

BIULETYN INFORMACYJNY

Nr 2/2007

Efektywne przeciwdziałanie powstawaniu echa w łańcuchach PSTN z zastosowaniem metody optymalizacji impedancji układów miejscowych



W niniejszym numerze „Biuletynu Informacyjnego” zamieszczono artykuł Zbigniewa Kowalskiego, w którym Autor postawił tezę, że w obecnym stanie techniki, podczas transmisji sygnałów, jest możliwość przeciwdziałania powstawaniu ich zniekształceń zamiast usuwania zniekształceń już istniejących. W rozważanym przypadku dotyczy to zniekształceń sprzężeniowych, występujących w dwukanałowej części łańcuchów publicznej komutowanej sieci telefonicznej (PSTN). Dzięki temu zastosowanie urządzeń kontrolujących echa można ograniczyć do przypadków połączeń na największe odległości. Przedstawiona teza została udowodniona przy założeniu istotnych ograniczeń (upraszczających rzeczywistość) z zastosowaniem bardzo prostego modelu matematycznego i z wykorzystaniem wyników obliczeń, dotyczących dotychczas istniejących sieci miejscowych i przewodowych łączy abonenckich w częściach dostępowych PSTN. Artykuł jest skróconą wersją przygotowanego przez Autora opracowania tego tematu. Będzie ono udostępniane zainteresowanym Czytelnikom po otrzymaniu zamówienia przez redakcję.

Opracowanie:

Ośrodek Informacji Naukowej (OIN)

Kierownik Ośrodka: mgr inż. Ewa Kapuściarek

tel.: (+48) 22 5128 183

faks: (+48) 22 5128 400

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

Autor:

dr inż. Zbigniew Kowalski

emerytowany pracownik naukowy Ił

tel.: (+48) 22 5128 183

e-mail: redakcja@itl.waw.pl



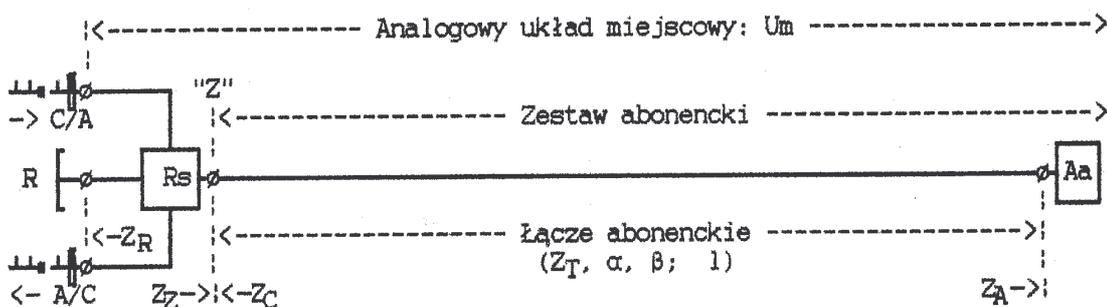
Spis treści

1. Wprowadzenie	3
2. Koncepcja rozwiązania problemu i zarys modelu matematycznego	6
2.1. Informacje wstępne i alternatywne kryterium jakości układów miejscowych	6
2.2. Wpływ tłumienności \bar{A}_{er} na wartość graniczną $Gr\{Te/2\}$ opóźnienia echa.....	8
2.3. Założenia dotyczące optymalizacji impedancji	10
2.4. Wyznaczanie wartości tłumienności \bar{A}_{er}	10
2.5. Optymalizacja impedancji w jednorodnej sieci łączy	11
2.6. Optymalizacja impedancji w niejednorodnej sieci łączy	12
3. Wybrane charakterystyki układów miejscowych	13
3.1. Założenia techniczne oraz stosowane symbole układów	13
3.2. Charakterystyki układów Um w sieciach miejscowych z łączami abonenckimi o długości ograniczonej dopuszczalną rezystancją	14
3.3. Charakterystyki układów miejscowych w sieciach dostępowych z łączami abonenckimi o długości ograniczonej przesłankami ekonomicznymi	15
3.4. Uwagi końcowe i wnioski	17
Wykaz literatury	19

Efektywne przeciwdziałanie powstawaniu echa w łańcuchach PSTN z zastosowaniem metody optymalizacji impedancji układów miejscowych

1. Wprowadzenie

PSTN może być rozważana jako zbiór potencjalnych łańcuchów telefonicznych między jej abonentami. W standardowym przypadku połączeń między dwoma abonentami każdy łańcuch telefoniczny składa się z dwóch układów miejscowych (analogowych - rys.1) oraz zawartego między nimi zestawu połączeniowego (cyfrowego - rys.2). Układy miejscowe są realizowane jednotorowo, a zestawy połączeniowe - dwutorowo (ściślej: dwukanałowo); przejście z jednotoru na dwutor zachodzi w rozgałęźnikach stacyjnych R_s .



Rys. 1. Schemat strukturalny układu miejscowego

Z_R, Z_Z, Z_A, Z_C - impedancje wejściowe (odpowiednio): równoważnika R , zestawu abonenckiego Z , aparatu abonenckiego A , Lokalnego Centrum komutacyjnego LC ; "Z" - punkt styku LC z zestawem abonenckim; C/A - przemiennik cyfrowo-analogowy; A/C - przemiennik analogowo-cyfrowy

Wskutek niedostatecznego zrównoważenia tych rozgałęźników w zestawach połączeniowych powstają zniekształcenia sprzężeniowe, pogarszające jakość transmisji telefonicznej. To pogorszenie jest szczególnie uciążliwe dla abonentów w przypadku połączeń na duże odległości, gdy zniekształcenia sprzężeniowe mają postać echa (nawet wielokrotnego), znacznie utrudniającego prowadzenie rozmowy.

■ Począwszy od wynalezienia telefonu, przez bardzo długi okres XX-tego wieku powszechnie stosowano aparaty abonenckie wyposażone w elektromagnetyczne wkładki słuchawkowe oraz w węglowe wkładki mikrofonowe, o niestabilnych właściwościach. Wskutek tego impedancja wewnętrzna $Z_A(t, f)$ takich aparatów wykazywała: 1° silną składową indukcyjną, 2° dużą zmienność podczas trwania każdego połączenia telefonicznego (w czasie $t \in [t_p + t_k]$).

To powodowało: 1° bardzo silną zależność impedancji wejściowej: $Z_Z(t, f; l)$ zestawów abonenckich (rys.1) od długości l łączy abonenckich oraz 2° znaczną zmienność wartości funkcji $Z_Z(t, f; l)$ podczas trwania każdego połączenia telefonicznego (dla dowolnego, ale ustalonego $l \leq l_{max}$). Dlatego nie istniały możliwości dobrego zrównoważenia rozgałęźników stacyjnych (z zastosowaniem równoważników kompromisowych).

Z tych względów postanowiono opracować urządzenia tłumiące powstałe zniekształcenia sprzężeniowe i skonstruowano tłumiki echa oraz kompensatory echa (później unormowane Zaleceniami: G.164 oraz G.165), które miały na celu zapobieganie słyszalności już istniejących zniekształceń. Mimo stopniowych ulepszeń rozwiązań technicznych, wskutek ograniczonej zdolności adaptacyjnej (a także niezawodności) tych urządzeń, obecnie nadal występują przypadki nieskuteczności eliminacji echa, powstającego w łańcuchach PSTN. Autor stawia tezę, że w obecnym stanie techniki istnieje możliwość skutecznego przeciwdziałania powstawaniu zniekształceń sprzężeniowych z zastosowaniem wzajemnie dopasowanych impedancyjnie i dostatecznie stabilnych członów układów miejscowych.

■ Od początku rozwoju sieci telefonicznej postulowano przestrzeganie zasady dobrego dopasowania impedancyjnego między poszczególnymi ogniwami tej sieci, a jako impedancję odniesienia proponowano przyjęcie impedancji ogniwa takiego rodzaju, którego ówczesna technika nie była w stanie zmienić. W tym okresie czasu połączenia między abonentami realizowano za pomocą napowietrznych torów drutowych z żyłami brązowymi. Impedancja falowa takich torów (w środkowym zakresie pasma telefonicznego) wynosiła około 600 Ω z niewielką składową pojemnościową. Dlatego rezystancja 600 Ω została ustalona przez CCIF (w 1928 roku) jako międzynarodowo zalecana impedancja odniesienia.

■ W r.1954 ukazała się publikacja [26], w której rozdział 3 pt. "Stabilność, zniekształcenia sprzężeniowe i zjawiska echa w łańcuchach telefonicznych" zawiera przystępną prezentację ówczesnego stanu wiedzy w tym zakresie.

Jak wynika z artykułów [8 + 12], już w latach 60. XX-go wieku rozpoczęto (w Instytucie Łączności) prace naukowo-badawcze nad optymalizacją impedancji wewnętrznej aparatów telefonicznych. W późniejszym okresie prace optymalizacyjne prowadzono w innych krajach, głównie przez pracowników firm: British Telecom, Ericsson oraz Siemens, co doprowadziło do uchwalenia przez CCITT w 1988 roku Zalecenia Q.552 z Suplementem 2 oraz (w 1993r.) Suplementu 31, a także (w 1995r.) Aneksu A do Zalecenia Q.552 [2].

Wymienione dokumenty dotyczą strategii impedancyjnej sieci, jednak zawierają one tylko ogólne wytyczne optymalizacji impedancji układów miejscowych. Ponadto Aneks A [2], a także publikacja [1] prezentują wyniki już zrealizowanej optymalizacji; te wyniki stanowiły podstawę do ustaleń przez ETSI norm Unii Europejskiej (z lat 1998 i 1999): EN_300 [3], EN_301 [4] i TER_21 [32].

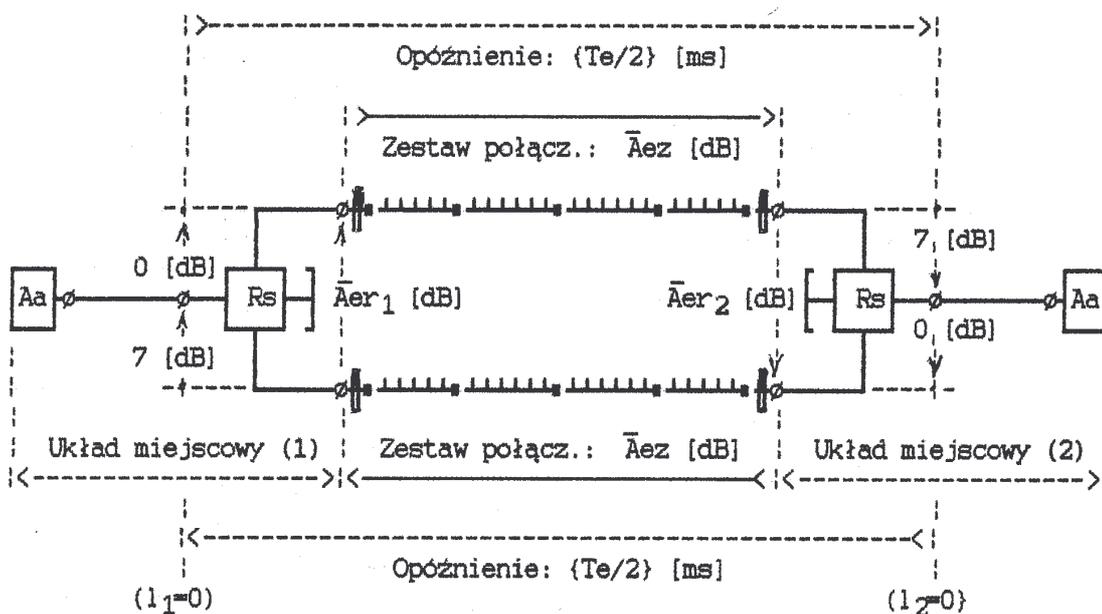
Wydana w roku 1992 publikacja [6] zawiera rozdział pt. "Translating User-Oriented Performance into End-to-End Network-Oriented Performance", w którym szczegółowo przeanalizowano wpływ zjawisk echa własnego (w pkt.3.2.2.3) oraz echa obcego (w pkt.3.2.2.4) na jakość transmisji telefonicznej.

W latach: 1993+1999 autor niniejszego artykułu rozważał szczególne przypadki optymalizacji impedancji układów miejscowych, przedstawiając w [16 + 23] zarówno odpowiednie metody optymalizacji, jak i uzyskane wyniki obliczeń.

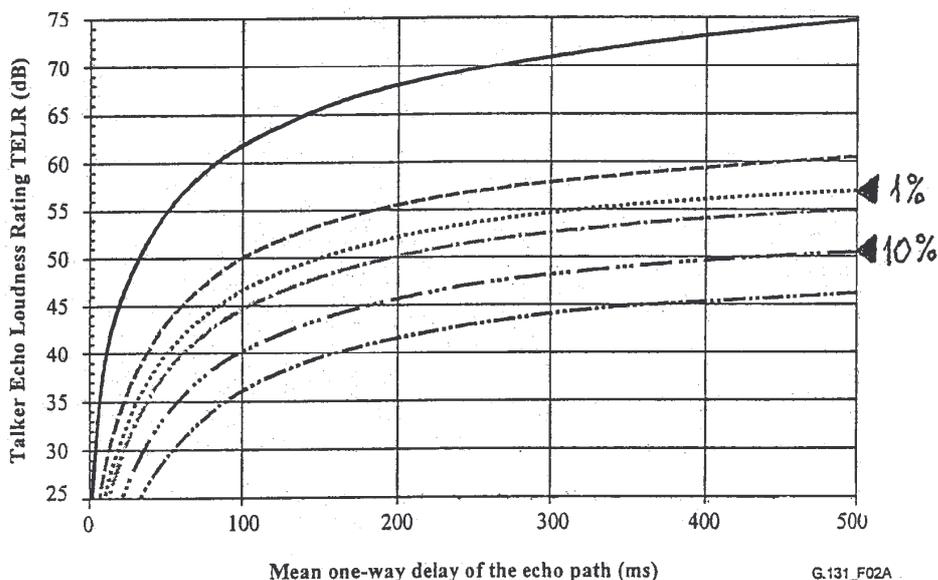
W roku 2002 autor [24] wykazał celowość harmonizacji telekomunikacyjnych norm krajowych z normami Unii Europejskiej w zakresie końcowych urządzeń abonenckich, a także (dokonując prób optymalizacji) wykazał możliwość poprawienia wyników optymalizacji uzyskanych przez firmy Ericsson i Siemens, a podanych w Aneksie A (z 1995r.) do Zalecenia Q.552 [2] oraz w artykule [1] (z 1998r.).

W roku 2003 autor [25] przedstawił udoskonaloną metodę optymalizacji, a także uzyskane wyniki, postulując kontynuację tematu z zastosowaniem miary jakości układów miejscowych opartej na obowiązującej w ITU wielkości: tłumienności zrównoważenia dla echa \bar{A}_{er} (patrz: [25], Dodatek D3).

W końcu roku 2003 ITU-T wydało Zalecenie G.131 [2f]), precyzujące wymagane wartości tłumienności drogi echa własnego: "Akceptowalnego (1%)" oraz "Lmitującego (10%)" podczas rozmowy telefonicznej w funkcji opóźnienia $\{Te/2\}$ tego echa (patrz rys.: 2 oraz 3).



Rys. 2. Schemat ideowy łańcucha telefonicznego PSTN



Rys. 3. Ocena echa własnego wg Zalecenia G.131 [2f])

■ Powyżej zamieszczony rys. 3 stanowi reprodukcję Fig. 2a/G.131, na której linie oznaczone symbolami: 1% oraz 10% są wykresami granicznych wartości: "Akceptowalnych" oraz "Limitujących" echa własnego. Należy wyjaśnić, że "Akceptowalne (1%)" echo dostrzega tylko 1% abonentów, natomiast "Limitujące (10%)" echo powoduje utrudnienia w prowadzeniu rozmowy telefonicznej u 10% abonentów.

Dodatek 1 do Zalecenia G.131 dotyczy oceny efektów echa własnego. M.in. stwierdzono tam, iż nie ma potrzeby stosowania urządzeń kontrolujących echo dla opóźnień mniejszych od 25 ms, ponieważ tego rodzaju echa jedynie nasilają efekt lokalny (stwarzając wrażenie pogłosu w miejscu prowadzenia rozmowy).

Temat szacowania wpływu echa na jakość transmisji będzie kontynuowany w pkt.2.2 tego artykułu.

2. Koncepcja rozwiązania problemu i zarys modelu matematycznego

2.1. Informacje wstępne i alternatywne kryterium jakości układów miejscowych

Przedstawiona w tym rozdziale metoda oceny dopuszczalności echa podczas transmisji telefonicznej jest bardzo prosta, umożliwiając jej zastosowanie w etapie projektowania sieci (ściślej w zakresie modernizacji dotychczas istniejących przewodowych sieci miejscowych), a także w zakresie budowy nowych przewodowych sieci dostępowych w obszarach obsługi Q_{LC} Lokalnych Centrów transmisyjno-komutacyjnych LC . Ta metoda została opracowana z wykorzystaniem Zaleceń ITU-T: G.111, G.114, G.122, G.126 oraz G.131 [2: b),c),d),e),f)].

■ Przeciwdziałanie powstawaniu echa w łańcuchach PSTN jest tym skuteczniejsze, im większa jest sprzężeniowa tłumienność echa: \bar{A}_{eg} w dwutorowej petli (S) sieci transportowej; szczegółowe wyjaśnienia podano w [6, rozdz.3].

Przyjmując, że jest spełniony postulat addytywności obowiązującej w ITU wielkości: tłumienności echa \bar{A}_e przy łańcuchowym łączeniu ogniw sieci telefonicznej, zachodzi związek:

$$\bar{A}_{eg} \approx \{(\bar{A}_{er1}+7)+\bar{A}_{ez12}\} + \{(\bar{A}_{er2}+7)+\bar{A}_{ez21}\}, \quad (S)$$

gdzie: \bar{A}_{ez} - tłumienność echa cyfrowych zestawów połączeniowych w sieci transportowej, \bar{A}_{er} - tłumienność zrównoważenia dla echa rozgałęźników stacyjnych; występująca we wzorze (S) wartość 7 dB (patrz rys.2) wynika z Zaleceń: G.111 oraz G.122 [2: b),d)], dotyczących znamionowych wartości poziomów względnych sygnałów pomiarowych (o częstotliwości $f_0=1020$ Hz), które powinny występować w stacyjnych układach rozgałęźnych dla każdego z kierunków transmisji.

Jako wartość krytyczną sprzężeniowej tłumienności echa \bar{A}_{eg} przyjęto 60 dB; osiągnięcie tej wartości praktycznie eliminuje zjawisko echa wielokrotnego. Ta eliminacja zachodzi dlatego, że przy $\bar{A}_{eg} = 60$ dB każde kolejne echo jest o 60 dB słabsze od echa poprzedniego. W ten sposób już drugie echo spada do poziomu szumów (patrz [6, pkt 3.2.2.2]).

• W celu wyznaczenia wymaganej najmniejszej wartości tłumienności zrównoważenia rozgałęźników stacyjnych w każdym Lokalnym Centrum transmisyjno-komutacyjnym LC , postuluje się, aby: $\bar{A}_{e3} \geq 60$ dB,

a przyjmując, że: $\bar{A}_{ez} = \{\bar{A}_{ez12} = \bar{A}_{ez21}\}$, otrzymuje się:

$$\{\bar{A}_{er1} + \bar{A}_{er2}\} > \{46 - 2 \cdot \bar{A}_{ez}\} \text{ dB};$$

następnie przyjmując, że: $\{\bar{A}_{er1} = \bar{A}_{er2}\} = \text{Min}_1\{\bar{A}_{er}(l;Um)\} \Big|_{1 \leq l \leq l_g}$, zachodzi:

$$\text{Min}_1\{\bar{A}_{er}(l;Um)\} \Big|_{1 \leq l \leq l_g} = \{23 - \bar{A}_{ez}\} \text{ dB}, \quad (1)$$

gdzie l_g jest górną granicą długości łączy abonenckich w rozważanym obszarze O_{LC} obsługi Lokalnego Centrum transmisyjno-komutacyjnego LC .

Jeśli w etapie projektowania sieci występują trudności dokonania oceny wartości tłumienności echowej \bar{A}_{ez} , autor sugeruje rozważenie krańcowego przypadku, gdy $\bar{A}_{ez} \rightarrow 0^+$; wtedy wzór (1) przyjmuje postać:

$$\text{Min}_1\{\bar{A}_{er}(l;Um)\} \Big|_{1 \leq l \leq l_g} \approx 23 \text{ dB}. \quad (1')$$

• Autorska koncepcja rozwiązania problemu efektywnej optymalizacji impedancji układów miejscowych polega na sprecyzowaniu warunków uzyskania dostatecznie dużej (oraz niezmiennej podczas trwania każdego połączenia telefonicznego) wartości tłumienności zrównoważenia dla echa: $\bar{A}_{er}(l;Um)$ wszystkich zestawów abonenckich (o różnej długości l łączy abonenckich) każdego obszaru O_{LC} .

• Jako kryterium jakości zbioru układów miejscowych rodzaju Um rozważanego obszaru obsługi O_{LC} przyjęto minimalną wartość funkcji $\bar{A}_{er}(l;Um|O_{LC})$, która występuje na tym obszarze. To minimum dotyczy takich abonentów, u których przewiduje się największą intensywność dźwięków echa.

W przypadku, gdy sieć łączy abonenckich obszaru O_{LC} jest jednorodna, tzn. gdy wszystkie łączy mają identyczny wektor W_T jednostkowych parametrów elektrycznych (rezystancji: R^{\dagger} , pojemności: C^{\dagger} , indukcyjności: L^{\dagger} , upływności: G^{\dagger}) przyjęto jako miarę $\mu_{er}(Um)$ jakości zbioru układów miejscowych Um skalar:

$$\mu_{er}(Um|W_T) = \text{Min}_1 \left[\bar{A}_{er}(l;Um|W_T) \Big|_{1 \leq l \leq l_g} \right], \quad (2)$$

gdzie l_g jest górną granicą długości łączy w rozważanym obszarze O_{LC} .

W przypadku, gdy sieć łączy abonenckich obszaru O_{LC} jest niejednorodna, tzn. gdy różne łączy mają różne wektory: W_{T1}, \dots, W_{TJ} jednostkowych parametrów elektrycznych, ale tworzą J jednorodnych podzbiorów (o różnych wartościach l_g), to wówczas miara jakości:

$$\mu_{er}(Um|W_{T1}, \dots, W_{TJ}) = \text{Min}_j \left[\mu_{er}(Um|W_{Tj}) \Big|_{j=1, \dots, J} \right]. \quad (2')$$

Warunek: $\{\mu_{er}(Um)\} \geq 23$ dB przyjęto jako postulat optymalizacji układów miejscowych Um na rozważanym obszarze O_{LC} .

Jak wykazano w [25, pkt 3.2], powyższy warunek można łatwo spełnić, optymalizując impedancję układów miejscowych w przewodowych sieciach łączy abonenckich (patrz również pkt. 3.2 oraz 3.3 niniejszego artykułu).

2.2. Wpływ tłumienności \bar{A}_{er} na wartość graniczną $Gr\{Te/2\}$ opóźnienia echa

Powstaje pytanie: jaka jest zależność wartości granicznej $Gr\{Te/2\}$ opóźnienia echa własnego, powyżej której zachodzi konieczność stosowania urządzeń kontrolujących echo (wg Zalecenia G.131 [2f]), pkt.5) od wartości parametrów transmisyjnych ogniw składowych łańcuchów telefonicznych PSTN, a w szczególności od wartości tłumienności zrównoważenia dla echa $\bar{A}_{er}(U_m)$ równoważników stacyjnych, występujących w tych łańcuchach.

W celu uzyskania odpowiedzi na tak sformułowane pytanie, autor wyznaczył funkcje odwrotne do funkcji podanych na rys.3 (tzn. na Fig.2a/G.131) o argumentem stanowiącym sumę tłumienności echa poszczególnych składowych drogi "0" echa własnego abonenta "1":

$$\bar{A}_{e\eta} = \{\bar{A}_{ean_1} + \{\bar{A}_{ez_{12}+7}\} + \bar{A}_{er_2} + \{\bar{A}_{ez_{21}+7}\} + \bar{A}_{eao_1}\},$$

gdzie: $\{\bar{A}_{ean_1} + \bar{A}_{eao_1}\}$ jest sumaryczną (na nadawanie oraz na odbiór) tłumiennością echa aparatu abonenta "1", $\{\bar{A}_{ez_{12}} + \bar{A}_{ez_{21}} = 2 \cdot \bar{A}_{ez}\}$ jest sumaryczną (dla obu kierunków transmisji) tłumiennością echa zestawu połączeniowego, natomiast tłumienność \bar{A}_{er_2} dotyczy równoważnika stacyjnego abonenta "2". Należy jednak zauważyć, że wartości tłumienności zrównoważenia dla echa \bar{A}_{er} równoważników stacyjnych zależą nie tylko od rodzaju układu miejscowego U_m , lecz również od długości l oraz rodzaju łączy abonenckiego. W celu uproszczenia procedury szacowania wartości granicznej $Gr\{Te/2\}$ opóźnienia echa autor sugeruje preferowanie oceny najostrzejszej przez wprowadzenie miar: $\mu_{er}(U_m) = \text{Min}_1\{\bar{A}_{er}(l;U_m) \mid l \leq l_g\}$ oraz:

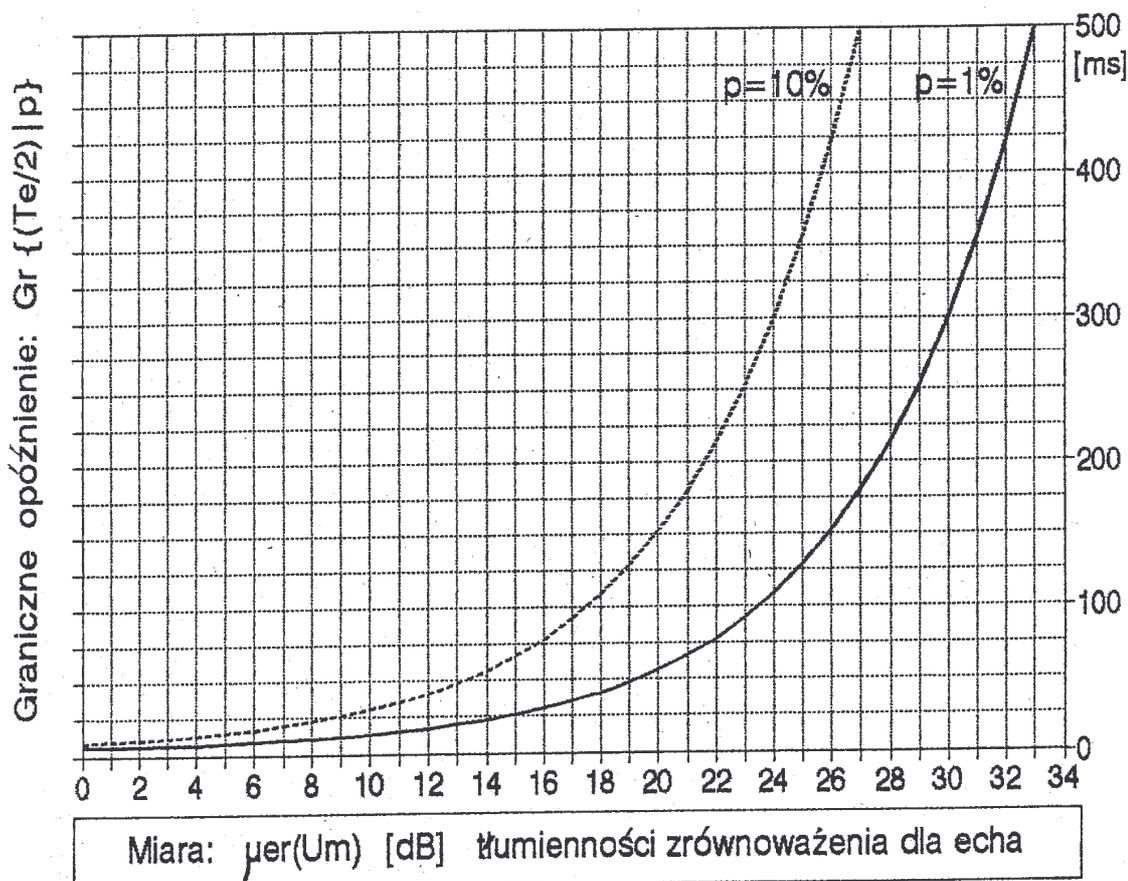
$$\mu_{e\eta}(U_m) = \{\bar{A}_{ean} + \bar{A}_{eao}\} + \{2 \cdot \bar{A}_{ez} + 14\} + \{\mu_{er}(U_m)\}. \quad (3)$$

Dla ułatwienia porównań wartości granicznych: $Gr\{Te/2\}$ opóźnienia echa, występujących przy różnych wartościach tłumienności zrównoważenia $\bar{A}_{er}(U_m)$ równoważników stacyjnych, dokonano ustalenia: $\{\bar{A}_{ean} + \bar{A}_{eao}\} + \{2 \cdot \bar{A}_{ez}\} = \text{Const}(a, z)$, sprowadzając równość (3) do postaci:

$$\mu_{e\eta}(U_m) = \{\mu_{er}(U_m)\} + \text{Const}(a, z). \quad (3')$$

To ustalenie polega na założeniu, że 1°: $\{\bar{A}_{ean} + \bar{A}_{eao}\} = 10$ dB (zgodnie z podaną w Dodatku 1 do Zalecenia G.131 wartością nominalną sumarycznej tłumienności aparatów telefonicznych) oraz 2°: $\{\bar{A}_{ez}\} = 0^+$ dB (krajowy przypadek), a wówczas: $\text{Const}(a, z) = 24$ dB.

Na rys.4 przedstawiono wykresy "Akceptowalnych" oraz "Limitujących" wartości granicznych: $Gr\{Te/2\}; p\}$ w zależności od wartości miary: $\mu_{er}(U_m)$ tłumienności zrównoważenia dla echa rozgałęźnika stacyjnego (patrz rys.1) w przypadku stosowania układu miejscowego rodzaju U_m .



Rys. 4. Akceptowalne ($p=1\%$) i limitujące ($p=10\%$) opóźnienia echa

W celu uniknięcia błędów szacowania wartości granicznych opóźnienia echa na podstawie wykresów z rys.4, w Dodatku 1 do [34] zamieszczono tabelaryczne zestawienie wartości funkcji: $Gr\{(Te/2)|p=1\% \} = F_{1\%}\{\mu_{er}\}$ oraz $Gr\{(Te/2)|p=10\% \} = F_{10\%}\{\mu_{er}\}$. Ponadto w wymienionym Dodatku przedstawiono metodę wyznaczania wartości granicznych opóźnienia echa w przypadkach, gdy nie jest spełnione założenie, że $Const(a,z) = 24$ dB.

Uwaga: Wyznaczone wartości $Gr\{(Te/2);p\}$ opóźnień echa charakteryzują środkową część łańcuchów telefonicznych, zawartą między punktami "Z" (patrz rys.1), w których występuje zerowa długość łączy abonenckich (patrz rys.2), co umożliwia łatwe porównanie rozmaitych rozwiązań technicznych.

Temat wpływu wartości miary μ_{er} na wartość $Gr\{(Te/2);p\}$ opóźnienia echa będzie kontynuowany w końcowych częściach pkt.: 3.2 oraz 3.3 niniejszego artykułu. Tymczasem, w dalszym ciągu tego rozdziału, zajmiemy się teoretycznymi problemami maksymalizacji wartości miary $\mu_{er}(U_m)$ układów miejscowych U_m .

2.3. Założenia dotyczące optymalizacji impedancji

- (Z_1): Niezmienniczość (w czasie) wartości elementów rozważanych układów Um.
- (Z_2): Zastosowanie w sieci łączy abonenckich torów kablowych, których jednostkowe parametry elektryczne (R', C', L', G') są wzdłużnie jednorodne.
- (Z_3): Realizacja dwójnikami N-elementowymi: D_A, D_C, D_R impedancji: Z_A, Z_C, Z_R (patrz rys.1).
- (Z_4): Optymalizację impedancji: Z_A, Z_C, Z_R uzyskuje się przez maksymalizację wartości miary $\mu_{er}(U_m)$ dla ustalonych parametrów: W_T oraz l_g .
- (Z_5): Optymalizacja będzie realizowana przy spełnieniu warunku: $Z_C(f) \equiv Z_A(f)$.
- (Z_6): Realizacja przykładowych obliczeń nastąpi dla wartości znamionowych parametrów (R', C', L', G') wybranych z dotychczasowego zakresu produkcji krajowej torów kablowych.

2.4. Wyznaczanie wartości tłumienności \bar{A}_{er}

Tłumienność zrównoważenia dla echa \bar{A}_{er} stanowi szczególną postać tłumienności głośności: LR (ang. "Loudness Rating"), zdefiniowanej w Dodatku A do Zalecenia G.111 [2b]). Tłumienność zrównoważenia dla echa \bar{A}_{er} (wyrażona w dB) jest określona następującym wzorem:

$$\bar{A}_{er}(l) = -10 \cdot \log_{10} \int_{f_d}^{f_g} 10^{-A_r(f;l)/10} g(f) df, \quad (4)$$

gdzie $g(f)$ jest unormowaną funkcją wagi o rozkładzie logarytmnormalnym [15].

Do celów obliczeniowych zastosowano bardzo proste punktowe aproksymaty: \tilde{A}_{er} tłumienności pasmowej \bar{A}_{er} :

$$\tilde{A}_{er}(l;K) = -10 \cdot \log_{10} \left[(1/K) \sum_{k=1}^K 10^{-A_r(f_k;l)/10} \right], \quad (5)$$

gdzie K jest liczbą ustalonych, kolejnych częstotliwości f_k , które spełniają warunek:

$$f_{k+1} = f_k \cdot [f_g/f_d]^{(1/K)}, \quad (6)$$

a f_d i f_g są dolną i górną granicą częstotliwości transmitowanego pasma.

Należy zwrócić uwagę, że w celu uzyskania dostatecznej dokładności takich aproksymat \tilde{A}_{er} trzeba stosować dostateczną liczbę: K_d punktów aproksymacji K .

Za dostateczną liczbę punktów aproksymacji autor przyjął taką liczbę K_d , dla której zostaje spełniony warunek:

$$\left| \tilde{A}_{er}(l;K_d) - \tilde{A}_{er}(l;K_d/2) \right| < \epsilon_K, \quad (7)$$

gdzie wartość ϵ_K zakłada się dostatecznie małą.

Należy dodać, że skalarna funkcja $\tilde{A}_{er}(l;K)$ charakteryzuje zrównoważenie rozgałęznika stacyjnego dla określonego rodzaju toru o długości: $l \in [0 + l_g]$, gdzie $l_g \leq l_{gmax}$, a l_{gmax} jest górną granicą długości. W dotychczasowych sieciach miejscowych l_{gmax} jest z reguły uwarunkowana dopuszczalną rezystancją łączy abonenckich (1200 Ω), natomiast w obszarach rozdzielczych sieci dostępowej wartość l_{gmax} jest uwarunkowana przesłankami ekonomicznymi.

Występująca we wzorze (4) punktowa tłumienność zrównoważenia $Ar(f;l)$ rozgałęźnika stacyjnego Rs jest określona wzorem [2, Zalecenie Q.552, pkt.3.1.8.1]:

$$Ar(f;l) = 20 \log_{10} \left| \frac{Z_Z(f;l) + Z_C(f)}{Z_Z(f;l) - Z_R(f)} \cdot \frac{Z_C(f) + Z_R(f)}{2 \cdot Z_C(f)} \right|, \quad (8)$$

gdzie: Z_C jest impedancją wejściową wyposażenia abonenckiego LC , Z_R - impedancją równoważnika stacyjnego LC , a Z_Z - impedancją wejściową zestawu abonenckiego, złożonego z łącza zakończonego aparatem abonenckim (rys.1).

W przypadku, gdy zestaw abonencki zawiera łącze zrealizowane torem wzdłużnie jednorodnym o danym wektorze W_T jednostkowych parametrów elektrycznych, przy czym to łącze jest obciążone impedancją Z_A aparatu abonenckiego, wówczas wielkość Z_Z można wyrazić wzorem [28, pkt.3.11.2]:

$$Z_Z(f;l) = Z_T(f) \cdot \operatorname{tgh} \{l \cdot [\alpha(f) + j\beta(f)] + \operatorname{artgh}[Z_A(f)/Z_T(f)]\}. \quad (9)$$

Występujące w powyższym wzorze parametry falowe toru wzdłużnie jednorodnego zależą od częstotliwości f , ale są jednoznacznie określone przez jego elektryczne parametry jednostkowe: (R', C', L', G') . Te wielkości są praktycznie niezmiennie w zakresie naturalnego pasma telefonicznego (tzn. o częstotliwościach granicznych: dolnej $f_d = 300$ Hz i górnej $f_g = 3400$ Hz).

Impedancja falowa $Z_T(f)$ toru wzdłużnie jednorodnego jest określona wzorem podanym w [28, pkt 6.3.2], a jego jednostkowa tłumienność falowa $\alpha(f)$ oraz jednostkowa przesuwność falowa $\beta(f)$ - wzorami podanymi w [28, pkt 6.3.3].

Wyżej przedstawione wzory umożliwiają ocenę jakości zbiorów układów miejscowych Um na podstawie danych wartości znamionowych parametrów elektrycznych: 1° torów kablowych (wektory W_T) oraz 2° dwójników: D_A i D_R . Jeśli parametry tych dwójników nie są dane, zachodzi konieczność ich wyznaczenia z zastosowaniem optymalizacji impedancji (poszczególnych członów) układów miejscowych.

2.5. Optymalizacja impedancji w jednorodnej sieci łączy

W jednorodnej sieci łączy abonenckich parametry transmisyjne każdego toru kablowego są identyczne i jednoznacznie określone wektorem $W_T = (R', C', L', G')$.

W rozważanym przypadku danymi wejściowymi są: wektor W_T zastosowanego toru kablowego oraz jego górna granica l_g długości, natomiast niewiadomymi są: dwie grupy wartości elementów dwójników: D_A i D_R , realizujących optymalne impedancje: $Z_A(f)$ oraz $Z_R(f)$. Zakłada się przy tym wymagane liczby: N_a oraz N_r elementów tych dwójników, a także ich struktury: S_a oraz S_r .

Koncepcja optymalizacji dwójników D_A oraz D_R polega na:

1° uznaniu za optymalny taki dwójnik wirtualny $D_{A,\omega}$, którego impedancja jest identyczna z impedancją falową $Z_T(f)$ zastosowanego toru kablowego, tzn. w zakresie $f \in [f_d + f_g]$ spełnia warunek:

$$Z_{A,\omega}(f) = Z_T(f), \quad (10)$$

2° wyznaczeniu takiego N_a -elementowego dwójnika realnego D_{A,N_a} , którego impedancja w zakresie $f \in [f_d + f_g]$ spełnia warunek:

$$\operatorname{Max}_f |Z_{A,N_a}(f) - Z_{A,\omega}(f)| = \operatorname{Min} !, \quad (11)$$

a następnie:

- 3° ustaleniu zakresu długości torów kablowych (tzn. granic: dolnej $l_{\min 0}$ oraz górnej $l_{\max 0}$), w którym ma nastąpić optymalizacja dwójnika D_R ,
- 4° uznaniu za optymalny taki dwójnik wirtualny $D_{R,\omega}$, którego impedancja w zakresie $f \in [f_d \div f_g]$ spełnia warunek:

$$Z_{R;\omega}(f) \equiv \sqrt{Z_Z(f|l_{\min 0}) \cdot Z_Z(f|l_{\max 0})}, \quad (12)$$

- 5° wyznaczeniu takiego Nr-elementowego dwójnika realnego $D_{R,Nr}$, którego impedancja w zakresie $f \in [f_d \div f_g]$ spełnia warunek:

$$\text{Max}_f |Z_{R;Nr}(f) - Z_{R;\omega}(f)| = \text{Min} !. \quad (13)$$

2.6. Optymalizacja impedancji w niejednorodnej sieci łączy

W niejednorodnej sieci łączy abonenckich zbiór łączy zawiera kilka podzbiorów o różnych jednostkowych parametrach transmisyjnych zastosowanych torów kablowych.

W tym punkcie zostanie zarysowana metoda optymalizacji impedancji przy założeniu, że tych podzbiorów jest dwa ($J=2$). W przypadku gdy liczba $J > 2$, można zastosować procedurę podaną w [20].

Należy zwrócić uwagę na istotę różnicy procesu optymalizacyjnego ($J=2$) w stosunku do procesu ($J=1$), przedstawionego w pkt. 2.5. Proces optymalizacji impedancji w sieci jednorodnej zaczyna się od wyznaczenia funkcji $Z_T(f)$.

Ta funkcja jest jednoznacznie określona danym wektorem W_T jednostkowych parametrów elektrycznych zastosowanych torów kablowych. Ustalona funkcja $Z_T(f)$ jest podstawowym determinantem procesu optymalizacji ($J=1$).

Koncepcja optymalizacji impedancji w sieci niejednorodnej ($J=2$) polega na takim uzupełnieniu początku procesu optymalizacyjnego ($J=1$), które umożliwia wyznaczenie funkcji $Z_{T_w}(f)$, charakteryzującej jeden zastępczy tor wirtualny T_w spełniający warunek:

$$|\tilde{\mu}_{er}(T1) - \tilde{\mu}_{er}(T2)| < \epsilon_\mu, \quad \text{gdzie: } \epsilon_\mu \rightarrow 0. \quad (14)$$

Warunek (14) można spełnić, optymalizując wartość parametru $q \in]0;1[$ we wzorze:

$$Z_{T_w}(f_k) = \left[|Z_{T1}(f_k)|^q \cdot |Z_{T2}(f_k)|^{(1-q)} \right], \quad (15)$$

gdzie wartości funkcji: $Z_{T1}(f_k)$ i $Z_{T2}(f_k)$ dla kolejnych częstotliwości f_k wyznaczonych ze wzoru (6) są jednoznacznie określone danymi wektorami W_{T1} i W_{T2} jednostkowych parametrów elektrycznych torów kablowych: $T1$ i $T2$.

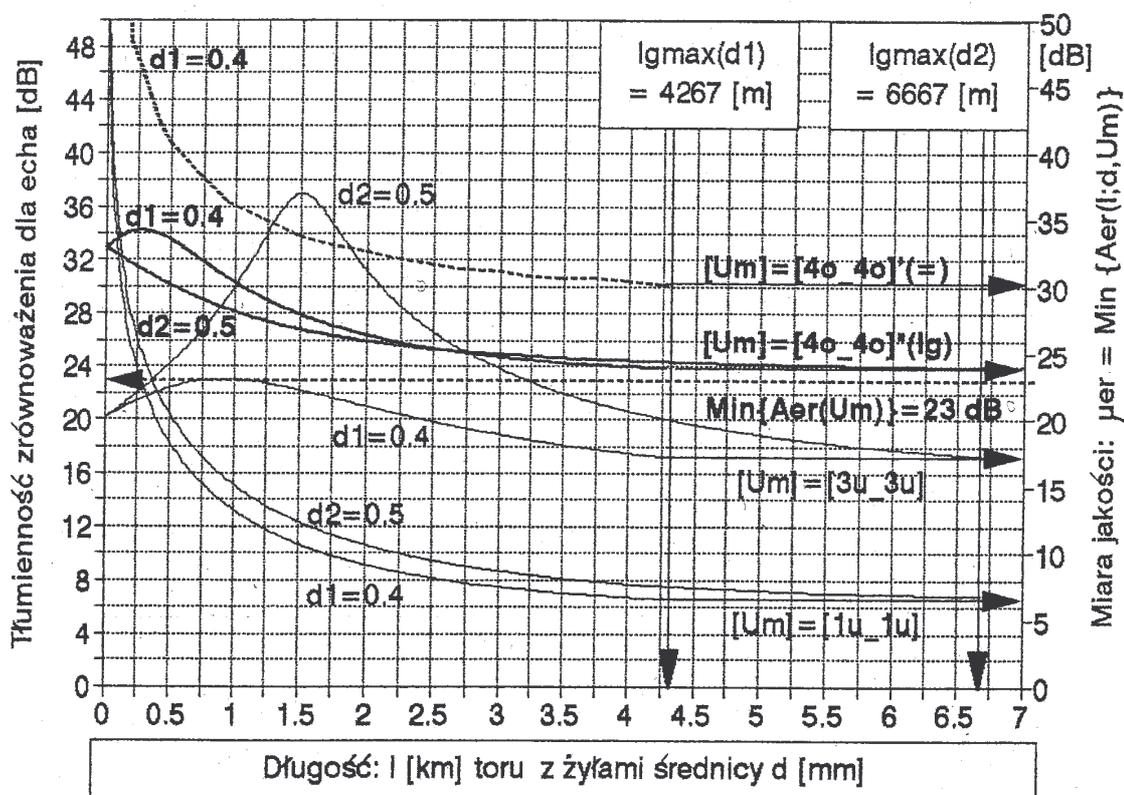
3.2. Charakterystyki układów U_m w sieciach miejscowych z łączami abonenckimi o długości ograniczonej dopuszczalną rezystancją

Poniżej zostaną przedstawione wyniki obliczeń funkcji: $\tilde{A}_{er}(l;K,U_m|W_{T1},W_{T2})$ oraz skalarnej miary: $\tilde{\mu}_{er}(K;U_m|W_{T1},W_{T2})$ dla wybranych układów miejscowych U_m w przypadku realizacji łączy abonenckich torami kablowymi typu XTKMX z żyłami średnicy: $d_1 = 0.4$ mm i $d_2 = 0.5$ mm (o parametrach podanych w pkt.3.1).

Przy dopuszczalnej rezystancji tych łączy równej 1200Ω maksymalna długość takich torów wynosi odpowiednio: $l_{gmax}(d_1) = 4267$ m oraz $l_{gmax}(d_2) = 6667$ m.

Na rys.5 porównano charakterystyki $\tilde{A}_{er}(l;U_m)$ dla czterech rodzajów układów U_m : <1> – konwencjonalnych, realizujących ustalenia CCIF z 1928 roku, dotyczących impedancji odniesienia 600Ω , podtrzymanych stanowiskiem Polski przedstawionym w pkt.4.1.2 dokumentu EN_300_001 [3], wydanego przez ETSI w 1998 roku; strukturę takich układów oznaczono symbolem [1u_1u];

<2> – zalecanych do stosowania w krajach Unii Europejskiej, których parametry elektryczne podano w Aneksie A do Zalecenia Q.552 [2] z 1995 roku, a także potwierdzono ustaleniem zawartym w pkt. A.2.1 dokumentu normalizacyjnego TBR_21 [32], wydanego przez ETSI w 1998 roku; strukturę takich układów oznaczono symbolem [3u_3u];



Rys. 5. Charakterystyki $\tilde{A}_{er}(l;d,U_m)$ dla niejednorodnej sieci miejscowej

<3> – zoptymalizowanych metodą podaną w pkt. 2.6 niniejszego artykułu z zastosowaniem 4-elementowych dwójników D_A oraz D_R ; strukturę takiego układu U_m oraz warunki optymalizacji elementów tej struktury oznaczono symbolem $[4o_4o]''(lg)$; <4> – zoptymalizowanych metodą podaną w pkt. 2.5 tego artykułu z zastosowaniem 4-elementowych, identycznych dwójników D_A oraz D_R . Strukturę takiego układu U_m oraz warunki optymalizacji (wyłącznie dla sieci jednorodnej) oznaczono symbolem $[4o_4o]'(=)$; (wykres – przerywaną linią pogrubioną). Uwaga: dla $l=4267$ m jest $\text{Min}\{\tilde{A}_{er}(l|U_m)\} = 30.4$ dB, a dla $l=1000$ m jest $\text{Min}\{\tilde{A}_{er}(l|U_m)\} = 36.4$ dB.

■ W tabeli 1 zestawiono wyniki oszacowań "Akceptowalnych" oraz "Limitujących" opóźnień $Gr\{(Te/2);p\}$ echa własnego w łańcuchu telefonicznym (patrz rys. 2), występujących dla różnych układów miejscowych U_m , przy poprzednio przyjętych założeniach, tzn. gdy: $\text{Const}(a,z) = 24$ dB.

Tab. 1. Akceptowalne ($p=1\%$) i limitujące ($p=10\%$) opóźnienia echa własnego

Symbol układu U_m Miara U_m : $\mu_{er}(U_m)$	$[1u_1u]$ 6.6 dB	$[3u_3u]$ 17.2 dB	$[4o_4o]''(lg)$ 23.9 dB	$[4o_4o]'(=)$ 30.4 dB
$Gr\{(Te/2);p=1\%$	9.2 ms	36.5 ms	107.3 ms	320.8 ms
$Gr\{(Te/2);p=10\%$	18.7 ms	95.6 ms	294.7 ms	> 500 ms

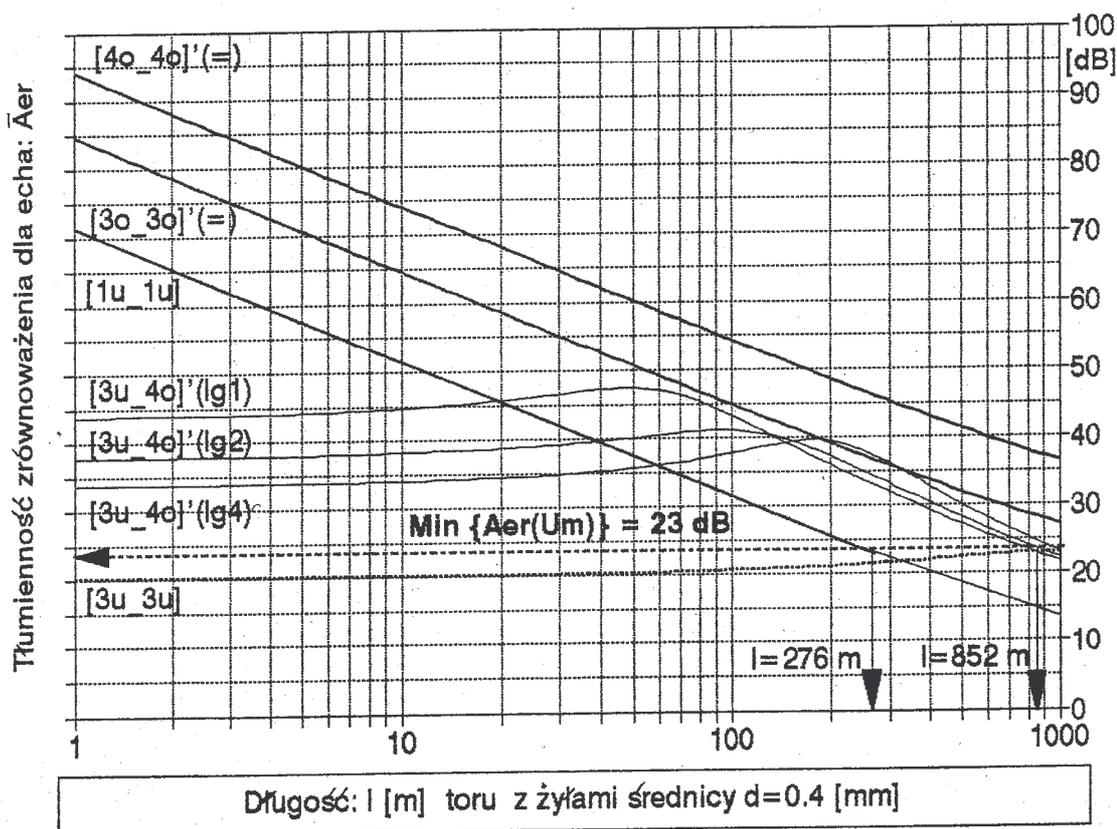
Komentarz: Zastosowanie układów miejscowych o symbolu $[4o_4o]''(lg)$, zoptymalizowanych dla niejednorodnej sieci łączy abonenckich, zamiast unormowanych układów o symbolu $[3u_3u]$, dotychczas zalecanych do stosowania w krajach Unii Europejskiej, spowoduje ~3-krotny wzrost wartości granicznych $Gr\{(Te/2);p\}$ opóźnienia echa, a więc w przybliżeniu 3-krotny wzrost granicznej odległości (w km) między abonentami, odległości do której nie ma potrzeby stosowania urządzeń kontrolujących echo. Analogicznie, zastosowanie układów miejscowych o symbolu $[4o_4o]'(=)$, zoptymalizowanych dla jednorodnej sieci łączy abonenckich, zamiast unormowanych układów o symbolu $[3u_3u]$, spowoduje ~9-krotny wzrost wartości granicznych opóźnienia echa.

3.3. Charakterystyki układów miejscowych w sieciach dostępowych z łącami abonenckimi o długości ograniczonej przesłankami ekonomicznymi

Ten punkt dotyczy układów miejscowych U_m , które mogą występować na różnej wielkości obszarach rozdzielczych. Wyniki optymalizacji impedancji tych układów zależą od każdorazowo wyznaczanej wartości górnej granicy lg długości łączy abonenckich, ekonomicznie uzasadnionej dla aktualnie rozważanego obszaru Q_{LC} obsługi Lokalnego Centrum transmisyjno-komutacyjnego LC .

Na rys. 6 przedstawiono wyniki obliczeń funkcji $\tilde{A}_{er}(l|U_m)$ dla wybranych rodzajów układów miejscowych U_m . Na tym rysunku liniami pogrubionymi oznaczono charakterystyki zoptymalizowanych układów U_m spełniających warunek: $\{Z_R = Z_A\}$ o strukturach: $[4o_4o]'(=)$ oraz $[3o_3o]'(=)$, a także konwencjonalnego układu U_m o strukturze $[1u_1u]$.

Linia kropkowaną sporządzono wykres dla unormowanego układu o strukturze [3u_3u]. Cienkimi liniami ciągłymi oznaczono wykresy układów "hybrydowych": [3u_4o]'(lg1), [3u_4o]'(lg2), [3u_4o]'(lg4), których dwójniki D_A są unormowane przez ETSI w pkt.A.2.1 dokumentu TER_21 [32], natomiast dwójniki D_R zostały zoptymalizowane metodą podaną w pkt. 2.5 tego artykułu.



Rys. 6. Charakterystyki $\tilde{A}_{er}(l;U_m)$ dla jednorodnej sieci łączy abonenckich

Jak widać z rys.6, układy miejscowe U_m o strukturze [3u_3u] z zasady nie powinny być stosowane przy budowie nowoczesnych sieci łączy abonenckich, ponieważ dla takich układów warunek (16'): $\tilde{A}_{er}(U_m) \geq 23$ dB zostaje spełniony jedynie w zakresie: $l \in [852 \div 980]$ m, a ponadto występujące tam maksimum tłumienności zrównoważenia dla echa: $\text{Max}_l\{\tilde{A}_{er}(l|U_m)\} = 23.13$ dB.

Jednakże, w ekonomicznie uzasadnionych przypadkach, istnieje możliwość zastosowania "hybrydowych" układów miejscowych; szczegółowe charakterystyki tych układów przedstawiono w pkt.3.3.2 [34].

Z drugiej strony, autor nie zaleca stosowania "hybrydowych" układów miejscowych, sugerując, że w aktualnie projektowanych sieciach łączy abonenckich należy preferować zoptymalizowane układy miejscowe U_m o symbolu [3o_3o]'(=), których charakterystyki funkcji $\tilde{A}_{er}(l;U_m)$ są znacznie lepsze niż unormowanych układów miejscowych o symbolach: [1u_1u] i [3u_3u].

■ W tabelach: 2 oraz 3 zestawiono wyniki oszacowań: "Akceptowalnych" oraz "Limitujących" opóźnień $Gr\{(Te/2);p\}$ echa w łańcuchu telefonicznym (patrz rys. 2), występujących dla różnych układów miejscowych Um , gdy: $Const(a,z) = 24$ dB.

Tab. 2. Opóźnienia echa – porównanie układów zoptymalizowanych z unormowanymi

Symbol układu Um Max. długość: lg Miara Um : $\mu_{er}(Um)$	[3u_3u] 100 m 20.2 dB	[1u_1u] 100 m 31.7 dB	[3o_3o]' (=) 100 m 44.9 dB	[4o_4o]' (=) 100 m 54.3 dB
$Gr\{(Te/2) p=1\%$	59 ms	368 ms	> 500 ms	> 500 ms
$Gr\{(Te/2) p=10\%$	158 ms	> 500 ms	> 500 ms	> 500 ms

Tab. 3. Opóźnienia echa – porównanie układów "hybrydowych" z unormowanymi

Symbol układu Um Max. długość: lg Miara Um : $\mu_{er}(Um)$	[3u_3u] 1000 m 20.2 dB	[3u_4o]' (lg4) 367 m 33.6 dB	[3u_4o]' (lg2) 191 m 37.6 dB	[3u_4o]' (lg1) 96 m 43.6 dB
$Gr\{(Te/2) p=1\%$	59 ms	> 500 ms	> 500 ms	> 500 ms
$Gr\{(Te/2) p=10\%$	158 ms	> 500 ms	> 500 ms	> 500 ms

Komentarze do tabel 2 oraz 3:

1. Należy zwrócić uwagę, że występująca w tabeli 2 wartość graniczna długości łączy abonenckich: $lg = 100$ m została dowolnie wybrana z przedziału $[0;lg_{max}]$, gdzie $lg_{max} = 1000$ m. Natomiast występujące w tabeli 3 wartości graniczne długości łączy abonenckich: $lg(Um)$ "hybrydowych" układów miejscowych są zdeterminowane charakterystykami $\tilde{\bar{A}}_{er}(l;Um)$ tych układów (patrz pkt.3.3.2 [34]).

2. Występujące w obu tabelach wartości: $Gr\{(Te/2);p\} > 500$ ms oznaczają, że nastąpiło przekroczenie zakresu opóźnień echa podanego w Zaleceniu G.131.

Autor sugeruje, aby w takich przypadkach przyjmować, że istnieje potrzeba (gdy $p=1\%$) a nawet konieczność (gdy $p=10\%$) zastosowania urządzeń kontrolujących echo jedynie przy połączeniach satelitarnych.

3.4. Uwagi końcowe i wnioski

Należy zwrócić uwagę, że dla wszystkich rozpatrywanych w tym rozdziale układów miejscowych, zoptymalizowanych oryginalną metodą (wg pkt.2.5 albo 2.6), zachodzi:

$$\text{Min}_l \{ \bar{A}_{er}(l;Um) \}_{l \leq lg} = \{ \bar{A}_{er}(lg;Um) \},$$

a z tego wynika, iż kolejno zostają spełnione dwa warunki:

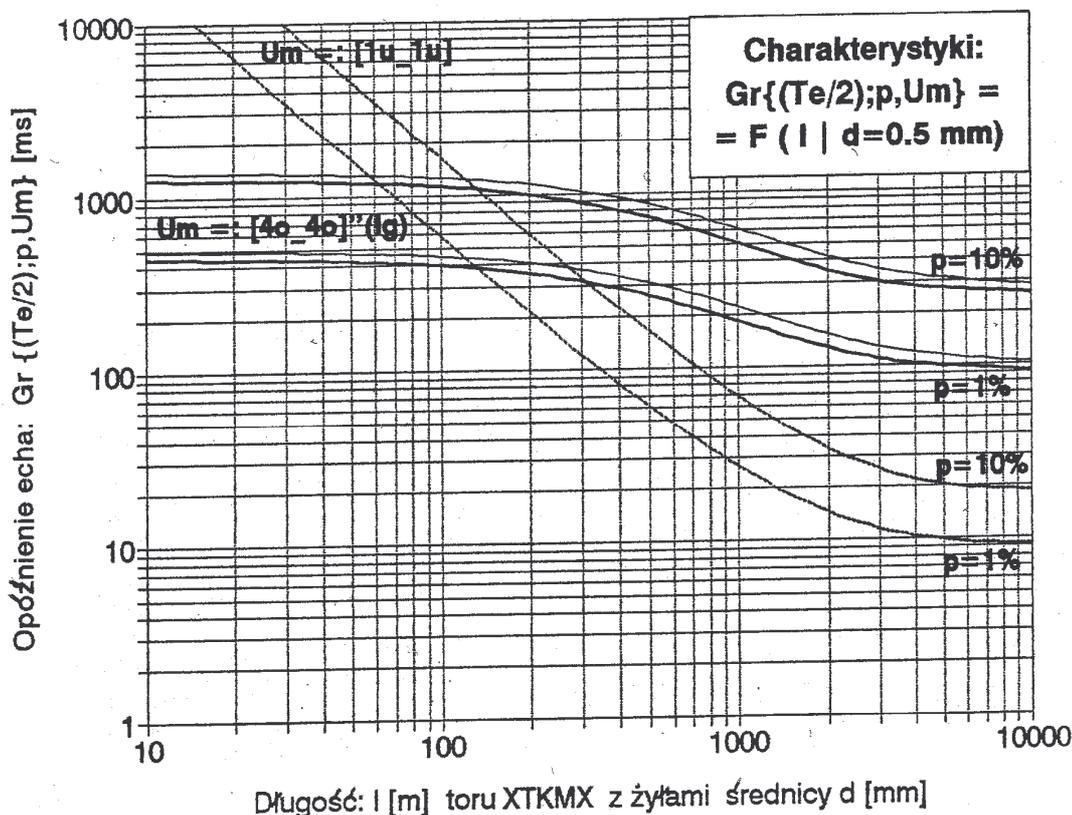
$$\{ \bar{A}_{er}(l < lg;Um) \} > \mu_{er}(Um)$$

oraz $Gr\{(Te/2);p| \bar{A}_{er}(l < lg;Um) \} > Gr\{(Te/2);p| \mu_{er}(Um) \}$.

Dlatego podane w Tab.: 1, 2 i 3 wartości graniczne $Gr\{(Te/2);p| \mu_{er}(Um) \}$ opóźnień echa są wartościami minimalnymi, charakteryzującymi zestawy połączeniowe PSTN, aktualnie współpracujące z układami miejscowymi danego rodzaju Um .

Zamieszczone w rozdz.3 charakterystyki $\tilde{\bar{A}}_{er}(l;Um)$ układów Um umożliwiają wyznaczenie charakterystyk opóźnień echa: $Gr\{(Te/2),l;p|Um) = F_{p\%} \{ \tilde{\bar{A}}_{er}(l|Um) \}$.

Takie przykładowe charakterystyki dla układów miejscowych oznaczonych symbolami: [1u_1u] oraz [4o_4o]"(lg) przedstawiono na rys.7.



Rys. 7. Charakterystyki $Gr\{(Te/2);p\} = F_{p\%}(l;U_m|d)$ dwóch rodzajów układów U_m

■ Dotychczas uzyskane wyniki pracy prowadzą do następujących wniosków:

1° Przedstawione w rozdz.3 niniejszego artykułu charakterystyki: $\tilde{A}_{er}(l;U_m)$ oraz $\tilde{\mu}_{er}(U_m)$ układów miejscowych U_m zoptymalizowanych oryginalną metodą, zaprezentowaną w pkt.: 2.5 i 2.6 tego artykułu, są znacznie lepsze niż powszechnie stosowanych, unormowanych układów miejscowych o symbolach: [1u_1u] i [3u_3u].

2° Przy modernizacji istniejących sieci miejscowych należy stosować układy miejscowe oznaczone symbolami: [4o_4o]"(lg) w przypadku sieci niejednorodnej, a [4o_4o]'(=) w przypadku sieci jednorodnej; w obu przypadkach układy miejscowe mają 4-elementowe, zoptymalizowane dwójniki D_A oraz D_R .

3° Przy projektowaniu nowoczesnych, jednorodnych sieci łączy abonenckich w poszczególnych obszarach rozdzielczych każdego Lokalnego Centrum transmisyjno-komutacyjnego należy stosować układy miejscowe oznaczone symbolem [3o_3o]'(=); w takim przypadku zoptymalizowane dwójniki: D_A i D_R są identyczne i zawierają tylko 3 elementy. Natomiast nie należy stosować unormowanych układów miejscowych o symbolu [3u_3u]; ponadto nie zaleca się stosowania "hybrydowych" układów miejscowych (patrz pkt.3.3).

■ Takie są tymczasowe wnioski praktyczne. W tym miejscu należy bowiem przypomnieć, że przedstawione w tym artykule wyniki obliczeń są jedynie argumentami potwierdzającymi tezę autora. Realizacja obliczeń w pełni przydatnych dla praktyki wymaga uprzedniego osłabienia dotychczas przyjętych założeń przez uwzględnienie faktu, że w rzeczywistości wszystkie dane wejściowe (parametry elektryczne: torów kablowych oraz ewentualnie dwójników D_A i D_R) są losowymi funkcjami czasu. Dlatego zaprezentowany w niniejszym artykule deterministyczny model zjawisk nie jest dostatecznie adekwatny do rzeczywistości. Zdaniem autora, uzyskanie wyników spełniających aktualne wymagania praktyczne jest możliwe z zastosowaniem probabilistycznego modelu zjawisk. Szczegółowe wnioski, zawierające propozycje kontynuacji tematu, przedstawiono w pkt.4.2 [34].

Wykaz literatury

- [1] Angermüller R.: Impedanzstrategie – ein wirtschaftliches Mittel Echokontrolle in digitalen Telekommunikationsnetzen mit analogen Teilnehmeranschlüssen. Telecom Praxis, r.1998, nr 8.
- [2] CCITT → ITU-T:
 - a) Recommendation C.107 (2003): The E-model, a computational model for use in transmission planning.
 - b) Recommendation G.111 (1993): Loudness ratings (LRs) in an international connection.
 - c) Recommendation G.114 (2003): One-way transmission time.
 - d) Recommendation G.122 (1993): Influence of national systems on stability and talker echo in international connections.
 - e) Recommendation G.126 (1993): Listener echo in telephone networks.
 - f) Recommendation G.131 (2003): Talker echo and its control.
 - g) Recommendation G.164 (1988): Echo suppressors.
 - h) Recommendation G.165 (1993): Echo cancellers.
 - i) Recommendation P.79 (1999): Calculation of loudness ratings for telephone sets. [updated: 18-03-2005].
 - j) Recommendation Q.552 (1996): Transmission characteristics at 2-wire interfaces of digital exchanges.
 - Annex A to Recommendation Q.552: Impedance strategy in two-wire networks. COM 15-172 (1995).
 - Supplement 2 to CCITT Recommendations: Impedance strategy for telephone instruments and digital local exchanges in the British network.
 - Supplement 31 to ITU-T Series G Recommendations (1993): Principles of determining an impedance strategy for the local network.
- [3] European Standard EN_300_001 V1.5.1: Attachment to Public Switched Telephone Network (PSTN). General technical requirements for equipment connected to an analogue subscriber interface in the PSTN. Chapter 4: Transmission characteristics. ETSI, 1998.
- [4] European Standard EN_301_437 V1.1.1: Terminal Equipment (TE); Attachment requirements for pan-European approval for connection to the analogue PSTN. [Requirements. Test methods]. ETSI, 1999.
- [5] Głowacki M., Zieliński R.J.: Przewodowe systemy dostępowe. Przegląd Telekomunikacyjny, r. 2000, nr 8/9.
- [6] Gruber J., Williams G.: Transmission performance of evolving telecommunication networks. Artech House, Boston – London, 1992.
- [7] Handbook on Telephonometry. ITU, Geneva, 1987.
- [8] Kowalski Z.: Aparat telefoniczny CB ze wzmacniaczem mikrofonowym. Przegląd Telekomunikacyjny, r.1963, nr 1.

- [9] Kowalski Z.: Aparaty telefoniczne CB ze wzmacniaczami słuchawkowymi. Biuletyn Techniczny Ministerstwa Łączności, r.1964, nr 3.
- [10] Kowalski Z.: Aparat telefoniczny ze wzmacniaczami tranzystorowymi... Biuletyn Techniczny Ministerstwa Łączności, r.1965, nr 1.
- [11] Kowalski Z.: Układ rozmówny aparatu telefonicznego z dynamicznymi przetwornikami elektroakustycznymi. Biuletyn Techniczny M.Ł., r.1971, nr 2.
- [12] Kowalski Z.: Układ rozmówny aparatu telefonicznego o stabilnych właściwościach nadawczych. Przegląd Telekomunikacyjny, r.1972, nr 4.
- [13] Kowalski Z.: Band transmission loss of telecommunication two-ports. Archiwum Elektrotechniki, r.1980, nr 2.
- [14] Kowalski Z.: Metoda kompensacyjna wyznaczania funkcji wagi dla tłumienności pasmowej. Archiwum Elektrotechniki, r.1983, nr 1/2.
- [15] Kowalski Z.: Tłumienności pasmowe o logarytmnormalnym rozkładzie wagi i ich punktowe aproksymaty. Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji, r.1991, nr 3/4.
- [16] Kowalski Z.: Metoda optymalizacji dopasowań w miejscowych sieciach telefonicznych. Referat [C-4.04] KST'1993.
- [17] Kowalski Z.: Optymalizacja dopasowań impedancyjnych w miejscowych sieciach telefonicznych. Referat [C-4.09] KST'1994.
- [18] Kowalski Z.: Optymalizacja dopasowań impedancyjnych w układach miejscowych sieci telefonicznej. Przegląd Telekomunikacyjny, r.1995, nr 3.
- [19] Kowalski Z.: Wyniki optymalizacji dopasowań impedancyjnych w miejscowych sieciach telefonicznych. Referat [B-1.14] KST'1995.
- [20] Kowalski Z.: Dopuszczalne rozwiązania telefonicznych układów miejscowych. Referat [D-6/7.06] KST'1996.
- [21] Kowalski Z.: Optymalizacja impedancji telefonicznych układów miejscowych w obszarach rozdzielczych. Referat [D-6/7.04] KST'1997.
- [22] Kowalski Z.: Optymalizacja impedancji telefonicznych układów miejscowych w przewodowej sieci dostępowej. Referat [A-6/7.01] KST'1998.
- [23] Kowalski Z.: Typowe rozwiązania telefonicznych układów miejscowych w przewodowej sieci dostępowej. Referat [D-6.01] KST'1999.
- [24] Kowalski Z.: Wybrane aspekty harmonizacji telekomunikacyjnych norm krajowych z normami Unii Europejskiej. Referat [C-7.11] KST'2002.
- [25] Kowalski Z.: Optymalizacja impedancji układów miejscowych PSTN. Referat [C-SP.05] KST'2003.
- [26] Michel K.: Urządzenia teletransmisyjne telefonii naturalnej. PWT. Warszawa, 1953.
- [27] Norma Branżowa EN-69/3221-04: Aparaty telefoniczne CB. Ogólne wymagania i badania. r.1969.
- [28] Nowicki W.: Podstawy teletransmisji. Tom 1. WKiŁ, Warszawa, 1971.
- [29] Palmowska K., Kowalski Z.: Sieć telefoniczna – podstawowe określenia i struktury. Biuletyn techniczny PPTT, r.1990, nr 3.
- [30] Pałkiewicz M.: Ewolucja sieci dostępu. Przegląd Telekomunikacyjny, r.1995, nr 8.
- [31] Polska Norma PN-T-83001: Aparaty telefoniczne elektroniczne ogólnego przeznaczenia współpracujące z analogowymi łączami abonenckimi. Wymagania i badania. PKN, r.1999.
- [32] Technical Basis for Regulation – TER_21: Terminal Equipment (TE). Attachment requirements for pan-European approval for connection to the analogue Public Switched Telephone Networks (PSTNs) of TE. ETSI, 1998.
- [33] Waszczyński J.: Komentarze do Krajowego Planu Transmisji KPT-92. Część III: Zagadnienia doboru impedancji w układach lokalnych ze stykiem "Z" centrali cyfrowej. Przegląd Telekomunikacyjny, r. 1995, nr 10. oraz pełna wersja (42 str.) artykułu:
- [34] Kowalski Z.: Efektywne przeciwdziałanie powstawaniu echa w łańcuchach PSTN z zastosowaniem metody optymalizacji impedancji układów miejscowych.

Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy jest placówką badawczo-rozwojową, zatrudniającą zespół naukowców i specjalistów o wysokich kompetencjach w dziedzinie telekomunikacji i technik informacyjnych.

Prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych jest jednym z najważniejszych obszarów działalności Instytutu Łączności. Tematyka prac dotyczy m.in.: sieci inteligencji otoczenia, optoelektroniki, inżynierii oprogramowania, wspomagania decyzji, aspektów strukturalnych, funkcjonalnych i rozwojowych infrastruktury telekomunikacyjnej.

Wykonywane są również prace o charakterze interdyscyplinarnym, uwzględniające zagadnienia, np. **prawa telekomunikacyjnego** czy **ekonomiki telekomunikacji**. Podejmowane są także tematy dotyczące **społeczno-ekonomicznych, prawnych i technicznych aspektów społeczeństwa informacyjnego**.

Od 2000 r. Instytut Łączności wydaje dwa czasopisma: [Telekomunikacja i Techniki Informacyjne](#) oraz [Journal of Telecommunications and Information Technology](#). Czasopismo *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne* (TITI) ma charakter naukowo-techniczny. Szczegółowe informacje o najnowszym numerze TITI zaprezentowano na stronie: <http://www.itl.waw.pl/publ/titi/>

Journal of Telecommunications and Information Technology (JTIT) jest anglojęzycznym czasopismem naukowym. Informacje o JTIT znajdują się na stronie: <http://www.itl.waw.pl/publ/jtit/>. *Journal* został umieszczony w bazach EBSCO: <http://www.epnet.com/> i Ulrichsweb.com.

Instytut Łączności

ul. Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: (+48) 22 51 28 100
faks: (+48) 22 51 28 625

Oddział IŁ w Gdańsku

ul. Jaškowa Dolina 15
80-252 Gdańsk
tel.: (+48) 58 341 71 21
tel.: (+48) 58 341 80 91
faks: (+48) 58 341 71 12

Oddział IŁ we Wrocławiu

ul. Swojczycka 38
51-501 Wrocław
tel.: (+48) 71 36 99 800 (803)
tel.: (+48) 71 372 88 68
faks: (+48) 71 372 88 78

Redaktor naczelna: Ewa Kapuściarek; e-mail: redakcja@itl.waw.pl

Edycja: Ośrodek Informacji Naukowej, Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy

Prenumerata: wyłącznie elektroniczna na stronie: <http://www.itl.waw.pl/publ/biuletyn/form.html>

© Copyright by Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy 2007