

Każdy wie, do czego służy aparat telefoniczny. Podziw budzą wyrafinowane projekty obudów a także możliwości i parametry nowoczesnych aparatów telefonicznych.

Czy jednak dokładnie rozumiesz, drogi Czytelniku zasadę działania aparatu telefonicznego i specyfikę jego parametrów?

W artykule postaram się przybliżyć Ci ważniejsze zagadnienia związane z tym tematem. Lektura artykułu wymagać będzie może trochę skupienia. Mam jednak nadzieję, że się przy tym nie zanudzisz. Jeśli zamierzasz kiedykolwiek zbudować jakiś układ "telefoniczny", materiał ten jest dla Ciebie wręcz niezbędny.



C
M
Y
K

Podstawowe informacje techniczne znajdziesz w ramach, zajrzą do nich w dowolnej chwili, ja tymczasem chcę Cię zapytać, czy rozumiesz problem tak zwanego efektu lokalnego?

Nie bardzo? No to zaczynamy.

Gdyby układ pracy wyglądał jak na **rysunku 1a**, problem by nie istniał. Niestety, w telefonii mamy do dyspozycji tylko dwie żyły. W takiej sytuacji, w tej samej linii muszą występować sygnały transmitowane w obu kierunkach. Można sobie wyobrazić najprostszy układ pracy, taki jak pokazany schematycznie na **rysunku 1b**. Nie uwzględniono tu obwodów prądu stałego, ale nie zmienia to istoty rzeczy - teraz interesują nas tylko obwody napięcia zmiennego. Wydaje się, że wszystko jest w porządku: zmienne napięcia czy prądy powstające w mikrofonie abonenta A przepłyną przez słuchawkę abonenta B i na odwrót. Dlaczego jednak takie rozwiązanie jest zupełnie nieprzydatne?

Wystarczy zauważyć, że przez każdą słuchawkę płyną także prądy z własnego (lokalnego) mikrofonu. Na domiar złego sygnał w długiej linii telefonicznej ulega

stłumieniu wskutek jej rezystancji i pojemności. Ostatecznie w słuchawce abonenta **głos jego rozmówcy jest kilku- czy nawet kilkunastokrotnie słabszy niż własny głos**. Uniemożliwia to sensowne korzystanie z takiego "telefonu", bowiem ucho nie zdoła się momentalnie dostosować

Wydzielenie sygnału rozmówcy przeprowadza się zwykle w układzie antylokalnym pracującym na zasadzie mostka. Poszczególne rozwiązania są różne, ale prosta podstawowa zasada jest zawsze ta sama. Spójrz na **rysunek 2a**. Mamy tu dwa dzielniki napięcia dostarczanego

czy wiesz, że...

jeśli gdzieś telefonujesz, to w momencie zgłoszenia się wywołwanego abonenta zmienia się biegunowość napięcia stałego zasilającego twój aparat?

Jest to wykorzystywane w prostych automatach telefonicznych, które jak zauważyłeś inkasują monetę (żeton) dopiero po zrealizowaniu połączenia.

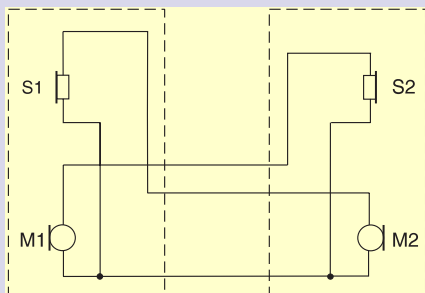
Przy połączeniu z numerami alarmowymi (policja, straż, itp.) biegunowość pętli nie zmienia się i możesz rozmawiać bezpłatnie.

wać do tak dużej różnicy głośności. Cichy głos rozmówcy wręcz ginie "przykryty" własnym, lokalnym. Jeszcze ostrzej problem ten wystąpiłby przy próbie skonstruowania na tej zasadzie aparatu głośnomówiącego..

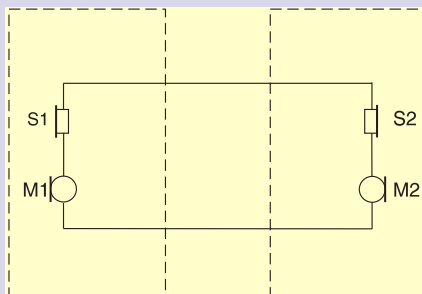
Należy więc koniecznie znaleźć jakiś sposób, żeby wyeliminować lub przynajmniej zmniejszyć słyszalność w słuchawce własnego głosu, inaczej mówiąc wyeliminować efekt lokalny.

przez mikrofon: Z_R , R_1 oraz Z_L , R_2 . Jeśli tylko stosunki Z_R/R_1 oraz Z_L/R_2 będą równe, to napięcia w punktach C i D będą jednakowe i przez słuchawkę nie będzie płynąć prąd. Sygnał z własnego mikrofonu nie będzie słyszany w słuchawce!

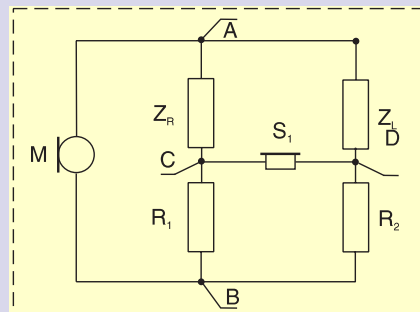
Warunkiem jest jednak utrzymanie równowagi mostka. Jeśli $R_1 = R_2$, to impedancja Z_R także powinna być równa Z_L . A co to jest Z_L ? Popatrz na **rysunek 2b**.



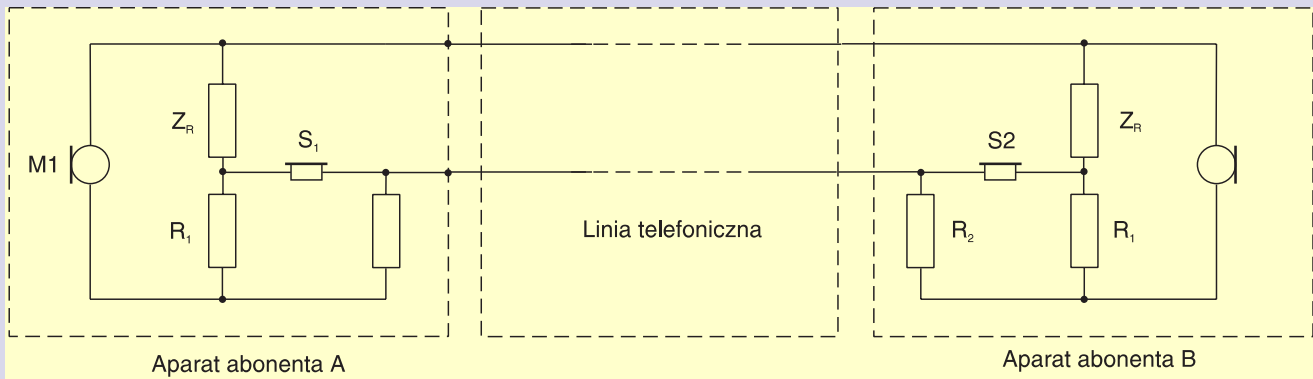
Rys. 1a. Połączenie trzyprzewodowe.



Rys. 1b. Połączenie dwuprzewodowe szeregowo.



Rys. 2a. Zasada działania układu antylokalnego.



Rys. 2b. Układ połączeń dwóch aparatów.

Dla abonenta A jest to wypadkowa oporność (mówiąc ściślej - impedancja) linii i aparatu abonenta B.

Jak wiadomo (patrz ramka z parametrami aparatu telefonicznego), każdy aparat powinien być tak skonstruowany, żeby jego rezystancja dla przebiegów zmiennych widziana od strony linii wynosiła 600Ω.

Z kolei linia telefoniczna w dobrym przybliżeniu może być przedstawiona jako złożenie bardzo wielu elementarnych rezystancji i pojemności, jak pokazano na rysunku 2c.

I tu doszliśmy wreszcie do sedna sprawy!

Żeby całkowicie zlikwidować szkodliwy efekt lokalny należałoby zastosować równoważnik linii - Z_R o takich samych parametrach jak dołączona impedancja linii i aparatu rozmówcy Z_L .

I oto mamy dwa problemy.

Po pierwsze w tanim, masowo produkowanym aparacie nie można stosować rozbudowanego równoważnika linii zawierającego kilkadziesiąt rezystorów i kondensatorów.

Po drugie, co jeszcze gorsze, parametry linii wcale nie są jednakowe - zależą od jej długości, grubości żył, sposobu wykonania. W zależności od odległości od centrali, a w przypadku rozmów lokalnych, prawdopodobnie także od odległości od rozmówcy, zmieniać się będzie impedancja linii, a więc dla pełnego zlikwidowania efektu lokalnego impedancja

równoważnika Z_R także musiałaby się zmieniać.

Z podanych dwóch względów przyjmuje się uproszczony układ równoważnika linii, naśladujący niezbyt zresztą dokład-

A teraz uważaj! Są aparaty, które automatycznie dostosowują parametry swego układu antylokalnego do długości linii!

Objasnię Ci to za chwilę. Wcześniej powinieneś się jednak zapoznać z obwo-

Wybieranie

Od lat jesteśmy przyzwyczajeni do wybierania impulsowego, polegającego na przerywaniu obwodu stałoprądowego z częstotliwością 10Hz. Ilość przerw odpowiada wybieranej liczbie (z wyjątkiem "0", któremu odpowiada dziesięć impulsów). W standardzie przyjętym w Polsce współczynnik impulsowania wynosi 2, czyli przerwa trwa ok. 66ms, a zwarcie ok. 33ms.

Dużo lepszym sposobem wybierania, dostępnym w nowych centralach, jest wybieranie tonowe, inaczej wielkoczęstotliwościowe znane jako DTMF (Double Tone Mode Frequency). Jest ono przede wszystkim kilkakrotnie szybsze od impulsowego. Ponadto, co bardzo istotne, pozwala przesyłać sygnały odpowiadające jednoznacznym kodom także po zrealizowaniu połączenia, co otwiera drogę do szeregu ciekawych zastosowań, takich jak choćby zdalne sterowanie czy przesyłanie prostych informacji drogą telefoniczną.

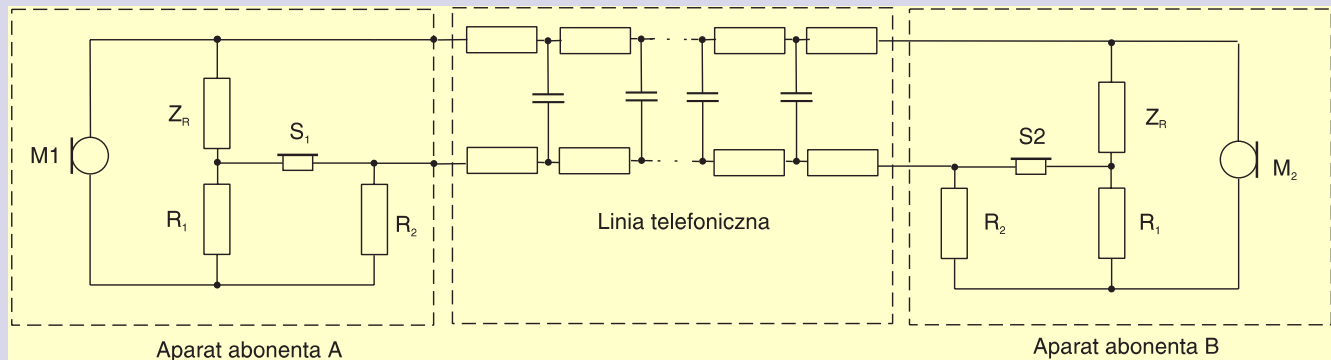
W systemie tym wybrano osiem częstotliwości i podzielono na dwie grupy: niższą i wyższą. Każdy sygnał składa się z dwóch tonów - jednego z grupy niższej, drugiego z wyższej. Można w ten sposób zakodować 16 różnych sygnałów. W typowym aparacie telefonicznym wykorzystuje się tylko 12 możliwości. Przyporządkowanie cyfry i znakom częstotliwości pokazuje tabelka.

Częstotliwość, Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	∗	0	#	D

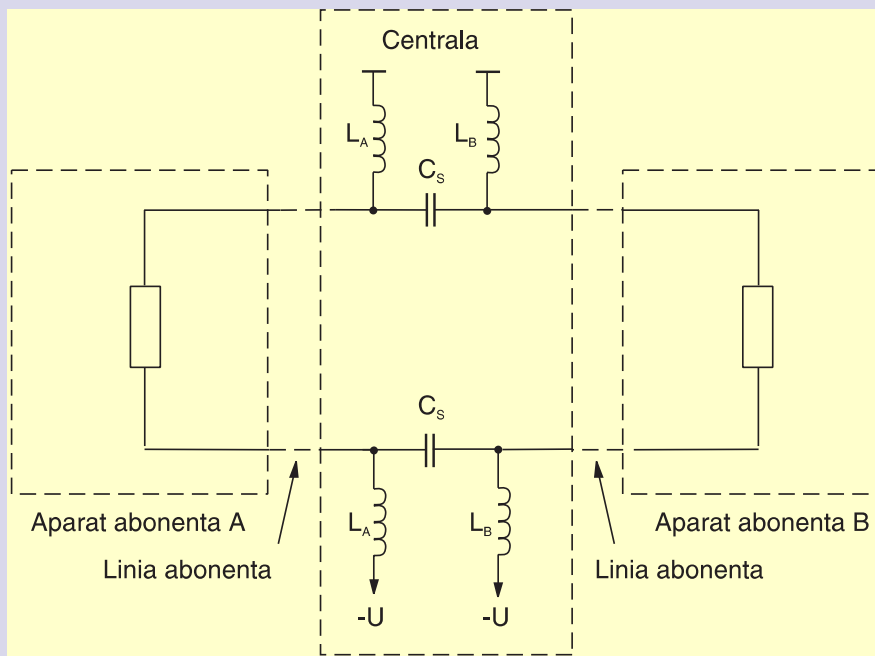
nie, jakieś średnie warunki. W ten sposób uzyskuje się tłumienie efektu lokalnego rzędu jedynie kilkunastu decybeli (kilka razy), co jednak w praktyce jest zadowalające.

dami stałoprądowymi i praktycznymi rozwiązaniami stosowanymi w nowoczesnych aparatach.

Dlaczego w linii telefonicznej występują stałe napięcia i prądy?



Rys. 2c. Schemat zastępczy połączenia tlf dla prądu zmiennego.



Rys. 3. Schemat dołączenia aparatu tlf do centrali.

Po pierwsze aparat telefoniczny musi być zasilany, zawiera bowiem jakieś wzmacniacze i inne układy elektroniczne, choćby klawiaturę. Nawet stare aparaty nie zawierające "elektroniki" musiały być zasilane prądem stałym ze względu na obecność mikrofonu węglowego, który też jest swego rodzaju wzmacniaczem.

Po drugie, abonent musi jakoś poinformować centralę o stanie swego aparatu. Na przykład, jeśli w linii pojawi się prąd stały o wartości co najmniej kilkunastu miliamperów, znaczy to, iż abonent albo chce gdzieś zatelefonować, albo podniósł słuchawkę po usłyszeniu sygnału wywołania - "mądra" centrala potrafi go obsłużyć. Nie będę ci tłumaczył po kolei stanów pracy aparatu, bo możesz to sprawdzić osobiście. Nie opowiem Ci także o działaniu centrali, bo to zupełnie inny temat. W jednej z ramek znajdziesz natomiast do-

kładniejszy opis sygnałów tonowych spotykanych w sieci telefonicznej.

Przed chwilą podałem Ci, że dla prądów zmiennych o częstotliwościach telefonicznych aparat w stanie rozmowy powinien stanowić rezystancję 600Ω . A dla prądu stałego? Może się zdziwisz gdy powiem że nie może być większa niż 600Ω ; zwykle jest znacznie mniejsza. Może być nawet rzędu 100Ω .

Popatrz na rysunek 3. Przedstawia on w dużym uproszczeniu sytuację podczas rozmowy dwóch lokalnych abonentów centrali przekąźnikowej.

Aparat każdego abonentu jest zasilany przez dławiki (w praktyce oba dławiki są uzwojeniami tego samego przekąźnika). Jeśli tylko indukcyjność dławików jest odpowiednio duża (rzędu pojedynczych henrów), to i ich impedancja dla prądów zmiennych jest na tyle duża, że spokojnie

Ważniejsze sygnały tonowe stosowane w telefonii

Po podniesieniu słuchawki słyszymy znajomy sygnał zgłoszenia centrali - ton ciągły o częstotliwości $425\pm 25\text{Hz}$. Jeśli dzwonimy daleko, po wybraniu "zera" otrzymujemy sygnał zgłoszenia centrali międzymiastowej - mieszkankę tonów 425Hz i 350Hz .

Po wybraniu numeru słyszymy zwrotny sygnał wywołania (425Hz emisja 1000ms , cisza 4000ms), a do wywołanego abonentu wysyłany jest sygnał wywołania - przebieg sinusoidalny o napięciu skutecznym rzędu $60\text{...}90\text{V}$ i częstotliwości 25Hz nadawany w takiej samej sekwencji.

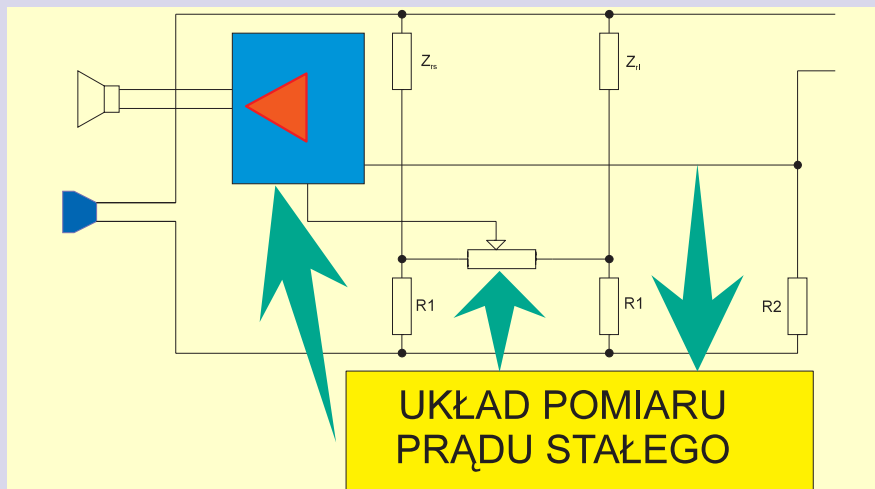
Gdy abonent jest nieosiągalny słyszymy sygnał zajętości (też 425Hz) w sekwencji: emisja 500ms , cisza 500ms .

Z centrali mogą być do nas wysyłane sygnały zaliczania o częstotliwości $16\pm 0,2\text{kHz}$ o czasie trwania $125\pm 25\text{ms}$, odpowiadające impulsom rejestrowanym przez licznik opłat. Taka usługa dostępna jest jednak za dodatkową

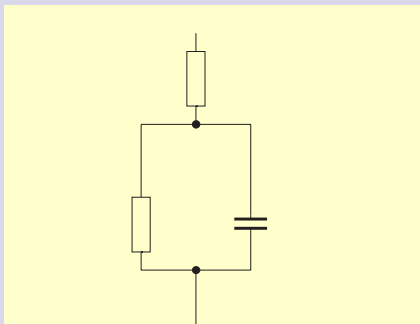
możemy mówić, iż prądy zmienne przez nie nie płyną. Odwrotnie kondensatory sprzęgające C_s . Przy pojemności rzędu kilku mikrofaradów dla przebiegów zmiennych stanowią one zwarcie. W tej sytuacji, z punktu widzenia prądów zmiennych możemy narysować schemat zastępczy taki jak na rysunku 2.

Natomiast dla prądów stałych, z uwagi na kondensatory C_s , każdego abonentu należy rozpatrywać oddzielnie. Przez aparat telefoniczny w stanie rozmowy płynie prąd i występuje pewne napięcie. Wydziela się więc na nim dość znaczna moc, rzędu przynajmniej kilkuset miliwatów. Do sprawnego działania układów elektronicznych aparatu wystarczy jednak moc znacznie mniejsza. Pozostała "nadmiarowa moc" może być wykorzystana do zasilania dodatkowych układów bez potrzeby stosowania zasilacza sieciowego. Wyczerpujące omówienie tego zagadnienia wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

Zauważ także, iż rozpatrywaliśmy ten sam obwód raz z punktu widzenia prądu

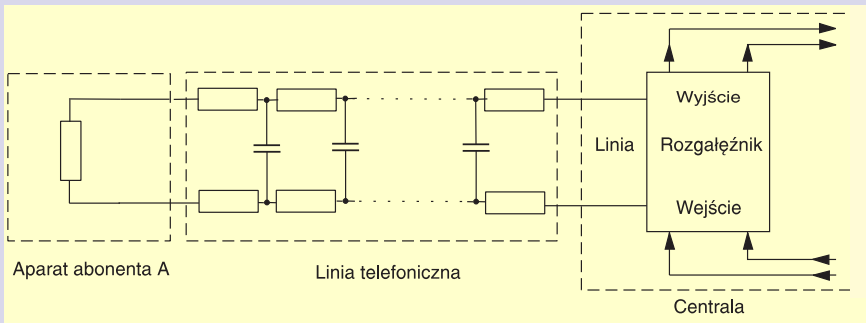


Rys. 4a. Aparat tlf z automatką.

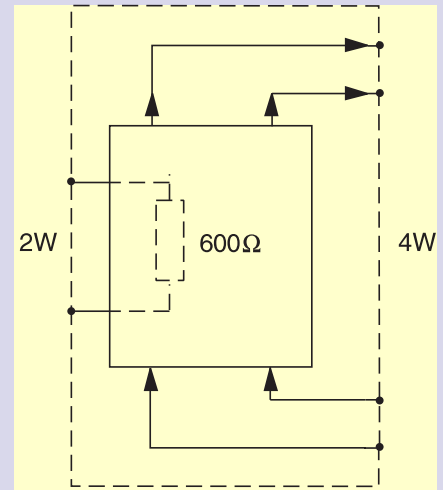


Rys. 4b. Uproszczony schemat zastępczy linii abonenckiej.

C
M
Y
K



Rys. 5a. Rozgałęźnik centralowy.

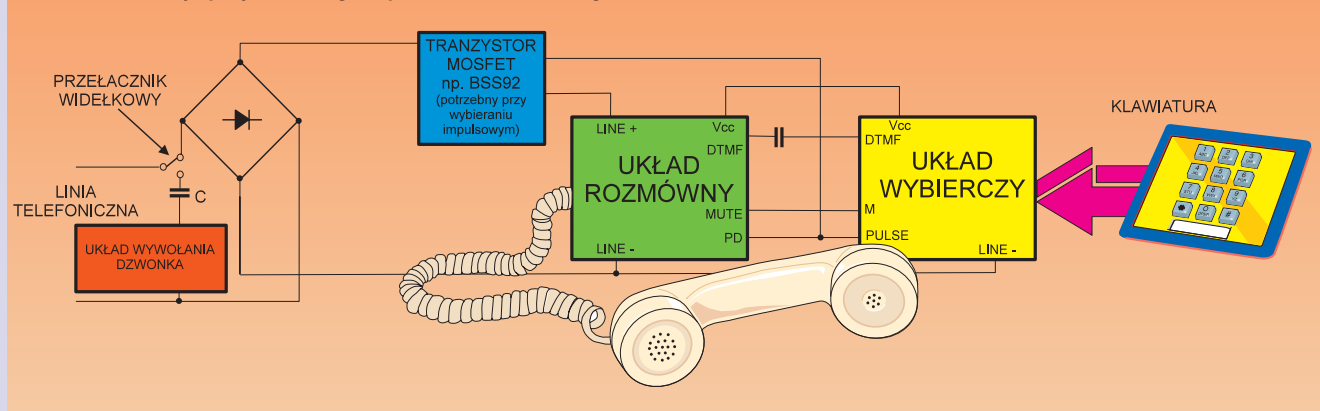


Rys. 5b. Rozgałęźnik centralowy.

zmiennego, drugi raz - prądu stałego. Schematy zastępcze w obydwu przypadkach są zupełnie inne. Czy dokładnie rozumiesz dlaczego tak robimy? Tylko w ten sposób można prosto pokazać sedno sprawy. Gdybym próbował omówić z tobą

zystancji lub inaczej spadku napięcia na aparacie. Niektóre z podanych wielkości są stałe, więc w sumie wartość prądu w linii będzie zależę przed wszystkim od jej długości. Zależność tę wykorzystuje się w nowoczesnych aparatach do:

Schemat blokowy przykładowego aparatu telefonicznego



schemat ideowy jakiegoś współczesnego aparatu, prawdopodobnie obaj byśmy się pogubili w mnóstwie szczegółów. Dlatego w ramce podaję Ci tylko uproszczony blokowy schemat aparatu.

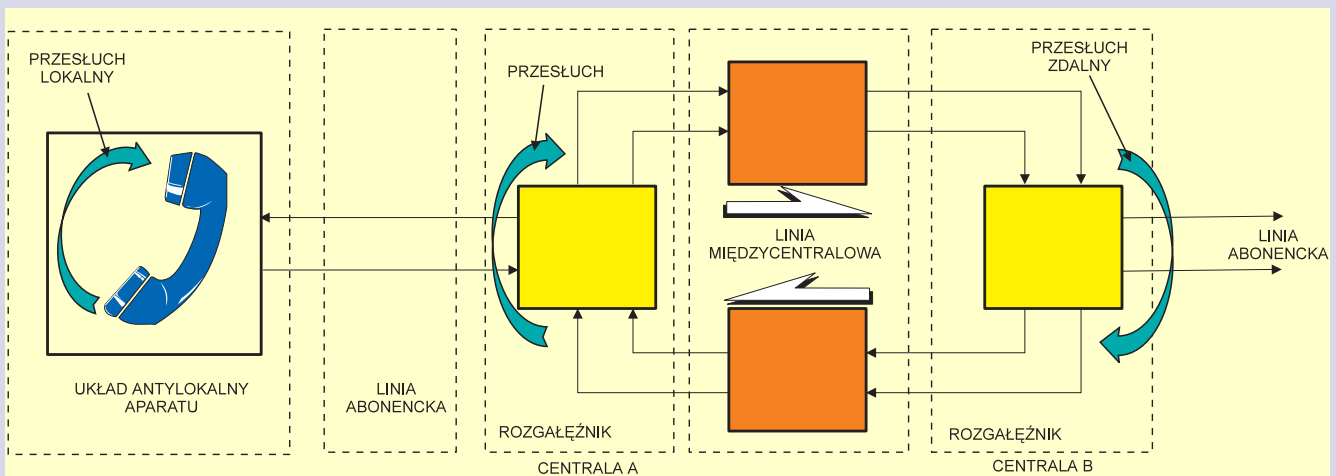
Wracamy teraz do głównego wątku.

Jak wiadomo, prąd stały płynący w linii po podniesieniu mikrotelefonu zależy od napięcia zasilania U (typ 60V), rezystancji uzwojeń dławików (typ 2 x 500 Ω), rezystancji linii (0 Ω do około 1k Ω) oraz re-

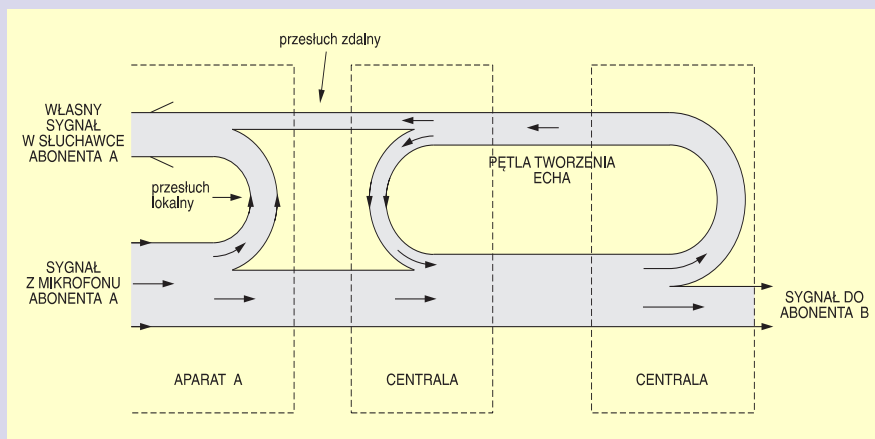
(1) zmiany wzmocnienia toru odbiorczego, bowiem długa linia abonencka tłumi zauważalnie sygnały rozmówne, oraz (2) dopasowania parametrów układu antylokalnego.

Nowoczesny aparat telefoniczny zawiera układ mierzący prąd zasilania. Układ ten wpływa na wzmocnienie toru odbiorczego oraz na układ antylokalny. Pokazano to w uproszczeniu na rysunku 4. W układzie występują teraz dwa równo-

ważniki linii: Z_{RS} (short - krótki) i Z_{RL} (long - długi). Z_{RS} to po prostu rezystor 600 Ω , co odpowiada sytuacji gdy abonent mieszka tuż obok centrali, natomiast Z_{RL} równoważnik długiej, kilkukilometrowej linii abonenckiej to najczęściej dwójnik taki jak na rysunku 4b. Różne firmy podają odmienne wartości elementów takiego równoważnika, na przykład Siemens 220 Ω + 820 Ω || 115nF, a Thomson 235 Ω + 1345 Ω || 118nF. Takie różnice nie mają



Rys. 6a. Przesłuchy w torze telekomunikacyjnym.



Rys. 6b. Zasada tworzenia echa.

większego znaczenia, bowiem i tak mamy do czynienia z charakterystykami przybliżonymi.

Popatrz jeszcze raz na rysunki 2, 3 i 4 i zastanów się, czy opisany "inteligentny" układ antylokalny wbudowany w Twój aparat uwzględni parametry linii twego

patrz na rysunek 5a. Czym w rzeczywistości jest rozgałęźnik? Jego funkcja jest analogiczna do zadań układu antylokalnego w aparacie. Rozgałęźnik musi mieć standardową rezystancję widzianą od strony linii (oczywiście dla prądów zmiennych) równą 600Ω i powinien być, podob-

Niektóre parametry aparatów telefonicznych współpracujących z krajową analogową siecią telekomunikacyjną (dokładne dane można znaleźć w PN-92 T-83000).

Rezystancja dla przebiegów zmiennych pasma "telefonicznego" w stanie rozmowy, widziana od strony linii: 600Ω ±10%

Rezystancja stałoprądowa aparatu w stanie rozmowy przy prądzie zasilającym w zakresie 17...73mA: max 600Ω

Prąd stały pobierany przez aparat w stanie spoczynku: max 0,4mA

Moduł impedancji aparatu w stanie spoczynku (układu wywoławczego) przy częstotliwościach 25Hz i 50Hz i amplitudzie 50V: 3...30kΩ

Napięcie pracy układu wywołania (dzwonienia) o częstotliwości 25Hz lub 50Hz: 40...90V.

Zakres nieczułości układu wywołania (dzwonienia): 0...16V

Izolacja aparatu (między linią a ewentualnymi częściami metalowymi obudowy): minimum 500Vsk, 50Hz przez 1 minutę

Izolacja aparatu zasilanego z sieci energetycznej (między obwodami sieci i aparatu): min 4000Vsk 50Hz przez 1min

Tłumienność symetrii aparatu względem ziemi:

dla 300...600Hz: min 40dB

dla 600...3400Hz: min 46dB

Aparat powinien być odporny na impulsy przeciążeniowe występujące w linii (np. od wyładowań atmosferycznych) o amplitudzie 2kV, czasie narastania 10μs, opadania 700μs o różnej biegunowości zarówno w spoczynku jak i w stanie rozmowy.

rozmówcy? A jeśli dzwoniłbyś do abonenta innej centrali, to czy uwzględnione będą parametry linii międzycentralowej? Wyglądałoby na to, że nie! Miej jednak świadomość, że oglądane rysunki dotyczą najprostszej sytuacji, jaka występowała w centralach przed wielu, wielu laty. Dziś sprawa ma się nieco inaczej. Łączy międzycentralowe, a w nowoczesnych centralach nawet połączenia lokalne, realizowane są na zasadzie cyfrowej. Nie będę Ci mącił w głowie szczegółami, musisz tylko wiedzieć, że w centrali muszą być rozdzielone torów sygnałów przesyłanych w obu kierunkach. W literaturze spotkasz określenie 2W/4W (W - wira - drut, przewód) dotyczące przejścia z linii dwuprzewodowej (dwukierunkowej) na czteroprzewodową lub na odwrot. Teraz po-

nie jak układ antylokalny w aparacie, dopasowany do danej linii abonenckiej aby sygnał z wejścia nie przedostawał się na wyjście. Oczywiście znów, tak jak w przypadku aparatu, nie sposób zrealizować tego w sposób doskonały, bo linia linii nierówna, więc wystąpi przesłuch na drodze niewłaściwej, czyli między wejściem a wyjściem rozgałęźnika.

Zwróć jeszcze uwagę na rysunek 6a pokazujący drogę przenikania niepożądanego sygnału (przesłuchów) w sieci telekomunikacyjnej oraz rysunek 6b ilustrujący zasadę tworzenia echa. Oczywiście, gdyby wszystkie rozgałęźniki były dopasowane do współpracujących linii, zjawisko wzbudzenia czy echa nie mogłoby wystąpić. Przenikanie sygnału lokalnego ma szczególne znaczenie w aparatach

głośnomówiących. Czy zauważyłeś, że w aparacie głośnomówiącym samowzbudzenie występuje częściej podczas łączenia czy rozłączania rozmowy, niż w jej trakcie. Chyba wiesz dlaczego - w tym czasie na końcu twej linii nie dołączono przepisanej rezystancji 600Ω, występuje tam zapewne rozwarcie, niekiedy zwarcie.

Natomiast przenikanie, czyli przesłuch sygnału w rozgałęźnikach centralowych (których w torze może być kilka) spowoduje powstanie efektu echa. Może zauważyłeś to zjawisko gdy telefonowałeś gdzieś daleko za granicę.

Podsumujmy teraz podane informacje.

Ponieważ w nowoczesnych, cyfrowych centralach na wejściu liniowym standardowo stosuje się rozgałęźnik, więc aparat telefoniczny w czasie rozmowy "widzi" zawsze tę samą linię i rezystancję wejściową rozgałęźnika równą 600Ω (porównaj rysunek 2b). W starszych centralach rozmowy lokalne są łączone "wprost" jak pokazuje rysunek 2a, a rozmowy zamiejscowe za pośrednictwem łącz wielokrotnych wyposażonych w rozgałęźniki.

Mam nadzieję, że do tej pory wszystko jest dla Ciebie jasne, no może z wyjątkiem kwestii, czy ma to w Twoim przypadku jakiegokolwiek znaczenie praktyczne.

Czy jednak z podanych wiadomości nie wynika, że można dobrać (zmienić) równoważnik w Twoim aparacie tak, żeby dopasować się dokładnie do konkretnej linii? Prawdopodobnie można, w instrukcji instalacji starych aparatów z węglową wkładką mikrofonową i transformatorowym układem antylokalnym była zamieszczona wskazówka jakie elementy równoważnika montować, gdy linia jest długa, a jakie gdy krótka.

Nie namawiam Cię jednak do eksperymentów z indywidualnym dobieraniem elementów równoważnika. Jest to zadanie dość trudne i czasochłonne. Nie sztuką bowiem uzyskać dobre tłumienie dla jednej częstotliwości. Aby w pełni kontrolować uzyskiwane wyniki musiałbyś zastosować generator szumu różowego i analizator widma albo wobulator ze wskaźnikiem. Ponadto ingerencja w nowoczesne układy zawierające być może miniaturowe elementy SMD, ma szansę zakończyć się uszkodzeniem szlifu. Niewykluczone, że także pod względem prawnym taka przeróbka jest nielegalna, ale tego dokładnie nie wiem.

I to byłby koniec opowieści o aparacie telefonicznym. Mam nadzieję, że teraz lepiej rozumiesz działanie tego pożytecznego urządzenia.

Piotr Górecki