

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

**REFERATY
PROBLEMOWE**

Zeszyt 88

Zbigniew Kowalski

**EWOLUCJA TŁUMIENNOŚCI ODNIESIENIA
JAKO MIARY JAKOŚCI ŁAŃCUCHÓW TELEFONICZNYCH**



Warszawa 1988

621.317:621.395.018.8

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 88

Zbigniew Kowalski

EWOLUCJA TLUMIENNOŚCI ODNIESIENIA
JAKO MIARY JAKOŚCI ŁAŃCUCHÓW TELEFONICZNYCH

Warszawa 1988

5-9918

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stągrowski
mgr inż. Krystyna Frączek

BIBLIOTEKA

Institutu Łączności

Opracował :

Nr 5-99/18

dr inż. Zbigniew Kowalski (tel. 128.246)
Zakład Postawowych Problemów Telekomunikacji (Z-24)

Institut Łączności:
04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1

Praca CPBR 8.5 - 98.C

Opiniował: prof. dr inż. Jerzy Dudziewicz

Maszynopis referatu dostarczono dnia 1988-04-11

W referacie przedstawiono zasadę wyznaczania tłumienności odniesienia oraz motywy przekształceń tej skalarnej wielkości (klasyczna RE - skorygowana CRE - zmodyfikowana LR). Scharakteryzowano główne zalecenia CCITT dotyczące projektowania sieci telefonicznych na podstawie wielkości: RE, CRE oraz LR, a także uzasadniono potrzebę wprowadzenia wielkości LR do stosowania w polskiej sieci telefonicznej.

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: AUTOR z zastosowaniem edytora WORD-STAR 3.40
Wydruk w trybie graficznym: LETTRIX czcionką POLGOTHIC

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 1988-04-29

Nakład 70 egz.

Zbigniew Kowalski

EWOLUCJA TŁUMIENNOŚCI ODNIESIENIA
JAKO MIARY JAKOŚCI ŁANCUCHÓW TELEFONICZNYCH

Spis treści:

Str.:

1. Wprowadzenie	1
2. Klasyczna tłumienność odniesienia	2
2.1. Zasada pomiaru	2
2.2. Model błędów oceny	3
2.3. Normy rozdziału tłumienności	6
2.4. Wady klasycznej miary i postulaty CCITT	7
3. Skorygowana tłumienność odniesienia	9
3.1. Zasada pomiaru	9
3.2. Związek wielkości skorygowanej z klasyczną	10
3.3. Normy rozdziału tłumienności	10
3.4. Wady skorygowanej miary	10
4. Zmodyfikowana tłumienność odniesienia	12
4.1. Zasada pomiaru	12
4.2. Zarys dynamicznego modelu oceny	14
4.3. Obiektywizacja zmodyfikowanej miary	17
4.4. Związek wielkości zmodyfikowanej z klasyczną	18
4.5. Normy rozdziału tłumienności	18
4.6. Propozycja rozdziału wielkości LR w polskiej sieci telefonicznej	19
5. Podsumowanie i wnioski	19
Podziękowanie	21
Wykaz literatury	22

Zbigniew Kowalski

EWOLUCJA TŁUMIENNOŚCI ODNIESIENIA

JAKO MIARY JAKOŚCI ŁAŃCUCHÓW TELEFONICZNYCH

1. WPROWADZENIE

Podstawowym czynnikiem wpływającym na słyszalność rozmów telefonicznych jest tłumienie energii sygnałów, przesyłanych drogami połączeniowymi tworzonymi w sieci. Na podstawie międzynarodowych uzgodnień drogi te, zwane łańcuchami telefonicznymi, przyjęto charakteryzować tłumiennością odniesienia.

Jest to skalarna wielkość, z zasady wyznaczana przez ekipę operatorów na podstawie subiektywnych wrażeń jednakowej głośności dźwięków mowy, transmitowanej na przemian przez badany obiekt (łańcuch telefoniczny albo jego ogniwo) oraz przez wzorzec odniesienia. Z tego względu wyznaczanie tłumienności odniesienia może się odbywać tylko w warunkach laboratoryjnych i tylko wtedy, gdy wejście i wyjście badanego obiektu jest zlokalizowane tuż przy wzorcu odniesienia. Na skutek tego z kolei dotychczas wykonywane projekty rozdziału tłumienności w sieci telefonicznej są pomiarowo niesprawdzalne w warunkach eksploatacyjnych.

Według badań przeprowadzonych w ostatnich latach okazało się, że poza b. małą dokładnością wyników pomiarów, związaną z subiektywną metodą wyznaczania wartości, tłumienność odniesienia jest wielkością nieaddytywną przy łańcuchowym łączeniu ogniw.

Ponieważ dotychczasowe metody projektowania sieci telefonicznej na podstawie tłumienności odniesienia implicite są oparte na założeniach addytywności stosowanej miary oraz zupełnej dokładności danych liczbowych - mogą występować bardzo znaczne rozbieżności między wynikami obliczeń projektowych a faktycznie występującą tłumiennością łańcuchów telefonicznych w sieci zrealizowanej zgodnie z projektem. W celu obniżenia kosztów inwestycji, łańcuchy telefoniczne są projektowane na górną granicę sumy tłumienności ich ogniw składowych. Wobec znacznej strukturalnej różnorodności łańcuchów tworzonych w sieci, powoduje to występowanie w praktyce licznych przypadków połączeń telefonicznych subiektywnie niezadowalających.

Dla poprawy istniejącego stanu rzeczy przeprowadzane są w ostatnim piętnastoleciu próby korygowania względnie modyfikacji procedury wyznaczania tłumienności odniesienia w celu stworzenia możliwości weryfikacji, a więc i urealnienia projektów rozdziału tłumienności w sieci telefonicznej.

Niniejszy referat przedstawia drogę ewolucji, prowadzącą do obiektywizacji miary, której pierwotną koncepcją była oparta wyłącznie na subiektywnych doznaniach słuchowych.

2. KLASYCZNA TŁUMIENNOŚĆ ODNIIESIENIA

2.1. Zasada pomiaru

Na rys.1 przedstawiono formalną regułę określenia wartości tłumienności odniesienia RE *) badanego obiektu (łańcucha telefonicznego albo jego części) przez porównanie z wzorcami telefonometrycznymi **) . Z zasady badany obiekt jest porównywany z wtórnym wzorcem telefonometrycznym; w ten sposób zostaje określona wartość A tłumienności względnej. Wzorzec wtórny (Krajowy) jest uprzednio porównywany z wzorcem pierwotnym (międzynarodowym); w wyniku tego porównania zostaje określona wartość A_w tłumienności wzorca wtórnego względem pierwotnego. Wartość tłumienności odniesienia A_0 badanego obiektu określa się jako sumę dwóch uprzednio wyznaczonych składników, tzn.:

$$A_0 = A_w + A \quad (1)$$

Na rys.2 (patrz str.5) przedstawiono schematy ideowe układów do wyznaczania tłumienności odniesienia. Część a) rysunku dotyczy wyznaczania wartości A_w wzorca wtórnego w laboratorium CCITT w Genewie, natomiast część b) - wyznaczania wartości A badanego obiektu w Krajowym laboratorium telefonometrycznym. W obu przypadkach wyznaczanie tłumienności następuje na podstawie subiektywnych porównań głośności mowy, transmitowanej na przemian przez regulowany kanał zawierający wzorzec telefonometryczny oraz przez nieregulowany kanał, zawierający oprócz badanego obiektu dopełniające łańcuch telefoniczny człony tego wzorca **). Upraszczając sprawę można stwierdzić, że jako ocenę tłumienności badanego obiektu przyjmuje się wartość tłumienności A, którą należy wtrącić w część torowa wzorca telefonometrycznego, aby uzyskać jednakową głośność dźwięków transmitowanych na przemian kanałami wzorcowym i badanym.

Należy zwrócić uwagę, że średni poziom głośności dźwięków przy pomiarach tłumienności odniesienia zależy od tłumienności badanego obiektu. Jest to niekorzystne z punktu widzenia dokładności pomiarów, ponieważ rozdzielczość słuchu (próg dostrzegalności różnicy głośności) zależy od wartości średniego poziomu głośności.

*) RE : Reference Equivalent

**) Wzorce telefonometryczne oraz metody przeprowadzania pomiarów tłumienności odniesienia są określone zaleceniami P.42 oraz P.72 CCITT [1-6, tom V]. Pierwszy międzynarodowy wzorzec telefonometryczny SFERT (= Systeme Fondamental Europeen de Reference pour la Transmission Telephonique) wprowadzono w 1928 roku; ze względu na zużycie został on zastąpiony w 1962 roku przez NOSFER (= Nouveau Systeme Fondamental pour la determination des Equivalents de Reference); ponadto w 1984 roku zbudowano NOSFER-84. Należy dodać, że polski wzorzec telefonometryczny jest wtórnikiem wzorca podstawowego NOSFER.

***). Gdy badanym obiektem jest część nadawcza aparatu telefonicznego, układem dopełniającym jest człon odbiorczy wzorca i na odwrót; dokładniejsze informacje podano w [13] oraz w [20].



Rys.1. Zasada określania wartości tłumienności odniesienia badanego obiektu na podstawie porównania pośredniego z podstawowym wzorcem telefonometrycznym

To porównanie pośrednie składa się z dwóch porównań bezpośrednich: I - przy którym wyznacza się wartość tłumienności A_w wzorca wtórnego (Krajowego) względem wzorca pierwotnego (NOSFER) oraz II - przy którym wyznacza się wartość tłumienności A obiektu badanego względem wzorca wtórnego.

Należy ponadto zwrócić uwagę, że w Krajowych laboratoriach telefonometrycznych badane obiekty mają z reguły wąskie pasmo przesłowe (telefoniczne: od 300 do 3400 Hz), podczas gdy wzorce - pasmo szerokie (od poniżej 100 do około 8000 Hz). To również niekorzystnie wpływa na dokładność przeprowadzanych pomiarów ze względu na konieczność porównywania głośności dźwięków o różnej szerokości widma.

Przeprowadzone badania wykazały, że rozdzielczość takich pomiarów wynosi kilka decybeli. Z tego względu ocena tłumienności badanego obiektu uzyskana na podstawie jednorazowego porównania ze wzorcem telefonometrycznym wykazuje błąd standardowy σ_1 rzędu jednego decybel (4).

2.2. Model błędów oceny

W celu zwiększenia dokładności ostatecznej oceny tłumienności badanego obiektu jego porównanie ze wzorcem jest przeprowadzane wielokrotnie, przy czym porównania te są dokonywane przez członków specjalnie dobranej (głównie ze względu na dobry słuch) i odpowiednio przeszkolonej ekipy telefonometrycznej. Podczas pomiarów każdy członek ekipy (występujący dwukrotnie: raz jako

(4) - Patrz odsyłacz na str. 4

mówiący, drugi raz jako nasłuchujący) dokonuje oceny tłumienności badanego obiektu, współpracując kolejno ze wszystkimi pozostałymi jej członkami. Dlatego przy liczebności ekipy telefonometrycznej równej N osób, liczba porównań badanego obiektu ze wzorcem wynosi:

$$P = N \cdot (N-1) \quad (2)$$

Zakładając, że każde porównanie jest takiej samej dokładności (o błędzie standardowym σ_i^*), jako ocenę tłumienności badanego obiektu przyjmuje się wartość średnią z wyników poszczególnych porównań, tzn.:

$$A = 1/P \cdot \sum_{\substack{j,i=1 \\ i \neq j}}^N A_{ji} \quad (3)$$

gdzie: A_{ji} oznacza wynik pomiaru tłumienności uzyskany w przypadku, gdy j -ty członek ekipy mówi, zaś i -ty słucha.

Ta uśredniona ocena tłumienności badanego obiektu wykazuje błąd standardowy równy:

$$\sigma = \sigma_i / \sqrt{P} \quad (4)$$

Jak widać ze wzorów (4) oraz (2), przy wzroście liczebności N ekipy telefonometrycznej szybko wzrasta liczba P porównań, a więc i czas trwania subiektywnych pomiarów tłumienności, natomiast powoli maleje błąd standardowy σ uśrednionej oceny tłumienności badanego obiektu.

Ponieważ wyznaczanie tłumienności odniesienia jest oparte na porównaniach pośrednich (patrz rys.1 na str.3), więc w przypadku stabilnego wzorca wtórnego błąd standardowy uśrednionej oceny tłumienności odniesienia badanego obiektu wynosi:

$$\sigma_0 = \sqrt{(\sigma_w)^2 + \sigma^2} \quad (5)$$

gdzie σ_w jest błędem standardowym uśrednionej oceny tłumienności wzorca wtórnego względem podstawowego (wyznaczanym w identyczny sposób jak błąd standardowy σ uśrednionej oceny tłumienności badanego obiektu względem wzorca wtórnego).

*) - Wartość liczbową wielkości σ , można wyznaczać sekwencyjnie dla danej ekipy telefonometrycznej na podstawie wszystkich dotychczas przeprowadzanych badań n obiektów przyjmując, że:

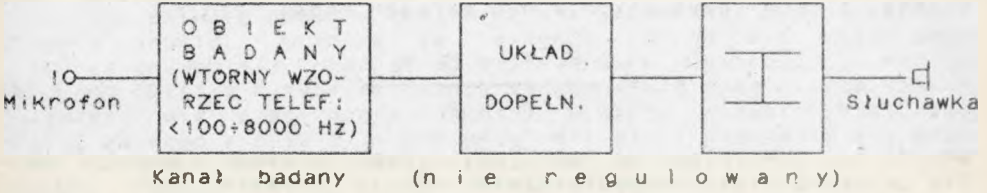
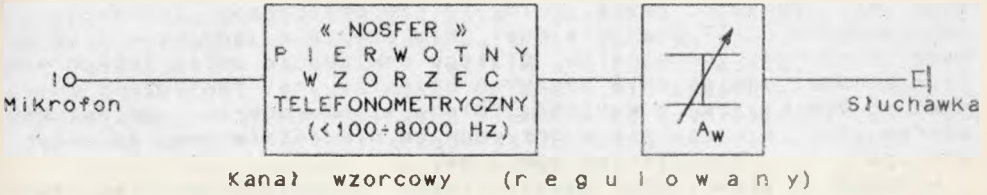
$$\sigma_i^2 = 1/n \cdot \sum_{l=1}^n S_{il}^2 \quad ; \quad i = 1, \dots, n \quad (01)$$

gdzie:

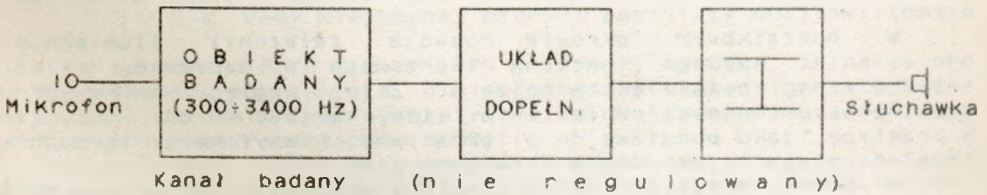
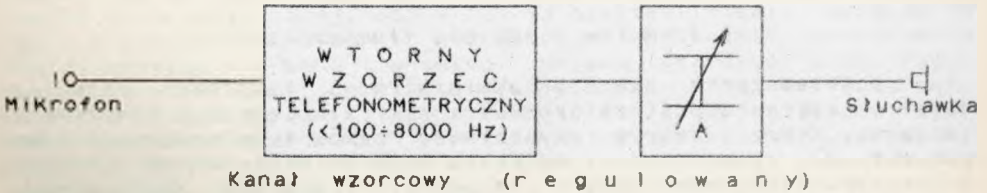
$$S_{il}^2 = 1/(P_l - 1) \cdot \sum_{\substack{j,i=1 \\ i \neq j}}^{N_l} (A_{ji} - A_l)^2 \quad (02)$$

przy czym: N_l jest liczebnością ekipy telefonometrycznej, badającej l -ty obiekt, P_l jest określona wzorem (2) liczbą porównań, a A_l - określona wzorem (3) uśredniona ocena tłumienności badanego obiektu.

a)



b)



Rys.2. Schematy ideowe układów pomiarowych do wyznaczenia wielkości RE: a) Kalibracja wzorca wtórnego w laboratorium telefonometrycznym CCITT w Genewie; b) wyznaczenie tłumienności względnej A badanego obiektu w Krajowym laboratorium telefonometrycznym.

W rzeczywistości wzory telefonometryczne nie są doskonale stabilne, ponadto różne ekipy telefonometryczne (działające w laboratorium CCITT oraz krajowe) nie oceniają jednakowo tłumienności porównywanych kanałów. Dlatego dokładność uśrednionych ocen tłumienności odniesienia badanych obiektów jest faktycznie mniejsza od wynikającej z wartości błędu standardowego, określonego wzorem (5), szczególnie w przypadkach niedostatecznej adiustacji wzorców przed rozpoczęciem pomiarów.

Ponieważ właściwości zmysłu słuchu ulegają zmianom w czasie, z reguły stosuje się powtórzenie serii badań, przyjmując jako ostateczną ocenę tłumienności badanego obiektu wartość średnią ważoną z ocen uzyskanych w obu seriach badań, tzn.:

$$A = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2}{P_1 + P_2} \quad (6)$$

gdzie: P_1 - określona ze wzoru (2) liczba porównań badanego obiektu z wzorcem telefonometrycznym podczas pierwszej serii badań, gdy ekipa telefonometryczna składała się z N_1 osób, zaś P_2 - liczba porównań podczas drugiej serii badań, gdy liczebność ekipy wynosiła N_2 osób *). Występujące w powyższym wzorze symbole A_1 oraz A_2 oznaczają uśrednione oceny tłumienności odniesienia badanego obiektu, wyznaczone na podstawie wyników pomiarów, przeprowadzanych podczas pierwszej oraz drugiej serii badań.

2.3. Normy rozdziału tłumienności

Doświadczenia szeregu administracji łączności pozwoliły ustalić zakres dopuszczalnych wartości tłumienności odniesienia łańcuchów, przy którym słyszalność rozmów telefonicznych jest subiektywnie zadowalająca: od około 0 dB do około 40 dB. Poniżej dolnej granicy tego zakresu abonenci słyszą się zbyt głośno, natomiast powyżej górnej granicy - zbyt słabo, na skutek czego porozumiewanie się przez telefon jest bardzo trudne albo wręcz niemożliwe.

W początkowym okresie rozwoju telefonii tłumienność odniesienia każdego łańcucha tworzonego w ówczesnej sieci telefonicznej była większa od zera. Z tego względu tylko górną granicę tłumienności odniesienia (tzn. wartość 40 dB) przyjęto w praktyce jako podstawę do alternatywnej klasyfikacji łańcuchów telefonicznych (jako dobre albo jako złe).

W starym międzynarodowym planie transmisji CCIF z roku 1956 [1, tom III bis] zalecano takie projektowanie sieci, aby każdy tworzony łańcuch telefoniczny był dobry, tzn. aby jego tłumienność odniesienia podczas trwania połączenia nie przekraczała 40 dB. Zwracano przy tym uwagę, że wartość ta jest górną nieprzekraczalną granicą tłumienności, uwzględniającą wszelkiego rodzaju odchylenia względem wartości nominalnych, a więc zarówno zmiany w funkcji czasu jak i różnice między poszczególnymi obiektami danego typu, wchodzącymi w skład łańcuchów telefonicznych.

*) W praktyce częstokroć zachodzi $N_1 \neq N_2$ wskutek niedyspozycji poszczególnych członków ekipy telefonometrycznej.

Ze względu na trudności trafnego przewidywania maksymalnych wartości tłumienności odniesienia łańcuchów, które będą faktycznie występować w projektowanej sieci telefonicznej, w latach sześćdziesiątych zmieniono zalecenia międzynarodowe. W planie transmisji CCITT z roku 1964 [2,tom III] ustalono probabilistyczne wymagania na nominalne tłumienności odniesienia głównych części składowych międzynarodowego łańcucha telefonicznego.

Istota tych ustaleń jest następująca (patrz rys.7a na str. 20). Jakość krajowej sieci telefonicznej ocenia się na podstawie względnej liczby połączeń międzynarodowych (zarówno wychodzących jak i przychodzących), przy których wartość nominalna tłumienności odniesienia układów krajowych nie przekracza dopuszczalnych górnych granic. Granice te wynoszą: 21 dB dla nadawczego kierunku transmisji oraz 12 dB dla kierunku odbiorczego. Według zaleceń CCITT z r.1964 aktualnie wymagana względna liczba takich połączeń dla sieci dobrej jakości powinna wynosić 95%, zaś według zaleceń z r.1972 - nie mniej niż 97%; podkreśla się przy tym, że dla sieci nowo projektowanych procent ten powinien być jeszcze większy [3,tom III]. W tym miejscu należy wyjaśnić, iż zgodnie z późniejszą interpretacją CCITT [5,tom III,zalec.G.121, punkt 4], wartość nominalna odpowiada wartości średniej w okresie eksploatacji (uwzględniającej nieodwracalne zmiany właściwości transmisyjnych obiektów, wywołane starzeniem się ich elementów).

Dla ułatwienia projektowania sieci zalecono, aby zakładając, że wartość nominalna tłumienności odniesienia układu krajowego (patrz rys.8a na str.21) jest równa sumie tłumienności *) przy 800 Hz (albo przy innej, odpowiedniej częstotliwości) składowych łączy międzycentralowych i nominalnej tłumienności odniesienia dla właściwego kierunku transmisji układu lokalnego, złożonego z łączy abonenckiego i aparatu telefonicznego. Oficjalne dokumenty CCITT z tego okresu (aż do roku 1972 włącznie [3,tom III]) zawierają stwierdzenie, że z błędem mniejszym od 1 dB tłumienność odniesienia łańcuchów telefonicznych jest równa sumie tłumienności ich ogniw, wyznaczonej wyżej podanym sposobem.

2.4. Wady klasycznej miary i pos'ulaty CCITT

W zaleceniu P.76 z roku 1976 [4,tom V] podano, że:

- tłumienności odniesienia nie mogą być dodawane algebraicznie - badania laboratoryjne wykazały bowiem występowanie błędów addytywności przekraczających 3 dB;
- powtarzalność wyników pomiarów tłumienności odniesienia jest niezadowalająca - stwierdzono bowiem, że zmiana składu osobowego ekipy telefonometrycznej powoduje zmianę oceny tłumienności odniesienia dochodzącą do 5 dB **);

*) W dokumentach CCITT nie podano rodzaju tej tłumienności. Na podstawie kontekstu można przypuszczać, że chodzi o tłumienność wynikową albo też falową. Należy zwrócić uwagę, że dla łączy realizowanych w systemie naturalnym mogą występować istotne różnice wartości między tymi dwoma rodzajami tłumienności.

**) W przypadku, gdy pomiary są przeprowadzane przez różne ekipy wedle różnych wzorców telefonometrycznych, mogą występować różnice ocen, nawet przekraczające 8 dB.

- przyrostowi tłumienności niezniekształcającej częstotliwościowo części torowej łańcucha telefonicznego nie towarzyszy identyczny przyrost tłumienności odniesienia tego łańcucha - stwierdzono bowiem, że gdy tłumienność części torowej badanego łańcucha zwiększyć o 10 dB, to tłumienność odniesienia łańcucha wzorcowego wzrasta tylko o 8 dB.

Świadomość powyższych mankamentów tłumienności odniesienia stała się bodźcem do prac nad udoskonaleniem tej konwencjonalnej wielkości i do odpowiednich zmian dotychczasowych zaleceń CCITT w zakresie rozdziału tłumienności w sieci.

W zaleceniach G.111 oraz G.121 zmodyfikowanych w roku 1976 [4, tom III] wprowadzono pojęcie wartości planistycznej tłumienności odniesienia. Wartość planistyczną tłumienności odniesienia łańcucha telefonicznego określono jako sumę następujących składowych: nominalnej wartości tłumienności odniesienia układu lokalnego przy nadawczym kierunku transmisji, nominalnej wartości tłumienności *) przy częstotliwości 800 albo 1000 Hz zestawu połączeniowego między rozważanymi dwiema centralami miejscowymi oraz nominalnej wartości tłumienności odniesienia układu lokalnego przy odbiorczym kierunku transmisji. Wartość planistyczną tłumienności odniesienia układu krajowego określono jako sumę: nominalnej wartości tłumienności odniesienia układu lokalnego (odpowiednio przy nadawczym albo przy odbiorczym kierunku transmisji) oraz nominalnej wartości tłumienności *) przy częstotliwości 800 albo 1000 Hz zestawu krajowego rozważanej centrali miejscowej.

W zaleceniach z roku 1976 przyjęto, że poprzednio ustalone przez CCITT wartości górnych granic tłumienności odniesienia układów krajowych (21 dB dla nadawczego kierunku transmisji oraz 12 dB dla kierunku odbiorczego - patrz rys. 7a na str. 20) dotyczą wyżej określonych wartości planistycznych.

Zalecenia CCITT z r. 1976 zawierają dwie znamienne uwagi, a mianowicie, że: po pierwsze - w fazie planowania sieci nie uwzględnia się wpływu takich czynników, jak: tłumienność dopasowania impedancyjnego między ogniwami składowymi łańcuchów telefonicznych, a także zniekształcenia tłumieniowe tych ogniw; po drugie - wartość planistyczna tłumienności odniesienia łańcucha telefonicznego albo układu krajowego nie może być traktowana jako rzeczywista wartość tłumienności odniesienia tego łańcucha albo układu.

W końcu lat siedemdziesiątych na forum CCITT wysunięto postulaty, które powinna spełniać nowa skalarna miara tłumienności oparta na głośności dźwięków, zastępująca dotychczas stosowaną klasyczną tłumienność odniesienia. Postulaty te sformułowano następująco [7, nr 58]:

- (1) - nowa miara powinna wykazywać addytywność przy łańcuchowym łączeniu ogniw sieci telefonicznej;
- (2) - dla ogniw nie wykazujących zniekształceń tłumieniowych nowa miara powinna być równa ich tłumienności *);
- (3) - dla układów lokalnych nowa miara powinna być wyznaczana jednoznacznie określoną metodą subiektywną uznaną przez organizacje międzynarodowe;

*) W dokumentach CCITT nie podano rodzaju tej tłumienności.

- (4) - powinna istnieć możliwość otrzymania (z dokładnością wystarczającą dla potrzeb planowania sieci) oszacowań nowej miary w przypadku (3) na podstawie pomiarów obiektywnych i/ albo jasno określonych obliczeń;
- (5) - powinna istnieć możliwość obliczenia nowej miary dla łączy (zarówno międzycentralowych jak i abonenckich), gdy znane są ich zniekształcenia tłumieniowe;
- (6) - przejście z dotychczas stosowanej metody planowania sieci opartej na tłumienności odniesienia do metody opartej na nowej mierze nie powinno stwarzać nadmiernych trudności administracjom łączności.

Na VII Zgromadzeniu Plenarnym CCITT (w listopadzie 1980 r.) uzgodniono, że przy projektowaniu sieci telefonicznych zamiast dotychczas obowiązującej "tłumienności odniesienia" należy stosować albo "skorygowaną tłumienność odniesienia" albo też "zmodyfikowaną tłumienność odniesienia".

3. SKORYGOWANA TLUMIENNOSC ODNIESIENIA

3.1. Zasada pomiaru

Zasada wyznaczania skorygowanej tłumienności odniesienia CRE *) została przedstawiona w aneksie A do zalecenia G.111, zawartego w "Złotej Księdze" CCITT z roku 1980 [5, tom III].

Na rys.3 (patrz str.11) przedstawiono schematy ideowe układów pomiarowych tej wielkości. Część a) rysunku dotyczy wyznaczania wartości A_w wzorca wtórnego w laboratorium CCITT w Genewie, natomiast część b) - wyznaczania wartości A badanego obiektu w Krajowym laboratorium telefonometrycznym.

Jak widać z powyższych schematów, wyznaczanie skorygowanej tłumienności odniesienia badanego obiektu następuje na podstawie subiektywnych porównań głośności mowy, transmitowanej na przemian przez nieregulowany kanał, zawierający wzorzec telefonometryczny oraz przez regulowany kanał, zawierający oprócz badanego obiektu, dopełniające łańcuch telefoniczny człony tego wzorca **). Jako ocenę skorygowanej tłumienności badanego obiektu przyjmuje się wartość tłumienności A , którą należy odjąć od części torowej badanego kanału, aby uzyskać jednakową głośność dźwięków transmitowanych na przemian kanałami: wzorcowym i badanym. Należy zwrócić uwagę, że przy pomiarach skorygowanej tłumienności odniesienia średni poziom głośności dźwięków nie zależy od tłumienności badanego obiektu. W tym przypadku średnia głośność odbieranych dźwięków znajduje się w obszarze największej rozdzielczości słuchu (w którym ucho ludzkie najłatwiej dostrzega różnice głośności dźwięków); wpływa to korzystnie na dokładność oceny skorygowanej tłumienności odniesienia badanego obiektu, niezależnie od jej wartości.

*) CRE : Corrected Reference Equivalent

**) CCITT zaleca, aby pomiary wielkości CRE odbywały się przy ustawianiu tłumika w części torowej wzorca telefonometrycznego na wartość 25 dB (patrz rys.3 na str.11); dokładniejsze informacje podano w [13].

3.2. Związek wielkości skorygowanej z klasyczną

Na VII Zgromadzeniu Plenarnym CCITT uzgodniono następującą zależność między wartościami skorygowanej tłumienności odniesienia CRE, a wartościami klasycznej tłumienności odniesienia RE

$$CRE = 0,0082 \cdot (RE)^2 + 1,148 \cdot RE + 0,48 \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

Zależność ta umożliwia obliczenie wartości skorygowanej tłumienności odniesienia obiektów poprzednio zmierzonych w układach przedstawionych na rys.2 (patrz str.5) według procedury sprecyzowanej w zaleceniu P.72 CCITT. Jednakże w aneksie A do zalecenia G.111 CCITT [5, tom III] znajduje się uwaga, że zależność określona wzorem (7) dotyczy tylko układów linearnych oraz że w przypadku stosowania mikrofonów węglowych wartość CRE powinna być zmniejszona o 1,5 dB.

3.3. Normy rozdziału tłumienności

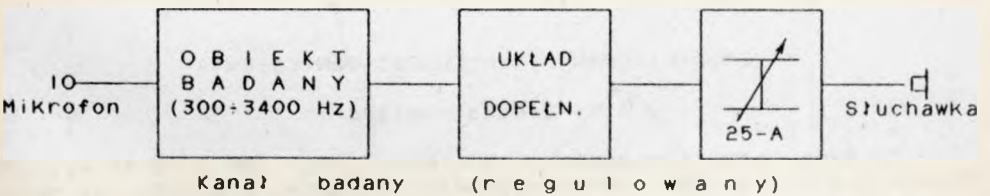
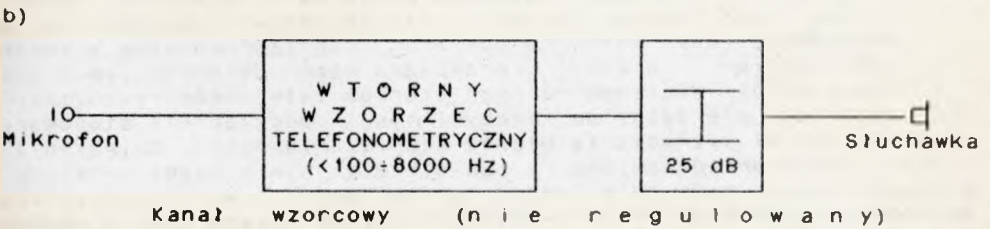
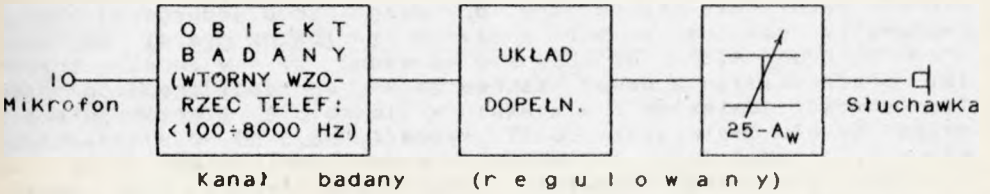
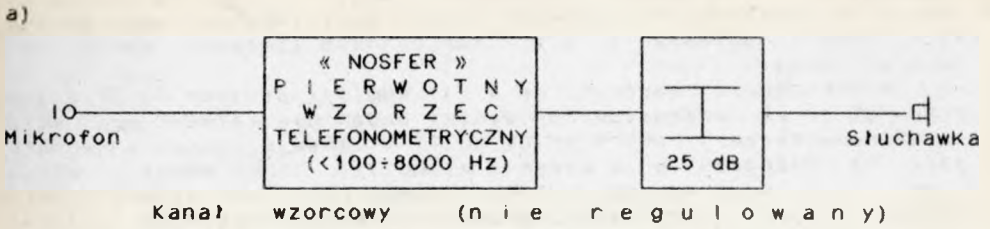
Zalecenie stosowania skorygowanej tłumienności odniesienia przy projektowaniu sieci telefonicznych wywołało konieczność zmiany dotychczasowych ustaleń wartości granicznych nominalnej tłumienności układów krajowych. I tak dla nadawczego kierunku transmisji wartość graniczną zmieniono z 21 na 25 dB, zaś dla kierunku odbiorczego z 12 na 14 dB. Jednocześnie utrzymano w mocy wymaganie, aby dla co najmniej 97% połączeń międzynarodowych skorygowana tłumienność odniesienia układu krajowego nie przekraczała ustalonych wartości granicznych. Dotychczas obowiązujące zalecenia CCITT dotyczące rozdziału wielkości CRE w międzynarodowych łańcuchach telefonicznych przedstawiono na rysunku 7b (patrz str.20).

3.4. Wady skorygowanej miary

Mimo uzgodnienia na VII Zgromadzeniu Plenarnym CCITT, że przy projektowaniu sieci telefonicznych należy stosować skorygowaną tłumienność odniesienia (CRE) - nie udało się w ten sposób uniknąć kłopotów, występujących przy projektowaniu sieci telefonicznej na podstawie klasycznej tłumienności odniesienia (RE). Przeprowadzone badania [7, nr 63], [9, nr 4] wykazały bowiem, że skorygowana tłumienność odniesienia jest tak samo nieaddytywna oraz wykazuje taki sam rząd wielkości niedokładności ocen jak i klasyczna tłumienność odniesienia.

W punkcie 3 aneksu A do zalecenia G.111 CCITT [5 i 6, tom III] podano wartości średnie błędów addytywności B_n skorygowanej tłumienności odniesienia, występujących w łańcuchach telefonicznych o różnej liczbie n wtraconych filtrów pasmowo-przepustowych o charakterystykach określonych zaleceniem Q.232 CCITT). Wartości te wynoszą:

Liczba n filtrów	0	1	2	3
błąd B_n [dB]	-3,9	-1,5	-0,4	0



Rys. 3. Schematy ideowe układów pomiarowych do wyznaczenia wielkości CRE: a) kalibracja wzorca wtórnego w laboratorium telefonometrycznym CCITT w Genewie; b) wyznaczenie tłumienności względnej A badanego obiektu w krajowym laboratorium telefonometrycznym.

Ponieważ zmiana liczby n filtrów wywołuje zmianę zniekształceń tłumieniowych łańcuchów, z powyższej tabeli wynika, że zniekształcenia te wpływają na wielkość błędów addytywności skorygowanej tłumienności odniesienia przy łańcuchowym łączeniu ogni w sieci telefonicznej.

W dokumencie roboczym nr 4 XII Komisji Studiów CCITT z 1985 roku [9, nr 4] przedstawiono wyniki badań niestałości ocen ekipy telefonometrycznej Laboratorium CCITT w Genewie. Badania te polegały na wyznaczaniu w okresie kilku lat tłumienności odniesienia stabilnego aparatu telefonicznego względem wzorca podstawowego NOSFER, przy czym parametry elektroakustyczne porównywanych układów były obiektywnie kontrolowane z dokładnością do 0,2 dB. Okazało się, że oprócz występowania losowych błędów ocen, których odchylenie standardowe σ , było rzędu jednego decybel, zachodziły powolne zmiany w czasie t (patrz rys.4) wartości średnich ocen $A(t)$, obliczanych wg wzoru (3). W okresie trzech lat przeprowadzania badań zakres zmian wartości średnich ocen tłumienności odniesienia aparatu, wielokrotnie mierzonego przez ekipę telefonometryczną CCITT wynosił: 2,5 dB dla nadawczego kierunku transmisji, 3,3 dB dla kierunku odbiorczego oraz aż 5,2 dB dla całego łańcucha. Uogólniając wyniki tych badań, można sformułować dwa następujące wnioski:

- I - że powolna zmienność ocen występuje nie tylko przy wyznaczaniu tłumienności krajowych wzorców wtórnych względem wzorca podstawowego przez ekipę telefonometryczną CCITT, lecz również i przy wyznaczaniu tłumienności badanych obiektów względem wzorców wtórnych przez krajowe ekipy telefonometryczne;
- II - że powolna zmienność ocen jest głównym powodem występowania istotnych rozbieżności wyników pomiarów tłumienności odniesienia tych samych (stabilnych!) obiektów, szczególnie w przypadku, gdy powtórne pomiary są przeprowadzane w innym laboratorium (a więc w przypadku ocen dokonywanych przez różne ekipy względem różnych wzorców telefonometrycznych).

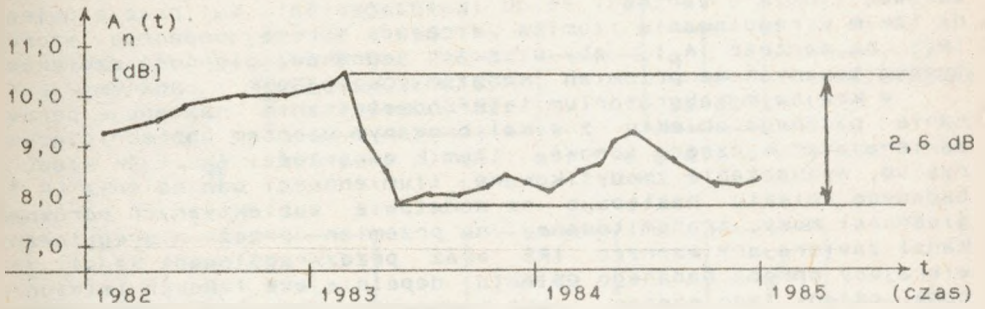
Nie jest więc adekwatny do rzeczywistości powszechnie stosowany statyczny model wyznaczania błędów ocen tłumienności odniesienia, którego zarys przedstawiono w punkcie 2.2 niniejszego referatu. W szczególności wzór (O1) podany w odsyłaczu na str.4 umożliwia oszacowanie wartości tylko krótkookresowego błędu standardowego ocen tłumienności odniesienia.

4. ZMODYFIKOWANA TŁUMIENNOŚĆ ODNIESIENIA

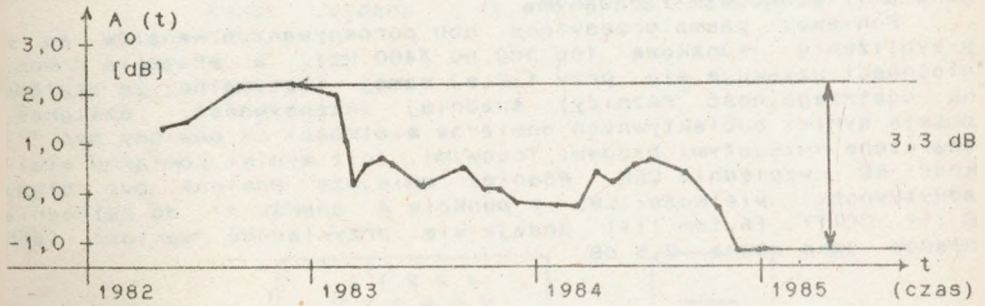
4.1. Zasada pomiaru

Zarówno przy wyznaczaniu wielkości RE jak i przy wyznaczaniu wielkości CRE trzeba uzyskać jednakową głośność dźwięków transmitowanych na przemian przez wzorzec odniesienia o szerokim pasmie przesyłowym (co najmniej od 100 do 8000 Hz) oraz przez badany obiekt (łańcuch telefoniczny albo jego ogniwo) o wąskim pasmie przesyłowym (w zasadzie od 300 do 3400 Hz). W celu ułatwienia oceny jednakowej głośności dźwięków wprowadzono wzorzec pośredniczący IRS (=Intermediate Reference System) o strukturze odpowiadającej wzorcowi NOSFER, ale którego nominalne pasmo przesyłowe wynosi od 300 do 3400 Hz.

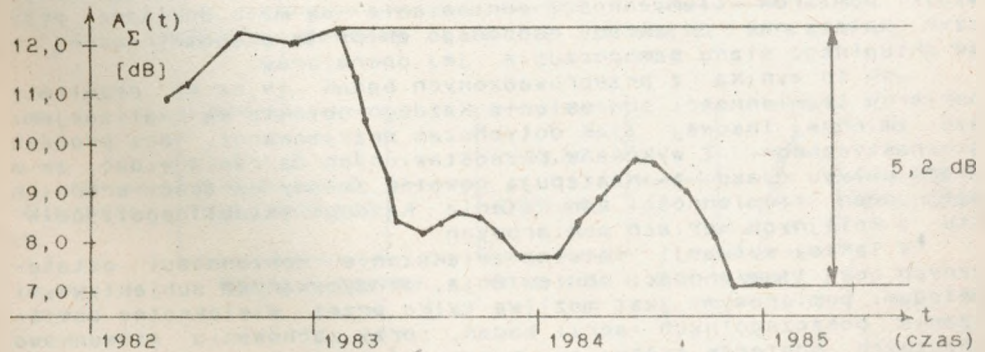
a)



b)



c)



Rys.4. Wyniki pomiarów skorygowanej tłumienności odniesienia CRE stabilnego aparatu telefonicznego G.1, przeprowadzanych w okresie lat 1982-1984 przez ekipę telefonometryczną Laboratorium CCITT w Genewie [9, nr 4]: a) nadawczy kierunek transmisji, b) kierunek odbiorczy, c) cały łańcuch (nadawanie i odbiór)

W laboratorium CCITT w Genewie wzorzec pośredniczący jest kalibrowany względem wzorca pierwotnego, zawierającego w części torowej tłumik o wartości 25 dB (patrz rys.5a). Kalibracja polega na takim wyregulowaniu tłumika w części torowej badanego wzorca IRS (na wartość A_p), aby uzyskać jednakową głośność dźwięków, transmitowanych na przemian kanałami: wzorcowym i badanym.

W krajowym laboratorium telefonometrycznym następuje porównanie badanego obiektu z wykalibrowanym wzorcem pośredniczącym, zawierającym w części torowej tłumik o wartości A_p . Jak widać z rys.5b, wyznaczanie zmodyfikowanej tłumienności odniesienia LR *) badanego obiektu następuje na podstawie subiektywnych porównań głośności mowy, transmitowanej na przemian przez nieregulowany kanał zawierający wzorzec IRS oraz przez regulowany kanał, zawierający oprócz badanego obiektu dopełniające łańcuch telefoniczny człony tego wzorca. Jako ocenę zmodyfikowanej tłumienności odniesienia badanego obiektu przyjmuje się wartość tłumienności A, którą należy odjąć od części torowej badanego kanału, aby uzyskać jednakową głośność dźwięków transmitowanych na przemian kanałami: wzorcowym i badanym.

Ponieważ pasma przesyłowe obu porównywanych kanałów są w przybliżeniu jednakowe (od 300 do 3400 Hz), a wrażenia równej głośności uzyskuje się przy takiej samej (optymalnej ze względu na dostrzegalność różnicy) średniej intensywności dźwięków, przeto wyniki subiektywnych pomiarów wielkości LR powinny być **) obciążone mniejszymi błędami losowymi, niż wyniki pomiarów wielkości RE względnie CRE. Również mniejsze powinny być błędy addytywności wielkości LR; w punkcie 4 aneksu A do zalecenia G.111 CCITT [6, tom III] podaje się przykładowo wartość tych błędów jako równą 0,5 dB.

4.2. Zarys dynamicznego modelu oceny

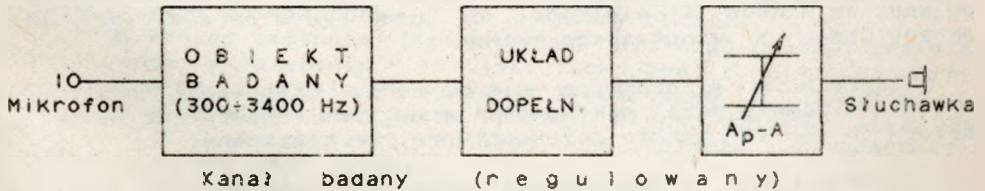
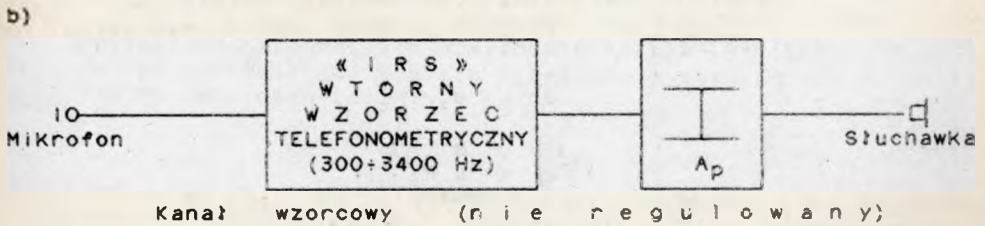
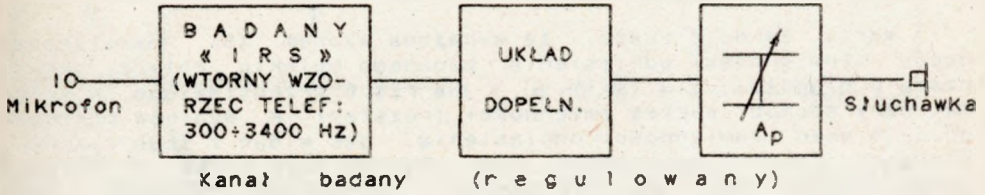
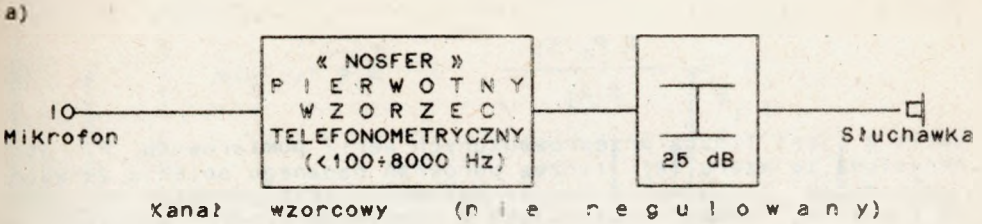
Ze względu na przyjętą zasadę subiektywnej metody oceny, wyniki pomiarów tłumienności odniesienia są mało dokładne, przy czym, zależą one od składu osobowego ekipy telefonometrycznej i od aktualnego stanu samopoczucia jej operatorów.

Jak to wynika z przeprowadzonych badań [9, nr 4], rezultaty pomiarów tłumienności odniesienia każdego obiektu są realizacjami nie zmiennej losowej (jak dotychczas przyjmowano), lecz procesu stochastycznego. Z wykresów przedstawionych na rys.4 widać, że w miarę upływu czasu t następują powolne zmiany wartości średnich $A(t)$ ocen tłumienności odniesienia każdego (stabilnego!) obiektu w kolejnych seriach pomiarowych.

W takiej sytuacji istotne zwiększenie dokładności ostatecznych ocen tłumienności odniesienia, otrzymywanych subiektywnymi metodami pomiarowymi jest możliwe tylko przez wielokrotne powtarzanie poszczególnych serii badań, przy zachowaniu stosunkowo znacznych odstępów czasu τ , między tymi seriami (co najmniej około miesiąca).

*) LR : Loudness Rating

**) Warto zwrócić uwagę, że niektóre z przeprowadzonych badań [7, Nr.63] nie potwierdziły tego optymistycznego przekonania twórców zmodyfikowanej tłumienności odniesienia



Rys.5. Schematy ideowe układów pomiarowych do wyznaczania wielkości LR: a) kalibracja wzorca wtórnego w laboratorium telefonometrycznym CCITT w Genewie; b) wyznaczanie zmodyfikowanej tłumienności odniesienia A badanego obiektu w Krajowym laboratorium telefonometrycznym.

W takim przypadku jako ostateczną ocenę tłumienności badanego obiektu można by przyjąć wartość średnią wazoną z ocen uzyskiwanych w kolejnych seriach badań, tzn.:

$$A = \frac{\sum P_l \cdot A_l}{\sum P_l} \quad ; \quad l = 1, \dots, s \quad (8)$$

gdzie s jest liczbą przeprowadzonych serii pomiarowych, P_l jest określoną ze wzoru (2) liczbą porównań badanego obiektu ze wzorcem podczas l -tej serii badań, gdy ekipa telefonometryczna składa się z N_l osób. Występująca w powyższym wzorze wielkość A_l jest określoną ze wzoru (3) oceną tłumienności badanego obiektu podczas tej serii badań ($l = 1, \dots, s$).

Warto zwrócić uwagę, że wyrażona wzorem (8) "ostateczna" ocena tłumienności odniesienia badanego obiektu dotyczy okresu czasu o długości $\tau = (s-1) \cdot \tau_0$. Na rys.6 przedstawiono, w schematyczny sposób, zakres zmienności (rozstęp) R wyników poszczególnych ocen tłumienności odniesienia. Jak widać z tego rysunku, globalny zakres zmienności ocen R_τ za cały okres τ trwania badań obiektu jest istotnie większy od zakresów zmienności ocen R_l , występujących przy poszczególnych seriach pomiarowych. Dlatego też długookresowy błąd standardowy σ_τ , tzn. miara rozrzutu wszystkich wyników pomiaru tłumienności odniesienia otrzymanych w okresie czasu τ , jest istotnie większy od błędu krótkookresowego σ_l , tzn. od miary rozrzutu wyników pomiaru, charakteryzującej poszczególne serie badań.

Błąd standardowy określonej wzorem (8) ostatecznej oceny tłumienności odniesienia badanego obiektu można wyznaczyć na podstawie następującej zależności:

$$\sigma = \sigma_\tau / \sqrt{P_\tau} \quad (9)$$

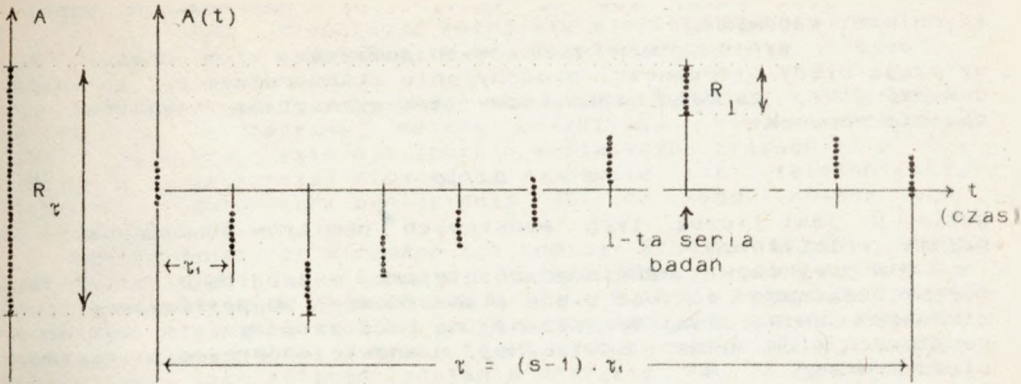
gdzie

$$P_\tau = \sum_{l=1}^s P_l \quad (10)$$

jest łączną liczbą porównań badanego obiektu ze wzorcem w okresie τ czasu przeprowadzania badań. Należy dodać, że wartość występującej we wzorze (9) wielkości σ_τ jest rzędu paru decybeli dla okresu czasu τ wynoszącego kilka lat.

Oczywiście w praktyce nie ma sensu stosowania powyższej metody osiągania dużej dokładności ocen tłumienności odniesienia, byłoby to bowiem bardzo czasochłonne i kosztowne.

Ekonomicznie uzasadnioną alternatywą istotnego zwiększenia dokładności ocen tłumienności odniesienia jest przejście z subiektywnych na obiektywne metody pomiarowe, wykazujące o rząd wielkości mniejszy błąd standardowy σ , jednorazowego pomiaru badanego obiektu.



Rys.6. Zakresy zmienności ocen tłumienności odniesienia R_v - wielkość globalna, charakteryzująca wszystkie pomiary, przeprowadzone w okresie τ trwania badań; R_l - wielkość lokalna, charakteryzująca pomiary, przeprowadzone w 1-tej serii badań

4.3. Obiektywizacja zmodyfikowanej miary

Wyznaczana na podstawie pomiarów obiektywnych zmodyfikowana tłumienność odniesienia została określona w zaleceniu P.79 CCITT [5-6, tom V] jako różnica:

$$LR = L - L_w \quad (11)$$

gdzie L oraz L_w są tłumiennościami głośności *) sygnałów dźwiękowych, transmitowanych odpowiednio przez badany obiekt (czwórnik: akustyczny, elektryczny, akusto-elektryczny albo też elektro-akustyczny) oraz przez wzorzec odniesienia IRS (czwórnik tego samego rodzaju co i badany obiekt).

Tłumienność głośności L czwórnika dowolnego rodzaju została zdefiniowana w zaleceniu P.79 jako funkcjonal tłumienności $A(f)$ tego czwórnika, określony w pasmie akustycznym *). Wielkość L dowolnego czwórnika jest zatem liczbą, której wartość zależy od funkcji $A(f)$; należy zwrócić uwagę, że wielkość L_w charakteryzująca wzorzec jest stałą.

W praktyce wielkość L jest wyznaczana na podstawie punktowych pomiarów tłumienności skutecznej $A_k \equiv A(f_k)$ badanego obiektu (czwórnika) przy ustalonych p częstotliwościach f_k pasma:

$$L = -10/m \cdot \lg \sum_{k=1}^p G_k \cdot 10^{-A_k \cdot m/10} \quad (12)$$

*) Dokładniejsze informacje podano w [19].

gdzie m jest stałą, zaś G_k ($k=1, \dots, p$) - unormowanymi współczynnikami wagowymi.

Jeżeli wyniki tych punktowych pomiarów tłumienności A_k wykazują błędy niepewności o odchyleniu standardowym σ , to można dowiedzieć [19], że błąd standardowy tak wyznaczonej wielkości LR spełnia warunek:

$$\sigma \approx \sigma_1 / \sqrt{p} \quad (13)$$

gdzie p jest liczbą tych punktowych pomiarów tłumienności w pasmie przesyłowym.

Dla przykładu, bardzo ostrożnie przyjmując, że $\sigma_1 = 1/3$ dB, możemy oszacować wartość błędu standardowego zmodyfikowanej tłumienności odniesienia, wyznaczonej na podstawie $p = 11$ pomiarów punktowych tłumienności skutecznej, mianowicie dolną granicą tego błędu wynosi:

$$\sigma \approx 1/10 \text{ dB.}$$

4.4. Związek wielkości zmodyfikowanej z klasyczną

Na podstawie przeprowadzonych badań [9, nr 182] stwierdzono występowanie następujących zależności regresyjnych między wielkościami RE a LR:

$$LR = 1,17 \cdot RE - 4,40 \text{ [dB]} \quad (14)$$

przy nadawczym kierunku transmisji, a

$$LR = 1,11 \cdot RE - 2,37 \text{ [dB]} \quad (15)$$

przy kierunku odbiorczym. Zdaniem administracji łączności WRL, która badania przeprowadzała, zależności te umożliwiają obliczenie wartości zmodyfikowanej tłumienności odniesienia aparatów telefonicznych, poprzednio zmierzonych według procedury sprecyzowanej w zaleceniu P.72 CCITT (w układach przedstawionych na rys. 2).

4.5. Normy rozdziału tłumienności

Zalecenie stosowania zmodyfikowanej tłumienności odniesienia LR przy projektowaniu sieci telefonicznych wymagało rewizji dotychczasowych ustaleń CCITT, dotyczących wartości granicznych tłumienności układów krajowych.

Dla wielkości LR przyjęto [5-6, tom III] następujące wartości graniczne: 20 dB dla nadawczego kierunku transmisji oraz 9 dB dla kierunku odbiorczego. Jednocześnie utrzymano w mocy wymaganie, aby dla co najmniej 97% połączeń międzynarodowych zmodyfikowana tłumienność odniesienia układów krajowych dla każdego z kierunków transmisji nie przekraczała ustalonych wartości granicznych.

Obecnie obowiązujące zalecenia CCITT (G.111 i G.121) dotyczące rozdziału wielkości LR w międzynarodowych łącznościach telefonicznych przedstawiono na rys. 7c (patrz str. 20).

4.6. Propozycja rozdziału wielkości LR w polskiej sieci telefonicznej

Ze względu na to, że błędy ocen zmodyfikowanej tłumienności odniesienia wyznaczonej metodą obiektywną nie przekraczają części decybel, istnieje obecnie dostateczne uzasadnienie dla przejścia z dotychczas stosowanej w polskiej sieci telefonicznej klasycznej tłumienności odniesienia RE na zmodyfikowaną, tzn. na wielkość LR.

Należy dodać, że w ramach XII Komisji Studiów CCITT (która zajmuje się jakością transmisji telefonicznej) przygotowywane są obecnie zmiany w zaleceniach G.111 i G.121, polegające m.in. na przyjęciu wielkości LR za jedynie obowiązującą przy planowaniu rozdziału tłumienności w sieci telefonicznej [9, Nr. R-18]; ostateczny tekst tych zaleceń zostanie przyjęty na IX Zgromadzeniu Plenarnym CCITT w listopadzie 1988 roku.

Przy zamianie wielkości RE na LR pożądane jest utrzymanie dotychczas obowiązujących ustaleń Krajowego Planu Transmisji (w skrócie: KPT) w zakresie rozdziału tłumienności dla międzycentralowych zestawów łączy w polskiej sieci telefonicznej. Spełnienie tego postulatu umożliwiłoby bowiem ograniczenie zmian jedynie do warunków na układy lokalne (a w szczególności na aparaty telefoniczne, wchodzące w skład tych układów), których dotychczasowe oceny tłumienności odniesienia RE są obciążone bardzo dużymi błędami, częstokroć przekraczającymi kilka decybeli (patrz punkt 2.4. tego referatu).

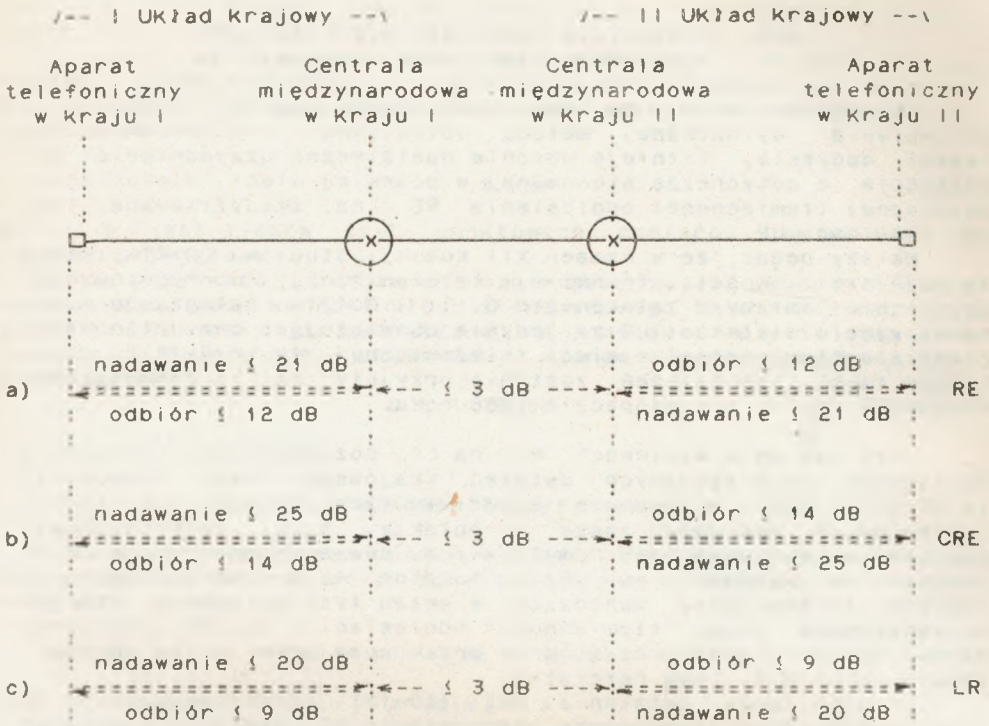
Dotychczasowe ustalenia KPT [10-15] ograniczają do 12 dB wartość nominalną tłumienności odniesienia RE zestawów Krajowych, tzn. zestawów łączy, zawartych między centralą międzynarodową a dowolną centralą miejscową (patrz rys.8a). Przyjmując, że w przyszłościowych ustaleniach KPT zostanie utrzymane ograniczenie do 12 dB wartości nominalnej zmodyfikowanej tłumienności odniesienia LR zestawów Krajowych (patrz rys.8b), otrzymamy następujące górne ograniczenia wielkości LR układów lokalnych w polskiej sieci telefonicznej :

- dla nadawczego kierunku transmisji: $A_n \{ 20 - 12 = 8 \text{ dB}$
- dla odbiorczego kierunku transmisji: $A_o \{ 9 - 12 = -3 \text{ dB}$

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W referacie wykazano, że dotychczas stosowaną przy projektowaniu sieci telefonicznej klasyczną tłumienność odniesienia RE należy zastąpić wielkością zmodyfikowaną LR.

Wielkość klasyczna RE, z definicji wyznaczana metodami subiektywnymi, wykazuje bowiem błędy ocen dochodzące do 5 dB; w niektórych przypadkach stwierdzono występowanie rozbieżności ocen RE przekraczających 8 dB. Wielkość RE może być wyznaczana tylko w warunkach laboratoryjnych, a jej wartości są pomiarowo niesprawdzalne w warunkach eksploatacyjnych.



Rys. 7. Rozdział tłumienności w międzynarodowym łańcuchu telefonicznym według planów transmisji CCITT:

a) z lat 1964 i 68 oraz 1972 i 76 - dotyczy klasycznej tłumienności odniesienia RE; b) z lat 1980 i 84 - dotyczy skorygowanej tłumienności odniesienia CRE; c) z lat 1980 i 84 - dotyczy zmodyfikowanej tłumienności odniesienia LR

W odróżnieniu od wielkości klasycznej, zmodyfikowana tłumienność odniesienia LR może być wyznaczana również metodami obiektywnymi, a więc umożliwiającymi pomiarową sprawdzalność wartości w warunkach eksploatacyjnych. Przy zastosowaniu obiektywnych metod pomiarowych błędy ocen wielkości zmodyfikowanej LR są rzędu tylko części decybeli.

Według opinii obecnie panującej w XII Komisji Studiów CCITT, wielkość LR wykazuje również znacznie mniejsze błędy addytywności, niż to miało miejsce w przypadku wielkości RE. Wartość błędów addytywności zmodyfikowanej tłumienności odniesienia w łańcuchach telefonicznych ocenia się bowiem na 0,5 dB w porównaniu do 3 dB w przypadku klasycznej wielkości RE.

WYKAZ LITERATURY

1. CCIF: Księga Zielona (XVII Zgromadzenie Plenarne, Genewa 1956); ITU, 1958.
2. CCITT: Księga Czerwona (III Zgromadzenie Plenarne, Genewa 1964); ITU, 1965.
3. CCITT: Księga Zielona (V Zgromadzenie Plenarne, Genewa 1972); ITU, 1973; (tłumaczenie na jęz. polski: WKiŁ, 1976).
4. CCITT: Księga Pomarańczowa (VI Zgromadzenie Plenarne, Genewa 1976); ITU, 1977.
5. CCITT: Księga Żółta (VII Zgromadzenie Plenarne, Genewa 1980); ITU, 1981.
6. CCITT: Księga Czerwona (VIII Zgromadzenie Plenarne, Malaga-Torremolions 1984); ITU, 1985.
7. CCITT: Dokumenty robocze XII Komisji Studiów z okresu lat 1977/1980 - Nr.: 58, 63, 75, 211.
8. CCITT: Dokumenty robocze XII Komisji Studiów z okresu lat 1981/1984 - Nr.: 97.
9. CCITT: Dokumenty robocze XII Komisji Studiów z okresu lat 1985/1988 - Nr.: 4, 72, 92, 111, 182, 207 oraz R-18.
10. Brodowski A., Kowalski Z.: Krajowy Plan Transmisji dla polskiej sieci telefonicznej, Ustalenia. Min. Łączności, 1977.
11. Kowalski Z.: Przypisy do Krajowego Planu Transmisji dla polskiej sieci telefonicznej. Min. Łączności, 1977.
12. Kowalski Z., Brodowski A.: Rozdział tłumienności w sieci telefonicznej przy połączeniach międzynarodowych. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 6/1981.
13. Kowalski Z.: Tłumienność odniesienia i jej zastosowanie przy projektowaniu sieci telefonicznej. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 12/1983.
14. Kowalski Z., Palmowska K.: Krajowy Plan Transmisji dla polskiej sieci telefonicznej, Ustalenia (Projekt). Zakład Sieci Telekomunikacyjnych IL, 1986. (Wydanie poprawione: 1987).
15. Kowalski Z., Palmowska K.: Nowa wersja rozdziału tłumienności w polskiej sieci telefonicznej. Referaty Problemowe Instytutu Łączności, zeszyt 77. IL, 1987. (II wydanie: Przegląd Telekomunikacyjny, nr 1/1988).
16. Murakami H., Ishimaru K.: Loudness Loss Design for a Telephone Network. Review of the Electrical Communications Laboratories N.T.T.; Vol.34, No.4, July 1986.
17. Irii H., Katsuki K.: Instrumentation for Objectively Measuring Loudness Ratings of Telephone Systems. Review of the Electrical Communications Laboratories N.T.T.; Vol.34, No.4, July 1986.
18. Johannesson N.O.: Loudness Ratings as a Tool in Transmission Planning - Document No.6 of the Seminar on Transmission Planning Aspects of Analogue-Digital Mixed Networks, (Boglarlelle, May 1987); Wyd. Central Administration of the Hungarian PTT, 1987.
19. Kowalski Z.: Błędy niepewności wyznaczania zmodyfikowanej tłumienności odniesienia. Referaty Problemowe Instytutu Łączności, zeszyt ... (w przygotowaniu), IL, 1988.
20. Stępień H.: Pomiary telefonometryczne. Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 8, 9 i 10/1969.
21. CCITT: Handbook on Phonometry. ITU, Geneva 1987.

BIBLIOTEKA

Instytutu Łączności

Nr 5-9918

Biblioteka

IL

S-9918