących nie więcej niż 10 punktów końcowych (reprezentujących użytkowników sieci). Takie ograniczenie jest nieakceptowalne w praktyce, gdyż projektowane fragmenty sieci obejmują zazwyczaj co najmniej kilkuset użytkowników.

W związku z powyższym, rozwiązaniem problemu dla większych instancji FNO będzie algorytm aproksymacyjny, który za cenę rezygnacji z poszukiwania rozwiązania idealnego, pozwoli na wyznaczenie rozwiązania bliskiego optimum, ograniczając jednocześnie złożoność obliczeniową i umożliwiając zastosowanie algorytmu w systemach komputerowych o wielkości i cenie akceptowalnej dla przedsiębiorstw zajmujących się projektowaniem, budową i eksploatacją sieci światłowodowych.

W artykule został opisany algorytm aproksymacyjny rozwiązujący problem FNO. W celu potwierdzenia jego praktycznej skuteczności wykonano implementację w postaci programu komputerowego napisanego w języku .net C#. W celu weryfikacji jakości wyników algorytmu oraz oceny wpływu zmienności poszczególnych parametrów konfiguracyjnych przeprowadzono test masowy dla praktycznego przykładu sieci (zmieniając ustawienia parametrów konfiguracyjnych dla poszczególnych iteracji testu). Przedstawione zostało zalecenie odnośnie możliwości zastosowania algorytmu w praktyce.

## **Bibliografia**

- [1] Williams B.: *FTTH Council Global Alliance Updates*, 2013 LATAM Conference, FTTH Council, 2013
- [2] Mazzali C.: *Optimization of FTTH passive optical networks continues*, Lightwave Magazine, January 2005
- [3] Chardy M., Hervet C.: *FTTH network design under OA&M constraints*, INOC'11 Proceedings of the 5th International Conference on Network Optimization, 2011
- [4] Loggerenberg S., Grobler L., Terblanche F.: *Optimization of PON Planning for FTTH Deployment Based on Coverage*, Proceedings of Southern African Telecommunications and Networks Access Conference (SATNAC), 2012
- [5] Grötschel M., Raack C., Werner A.: *Towards optimizing the deployment of optical access networks*, EURO Journal on Computational Optimization, vol. 2, no. 1–2, 2013
- [6] Chardy M., Costa M.-C., Faye A., Trampont M.: *Optimizing splitter and fiber location in a multi-level optical FTTH network*, European Journal of Operational Research, vol. 222, issue 3, 2012
- [7] Hervet C., Faye A., Costa M., Chardy M., Francfort S.: *Solving the Two-Stage Robust FTTH network design Problem under Demand Uncertainty*, Electronic Notes in Discrete Mathematics, vol. 41, 2013
- [8] Kadhim D., Hussain N.: *Link and Cost Optimization of FTTH Network Implementation through GPON Technology*, Communications and Network, vol. 5, 2013
- [9] Brazil M.: *On the History of the Euclidean Steiner Tree Problem*, Archive for History of Exact Sciences, vol. 68, no. 3, 2014
- [10] Arora S.: *Polynomial time approximation schemes for Euclidean traveling salesman and other geometric problems*, Journal of the ACM, vol. 45, no. 5, 1998
- [11] Chung-Wei L.: *Efficient Obstacle-Avoiding Rectilinear Steiner Tree Construction*, ISPD'07, March 18–21, 2007
- [12] Zachariasen M., Winter P.: *Obstacle-Avoiding Euclidean Steiner Trees in the Plane: An Exact Algorithm*, *Algorithm Engineering and Experimentation*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 1619, 1999.

- [13] Garey M.: *The Complexity of Computing Steiner Minimal Trees*, SIAM Journal of Applied Mathematics, vol. 32, no. 4, June 1977.
- [14] Laarhoven J. W.: *Exact and heuristic algorithms for the Euclidean Steiner tree problem*, PhD thesis, University of Iowa, 2010
- [15] Mehlhorn K.: *A faster approximation algorithm for the Steiner problem in graphs*, Information Processing Letters, vol. 27, no. 3, 1998
- [16] Vazirani V.: *Approximation Algorithms*, Springer-Verlag, Berlin, 2001

---

### Hoang Nghia Le



Hoang Nghia Le ukończył studia magisterskie na wydziale Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej w 1998 roku. Obecnie jest menadżerem produktu w firmie Suntech S.A, spółki specjalizującej się w produkcji systemów OSS dla sieci telekomunikacyjnych. Jego naukowe zainteresowania obejmują zagadnienia optymalizacji sieci optycznych i bezprzewodowych

e-mail: NghiaLe.Hoang@suntech.pl

# *Ograniczenia w możliwościach skutecznej implementacji planów regulacyjnych w sektorach telekomunikacyjnych krajów rozwijających się*

*Renata Śliwa*

*Artykuł opisuje problemy regulacyjne w krajach o niewykształconych mechanizmach instytucjonalno-politycznych, gdzie wysokie poziomy asymetrii informacji i trudności z egzekwowaniem umów przesądzą o możliwości stosowania narzędzi regulacyjnych skazujących gospodarki na niskie poziomy efektywności. Przedstawiono w nim warunki regulowania sektora telekomunikacyjnego w krajach rozwijających się, a także wyróżniono najważniejsze przeszkody w rozwoju wysoko efektywnościowych mechanizmów regulacji telekomunikacji. Poddano też rozważaniom możliwości poprawy antyefektywnościowego impasu, w który popadają reżimy regulacyjne sektorów telekomunikacyjnych w krajach rozwijających się.*

*Regulacja bodźcowa w telekomunikacji, reformy sektora telekomunikacyjnego, kontrybucja kosztowa*

## **Wprowadzenie**

Uwarunkowania ekonomiczno-instytucjonalne pozbawiają wiele krajów możliwości zastosowania silnie bodźcowych schematów regulacyjnych PBR (*Performance-Based Regulation*) [1] i skazują je często na regulacje tworzące słabe bodźce profektywnościowe. Taki stan rzeczy, obserwowany w krajach rozwijających się czy przechodzących transformację ustrojową, związany jest najczęściej z zaburzoną sekwencją przeprowadzanych reform sektora telekomunikacyjnego. Niedoskonałości wynikające z nieprawidłowości przy wprowadzaniu kolejnych etapów reform sektora telekomunikacyjnego wypływają szczególnie z możliwości utrzymania i narastania zjawiska asymetrii informacji występującej głównie między operatorem zasiedziałym podlegającym regulacji i regulatorem.

Ważnym, wobec powyższego, jest rozpoznanie na początku reform struktury kosztów operatora zasiedziałego przy stosowanej przez niego technologii, co w dużym stopniu gwarantuje stabilne podstawy do tworzenia silnych bodźców do efektywnego działania. Wprowadzenie regulacji pozwalających na swobodne działanie operatora zasiedziałego, w ramach pewnej formy konkurencji, najczęściej pozwala przybliżyć do osiągnięcia takiego efektu. Skuteczność tego etapu reform oceniana jest przez pryzmat zasobów informacji zgromadzonych w trakcie swego rodzaju audytu przeprowadzanego przez regulatora. W dalszych etapach, reformy miałyby koncentrować zasoby regulacyjne sektora na wskazywaniu sposobów osiągnięcia regulowanych poziomów cen czy zysków.

Powodzenie tych dotychczasowych etapów reform sektora telekomunikacyjnego prowadziłoby do etapu finalnego, który opierałby się na stopniowym przesuwaniu się regulacji ku rozwiązaniom opartym na wynikach operatorów (wyzwalających silne bodźce do zwiększania efektywności) [2], czy deregulacji. Elementem scalającym poszczególne etapy reform, i jednocześnie gwarantującym powodzenie regulatora na poszczególnych etapach reform sektorowych jest wiarygodne zapewnienie graczy rynkowych o nienaruszalności ich aktywów i stabilności zasad regulacyjnych.



Fundamentem do przeprowadzania reform regulacyjnych sektora telekomunikacyjnego w zarysowanym stylu jest zdeterminowanie rządów danego kraju do umacniania instytucji i doskonalenia ich w miarę potrzeb technologiczno-ekonomicznych.

Artykuł stanowi próbę zarysowania problemów regulacyjnych w krajach o niewykształconych mechanizmach instytucjonalno-politycznych, gdzie wysokie poziomy asymetrii informacji i trudności z egzekwowaniem umów przesądają o możliwości stosowania narzędzi regulacyjnych skazujących gospodarkę na niskie poziomy efektywności. W pierwszej części przedstawione zostały warunki regulowania sektora telekomunikacyjnego w krajach rozwijających się. W drugiej części wyróżniono najważniejsze przeszkody w rozwoju wysoko efektywnościowych mechanizmów regulacji telekomunikacji. W trzeciej części poddano rozważaniom możliwości poprawy antyefektywnościowego impasu, w który popadają reżimy regulacyjne sektorów telekomunikacyjnych w krajach rozwijających się.

Hipotezą kryjącą się za prezentowanymi treściami artykułu jest twierdzenie, że obniżanie poziomu asymetrii informacyjnej w stosunkach regulacyjnych oraz większa sprawność mechanizmów polityczno-prawnych warunkuje podnoszenie konkurencyjności sektora telekomunikacyjnego w krajach rozwijających się.

## 2. Uwarunkowania reform sektora telekomunikacyjnego w krajach rozwijających się

Kolejność etapów przeprowadzania reform sektora telekomunikacyjnego jest szczególnie istotna w odniesieniu do prywatyzowania i wprowadzania konkurencji. Po pierwsze, kolejność prywatyzacji i wprowadzania konkurencji oparta jest na specyficznym umieszczeniu kosztów utopionych [3], które są znaczącą kontrybucją kosztową i mogą być wykorzystywane strategicznie przez tych operatorów, którzy mają dostęp do rynku jako pierwsi. Kontrybucja kosztowa (*commitment value*) jest tym silniejsza im wolniej następuje deprecjacja kapitału, oraz z im bardziej specyficznym kapitałem przedsiębiorstwo ma do czynienia. Firma wchodząca jako pierwsza ma możliwość zakumulowania kapitału<sup>①</sup> potrzebnego do ograniczania lub modyfikowania warunków wejścia dla innych firm. Bardzo ważna rola kosztów utopionych istotnie różnicuje skutki sekwencyjnego i jednoczesnego wejścia na rynek. Po drugie, istnieją polityczne źródła uprzywilejowania operatora, które tworząc skomplikowaną niekiedy sieć interesów, wstrzymują reformy i osłabiają ich efekty. Po trzecie, sekwencja reform (prywatyzacja – wprowadzenie konkurencji) odgrywa ważną rolę ze względu na wywoływane zmiany w otoczeniu regulacyjnym. Na przykład, dokonanie prywatyzacji po otwarciu rynku na konkurencję skutkuje tym, że wejście nowych firm jest relatywnie łatwe, operator zasiedziały staje się stosunkowo nieefektywnym operatorem publicznym, a regulator jest dobrze poinformowany o strukturze kosztów. Z kolei, sprywatyzowanie operatora przed liberalizacją rynku usług telekomunikacyjnych czyni operatora zasiedziałego stosunkowo wydajnym operatorem prywatnym, regulator jest relatywnie słabo poinformowany o strukturze kosztów, wejście nowych firm jest utrudnione. Chociaż istnieją argumenty za tym, że sekwencja wprowadzania reform odgrywa dużą rolę, to trudno jest przewidzieć wpływ alternatywnych sekwencji reform na kształt sektora [4].

Nowo sprywatyzowane, zasiedziałe przedsiębiorstwa telekomunikacyjne posiadają najczęściej wysoki stosunek wielkości zaangażowanego czynnika pracy do czynnika kapitału. Stąd dla bardziej efektywnego funkcjonowania tych przedsiębiorstw – poprawy jakości usług i pełnego zaspokojenia popytu – wymagane są znaczne nakłady kapitałowe [5].

<sup>①</sup> *Kapitał rozumiany jest nie jedynie jako kapitał fizyczny, ale też w postaci grona klientów, gdzie efekt akumulacji kapitału działa tym silniej im bardziej niedoskonała jest informacja konsumenta i wyższe są koszty zmiany operatora, ale również im silniejsza jest inercja odbiorców usług, nawet w obliczu lepszych warunków oferowanych przez nowe przedsiębiorstwa.*

Synteza wyników badań telekomunikacyjnych przedsiębiorstw użyteczności publicznej z pięciu krajów (Argentyny, Chile, Jamajki, Filipin, Wielkiej Brytanii) wskazuje, że trwałe i długofalowe inwestycje wymagają mechanizmów hamowania administracyjnej ingerencji rządu. Niezbędna jest implementacja zestawu takich mechanizmów jak: systemowe (*substantive*) ograniczenia dyskrecjonalności (działań *ad hoc*) regulatora, formalne lub nieformalne procedury ograniczające możliwości zmian systemu regulacyjnego, środki wymuszania systemowych i proceduralnych ograniczeń poprzez instytucje. Jedne kraje będą w stanie powstrzymać arbitralne zapędy regulatora jedynie poprzez wprowadzenie nowych ram regulacyjnych, które istotnie ograniczą elastyczność regulacyjną. Inne natomiast, mogą wprowadzić stosunkowo efektywne zasady regulacyjne, np. regulacje *benchmark*, *RPI-X*. Te ostatnie jednak wymagają silnych podwalin instytucjonalnych, które najczęściej w krajach rozwijających się są nieobecne. Kraje ze słabymi instytucjami, zatem, skazane są na stosowanie mniej efektywnych reguł regulacyjnych w celu usprawniania działania całego systemu regulacyjnego. Potrzebne stają się tam substytucyjne mechanizmy, które wiarygodnie ograniczają arbitralność działań administracyjnych rządu i przyciągają inwestorów. Mechanizmami tymi mogą być pewne formy własności prywatnej czy międzynarodowe ubezpieczenia na wypadek niekomercyjnego ryzyka, gwarantowane przez rząd [6].

Szczególnie w warunkach prywatyzacji telekomunikacyjnych operatorów zasiedziały, gdzie jeden operator wciąż dominuje w większości segmentów rynkowych, ryzyko finansowe nie tyle wiąże się ze stosowaną początkową strukturą cen, ale z oczekiwaniami inwestorów, co do możliwości zmian polityki kontroli cen w kolejnych okresach. Dlatego strategicznym obszarem regulacji jest problem zobowiązania do nieobniżania stopy zwrotu z inwestycji poniżej poziomu, jaki osiągnęłyby w warunkach wolnej konkurencji, szczególnie w warunkach niestabilności gospodarczo-politycznej krajów rozwijających się. Problematyka związana ze zmniejszaniem niepewności inwestorów obejmuje kwestie ustalania zasad wyceniania usług, w ramach których dobrze zarządzana firma osiągałaby godziwą stopę zwrotu oraz kwestie wysyłania wiarygodnych sygnałów dla inwestorów o trwałości sprawnie działającego systemu regulacyjnego [5].

### 3. Najistotniejsze bariery rozwoju prokonkurencyjnej regulacji sektora telekomunikacyjnego w krajach rozwijających

Poziom kosztów transakcyjnych wynikających z asymetrii informacji w regulacji sektora telekomunikacyjnego jest wysoki w krajach rozwijających się, gdzie egzekwowalność prawa jest niska, a wzrasta ona wraz ze wzrostem dochodu narodowego i przestrzeganiem zasad prawa. Uwarunkowania krajów rozwijających się naznaczone są niekompletnością kontraktów. Niekompletne umowy wynikają z ograniczeń racjonalności (*bounded rationality*<sup>①</sup>) podmiotów rynkowych bezpośrednio wpływających z braków informacyjnych, ale także ze słabości instytucjonalnych przejawiających się w trudnościach z egzekucją prawa, audytowaniem czy podejmowaniu długookresowych zobowiązań regulacyjnych [2].

#### *Nieuwzględnienie specyfiki danej gospodarki*

Doradcy w krajach rozwijających się bazowali na doświadczeniu wyniesionym z krajów rozwiniętych i teoretycznych ramach wypracowanych dla warunków panujących w krajach rozwiniętych. Powtarzali zalecenia wypracowane dla krajów rozwiniętych i nie zważali znacząco na specyfikę krajów rozwijających się.

<sup>①</sup> *Racjonalność podmiotów indywidualnych w podejmowaniu decyzji ograniczona posiadanymi informacjami oraz możliwościami poznawczymi podmiotów (świadomością), jak i czasem jakim dysponują do podjęcia decyzji.*

Każda gospodarka, w tym szczególnie kraju rozwijającego się cechuje się pewnymi istotnymi poziomami natężenia wartości parametrów opisujących stan rzeczy odnoszący się do kosztów ściągania funduszy publicznych, w tym systemu podatkowego, skłonności do korupcji, jakości instytucji rozumianej głównie jako sprawność mechanizmów demokracji, sądownictwa czy standardów audytorskich. Dostępność doświadczeń regulacyjnych zawężająca się jedynie do krajów rozwiniętych ograniczała już w sferze teoretycznej możliwości reform w krajach rozwijających się. Reformatorzy w tych krajach aplikowali rozwiązania przyjmowane wcześniej w krajach rozwiniętych, i nie zważając wiele na specyfikę kraju/krajów rozwiniętych, oczekiwali przewidywanych rezultatów podejmowanych działań.

Wiele krajów rozwijających się ograniczonych jest w swoich możliwościach doskonalenia mechanizmów regulacji sektora telekomunikacyjnego rozpowszechnioną korupcją wskutek występowania niskich kosztów wewnętrznych tzw. transferów ubocznych (*side-transfers*). Zjawisko takie utrudnia wprowadzanie wysoko efektywnościowych podejść regulacyjnych w telekomunikacji. Dodatkowo trudności w zidentyfikowaniu norm społecznych przyzwalających na pewne typy przekupstwa (dla rodziny, grupy etnicznej itp.) intensyfikują destrukcyjny wpływ korupcji i uniemożliwiają jej zwalczanie.

Przedwczesna liberalizacja i deregulacja publicznych przedsiębiorstw infrastrukturalnych w krajach rozwijających się, w której upatruje się korzystnych zmian sektorowych, często nie przyciąga odpowiedniego poziomu kapitału zagranicznego. Umacnianiu się patologicznych postaw podmiotów gospodarczych w krajach rozwijających się sprzyjają nieefektywne rynki kapitałowe (trudności w pożyczaniu i przyciąganiu kapitału zagranicznego), jak również fakt ubóstwa w społeczeństwie.

Tego typu uwarunkowania gospodarcze przenikają do sfery kształtowania się warunków socjologicznych takich, jak silniejsze zobowiązania wobec mocodawców, czy bardziej ograniczona odpowiedzialność ogólnospołeczna. Dodatkowo, niesprawne rynki kapitałowe utrudniające przepływy kapitału mogą skutkować destabilizacyjnym wpływem polityki konkurencji. Efektywna polityka konkurencji może niszczyć wysokie zyski przedsiębiorstw, które stanowią podstawę do inwestowania [2].

### ***Niestabilność systemu politycznego***

Liberalizacja przedsiębiorstw sieciowych, generujących usługi o dużym potencjale wrażliwości społecznej wymusiła powstawanie niezależnych regulatorów sektorowych w krajach, w których występuje niewielu *veto players*<sup>①</sup>, i tym samym, w których regulatorzy sektorowi są mniej niezależni od urzędujących polityków [8], chociaż zapewnienie przez system polityczny stabilności i wiarygodności podejmowanych decyzji eliminowałaby konieczność delegowania uprawnień regulacyjnych do agencji regulacyjnych.

Brak konstytucyjnej kontroli rządu oraz niezdolność rządu do wchodzenia w kontrakty długoterminowe czyni elity rządzące łatwym łupem dla grup interesu i podstępnego mecenatu.

### ***Instytucjonalne słabości w egzekwowaniu prawa i zobowiązań, detekcji niedoskonałości w audytowaniu itp.***

Słabość zasad prawnych oraz słaba egzekucja ustaw i umów prowadzi mechanizmy kontraktowania do samoregulacji naznaczonej niejednokrotnie kosztowymi renegecjami.

Ograniczona zdolność regulatora do audytowania kosztów operatora zasiedziałego (dominującego na rynku) w krajach rozwijających się ma swoje źródła w braku właściwie dostosowanych systemów

<sup>①</sup> Aktorzy gry politycznej z realnymi możliwościami wpływu na zmiany decyzji politycznych (poczynionych wyborów) [7].

księgowych i audytorskich, odpowiednich programów szkoleniowych, nowoczesnych technologii tj. skomputeryzowanych systemów ułatwiających detekcje kosztów realnych, jak również w występowaniu politycznych i społecznych trudności z przyznawaniem promocyjnych wynagrodzeń dla audytorów/biegłych rewidentów obniżających ich skłonności do korupcji czy też uniemożliwianiu regulacyjnemu nakładania wysokich kar w przypadku wykrycia nielegalnych działań [2].

Słabości w egzekwowaniu prawa tkwią nie tylko w braku odpowiednich zasobów ludzkich w sektorowych strukturach regulacyjnych państwa, ale także w wysokich kosztach egzekwowania prawa, zaburzeniach w regulacyjnej relacji mocodawca-pełnomocnik [9] (słaby regulator w egzekwowaniu prawa może wymagać odsunięcia go od procesu inwestowania) czy korupcji w ramach samych mechanizmów egzekucji oraz regulacji sektorowej.

#### **4. Źródła konstrukcji prokonkurencyjnego i proinwestycyjnego podejścia regulacyjnego w krajach rozwijających się**

Mimo, że kraje rozwijające się powinny wykazywać się zwiększonym wysiłkiem w kierunku podniesienia efektywności działania podmiotów rynkowych, aby móc podnieść gospodarkę na wyższy poziom rozwoju, to wyzwaniem tego wysiłku jest obarczone wysokim stopniem trudności właśnie w tych krajach.

Stymulowanie konkurencji przejawiające się dążeniem do odpowiednio dużej liczby przedsiębiorstw na rynku i potencjalnych nowych graczy rynkowych, do funkcjonowania przedsiębiorstw z dala od działań w zмовie, czy zabezpieczenia gry rynkowej przed nadużyciem siły gospodarczej przez przedsiębiorstwa o znaczącej sile rynkowej konstituują podstawy skutecznej konwergencji interesu konsumenta i producenta [10], w tym na rynkach telekomunikacyjnych.

Konstrukcje teoretyczne stanowiące podwaliny pod skuteczne reformy obejmują zawsze dążność do zapewniania tych trzech wyznaczników sprawnej konkurencji rynkowej.

Najważniejszy obszar ujawniania się korzyści z konkurencji, ale też obszar, którego stymulacja może w dużym stopniu stworzyć lub umocnić konkurencję, jest to obszar kształtowania się cen dostępu do infrastruktury telekomunikacyjnej.

Niedoskonałości związane z detekcją nieprawidłowości w alokacji kosztów przez operatora skłaniają ku przypisaniu kluczowej roli schematom regulacyjnym wywołującym wysokie natężenie bodźców. Zatem, im słabsze technologie są stosowane w krajach rozwijających się, tym silniejsza jest potrzeba przesunięcia podejścia regulacyjnego w kierunku mechanizmów regulacji pułapem cenowym (oszczędność na kosztach audytu w krajach o wysokich kosztach pozyskiwania funduszy publicznych). Ponadto, w warunkach braku odpowiednich standardów rachunkowości, pobudzenie konkurencji poprzez regulację pułapem cenowym jest jedynym sposobem pozyskania informacji rynkowych i obniżenia skali zjawiska generowania renty informacyjnej. Dopiero pozyskanie informacji na temat pewnych elementów kosztów operatora może skutkować wprowadzeniem pewnych rozwiązań regulacyjnych opartych głównie na zwrocie kosztów operatorowi (*cost-plus regulation*).

Dodatkowo, upublicznianie informacji kosztowych może stanowić ważne narzędzie regulacyjne w kierunku udoskonalania standardów księgowania poprzez umacnianie praktyk ujawniania wiarygodnych informacji przez operatora i w ten sposób konstytuowanie się podwalin pod dobre praktyki rynkowe [2].

Procedury regulacyjne muszą odznaczać się przewidywalnością, odpowiedzialnością i transparentnością. Organy regulacyjne powinny dysponować kompetentną, apolityczną i profesjonalną kadrą działa-

jącą w ramach ustawy, pobudzającej konkurencje i promującej politykę i praktyki bliskie rynkowym mechanizmom. Powinny być one również poddane systemowym (*substantive*) i proceduralnym wymogom zapewniającym integralność, niezależność, odpowiedzialność, transparentność, spójność, zabezpieczenie potencjału personalnego i finansowego.

Budowanie instytucji i gwarantowanie niezależności regulacyjnej nie spełnia całkowicie wymogów atrakcyjnego klimatu inwestycyjnego. Efektywna regulacja sektorowa musi się również skupiać na systemowej zawartości regulacji, której najistotniejszym elementem ma być usprawnienie poziomu i struktury cen, zapewniających finansową zdolność do funkcjonowania [11].

Zasadnicze znaczenie odgrywają zasady regulacyjne odnoszące się do pobudzania inwestycji (zabezpieczające zysk i gwarantujące stabilność otoczenia instytucjonalnego) metodami jak najbardziej zbliżonymi do sposobu rynkowego wyceniania usług. Stopień sprawności realizacji celu inwestycji i wydajności, często pozostających w sprzeczności między sobą, silnie bazuje na specyficznych dla danego kraju warunkach tworzonych przez ramy regulacyjne, instytucje polityczne i prawne <sup>①</sup>.

Kryteriami skutecznego działania agencji regulacyjnych jest ich niezależność od regulowanych przez nie operatorów, ich strukturalne oddzielenie od państwa oraz zdolność do podejmowania decyzji i ich egzekucji na obszarach: licencjonowania, połączeń międzyoperatorskich, dzierżawy łączy, usługi powszechnej, reguł ratyfikowania, planów numeracji, alokacji częstotliwości czy prawa drogi [12]. Agencje regulacyjne muszą być eksperckimi ciałami administracji państwowej i apolitycznymi egzekutorami polityki zawartej w ich statucie [11]. Ścisłe powiązania z funkcjonowaniem niezależnych agencji regulacyjnych mają sądy. Charakter tej współzależności narzuca szczególnie wysokie wymagania systemom prawnym w poszczególnych krajach.

Chociaż powiązania prawno-organizacyjne jednostki regulacyjnej z ministerstwem stanowi źródło obniżania kosztów prowadzenia regulacji (korzystanie z wyposażenia i doświadczenia pracowników ministerstwa), to obiektywizm działania regulatora może zostać poważnie naruszony w sytuacji, gdy ministerstwo pełni funkcje właścicielskie czy niekiedy częściowo regulacyjne [12]. Niezbędne jest wypracowanie kompromisu między niezależnością regulatora i jego poparciem dla celów polityki partii rządzącej [13]. Konstrukcja agencji regulacyjnej powinna zapewniać zatem przechwytywanie przez nią jak największej ilości informacji, zrównoważone podejście w uwzględnianiu interesów różnych grup w procesie podejmowania decyzji, a także możliwość interwencji neutralnych arbitrow w przypadku krzywdzących decyzji regulatora. Strategicznymi celami wyłaniającymi się na tym tle są: sprawne połączenie właściwego schematu funkcjonowania agencji z systemem rządowym, spójne zasady monitorujące słuszność podejmowanych decyzji przez agencje lub rząd. Dla ich osiągnięcia niezbędne jest zapewnienie stabilnego i umiarkowanego politycznego zaplecza personalnego, niezależnej władzy w pozyskiwaniu informacji i reprezentowania interesów grup niezorganizowanych w inny sposób do uczestnictwa w procesie regulacji<sup>②</sup>, upublicznianie etapów podejmowania decyzji, ograniczenie ustaw, dekretów, przepisów administracyjnych np. konstytucją, możliwości odwoływania się od decyzji regulatora do np. sądu [5].

Regulacja detalicznych cen usług telekomunikacyjnych lub cen dostępu do infrastruktury kontrolowanej przez operatora zasiedziałego ma zbliżyć konsumentów do warunków, jakie osiągaliby dzięki kon-

<sup>①</sup> [6] *cit.*, s. 215.

<sup>②</sup> *W zestawie zadań agencji regulacyjnych silnie przebija się potrzeba istotnego uwzględnienia głosu konsumentów w procesach regulacyjnych, decyzjach o poziomach opłat czy decydujących debatach. Wskazuje się nawet na nieuchronność porażki postępujących reform, jeśli opinie konsumentów będą nadal niedostatecznie brane pod uwagę w kształtowaniu polityki sektora (cit., s. 75) [11].*

kurencji. Jest jednak wyraźnie obserwowalny konflikt między dążeniem do osiągnięcia efektów zbliżonych do tych, które dostarczałyby konkurencja, a pobudzaniem operatorów do obniżania kosztów i rozbudowy i modernizacji sieci [14].

Gdy mechanizmy pozyskiwania informacji o działalności operatora są słabe, silnie bodźcowe schematy regulacyjne powinny być zalecane. Promują one krótkookresową efektywność w działaniach, które są odporne na efekt zapadki (*ratchet effect*<sup>①</sup>), ale istotnie generują nierówności *ex post* (w warunkach dużej swobody rynkowej, którą dostarczają silnie bodźcowe mechanizmy regulacyjne, firmy bardziej efektywne mają wyższe zyski niż te mniej efektywne, stosują pewne sposoby korupcji w instytucjach regulacyjnych i politycznych, i są one kosztowne dla całej reszty gospodarki, ponieważ tworzą one odpływ pieniędzy na rzecz regulowanych monopolii). Ten etap rozwoju systemu regulacyjnego powinien być wykorzystany do wypracowania skutecznego mechanizmu audytu. Kiedy będzie on już sprawnie działał można przenieść zasoby do realizacji kolejnego etapu. Kolejny etap regulacji ma polegać na promowaniu słabiej bodźcowych schematów regulacyjnych w celu wytyczenia przez regulatora poziomów cen i wielkości zysków, które uznaje za pożądane społecznie. Wraz z umacnianiem się instytucjonalnego potencjału regulacji sektora telekomunikacyjnego w kraju następuje powolne przesuwanie (z powrotem) ku rozwiązaniu, jakim jest silnie bodźcowy schemat regulacyjny osiągany w końcowym etapie reform. Jakość regulacji na każdym etapie zależy istotnie od zdolności rządu do utrzymania wiarygodności zobowiązań związanych z implementacją schematów regulacyjnych [2]. Brak wiarygodnego zobowiązania ze strony regulatora uruchamia u operatora efekt zapadki, który przejawia się obawą operatorów przed pełnym ujawnieniem efektów silnych bodźców (większych zysków) i przyszłymi wyższymi wymaganiami regulacyjnymi. Im mniejsze są możliwości przedstawienia wiarygodnych zobowiązań długookresowych przez regulatora oraz im wyższe są koszty pozyskania funduszy publicznych, tym regulator powinien czynić regulację mniej asymetryczną, mniej separować operatorów w odniesieniu do oferowanych im schematów regulacyjnych. Oczekuje się również w tego typu warunkach sektorowych zwiększenia powtarzalności deklaracji regulacyjnych i umacnianie w ten sposób reputacji (wiarygodności zobowiązań) regulatora, choć możliwości zastosowania tego typu narzędzia regulacyjnego są w krajach rozwijających się bardzo ograniczone.

Im większe są ograniczenia finansowe ze strony regulatora, tym większe pozostają renty informacyjne generowane na rynku. Zarówno brak finansów jak i wysokie koszty pozyskiwania funduszy publicznych w krajach rozwijających się skłaniają zatem ku słabo bodźcowym schematom regulacyjnym [2].

## 5. Zakończenie

Waga specyfiki danych warunków rynkowych w analizach regulacyjnych krajów rozwijających się jest szczególnie wysoka. I tak, przypadek zjawiska korupcji, jeśli ujmowany jest w kontekście audytu kosztów skłania ku przyjęciu silnie bodźcowych schematów regulacyjnych. Jeśli natomiast, zjawisko korupcji ujmowalibyśmy w świetle gromadzenia informacji rynkowych (konieczność stosowania wysokich płac zapobiegających korupcji prowadziłyby do wniosków o pewnych korzyściach z pozostawienia pewnych przejawów korupcji), wówczas słabiej bodźcowe schematy regulacyjne byłyby bardziej właściwe.

Nieoczywiste jest również, szczególnie w krajach rozwijających się, podejście do zapewniania usługi powszechnej. Eliminacja subsydiowania skrótnego między wysoko- i niskokosztowymi obszarami

<sup>①</sup> Ukazanie się możliwości osiągnięcia przez regulowanego operatora wyższych poziomów efektywności (większych możliwości obniżki kosztów) i skorygowanie w kolejnym okresie regulacyjnym pułapu cenowego. Sytuacja ta skutkuje swego rodzaju karą za efektywność dla regulowanego operatora i może się przejawiać ukrywaniem przez operatora jego pełnym możliwości, co do obniżki kosztów i cen. [15].

wytwarzania usług zlikwidowało również redystrybucyjną funkcję tego zjawiska. Potrzeba dofinansowania wysokokosztowych obszarów i tym samym utrzymanie lub zwiększenie na tych obszarach dostępności usług skłoniła do poddania badaniom i debatom różnorodnych sposobów dofinansowania do niskich cen na obszarach wysokokosztowych, począwszy od wprowadzenia podatku (wysoko niedoskonałe systemy podatkowe w krajach rozwijających się), poprzez aukcje zobowiązań w ramach usługi powszechnej (potrzeba zabezpieczenia wielu aspektów sprawnego funkcjonowania narzędzia aukcji zobowiązań), po stworzenie funduszu dla celów usługi powszechnej zasilanego z podatków (wysokie koszty pozyskiwania środków publicznych). Jednakże wiedza o poważnych niedoskonałościach funkcjonowania wielu obszarów gospodarki i prawa w krajach rozwijających się prowadzi do wniosków o wyższości subsydiowania skrośnego, mimo jego słabości, w celu zapewnienia usługi powszechnej. Ponadto, nie tyle o wykorzystanie sieci w wysokokosztowych obszarach idzie, co o rozbudowę sieci w tych rejonach. Potrzeba znaczących inwestycji w obszarach o niskiej zyskowności nie znajduje skutecznego rozwiązania we współuczestnictwie rządów krajów rozwijających się i to właśnie stanowi kluczowy tam problem do rozwiązania.

### **Bibliografia:**

- [1] Śliwa R.: *Regulacja bodźcowa w telekomunikacji*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2014, nr 1–2, s. 14–23
- [2] Laffont J. J.: *Regulation and Development*, CUP, Cambridge 2005
- [3] Śliwa R.: *Koszty utopione w działalności telekomunikacyjnej*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2012, nr 1–2, s. 10–17
- [4] Fink et al.: *An assessment of telecommunications reform in developing countries*, Policy Research Working Paper, The World Bank, WPS 2909, 2002
- [5] Noll R.: *Telecommunications reform in developing countries*, AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, Working Paper 99–10, November 1999
- [6] Levy B., Spiller P. et al: *Regulations, Institutions, and Commitment in telecommunications: a comparative analysis of five country studies*, The World Bank Research Observer, Cary: 1993, s. 216
- [7] Tsebelis G.: *Veto Players: How Political Institutions Work*, Princeton University Press, 2002
- [8] Gilardi F.: *The same, but different: central banks, regulatory agencies, and the politics of delegation to independent authorities*, Comparative European Politics, 2007, 5
- [9] Śliwa R.: *Zarys ekonomicznej analizy polityki regulacyjnej w sektorze telekomunikacyjnym*, Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny 2013, nr 8(2), s. 100–112
- [10] Śliwa R.: *Rozbieżność celu producenta i konsumenta na przykładzie rynku telekomunikacyjnego w Polsce*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2011, nr 3–4, s. 33–39
- [11] Kessides I. N.: *Reforming infrastructure: privatization, regulation and competition*, a copublication of the World Bank and Oxford University Press, Washington DC 2004
- [12] Wydro K. B.: *Telekomunikacyjne agencje regulacyjne*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2000, nr 3–4, s. 34–68

- [13] Smith W.: *Utility regulators – the independence debate*, Public Policy for the Private Sector, Note 127, World Bank, Washington D. C. 1997
- [14] Laffont J. J., Rey P., Tirole J.: *Network Competition: I. Overview and non-discriminating pricing*, The Rand Journal of Economics, 1998, 29(1)
- [15] Laffont J. J., Tirole J.: *Competition in telecommunications*, MIT Press, 2002

---

**Renata Śliwa**



Absolwentka Wydziału Ekonomii, kierunku Międzynarodowe Stosunki Gospodarcze i Polityczne Akademii Ekonomicznej w Krakowie (2001) i pracownik dydaktyczno–naukowy Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie (2001). Doktor nauk ekonomicznych nadany na podstawie rozprawy *Deregulacja a konkurencyjność sektora telekomunikacyjnego w Polsce*. Autorka publikacji dotyczących tematyki regulacji sektora telekomunikacyjnego, konkurencyjności sektora telekomunikacyjnego w Polsce, idei ordoliberalizmu, przemian strukturalnych w gospodarce transformującej się.

E-mail: [renatasliwa@gmail.com](mailto:renatasliwa@gmail.com)



**Komunikat \***

## **Szybka analiza zaburzeń krótkotrwałych. Opracowany w Instytucie Łączności Analizator ACA-4c**

**Marek Jermakowicz,  
Krzysztof Maniak, Mirosław Pietranik**

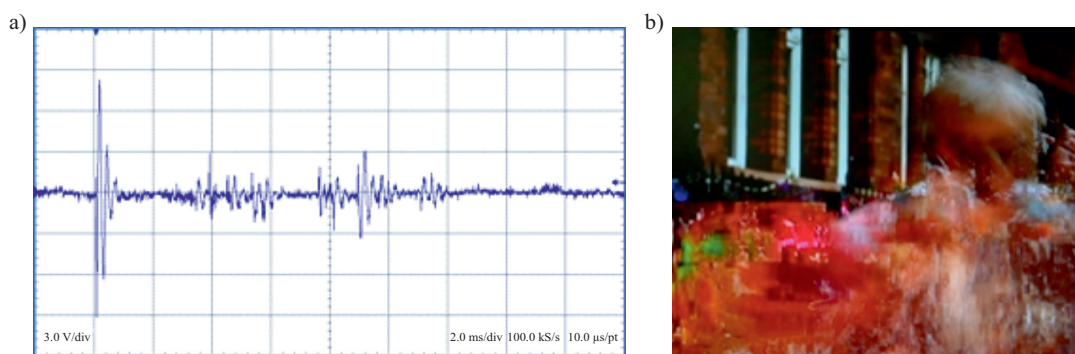
*W artykule opisano opracowany i wdrożony do produkcji w Instytucie Łączności analizator zakłóceń krótkotrwałych ACA-4c, pozwalający na skrócenie czasu badań wyrobów w zakresie emisji trzasków. Urządzenie to umożliwia automatyczne wykonywanie kompleksowej analizy trzasków, równocześnie dla czterech znormalizowanych częstotliwości i na obu poziomach analizy. Zbudowane zostało w oparciu o bogate doświadczenie Instytutu i spełnia wszystkie wytyczne zawarte w normach.*

**Kompatybilność elektromagnetyczna, znak CE, badania emisji, zaburzenia krótkotrwałe**

### **Wprowadzenie**

Urządzenia powszechnego użytku, w tym AGD, elektronarzędzia i inne, zawierające termoregulatory, styczniki, przełączniki, programatory mechaniczne itp., stanowią nadal szeroką i specyficzną grupę obiektów z punktu widzenia emitowanych przez nie zaburzeń radioelektrycznych. Generują one, prócz zaburzeń o charakterze ciągłym, pojedyncze impulsy tzw. „trzaski” lub ich grupy pojawiające się w nieregularnych odstępach czasu i charakteryzujące się dużym, trudnym do przewidzenia, rozrzutem amplitud oraz czasów trwania poszczególnych impulsów. Efekty zakłóceń związane z zaburzeniami krótkotrwałymi mają charakter nagły, powodując zakłócenia w transmisji sygnałów analogowych i cyfrowych, zmiany w informatycznych zbiorach danych itp.

Obecnie szczególnie istotny stał się problemem wpływ trzasków na degradację sygnału TV nadawanego w systemie cyfrowym, gdzie obserwowane na ekranie odbiornika zakłócenia są zdecydowanie bardziej uciążliwe dla widza niż w przypadku zaburzeń analogowego sygnału wizyjnego (rys. 1).



**Rys. 1.** Zaburzenia typu „trzask”: a) generowane i propagowane w sieci energetycznej przez iskrzący termostat żelazka (nastawa oscyloskopu 3 V/dz, 2 ms/dz), b) związane z tym zakłócenia w odbiorze TV

\* Informacje dotyczące opracowanego w Instytucie Łączności produktu znajdują się również w artykule opublikowanym w czasopiśmie *Elektronik*, 2014, nr 6, s. 81-83 (Red.)

Termostaty i inne automatyczne przełączniki kontaktowe stosowane w urządzeniach AGD są najczęstszą przyczyną skarg na zakłócenia w odbiorze radiowym i telewizyjnym [1]. Nowe urządzenia AGD muszą przejść badania w zakresie emitowanych przez nie zaburzeń krótkotrwałych (trzasków) według normy [2]. Pozytywny wynik badań dla nowych wyrobów nie oznacza jednak, że będą one spełniać te wymagania po wielu latach eksploatacji. Podkreślić tu należy, że najczęściej stosowaną praktyką, są badania pojedynczego, nowego wyrobu na zgodność z wymaganiami odpowiednich norm i podjęcie tylko na tej podstawie decyzji o dopuszczeniu wyrobu na rynek. Bardzo rzadko stosuje się badania większej partii wyrobów z zastosowaniem odpowiedniej oceny statystycznej. A w przypadku badań w zakresie „trzasków”, gdzie procedura badań jest czasochłonna przy zastosowaniu typowych metod manualnych (oscyloskop, miernik zaburzeń) z zasady bada się tylko jedno urządzenie.

W raportach z badań dotyczących wszystkich parametrów EMC na ogół nie ma informacji o badaniach większej liczby nowych wyrobów. Z powyższych rozważań wynika, jak istotne jest skrócenie czasu badań wyrobów w zakresie emisji trzasków przez zastosowanie odpowiedniego urządzenia pomiarowego, zdolnego automatycznie wykonywać kompleksową analizę trzasków, równocześnie dla czterech znormalizowanych częstotliwości [2] i na obu poziomach analizy.

Takim przyrządem jest opracowany i wdrożony do produkcji w Instytucie Łączności analizator zakłóceń krótkotrwałych ACA-4c. Urządzenie to, zbudowane w oparciu o bogate doświadczenie Instytutu, spełnia wszystkie wytyczne zawarte w normach [2]–[3].

Stosowane obecnie w laboratoriach badawczych EMC analizatory zaburzeń pracujące w jednym cyklu pomiarowym, umożliwiają analizę trzasków przeważnie tylko dla jednej znormalizowanej częstotliwości. Ponadto, często, analizator nie stanowi autonomicznego urządzenia pomiarowego i wymaga współpracy (np. w formie przystawki) z odpowiednim miernikiem zaburzeń, co dodatkowo komplikuje i tak już złożony układ pomiarowy. Analizator ACA-4c, będąc w pełni niezależnym urządzeniem, pozwala na automatyczną realizację procedury badawczej, zapis w pamięci wewnętrznej pełnego wyniku testu wraz z nastawami przyrządu, a w razie potrzeby wydruk raportu z badań. Podobnej klasy zautomatyzowane urządzenia można znaleźć w ofercie nielicznych producentów, np. AFJ Instruments [4], lecz w przeciwieństwie do analizatora ACA-4c przyrządy te obsługiwane są wyłącznie z poziomu dedykowanego oprogramowania, co uznać należy za istotne utrudnienie. Autorem nie są znane produkty podobne do analizatora ACA-4c. Należy więc uznać prezentowany analizator za unikalne urządzenie, wykonujące jednocześnie analizę parametrów trzasków (poziomy, czas trwania i ich wzajemne ułożenie) pozwalającą na automatyczne podjęcie decyzji o tym, czy badane urządzenie spełnia lub nie spełnia wymagania normy [2]. Warto podkreślić fakt, że automatyczne pomiary zapewniają obiektywizację wyników badań, gdyż nie są obciążone wpływem osoby wykonującej pomiary, a wręcz „życzeniami” producenta wyrobu.

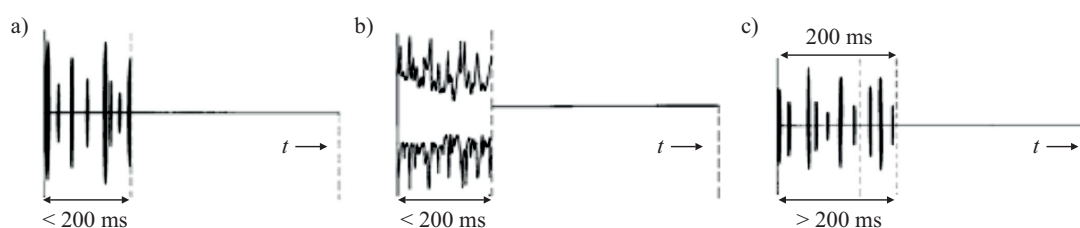
Funkcjonalność pomiarowa analizatora ACA-4c została doceniona przez grono nabywców krajowych (np. krajowy Ośrodek Badawczo Rozwojowy PREDOM), jak i zagranicznych (Tokin EMC Engineering z Japonii).

## Zaburzenia krótkotrwałe

Zgodnie z definicją, przyjętą w normie PN-EN 55014-1, za trzask uważa się zaburzenie radioelektryczne, które pojawia się nie częściej niż 30 razy w ciągu minuty i trwa nie dłużej niż 200 ms, niezależnie od tego, czy jest to pojedynczy impuls, czy też grupa występujących blisko siebie impulsów. Przy czym następne tego typu zdarzenie występuje nie wcześniej niż po upływie kolejnych 200 ms. Jest to definicja podstawowa trzasków i przy takim podejściu wydawałoby się, że ich pomiar jest prosty. Przykłady czasowych przebiegów zaburzeń krótkotrwałych przedstawione zostały na rys. 2 [2].

W praktyce przy ustalaniu kryteriów „złagodzenia” wymagań dla takich zaburzeń wprowadzono szereg dodatkowych „kryteriów” (tzw. wyjątków – *exceptions*) uwzględniających interesy producentów sprzętu AGD i elektronarzędzi. W zależności od rodzaju urządzeń AGD (np. programowalnych) wprowadzono dodatkowe kryteria, pozwalające zaliczyć generowane przez nie zaburzenie krótkotrwałe jako trzaski mimo, że ich parametry czasowe odbiegają od definicji podstawowej. W efekcie takich złagodzeń procedura pomiarów trzasków jest złożona i czasochłonna.

Bazując na tradycyjnych, manualnych metodach pomiaru, w ekstremalnym przypadku pomiary jednego urządzenia (np. pralki automatycznej) mogą trwać bardzo długo – nawet do kilku dni!



Rys. 2. Przykładowy charakter zaburzeń krótkotrwałych traktowanych jako: a) i b) trzaski, c) zaburzenia ciągłe [2]

## Pomiary zaburzeń krótkotrwałych

Pomiary trzasków radioelektrycznych obejmują nie tylko wyznaczenie ich poziomu w funkcji częstotliwości, lecz także badanie ich rozkładu w czasie, jak czas trwania, odstępy między poszczególnymi zdarzeniami, częstość pojawiania się poszczególnych trzasków.

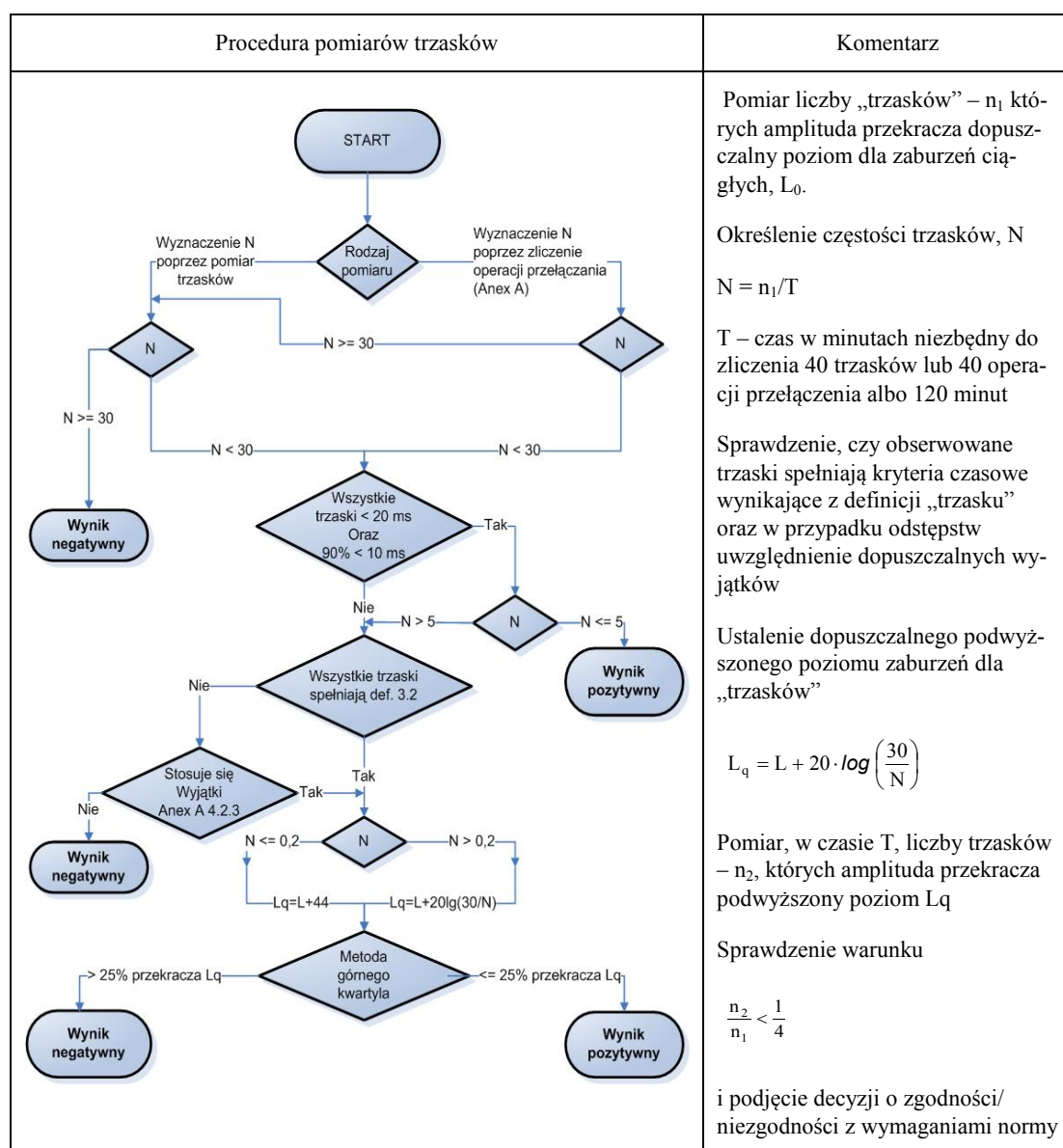
W procesie pomiarów trzasków można wyróżnić następujące fazy:

- pomiar i analiza odpowiednich parametrów zaburzeń (czas trwania, odstępy, częstość) w celu zakwalifikowania ich do trzasków lub zaburzeń ciągłych,
- pomiar liczby trzasków przekraczających dopuszczalny poziom  $L_0$  dla zaburzeń ciągłych (ocenę przeprowadza się tylko wtedy, jeśli wszystkie zaburzenia spełniają kryteria podstawowe wynikające z definicji trzasku i dopuszczalnych wyjątków),
- wyznaczenie dopuszczalnego podwyższonego poziomu  $L_q$  trzasków, zależnego od częstości występowania trzasków  $N$ ,
- pomiar liczby trzasków na podwyższonym poziomie  $L_q$ .

Badane urządzenie uważa się za spełniające wymagania normy [2], jeśli liczba trzasków na podwyższonym poziomie  $L_q$  nie przekracza 25% liczby trzasków na poziomie właściwym dla zaburzeń ciągłych  $L_0$ .

Pełną procedurę pomiarów trzasków ilustruje algorytm przedstawiony na rys. 3. Na jej podstawie łatwo zauważyć, że pomiar zaburzeń krótkotrwałych jest złożony i czasochłonny. Czas pomiarów określonego urządzenia może w najgorszym przypadku trwać ponad 4 godziny dla jednej częstotliwości – po 2 godziny właściwych pomiarów na każdym poziomie analizy plus czas potrzebny do przygotowania stanowiska pomiarowego i wyrobu do badań, analizy wyników na poziomie  $L_0$  i ustalenia poziomu  $L_q$ .

Jeśli wziąć pod uwagę konieczność powtórzenia tych czynności przy czterech częstotliwościach, to oczywiste staje się poszukiwanie przyrządu pomiarowego skracającego ten okres z kilkudziesięciu do kilku godzin, jednocześnie pozwalającego na jak największą automatyzację procesu pomiarowego i eliminację subiektywnych błędów operatora.



Rys. 3. Procedura pomiarów zaburzeń krótkotrwałych według [2]

## Analizator zaburzeń krótkotrwałych ACA-4c

Rozwiązaniem tego złożonego problemu jest automatyczny analizator zaburzeń krótkotrwałych ACA-4c (rys. 4), opracowany i wdrożony do produkcji w Instytucie Łączności w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej we Wrocławiu. Prezentowany przyrząd stanowi aktualną wersję produkowanych poprzednio analizatorów AZK-4 i AZK-44 [5]. Urządzenie znacząco skraca czas pomiarów z kilkudziesięciu do pojedynczych godzin, spełniając jednocześnie wszystkie wymagania określone w normach [2]–[3].



Rys. 4. Widok analizatora zaburzeń krótkotrwałych ACA-4c

Analizator ACA-4c, w jednym cyklu pomiarowym, równocześnie dla czterech znormalizowanych częstotliwości (0,15; 0,5; 1,4; 30 MHz):

- analizuje zarejestrowane czasy trwania zaburzeń i przerw między nimi,
- przeprowadza klasyfikację zarejestrowanych zdarzeń na trzaski krótkie ( $\leq 10$  ms), trzaski długie ( $10 \text{ ms} < t \leq 200$  ms) i zaburzenia ciągłe ( $t > 200$  ms),
- uwzględnia wyjątki procedury pomiarowej wyszczególnione w normie, a dotyczące zaliczenia do trzasków zaburzeń o łącznym czasie trwania  $200 \text{ ms} < t < 600$  ms,
- sumuje czasy trwania trzasków trwających dłużej niż 200 ms,
- rejestruje liczbę zarejestrowanych trzasków w poszczególnych torach pomiarowych,
- rejestruje całkowity czas analizy T,
- oblicza częstość trzasków N, w każdym torze pomiarowym, na podstawie zarejestrowanych trzasków lub zliczonych operacji przełączeń,
- oblicza dla każdego toru wartość podwyższonego poziomu analizy  $L_q$ ,
- na podstawie liczby zarejestrowanych trzasków, których amplituda przekracza poziom  $L_q$ , wydaje decyzję, czy badane urządzenie spełnia wymagania normy.

Po zakończeniu pomiarów analizator umożliwia wydruk zbiorczego dokumentu o wyniku oceny badanego obiektu wraz ze stwierdzeniem, czy badane urządzenie spełnia wymagania normy [2]. Możliwy jest również szczegółowy wydruk zarejestrowanych zdarzeń (trzasków) z wyszczególnieniem momentu ich pojawienia się, czasu trwania oraz wartością amplitudy.

W przypadku wyznaczania częstości trzasków na podstawie liczby przełączeń analizator współpracuje z dostarczanym, wraz z urządzeniem, czujnikiem przełączeń ACA-SS. Widok kompletnego systemu pomiarowego na stanowisku pomiarowym przedstawia rys. 5.

Analizator może pracować jako niezależne urządzenie z obsługą poprzez pulpit, jak również w trybie pracy zdalnej z rejestracją i analizą danych przez komputer wyposażony w dedykowany program, czyli jako element komputerowego systemu pomiarowego. Interpretacja graficzna obejmuje czas pomiaru i uwzględnia amplitudę, czas trwania trzasku i częstotliwość kanału, w którym zarejestrowano zdarzenie. Przykładowe zrzuty ekranu przedstawiono na rys. 6.

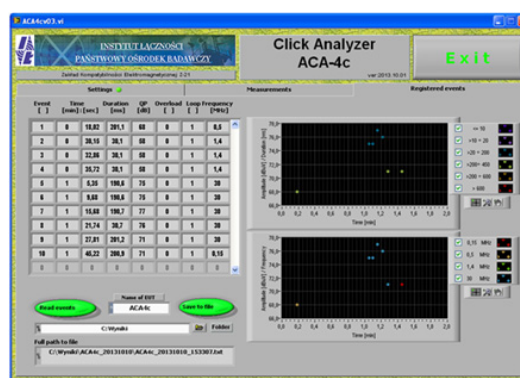
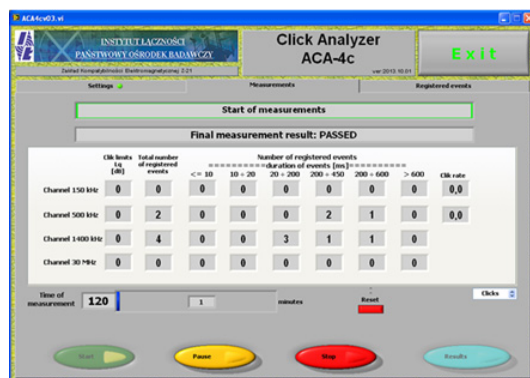


Rys. 5. Widok analizatora ACA-4c na stanowisku pomiarowym: 1 – badany obiekt, 2 – sieć sztuczna, 3 – czujnik przełącznic ACA-SS, 4 – analizator ACA-4c, 5 – komputer z oprogramowaniem

Komunikacja pomiędzy analizatorem i komputerem odbywa się łączem światłowodowym, co jest zależną w przypadku pomiarów prowadzonych w środowisku przemysłowym. Operator znajdując się w oddzielnym pomieszczeniu jest chroniony od hałasów i zanieczyszczeń występujących w hali, w której pracuje testowane urządzenie. I co ważne, połączenie takie nie przenosi lokalnych zaburzeń radioelektrycznych zakłócających pomiar.

a)

b)



Rys. 6. Zdalna obsługa analizatora: a) zakładka wyników pomiaru, b) zakładka zarejestrowanych trzasków

## Podsumowanie

Wyroby elektryczne oraz elektroniczne wprowadzane na rynek ze znakiem CE powinny spełniać wymagania dyrektywy EMC, w myśl której znak CE stanowi deklarację producenta, że wyrób wprowadzany do obrotu spełnia zasadnicze wymagania określone w rozporządzeniach wydawanych na podstawie ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności [6], wprowadzającej do polskiego prawa tzw. dyrektywy nowego podejścia. Dotyczą one ponad dwudziestu grup produktów, między innymi urządzeń elektrycznych (w tym szerokiej grupy sprzętu elektronicznego i AGD), zabawek, środków ochrony indywidualnej, materiałów budowlanych, maszyn i wind.

Według Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów wyroby, dla których istnieją zasadnicze wymagania określone w przepisach, powinny mieć znak CE. Wymaganie to jest równoznaczne ze spełnieniem wymagań odpowiednich, dla danej grupy produktów, norm PN-EN. Potwierdzeniem tego faktu jest wykonanie odpowiednich badań, przeprowadzanych we własnym zakresie przez producenta wyrobu lub potwierdzonych badaniami odpowiedniego akredytowanego laboratorium.

Oczywiście dopuszczalna jest sytuacja wprowadzenia na rynek produktu bez odpowiednich badań, ale wówczas użycie na wyrobie znaku CE niesie ze sobą spore ryzyko. W przypadku, gdy wyrób nie spełnia odpowiednich wymagań, producent może być narażony na karę.

W tych warunkach wykorzystanie opracowanego i wdrożonego w Instytucie Łączności analizatora ACA-4c może stanowić dla producentów duże ułatwienie.

### **Bibliografia**

- [1] *Thermostats interfering with TV and radio reception*, <http://www.emcuk.co.uk/awareness/Pages/InterferenceExamples/HouseholdAppliances.htm#Thermostats>
- [2] PN-EN 55014-1:2012, *Kompatybilność elektromagnetyczna. Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku, narzędzi elektrycznych i podobnych urządzeń. Część 1: Emisja*
- [3] PN-N 55016-1-1:2005(U), *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC), Urządzenia do pomiarów zaburzeń radioelektrycznych i odporności na zaburzenia radioelektryczne – Urządzenia pomiarowe*
- [4] <http://www.richtec.com.tw/driver/drivers/CL55C%20Click%20Analyser.pdf>
- [5] Pietranik M., Michalak M.: *Czterokanałowy analizator zaburzeń krótkotrwałych*, *Pomiary, Automatyka, Kontrola*, 2006, nr 6, s. 66–68
- [6] Dziennik Ustaw nr 138 z dnia 13 lipca 2010 r. poz. 935 z późniejszymi zmianami

---

### **Marek Jermakowicz**



Mgr inż. Marek Jermakowicz – absolwent wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1982); pracownik Instytutu Łączności we Wrocławiu w latach 1986–1991 i od 2010 r.; bierze udział w pracach badawczych związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną, praca zawodowa: rozwój i utrzymanie oprogramowania wspomagającego pomiary w środowisku LabVIEW oraz oprogramowania obliczeniowego w środowisku Python/C++/Qt dotyczącego modelowania rozkładu pola elektromagnetycznego, udział w pracach konstrukcyjnych, publikacje, artykuły oraz prowadzenie szkoleń z powyższych zagadnień.

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

### **Krzysztof Maniak**



Dr inż. Krzysztof Maniak – absolwent wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (2001); pracownik Instytutu Łączności we Wrocławiu od 2012 r.; autor i współautor prac badawczych i publikacji; praca zawodowa: kompatybilność elektromagnetyczna układów zasilających, prace konstrukcyjne w dziedzinie aparatury pomiarowej, udział w pracach badawczych i pomiarowych; zainteresowania naukowe: badania jakości sieci energetycznej i jej ochrona przed zakłóceniami szerokopasmowymi.

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

### **Mirosław Pietranik**



Dr inż. Mirosław Pietranik ukończył wydział Łączności Politechniki Wrocławskiej (1961). Stopień doktora uzyskał w Instytucie Łączności (1974). Działalność zawodowa dotyczy różnorodnych problemów kompatybilności elektromagnetycznej. Autor wielu publikacji z dziedziny kompatybilności elektromagnetycznej. Wiele lat działał w pracach międzynarodowych komitetów zajmujących się problemami EMC: IEC (TC 77 B), CISPR (SC A – pomiary zaburzeń radioelektrycznych – urządzenia pomiarowe; SC I – EMC urządzeń informatycznych, telekomunikacyjnych i radiowych; SC H wymagane poziomy zaburzeń w ochronie służb radiowych).

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



## ***Wykaz ważniejszych konferencji 1.01.2015 – 30.06.2015***

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
ICDCN 2015: 16th International Conference on Distributed Computing and Networking	2015-01-04-2015-01-07	Pilani, India	<a href="http://www.icdcn.org/">http://www.icdcn.org/</a>
International CES 2015 (Consumer Electronics Show)	2015-01-06-2015-01-09	Las Vegas, USA	<a href="http://www.cesweb.org/">http://www.cesweb.org/</a>
COMSNETS 2015: 7th International Conference on Communication Systems and Networks	2015-01-06-2015-01-10	Bangalore, India	<a href="http://www.comsnets.org/index.html">http://www.comsnets.org/index.html</a>
IEE CONC 2015: 12th Annual IEEE Consumer Communications & Networking Conference	2015-01-09-2015-01-12	Las Vegas, USA	<a href="http://ccnc2015.ieee-ccnc.org/">http://ccnc2015.ieee-ccnc.org/</a>
ICOIN 2015: International Conference on Information Networking	2015-01-12-2015-01-14	Siemreab, Cambodia	<a href="http://www.icoin.org/main/">http://www.icoin.org/main/</a>
BIODEVICES 2015: 8th International Conference on Biomedical Electronics and Devices	2015-01-12-2015-01-15	Lisbon, Portugal	<a href="http://www.biodevices.biostec.org/">http://www.biodevices.biostec.org/</a>
HEALTHINF 2015: 8th International Conference on Health Informatics	2015-01-12-2015-01-15	Lisbon, Portugal	<a href="http://www.healthinf.biostec.org/">http://www.healthinf.biostec.org/</a>
ICECECE Zurich 2015: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	2015-01-13-2015-01-14	Zurich, Switzerland	<a href="https://www.waset.org/conference/2015/01/zurich/ICECECE">https://www.waset.org/conference/2015/01/zurich/ICECECE</a>
ICATCSET 2015: 2nd International Conference on Advanced Trends of Computer Science in Educational Technology	2015-01-15-2015-01-16	London, UK	<a href="http://www.icatcset.com/icatcset/">http://www.icatcset.com/icatcset/</a>
4th International Conference on Network and Computer Science (ICNCS 2015)	2015-01-15-2015-01-16	Portsmouth, UK	<a href="http://www.icnscs.org/">http://www.icnscs.org/</a>
ICECECE Paris 2015: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	2015-01-23-2015-01-24	Paris, France	<a href="https://www.waset.org/conference/2015/01/paris/ICECECE">https://www.waset.org/conference/2015/01/paris/ICECECE</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
2015 IEEE/IEEMA Intellect Conference and Exposition	2015-01-22-2015-01-24	Mumbai, India	<a href="http://www.ii-intelect.org/">http://www.ii-intelect.org/</a>
DIPDMWC2015: The International Conference on Digital Information Processing, Data Mining, and Wireless Communications	2015-01-28-2015-01-30	Dubai, United Arab Emirates	<a href="http://sdiwc.net/conferences/dipdmwc2015/">http://sdiwc.net/conferences/dipdmwc2015/</a>
International Conference on Information Technology (ICIT 2015)	2015-02-02-2015-02-03	Singapore	<a href="http://www.icit.org/">http://www.icit.org/</a>
IEEE February Meeting Series	2015-02-04-2015-02-09	New Orleans, USA	
Mobile Deployable Communications 2015	2015-02-05-2015-02-06	Prague, Czech Republic	<a href="http://www.smionline.co.uk/defence/europe/conference/mobile-deployable-communications">http://www.smionline.co.uk/defence/europe/conference/mobile-deployable-communications</a>
ICACT 2015 – The 18th International Conference on Advanced Communication Technology	2015-02-08-2015-02-11	Bongpyeong-myeon, Korea	<a href="http://www.icact.org/">http://www.icact.org/</a>
EXPO XXI Warsaw International Exhibition Centre	2015-02-10-2015-02-12	Warsaw, Poland	<a href="http://www.ftthcouncil.eu/">http://www.ftthcouncil.eu/</a>
ICECECE Rio de Janeiro 2015: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	2015-02-11-2015-02-12	Rio de Janeiro, Brazil	<a href="https://www.waset.org/conference/2015/02/rio-de-janeiro/ICECECE">https://www.waset.org/conference/2015/02/rio-de-janeiro/ICECECE</a>
International Conference on Information and Computer Applications (ICICA 2015)	2015-02-12-2015-02-13	Amsterdam, Netherlands	<a href="http://www.icica.org/">http://www.icica.org/</a>
2nd International Conference on Advances in Electronics Engineering (ICAEE 2015)	2015-02-12-2015-02-13	Busan, Korea	<a href="http://www.icaee.org/">http://www.icaee.org/</a>
6th International Conference on Advances in Communication, Network, and Computing (CNC 2015)	2015-02-14-2015-02-15	Chennai, India	<a href="http://cnc.theides.org/">http://cnc.theides.org/</a>
ICECECE Istanbul 2015: International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering	2015-02-16-2015-02-17	Istambul, Turkey	<a href="https://www.waset.org/conference/2015/02/istanbul/ICECECE">https://www.waset.org/conference/2015/02/istanbul/ICECECE</a>
ICNC 2015: International Conference on Computing, Networking and Communications	2015-02-16-2015-02-19	Anaheim, USA	<a href="http://www.conf-icnc.org/2015/">http://www.conf-icnc.org/2015/</a>
ICIN 2015: The 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks	2015-02-17-2015-02-19	Paris, France	<a href="http://www.icin.co.uk/">http://www.icin.co.uk/</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
10th DBSF – Digital Broadcasting Switchover Forum 2015	2015-02-17-2015-02-19	Johannesburg, South Africa	<a href="http://www.cto.int/events/upcoming-events/">http://www.cto.int/events/upcoming-events/</a>
12th Media Summit New York 2015	2015-02-24-2015-02-25	New York, USA	<a href="http://www.digitalhollywood.com/">http://www.digitalhollywood.com/</a>
2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS 2015)	2015-02-26-2015-02-27	Coimbatore, India	<a href="http://www.icecs2015.com/">http://www.icecs2015.com/</a>
NCC 2015: The 21st National Conference on Communications	2015-02-27-2015-03-01	Mumbai, India	<a href="https://www.ee.iitb.ac.in/~ncc2015/index.html">https://www.ee.iitb.ac.in/~ncc2015/index.html</a>
Mobile World Congress (MWC 2015)	2015-03-02-2015-03-05	Barcelona, Spain	<a href="http://www.mobileworldcongress.com/">http://www.mobileworldcongress.com/</a>
IEEE WCNC 2015: IEEE Wireless Communications and Networking Conference	2015-03-09-2015-03-12	New Orleans, USA	<a href="http://wcnc2015.ieee-wcnc.org/">http://wcnc2015.ieee-wcnc.org/</a>
IEEE CogSIMA 2015: International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support	2015-03-09-2015-03-12	Orlando, USA	<a href="http://cogsima2015.org/">http://cogsima2015.org/</a>
6th International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing (ITC 2015)	2015-03-13-2015-03-17	Chandigarh, India	<a href="http://itc.theides.org/2015/">http://itc.theides.org/2015/</a>
CeBIT 2015	2015-03-16-2015-03-20	Hannover, Germany	<a href="http://www.cebit.de/home">http://www.cebit.de/home</a>
The 2nd Spring Conference on Wireless Communications and Networks (CWCN-S 2015)	2015-03-18-2015-03-20	Suzhou, China	<a href="http://www.scirp.org/Conference/Home.aspx?ConferenceID=100">http://www.scirp.org/Conference/Home.aspx?ConferenceID=100</a>
International Conference on Information and Computer Networks – ICICN 2015	2015-03-19-2015-03-20	Florence, Italy	<a href="http://www.icicn.org/">http://www.icicn.org/</a>
OFC 2015: Optical Fiber Communication Conference	2015-03-22-2015-03-26	Los Angeles, USA	<a href="http://www.ofcconference.org/en-us/home/">http://www.ofcconference.org/en-us/home/</a>
Internet World 2015	2015-03-24-2015-03-25	Munich, Germany	<a href="http://www.internetworld-messe.de/eng">http://www.internetworld-messe.de/eng</a>
DRCN 2015: 11th International Conference on the Design of Reliable Communication Networks	2015-03-25-2015-03-27	Kansas City, USA	<a href="http://www.drcn2015.org/">http://www.drcn2015.org/</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
IEE ISPLC 2015: IEEE International Symposium on Power Line Communications and its Applications	2015-03-29-2015-04-01	Austin, USA	<a href="http://www.ieee-isplc.org/">http://www.ieee-isplc.org/</a>
IEE NETSOFT 2015: IEEE Conference on Network Softwarization 2015	2015-04-13-2015-04-17	London, UK	<a href="http://sites.ieee.org/netsoft/">http://sites.ieee.org/netsoft/</a>
WTS 2015: 2015 Wireless Telecommunications Symposium	2015-04-15-2015-04-17	New York, USA	<a href="http://www.cpp.edu/~wtsti/index.html">http://www.cpp.edu/~wtsti/index.html</a>
ICDT 2015 – The Tenth International Conference on Digital Telecommunications	2015-04-19-2015-04-24	Barcelona, Spain	<a href="http://www.iaria.org/conferences2015/ICDT15.html">http://www.iaria.org/conferences2015/ICDT15.html</a>
IEE LANMAN 2015: The 21st IEEE International Workshop on Local and Metropolitan Area Networks	2015-04-22-2015-04-24	Beijing, China	<a href="http://www.ieee-lanman.org/">http://www.ieee-lanman.org/</a>
IEEE INFOCOM 2015: IEEE International Conference on Computer Communications	2015-04-26-2015-05-01	Hong Kong	
ICT 2015: 22nd International Conference on Telecommunications	2015-04-27-2015-04-29	Sydney, Australia	
Telecom Cloud Services Summit 2015	2015-04-28-2015-04-29	London, UK	<a href="http://telecomcloudservices.com/">http://telecomcloudservices.com/</a>
4th International Conference on Software and Information Engineering – ICSIE 2015	2015-05-04-2015-05-05	Dubai, United Arab Emirates	<a href="http://www.icsie.org/">http://www.icsie.org/</a>
IEEE CQR 2015: IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability	2015-05-10-2015-05-15	Charleston, USA	<a href="http://www.ieee-cqr.org/">http://www.ieee-cqr.org/</a>
IEEE CTW 2015: IEEE Communications Theory Workshop	2015-05-10-2015-05-13	Dana Point, USA	<a href="http://infocom2015.ieee-infocom.org/">http://infocom2015.ieee-infocom.org/</a>
19th Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM 2015)	2015-05-11-2015-05-14	Pisa, Italy	<a href="http://ondm2015.sssup.it/">http://ondm2015.sssup.it/</a>
IFIP/IEEE IM 2015: International Symposium on Intergrated Network Management	2015-05-11-2015-05-15	Ottawa, Canada	<a href="http://im2015.ieee-im.org/">http://im2015.ieee-im.org/</a>
IEEE BlackSeaCom 2015: IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking	2015-05-18-2015-05-21	Constanta, Romania	<a href="http://www.ieee-blackseacom.org/2015/index.html">http://www.ieee-blackseacom.org/2015/index.html</a>
11th International Conference on Web Information Systems and Technologies – WEBIST 2015	2015-05-20-2015-05-22	Lisbon, Portugal	<a href="http://www.webist.org/">http://www.webist.org/</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
UBI-HEALTHTECH 2015: 2nd International Symposium on Future Information and Communication Technologies for Ubiquitous HealthCare	2015-05-28-2015-05-30	Beijing, China	<a href="http://www.ubi-health.org/">http://www.ubi-health.org/</a>
Infosecurity Europe 2015	2015-06-02-2015-06-04	London, UK	<a href="http://www.infosecurityeurope.com/">http://www.infosecurityeurope.com/</a>
7th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN 2015)	2015-06-06-2015-06-07	Chengdu, China	<a href="http://www.iccsn.org/">http://www.iccsn.org/</a>
4th International Conference on Wireless and Optical Communications – ICWOC 2015	2015-06-06-2015-06-07	Chengdu, China	<a href="http://www.icwoc.org/">http://www.icwoc.org/</a>
IEEE ICC 2015: 2015 IEEE International Conference on Communications	2015-06-08-2015-06-12	London, UK	<a href="http://icc2015.ieee-icc.org/">http://icc2015.ieee-icc.org/</a>
IWT 2015: 2015 International Workshop on Telecommunications	2015-06-14-2015-06-17	Santa Rito do Sapucaí, Brazil	<a href="http://www.inatel.br/iwt/">http://www.inatel.br/iwt/</a>
IEEE June Meeting Series	2015-06-17-2015-06-22	New Brunswick, USA	
IEEE SECON 2015: IEEE International Conference on Sensing, Communication and Networking	2015-06-21-2015-06-25	Seattle, USA	<a href="http://secon2015.ieee-secon.org/">http://secon2015.ieee-secon.org/</a>
WMNC 2015: 8th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference	2015-06-23-2015-06-25	Belgrade, Serbia	<a href="http://www.wmnc2015.com/">http://www.wmnc2015.com/</a>
EUCNC 2015: European Conference on Networks and Communications	2015-06-29-2015-07-02	Paris, France	

Opracowanie: mgr inż. Karol Jóźwik

## ***The remote medical monitoring system of elderly and disabled peoples – EDFAS***

***Janusz Granat***

***Edward Klimasara***

*This paper presents the results of a project EDFAS, carried out under the international program EUREKA, including remote monitoring of the elderly and disabled population vital signals through a dedicated computer system.*

*system e-health, telemedicine, remote monitoring*

5

## ***TBA-ST – stationary devices designed for measuring available capacity of batteries on telecom power supply sites – SKOT project***

***Paweł Godlewski, Kazimierz Niechoda,  
Krzysztof Olechowski, Barbara Regulska***

*Article presents the technical details of the TBA-ST device developed in the National Institute of Telecommunications for battery management on telecom sites. NIT has already presented such solution since 2004, however, the first solutions were proved too costly. It was not until after 2011, when the increase in prices of batteries and labor costs and higher reliability requirements brought interest in such a solution. By obtaining financing from the NCRD project entitled "System control energy reserves telecommunications facilities – SKOT" for the years 2014/15, it will be possible commercialization of this solution.*

*Rechargeable battery capacity testing, powering telecommunication*

14

68

## ***FTTH Network Optimization***

***Hoang Nghia Le***

*FTTH (Fiber To The Home) is the most ambitious among optical technologies applied in the access segment of telecommunications networks. The main issues of deploying FTTH are the device price and the installation cost. Whilst the costs of optical devices are gradually decreasing, the cost of optical cable installation remains challenging. In this paper, the problem of optimization that has practical application for FTTH networks is presented. Because the problem is NP-hard, the author proposed an approximation algorithm to solve it. The analysis confirms that the algorithm gains near-optimal results with acceptable time consumption.*

***Cost optimization, development optimization, FTTH, Fiber To The Home, optical technology, telecommunications network***

24

## ***Constraints of the effective implementation of regulation schemes in telecommunications sector in developing countries***

***Renata Śliwa***

*The article describes the regulatory problems in countries with undeveloped political institutional mechanisms, where high levels of information asymmetry and the difficulty of enforcing contracts prejudices to the applicability of regulatory tools, and convict economy to low levels of efficiency. The text sets out the conditions of telecommunication sector regulations in developing countries, as well as highlights the most important obstacles to the development of high-efficiency mechanisms regulating telecommunications. Article discusses also possibilities to overcome anti-efficiency impasse into which fall the telecommunication sector regulatory structures in developing countries.*

***Performance-Based Regulation, reform of the telecommunications sector, commitment value***

46

## ***Rapid analysis of EM discontinuous disturbances (clicks). Developed in the Institute of Telecommunications ACA-4c Analyzer***

***Marek Jermakowicz,  
Krzysztof Maniak, Mirosław Pietranik***

*Equipment like thermostats or software-controlled devices such as refrigerators, air conditioners, washing machines etc. are very specific group of equipment, which generate discontinuous disturbances in the form of clicks occurring periodically, being grouped in different way in the time domain with wide dispersion of their amplitude. Therefore they subject to limit values different from those applicable to continuous interference. The EN 55014-1 standard requires from manufacturers of the above mentioned products to perform appropriate measurements, specific to such disturbances.*

*National Institute of Telecommunications (Wrocław branch) elaborated very specialized automatic click analyzer ACA-4c which enables the automatic analysis of the character of discontinuous disturbances (clicks), according to CISPR Publ. 14-1(EN 55014-1) requirements. It shortens the whole time of the clicks measurement to about 2 hours.*

***Electromagnetic compatybility, CE, emission measurement, discontinuous disturbances (clicks)***



## Informacje dla Autorów

*Telekomunikacja i Techniki Informacyjne* (TITI) jest czasopismem Instytutu Łączności o zasięgu krajowym, prezentującym:

- informacje o bieżących problemach, tematach badawczych, osiągnięciach naukowych i kierunkach rozwojowych w zakresie techniki, ekonomiki oraz organizacji w telekomunikacji i technikach informacyjnych;
- interdyscyplinarne problemy naukowe i techniczne, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki społeczeństwa informacyjnego;
- zagadnienia związane z kształceniem i podwyższaniem kwalifikacji we wspomnianych dziedzinach.

Na łamach TITI są zamieszczane artykuły zarówno zamawiane przez Redakcję, jak i zgłaszane przez autorów, a także komunikaty i inne informacje. Wszystkie artykuły są recenzowane.

Oferowany artykuł nie powinien być opublikowany w innym czasopiśmie ani równocześnie złożony w innej redakcji. Po zaakceptowaniu artykułu do druku następuje przeniesienie praw autorskich na Wydawcę, który ma odtąd wyłączne prawo do korzystania z utworu i rozporządzania nim na takich polach eksploatacji, jak: utrwalenie, zwielokrotnienie dowolną techniką i rozpowszechnianie (reprodukcja trwała – wprowadzenie do obrotu).

Artykuł powinien być poprzedzony (również w języku angielskim) tytułem pracy, streszczeniem (ok. 150 słów) i słowami kluczowymi oraz uzupełniony fotografią i notką biograficzną autora. Notka powinna zawierać: tytuł i stopień naukowy oraz tytuł zawodowy autora, rok urodzenia, nazwę wydziału i uczelni oraz rok ukończenia studiów, poprzednie miejsca pracy wraz z datami, aktualne miejsce zatrudnienia, informacje o publikacjach, patentach, zainteresowaniach naukowych i zawodowych oraz adres kontaktowy (np. e-mail).

Bibliografia powinna być umieszczona na końcu artykułu. Pozycje powinny być uporządkowane w kolejności cytowania lub alfabetycznie. Bibliografia powinna zawierać następujące elementy opisu bibliograficznego: nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł pracy, a ponadto w pozycjach książkowych – miejsce wydania, wydawcę i rok wydania, natomiast w przypadku czasopism – tytuł czasopisma, rok wydania, tom, rocznik, zeszyt, numer, stronicę. Znaki interpunkcyjne należy stosować według niżej podanych przykładów:

- książka:  
Schneier B.: *Kryptografia dla praktyków*. Warszawa, WNT, 1995
- praca zbiorowa:  
Krajewski A.: *Obowiązki zakładu pracy i pracownika*. W: *Nowe prawo pracy*. Red. R. Korolec, J. Pachol. Warszawa, Książka i Wiedza, 1975, s. 218–254
- czasopismo:  
Kałkusińska L., Kobus R.: *Koncepcja utrzymania sieci abonenckich*. Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, 1994, nr 9, s. 510–515

Przypisy powinny być kolejno ponumerowane i umieszczone na stronie, gdzie znajduje się odniesienie. Zaleca się umiar w stosowaniu przypisów.

Tekst powinien być przygotowany za pomocą typowego edytora tekstu, jednak preferowany jest TeX i LaTeX.

Ilustracje powinny być zapisane w typowym formacie graficznym, np. JPG, PNG, GIF, EPS; w postaci oddzielnych plików graficznych.

Fotografie w formie map bitowych powinny mieć rozdzielczość 300–400 dpi.

Materiał tekstowy w postaci plików zapisanych w formacie źródłowym i pdf oraz pliki z poszczególnymi ilustracjami mogą być nadesłane na adres [redakcja@itl.waw.pl](mailto:redakcja@itl.waw.pl).

Redakcja udostępni autorowi recenzję, zajmując jednocześnie stanowisko dotyczące dalszego postępowania.

Po opracowaniu redakcyjnym artykuł jest przekazywany autorowi do korekty autorskiej i akceptacji składu.

Dokonywanie istotnych zmian oraz dopisywanie tekstu podczas korekty wymaga uzgodnienia z redakcją.

Autorzy otrzymują 2 egzemplarze czasopisma ze swoją publikacją.

Szczegółowe informacje dotyczące procesu recenzowania, jak również formularz recenzji i przeniesienia praw autorskich znajdują się na [www.itl.waw.pl/titi](http://www.itl.waw.pl/titi).

## Redakcja

Instytut Łączności –  
Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Szachowa 1  
04-894 Warszawa

tel. +48 22 512 81 83  
tel./fax: +48 22 512 84 00  
e-mail: [redakcja@itl.waw.pl](mailto:redakcja@itl.waw.pl)  
<http://www.itl.waw.pl/titi>

