

1 9 6 3
Nr 5 (20)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

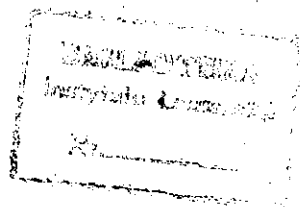
BIELIŻYTA
Dyr. Z. Szepiński

PRZEGLĄD ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



PRZEGLĄD ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI

ROK 3

WARSZAWA 1963

NR 5(20)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

inż. Edmund Janowski, doc. Stefan Jasiński,
mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SEUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 400. Druk ukończono
w styczniu 1964 r.

W niniejszym numerze "Przeglądu Zagadnień Łączności" poświęconemu po raz pierwszy problemowi zwalczania zakłóceń w odbiorze radiofonicznym i telewizyjnym, uważaliśmy za słusne przedstawić tłumaczenie cyklu artykułów z "The Post Office Electrical Engineers Journal" pt. Radio Interference z lat 1958/59.

Cykl ten, mimo że nie przedstawia najnowszych osiągnięć z tej dziedziny, sądzimy, że będzie jednak pożyteczny u nas ze względu na przedstawienie w nim okresu tworzenia się służby przeciwzakłóceniewej w W. Brytanii, odpowiadającemu mniej więcej naszemu dzisiejszemu stanowi tej służby, a jego część techniczna jest nadal aktualna.

R E D A K C J A

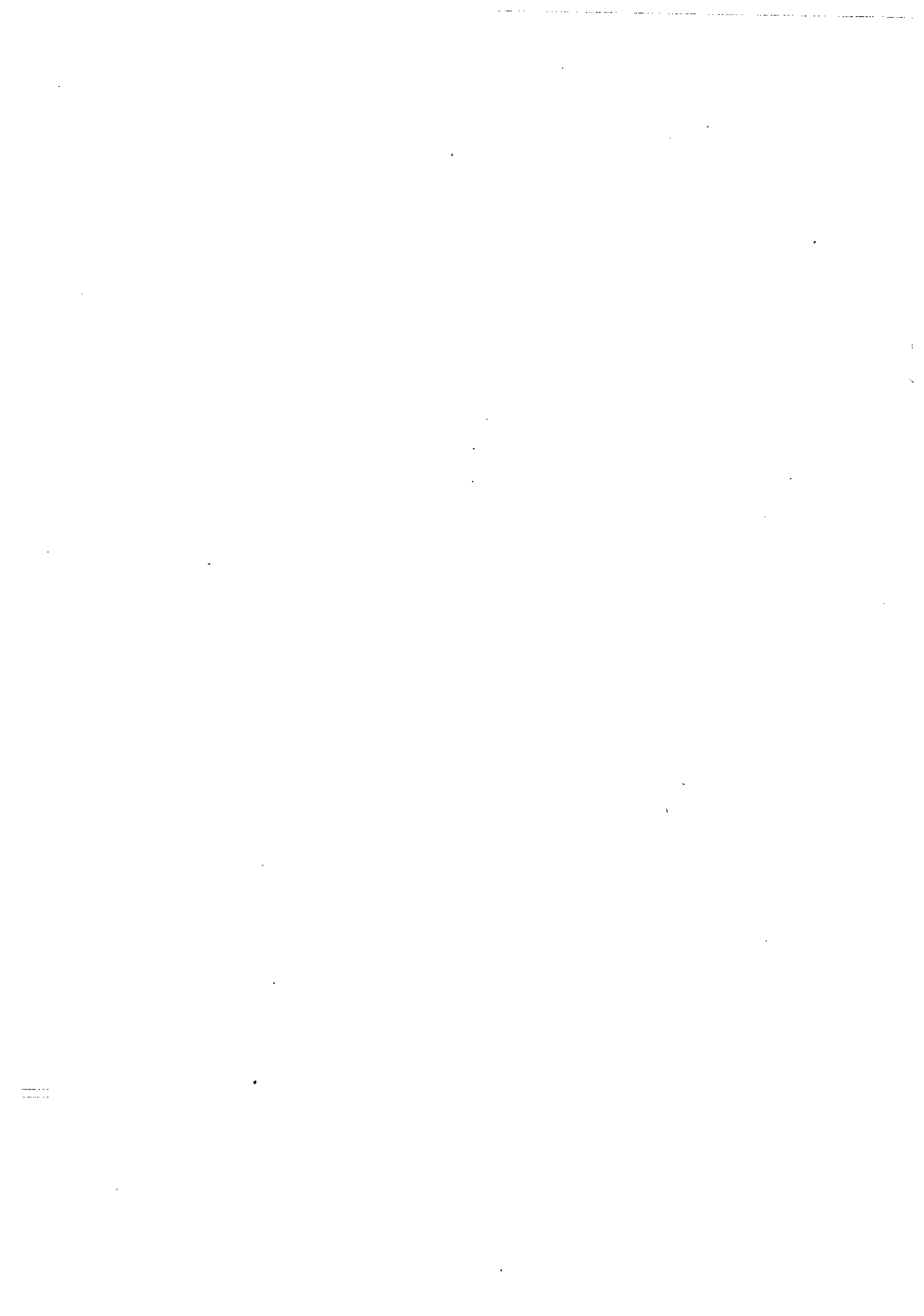


PRZEGLĄD
ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

Zakłócenia odbioru radiofonicznego
i telewizyjnego

SPIS TREŚCI

	Str.
1. D.A. Thorn: Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne (w Wielkiej Brytanii). Część 1 - Wprowadzenie. - Opracował W. Moron.	1
2. G.A.C.R. Britton: Część 2 - Służba przeciwzakłóceniewa resortu łączności - Opracował W. Moron.	8
3. R.A. Dilworth: Część 3 - Emmiejazanie zakłóceń - Opracował R.G. Strażak.	25
4. A. Macpherson: Część 4 - Aparatura pomiarowa - Opracował W. Moron.	52
5. C.W. Sowton i G.A.C.R.: Britton: Część 5 - Aparatura przemysłowa, naukowa i medyczna oraz promieniowanie odbiorników - Opracował H. Emorąg	68
6. C.W. Sowton: Część 6 - Kontrola zakłóceń przemysłowych - Opracował W. Stawski	88



PRZEMYSŁOWE ZAKŁÓCENIA RADIOELEKTRYCZNE
/w Wielkiej Brytanii/

CZĘŚĆ 1 - WPROWADZENIE^{1/}

D.A. Thorn: Radio Interference. Part 1 - Introduction. The Post Office Electrical Engineers Journal. Vol. 50, Part 4, January 1958, pp. 226-227.

Zakłócenia radioelektryczne są dobrze znane zarówno inżynierom łączności, jak i ogółowi ludności. Obecnie, gdy prawie w każdym mieszkaniu znajduje się odbiornik radiofoniczny, występowanie zakłóceń oraz możliwości ich zmniejszenia są przedmiotem ogólnego zainteresowania i wielu pracowników łączności oraz przemysłu radiowego zajmuje się technicznymi i administracyjnymi aspektami tego problemu. Artykuł niniejszy jest wstępem do cyklu sześciu artykułów stanowiących ogólny przegląd zagadnień związanych z zakłóceniami, ze szczególnym podkreśleniem aspektów interesujących inżynierów łączności. W artykułach od 2 do 6 omówiono kolejno służbę przeciwzakłócaniową resortu łączności Wielkiej Brytanii, zmniejszanie zakłóceń, pomiary zakłóceń, urządzenia powodujące niepożądane promieniowania oraz zagadnienie kontroli zakłóceń radioelektrycznych.

^{1/} Na podstawie oryginału opracował W. Moron.

Zakłóceniem radioelektrycznym w najszerszym znaczeniu tego słowa jest wszystko to, co przeszkadza w zadowalającym odbiorze pożądanego programu radiofonicznego lub telewizyjnego. Oczywiście zakłócenia akustyczne powodowane przez dokuczliwego albo bezmyślnego sąsiada mieszczą się także w tym określeniu, ale normalnie nie uważa się tego za zakłócenia odbioru. Zakłócenia radioelektryczne określa się jako odbiór niepożądanej energii na częstotliwościach radiowych powodujący niepożądane zjawiska elektroakustyczne na wyjściu odbiornika. Energia taka może pochodzić ze źródeł naturalnych lub może być wytworzona podczas pracy urządzeń wyprodukowanych przez człowieka, np. przez różne rodzaje urządzeń elektrycznych powszechnego użytku. Termin zakłócenia radioelektryczne określa normalnie zakłócenia w odbiorze powodowane właśnie przez te ostatnie źródła.

Najbardziej typowymi źródłami zakłóceń są urządzenia z silnikami kolektorowymi, urządzenia kontaktowe, termostaty, generatory w.cz. używane do celów przemysłowych, naukowych i medycznych, a nawet same odbiorniki radiowe.

Zakłócenia występują w pewnym stopniu we wszystkich służbach radiowych, ale główne zainteresowanie zarówno z krajowego, jak i międzynarodowego punktu widzenia jest skoncentrowane na wpływie zakłóceń na odbiór programów radiofonicznych i telewizyjnych. W Anglii do niedawna brano pod uwagę tylko radiofonię na falach długich i średnich oraz telewizję w zakresie I /41 do 68 MHz/. Rozważany ze względu na zakłócenia zakres częstotliwości rozszerzył się jednak ostatnio znacznie w związku z roz-

wojem radiofonii ultrakrótkofalowej w zakresie II /87,5 do 100 MHz/ i telewizji w zakresie III /174 do 216 MHz/.

Na podstawie dalszych rozważań nie należy wnioskować, że wszystkie specjalne służby radiowe nie podlegają zakłóceniom lub że się je całkowicie pomija. Rzecz w tym, że służby te tak są planowane i organizowane, a stacje odbiorcze tak lokalizowane, że zakłócenia w nich występujące są sprowadzone do minimum. Ten aspekt nie był także pomijany przy rozważaniu zakłóceń w radiofonii; zawsze uważano za istotne wymaganie, aby składający skargę na zakłócanie odbioru zastosować wszystkie dostępne środki dla uzyskania możliwie największego sygnału pożądanego i zredukowania w możliwie osiągalnym stopniu zakłóceń.

Zajęcie się problemem zakłóceń radioelektrycznych w sposób efektywny i jednocześnie ekonomiczny przedstawia z technicznego punktu widzenia znaczne trudności i zmusza do uwzględnienia wymagań polityki ekonomicznej. Trudności te mogą być przez resort rozwiązywane tylko drogą kompromisu. Idealnie rzecz biorąc można by zapewnić, aby wszystkie urządzenia elektryczne nie powodowały zakłóceń lub też w przypadku wprowadzania zakłóceń były wycofywane z użytku. W praktyce istnieje duża ilość urządzeń elektrycznych, których użytkowanie rozpoczęto przed wprowadzeniem służb radiowych. W tych warunkach należy, jeżeli pożądaný cel chce się ostatecznie osiągnąć, posiadać i propagować środki do zmniejszania zakłóceń /montowanie podzespołów przeciwwzakłóceniovych, ekranowanie lub inne środki/ i popierać produkcję nowych urządzeń

niepowodujących zakłóceń w stopniu, na jaki pozwala wiedza i względy ekonomiczne. Idealnie biorąc należałoby eliminować zakłócenia całkowicie, ale ponieważ jest to niepraktyczne stawiamy sobie za cel zmniejszenie poziomu zakłóceń w ten sposób, aby na możliwie największym obszarze kraju odbiór własnych programów był zadowalający. Aby to osiągnąć, konieczne jest staranne planowanie i koordynacja akcji, szczególnie ze względu na sprzeczne interesy stron nią objętych.

W Anglii minister zarządzający sprawami łączności /General Post-Office/ jest odpowiedzialny za kontrolę zakłóceń radiowych. Resort mu podległy prowadzi w całym kraju służbę przeciwwakłóceniową, która ma obowiązek nie tylko interesowania się poszczególnymi przypadkami zakłóceń, ale także udzielania porad technicznych w zakresie usuwania zakłóceń. W tym celu powołano organizację zatrudniającą personel techniczny. Ośrodki zwalczania zakłóceń administracyjnie są przyłączone do okręgów poczty, w których znajdują oparcie w specjalistycznych laboratoriach wydziałów technicznych. Niezależnie od resortu łączności organizacje radiowe i różne gałęzie przemysłu radiowego i elektrycznego aktywnie uczestniczą w pracach nad problemami zwalczania zakłóceń i współpracują we wprowadzeniu skutecznych i praktycznych środków kontroli. Współpracą tą koordynowały odpowiednie Komitety Stowarzyszenia Inżynierów Elektryków i Brytyjski Instytut Normalizacji.

Aż do uchwalenia Ustawy o Łączności w 1949 roku kontrola zakłóceń w Anglii zależała wyłącznie od dobrowol-

nej akcji stron zainteresowanych. Po uchwaleniu ustawy minister łączności uzyskał uprawnienia do wydawania przepisów /po konsultacji z komitetem doradczym powołanym do tego celu/, które regulują kwestie produkcji i używania określonych urządzeń elektrycznych mogących powodować zakłócenia oraz ustalają poziomy zakłóceń, których nie należy przekraczać, przy czym pomiary zakłóceń należy przeprowadzać w ustalony sposób aparaturą o ustalonych charakterystykach. Ustawa pozwala na stosowanie legalnych kar za niepodporządkowanie się w określonym czasie nakazowi zmniejszenia zakłóceń do poziomu wymaganego odpowiednimi przepisami. Do chwili obecnej (początek 1958 roku - przyp. tłum.) wydano przepisy dotyczące pewnej ilości urządzeń elektrycznych, których używanie, jak pokazało doświadczenie, powodowało najwięcej skarg na zakłócenia.

Problem zakłóceń radiowych powstaje oczywiście we wszystkich radiofonizowanych krajach. W ciągu ubiegłych 20 lat organizowano konferencje z udziałem przedstawicieli krajów zainteresowanych tym zagadnieniem. Koordynacją tych prac na arenie międzynarodowej zajmuje się CISPR (Międzynarodowy Komitet Specjalny do spraw Zakłóceń Radioelektrycznych), działający pod egidą IEC (Międzynarodowy Komitet Elektrotechniczny). CISPR stara się uzgodnić metody pomiaru zakłóceń i ma nadzieję na osiągnięcie pewnego porozumienia w sprawie ujednoczenia dopuszczalnych poziomów zakłóceń. Poświęcana jest także uwaga kwestiom związanym z bezpieczeństwem użytkowania urządzeń, jakie powstają przy dołączeniu filtrów prze-

ciwzakłóceniovych. Cała ta działalność powinna ułatwić handel międzynarodowy przez ustalenie wspólnego miernika jakości urządzeń elektrycznych ze względu na powodowane zakłócenia.

Inne artykuły w tym cyklu wyjaśnią bardziej szczegółowo różne zagadnienia wspomniane w niniejszym wpro-wadzeniu. Zostały one zaplanowane tak, aby dać skondenso-wany obraz całości zagadnień ze szczególnym uwzględnie-niem aspektów technicznych.

CZĘŚĆ 2 - SŁUŻBA PRZECIWKAKŁÓCENIOWA RESORTU ŁĄCZNOŚCI^{1/}

G.A.C.R. Britton: Radio Interference. Part 2
- The Post Office Radio Interference Service.
The Post Office Engineers Journal Vol. 50,
Part 4, January 1958, pp. 227-230.

W artykule tym opisano krótko obecną i istniejącą po-przednio organizację załatwiania skarg na zakłócenia ra-dioelektryczne. Podano także krótko koszty służby, meto-dy wyszukiwania źródeł zakłóceń i używaną do tego celu aparaturę. W zakończeniu krótko omówiono główne rodzaje urządzeń stanowiących źródła zakłóceń.

^{1/} Na podstawie oryginału opracował W. Moron.

. 1. Okres do 1946 roku.

W latach dwudziestych do kompetencji radiowych sekcji inżynierskich (obecnie włączonych do okręgów pocztowych) w całym kraju należało głównie wydawanie zezwoleń na posiadanie odbiorników oraz rozpatrywanie skarg na powodowanie oscylacji w odbiornikach radiowych. Praca polegała na rozpowszechnianiu wiadomości o potrzebie posiadania zezwoleń i przekonywaniu użytkowników odbiorników o konieczności unikania wzbudzania drgań, które powodują zakłócenia u sąsiadów. W owym czasie skargi na zakłócenia od innych urządzeń były rzadkie.

Pierwsza ważna zmiana w pracy nastąpiła po wprowadzeniu w życie planu BBC pokrycia kraju dwoma programami. W planie założono budowę sąsiadujących ze sobą nadajników średniofalowych dużej mocy, co wywołało potrzebę dużej selektywności odbiorników, leżącej daleko poza możliwościami prostego odbiornika reakcyjnego. Powszechne wprowadzenie odbiorników superheterodynowych spowodowało eliminację zakłóceń wskutek oscylacji. Z drugiej strony gwałtowny wzrost popularności zarówno radiofonii, jak i maszyn oraz urządzeń elektrycznych w gospodarstwie domowym i w fabrykach spowodował wzrost zakłóceń powodowanych przez te maszyny i urządzenia.

Resort łączności zgodził się wziąć na siebie odpowiedzialność za badanie skarg na takie zakłócenia, tj. za lokalizowanie urządzeń powodujących je, za dobieranie odpowiednich podzespołów do zmniejszania ich i za odwoływanie się do poczucia odpowiedzialności właścicieli urzą-

dzeń zakłócających (połączone z prośbą o płacenie za za-
instalowanie podzespółów). Zorganizowano pracę i ustalono
stanowiska odpowiedzialne za szkolenie personelu, za-
pewnienie specjalnego transportu, wyposażenie w odbior-
niki do wyszukiwania źródeł zakłóceń i w podzespóły
przeciwzakłócenkowe.

Resort zajął się koordynacją i współpracą międzynaro-
dową w badaniach nad metodami pomiaru zakłóceń i oceną
dopuszczalnych ich granic dla zapewnienia dobrego od-
bioru.

Do 1939 roku ilość otrzymanych i rozpatrzonych skarg
wzrosła do ok. 48.000 dla radiofonii i 100 dla telewi-
zji, a personel zatrudniony w terenie wzrósł do prawie
250 osób. Po wybuchu wojny służba została w sposób dra-
styczny zmniejszona i zajmowała się zapewnieniem dosta-
tecznego odbioru tylko programu krajowego. Część jej zo-
stała przeniesiona do innych prac. Organy służby, które
pozostały, zajmowały się w równej mierze pracą dla po-
trzeb obrony, jak skargami radiosłuchaczy. Uwidocznia
to tablica 1.

T a b l i c a 1

Skargi na zakłócenia instytucji rządowych
załatwione w czasie wojny

	Liczba skarg
Ministerstwo Lotnictwa	348
Ministerstwo Wojny	274
Admiralicja	65
Resort łączności	34
BBC	29

Tablica 1 c.d.

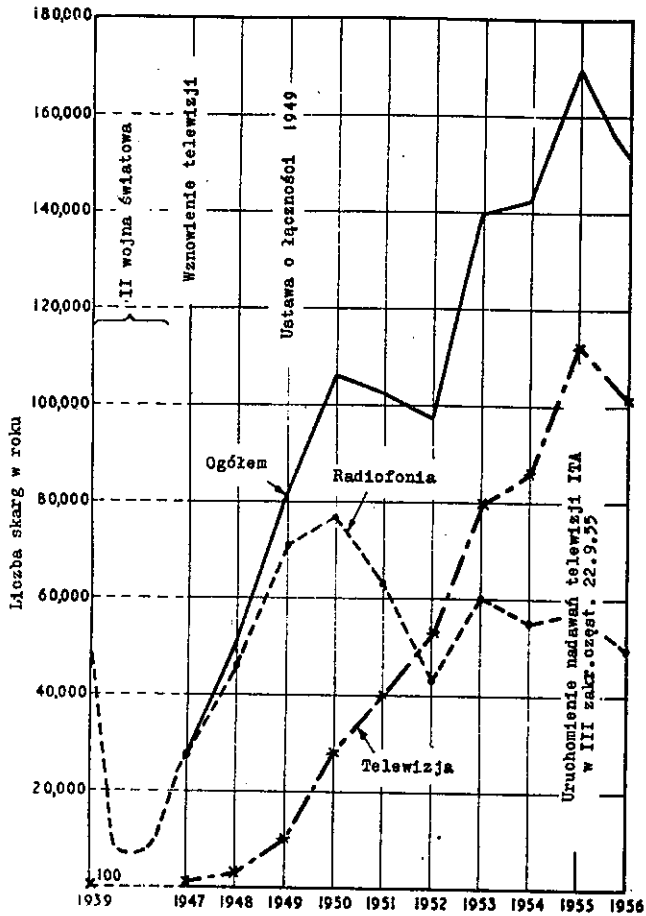
	Liczba skarg
Siły powietrzne USA	25
Ministerstwo Spraw Wewnętrznych	9
Koleje	7
Ministerstwo Spraw Zagranicznych	3
Ministerstwo Informacji	3
BOAC	2
Ambasady	2
Ministerstwo Wojny Ekonomicznej	1
Armia Kanadyjska	1
Biuro Komisarza Obszaru	1
R a z e m	604

2. Okres powojenny

Po wojnie resort łączności powrócił do rozpatrywania skarg na zakłócenia od osób cywilnych i skarg tych było liczbowo tyle, ile przed wojną,

Po wprowadzeniu trzeciego programu i wznowieniu pracy telewizji, służby te także podlegały ochronie przed zakłóceniami na obszarach, na których natężenie sygnału było odpowiednie. Gwałtowny rozwój telewizji w ostatnich kilku latach doprowadził do odpowiedniego wzrostu liczby skarg. Uwidoczniono to na rys. 1. Więcej niż połowa otrzymany skarg dotyczyła odbioru telewizji.

W tablicy 2 uwidoczniono zmieniający się koszt służby przeciwzakłóceń w ciągu ostatnich lat, w stosunku do spraw rozpatrywanych i w stosunku do wpływów z opłat abonenckich.



Rys. 1. Roczne dane liczbowe skarg w okresie 1939 do 1956 r.

Wzrost ilości pracy spowodował potrzebę powiększenia personelu i w służbie przeciwwakłóceń pracuje obecnie ok. 500 osób i 400 pojazdów mechanicznych.

Obecne dane wskazują na to, że od czasu wprowadzenia przez ITA (Independent Television Authority) telewizji w zakresie III, w którym zakłócenia są mniejsze niż w

T a b l i c a 2

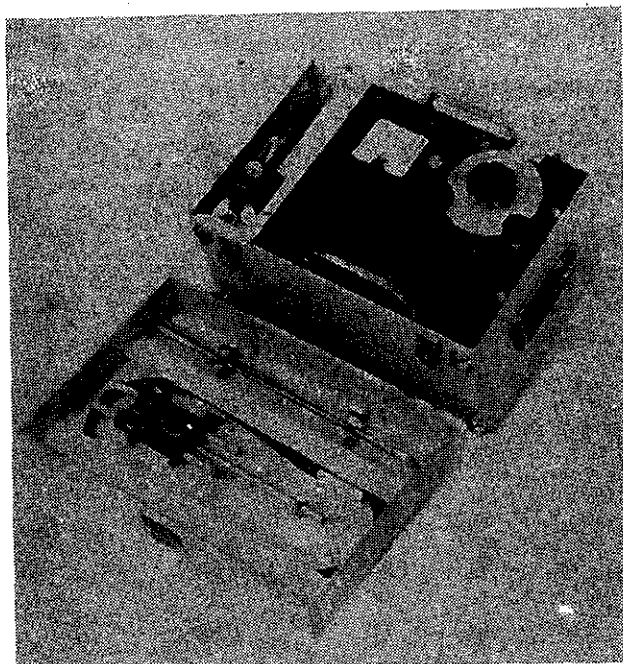
Koszt służby przeciwzakłóceniewej

Rok	Całkowi- ty koszt	Całkowity koszt na funt wpły- wu z opłat abonenckich (pensy)	Całkowity koszt na sprawę rozpatrywaną	
			radio- fonia (funty)	telewizja (funty)
1949/50	341,674	6,56	3,81	5,06
1950/51	395,720	7,27	3,72	3,96
1951/52	427,415	7,33	4,18	3,69
1952/53	458,543	7,39	4,41	4,13
1953/54	489,298	7,14	3,48	3,42
1954/55	555,475	5,94	4,16	3,69
1955/56	563,220	5,76	3,56	3,22

zakresie I, liczba skarg zmniejsza się. Spadek liczby skarg na zakłócenia odbioru radiofonicznego obrazuje spadek zainteresowania radiofonią. Wynika on prawdopodobnie ze wzrostu zainteresowania telewizją i z niezadowalających warunków odbioru w zakresie średniofalowym. Występują tu gwizdy interferencyjne powodowane przez inne stacje europejskie oraz zakłócenia powodowane przez odbiorniki telewizyjne.

3. Praca służby przeciwzakłóceniewej

Pracownicy służby posiadają samochody typu furgon i posługują się odbiornikami radiowymi nr 11 i 12 (rys.2). Są to bateryjne, przenośne odbiorniki pokrywające za-



Rys. 2. Odbiornik nr 12 na zakres częstotliwości
30 do 100 MHz.

kres fal długich i średnich oraz zakres I używany przez telewizję i zakres II używany przez radiofonie ultrakrótkofalową. Następny odbiornik nr 24A, pokrywający zakres III używany przez telewizję, niedługo wejdzie w skład wyposażenia wozów. Odbiorniki mają anteny wbudowane lub osadzone wprost na skrzynce tak, że cały zestaw może być noszony w ręku. Dzięki temu mogą być one używane do śledzenia zakłóceń i wynajdywania ich źródeł kombinowaną metodą pelengowania i obserwowania natężenia pola. Jest to metoda inżynierska, ale dla wielu przypadków występowania zakłóceń stosowanie jej jest niepotrzebne. Na przy-

kład charakterystyki zakłócenia sprawdzane u składającego skargę lub czasy jego występowania mogą dać całkiem pewne wskazówki co do rodzaju źródła i pozwalają na jego umiejscowienie. W ten sposób można pominąć pracochłonne śledzenie. Jeden lub kilka wywiadów w miejscach prawdopodobnego użytkowania źródła prowadzi zwykle do jego wykrycia. Kilka przykładów takiego dedukcyjnego identyfikowania typów urządzeń powodujących zakłócenia podaje tabl.3.

T a b l i c a 3

Czas trwania i okresy występowania
niektórych rodzajów zakłóceń

Charakterystyka zakłócenia	Prawdopodobne źródło
Występuje tylko po zmroku.	Urządzenia oświetleniowe (ulic lub budynków) albo reklamy neonowe.
Przerywane, we: dnie i w nocy	Łodówka
Zakłócenia odbioru radiofonii obserwowane wyłącznie w czasie nadawania programu telewizyjnego	Sąsiadujące odbiorniki telewizyjne (prawdopodobnie podstawa czasu)
Przerywane, długie brzęczenie lub trzaski pojawiające się wieczorami i w nocy podczas chłódów	Poduszki elektryczne z termostatami
Krótkie, ale bardzo częste okresy brzęczenia, każde zaczynające się i kończące trzaskiem	Elektryczne maszyny do szycia

Tablica 3: c.d.

Charakterystyka zakłócenia	Prawdopodobne źródło
Ciągłe, ale głównie podczas upałów	Wentylatory
Pasma na ekranie telewizora	Diatermia w szpitalu lub klinice
Przypadkowo ułożone płamy i przecinki na ekranie telewizora.	Układ zapłonu przejeżdżających pojazdów mechanicznych
Pasy przecinków na ekranie telewizora i brzęczenie w kanale fonii zachodzące podczas długich okresów czasu, przy określonym typie pogody, w miejscach w pobliżu napowietrznych linii wysokiego napięcia	Wyładowania na izolatorze lub złe połączenie metalowej konstrukcji.

Stan techniczny instalacji odbiorczej ma znaczny wpływ na wrażliwość na zakłócenia i podczas wstępnej wizyty u składającego skargę pracownik służby (Investigation Officer - IO) powinien sprawdzić instalację i wskazać ewentualne usterki, które należy usunąć przed wszczęciem dalszego postępowania z ramienia resortu. W pewnych przypadkach stwierdzono uszkodzenie odbiorników. W innych - a jest ich o wiele za dużo - używano bardzo kiepskiej anteny. Taka antena słabo odbiera sygnał pożądaný i jest bardzo wrażliwa na zakłócenia, szczególnie jeżeli znajduje się wewnątrz pomieszczenia, gdzie jest silnie sprzężona z instalacją elektryczną budynku. Prowadzi to w sumie do małego stosunku sygnału do zakłóceń i złego odbioru.

Nie należy rzecz jasna oczekiwać, że właściciel urządzenia zakłócającego będzie chciał wydawać pieniądze na zmniejszenie zakłóceń tylko dlatego, że radiosłuchacz nie ma ochoty poprawiać instalacji antenowej. W takim przypadku, jeżeli pracownik służby jest pewny, że lepsza antena znacznie zredukuje zakłócenia i są warunki do wykonania takiej anteny udziela porady i zawiadamia, że sprawa nie będzie dalej prowadzona, dopóki antena nie będzie wykonana. Jeżeli są wątpliwości, czy antena rzeczywiście pomoże, sprawdza on rezultat za pomocą anteny prowizorycznej.

Zakładając, że instalacja odbiorcza jest prawidłowa, pracownik służby przeciwzakłóceniewej lokalizuje źródło zakłóceń i za zgodą właściciela dobiera odpowiedni podzespół przeciwzakłóceniewy. Następnie właściciel urządzenia wywołującego zakłócenia albo płaci za podzespół resortowi łączności, albo może go sobie kupić w sklepie i zainstalować. Chociaż minister zarządzający sprawami łączności ma pewne uprawnienia w stosunku do osób użytkujących urządzenia stanowiące źródła zakłóceń (będzie o nich mowa w następnym artykule), dąży się w miarę możliwości do dobrowolnej współpracy przy usuwaniu zakłóceń.

Obecnie zarysowuje się u wytwórców coraz silniejsza tendencja, szczególnie u wytwórców domowych urządzeń elektrycznych, zaopatrywania urządzeń w podzespoły przeciwzakłóceniewe już w toku produkcji lub nawet dysponowania standardowymi podzespołami specjalnie projektowanymi do różnych urządzeń tak, aby można je w razie potrzeby dodawać. Pewna ilość kupców sprzedających sprzęt radiowy i elektryczny (jak dotychczas jeszcze względnie mało) jest

już zainteresowana w dodawaniu podzespołów przeciwzakłóceńowych do sprzedawanych urządzeń. Gdy takie podzespoły są dostępne na rynku i jest znana ich skuteczność, wówczas praca pracownika służby przeciwzakłóceńowej sprowadza się do zlokalizowania źródła zakłóceń i pozostawienia zmniejszenia zakłóceń właścicielowi urządzenia w oparciu o placówki handlowe.

4. Przyczyny zakłóceń

Jedyną dostępną informacją o rodzajach urządzeń powodujących zakłócenia są obecnie w Wielkiej Brytanii sprawozdania roczne ze skarg otrzymanych i rozpatrzonych w okręgach. Ostatnim sprawozdaniem jest 12-miesięczne sprawozdanie na dzień 17 stycznia 1957 roku. W tabl. 4 podano przypadki uzasadnionych skarg, a w tabl. 5 przypadki, w których była nieodpowiednia instalacja odbiorcza lub sygnał był za słaby, aby mógł podlegać ochronie.

T a b l i c a 4

Występowanie zakłóceń od różnych źródeł

L. P.		Liczba skarg na dany rodzaj źródła			
		fale długie	zakr. I	zakr. II	zakr. III
1	Maszyny do szycia	1,208	9,374	3	55
2	Suszarki do włósnów	526	5,298	5	38
3	Przenośne narzędzia elektryczne	1,613	3,761	-	24
4	Odkurzacze	1,842	6,489	2	32

Tablica 4 c.d.

L. p.		Liczba skarg na dany rodzaj źródła			
		fale długie	zakr. I	zakr. II	zakr. III
5	Wszystkie inne silniki, generatory, przetworniki itp.	3,063	8,469	8	52
6	Poduszki elektryczne	350	1,124	-	8
7	Żelazka z termostatem	260	232	-	-
8	Wszystkie inne urządzenia wyposażone w styki	2,151	4,354	2	64
9	Lampy z wykładaniem w gazach (z wyłączeniem reklam neonowych)	2,027	506	-	3
10	Reklamy neonowe	441	1,817	5	24
11	Lampy z włóknem żarzonym	90	2,334	12	7
12	Linie energetyczne napowietrzne wszystkich napięć	484	4,327	3	83
13	Urządzenia w.cz. przemysłowe i medyczne	88	1,636	1	54
14	Nadajniki radiowe amatorskie	137	473	1	13
15	Promieniowanie podstawy czasu w telewizorach	5,553	433	-	92
16	Promieniowanie heterodyny odborników telewizyjnych na zakres I	-	1,735	3	83

Tablica 4 c.d.

L. p.		Liczba skarg na dany rodzaj źródła			
		fale długie	zakr. I	zakr. II	zakr. III
17	Promieniowanie heterodyny odbiorników telewizyjnych na zakres II	-	32 ¹⁾	-	4
18	Promieniowanie konwertorów na zakres III	-	2,463	1	71
19	Urządzenia wibracyjne (dzwonki, brzęczyki)	141	504	-	5
20	Uszkodzone instalacje elektryczne budynków	1,664	576	-	5
21	Zidentyfikowane źródła inne niż podane powyżej	2,391	6,043	27	223
22	Niezidentyfikowane źródła	10,594	24,704	32	461

1) Czwarta harmoniczna (ok. 43 MHz) promieniowania ze wzmacniacza pośredniej.

Rozważając dane zawarte w tabl. 4 należy mieć na uwadze, że:

a) liczba radiosłuchaczy, którzy mają zakłócony odbiór, jest zwykle znacznie większa niż liczba otrzymanych skarg,

b) w niektórych skargach więcej niż jedno źródło zakłóceń danego rodzaju może być brane pod uwagę i czasami więcej niż jedna skarga może być spowodowana tym samym źródłem.

c) rzadkie są skargi na zakłócenia od instalacji zapłonowych w stosunku do znanej powszechności tego rodzaju zakłóceń.

T a b l i c a 5

Skargi spowodowane nieodpowiednim działaniem instalacji odbiorczej

L. p.		Liczba skarg na dany rodzaj źródła			
		W zakresie fal długich	zakr. I	zakr. II	zakr. III
1	Nieodpowiednie instalacje antenowe	9,899	4,113	36	265
2	Uszkodzone odbiorniki	4,376	8,231	28	522
3	Błędne nastrojenie odbiornika	244	989	3	57
4	Zjawy i drganie obrazu	-	214	-	36
5	Inne przyczyny wpływające na odbiór ¹⁾	5,367	12,259	21	309

¹⁾ Podpunkt 5 obejmuje między innymi takie różnorodne przyczyny jak:

a) zakłócenia wskutek powstawania niepożądanych sygnałów w samym odbiorniku,

b) mały stosunek sygnału do zakłóceń wskutek dużej odległości od nadajnika lub wskutek miejscowego ekranowania anteny odbiorczej,

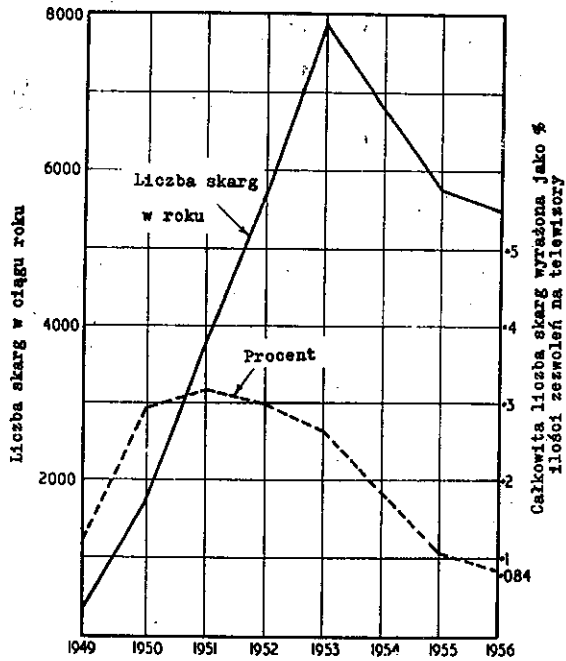
c) omyłkowe skargi.

Całkowita liczba skarg z obydwu tablic może przekraczać liczbę rozważonych spraw w okresie sprawozdawczym; dzieje się tak dlatego, że dwa lub więcej źródeł różnego rodzaju może wchodzić w grę w pojedynczej skardze. W punkcie "źródła niezidentyfikowane" zostały ujęte wszystkie te skargi, w których zakłócenie zniknęło przed lub podczas badania lub też występowało zbyt rzadko. W pewnych okolicznościach podzespoły przeciwzakłócenkowe są instalowane w mieszkaniu składającego skargę.

Jest faktem godnym pożałowania, że same odbiorniki telewizyjne są poważnym źródłem zakłóceń. W okresie sprawozdawczym zakłócenia od podstawy czasu były powodem nie mniej niż 5553 skarg słuchaczy radiofonii na falach długich i średnich, a promieniowanie heterodyn telewizorów spowodowało 1821 skarg.

Względnie nowe źródła, jakim są konwertory na III zakres, spowodowały 2535 skarg. Na rys. 3 i 4 przedstawiono zakłócenia powodowane w ostatnich latach przez dwa pierwsze z podanych wyżej źródeł zakłóceń w telewizorach.

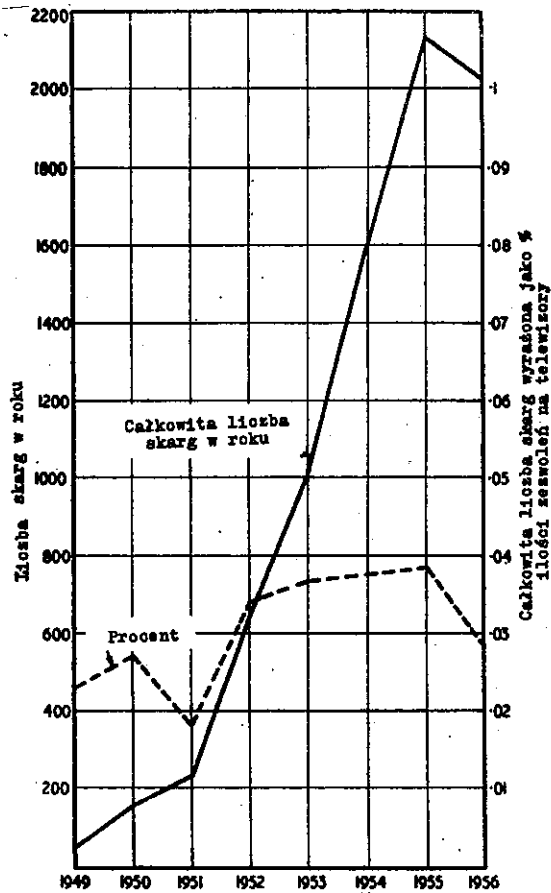
Wzrost skarg na zakłócenia od podstawy czasu ostatnio bardzo zmalał. Wynika to częściowo ze spadku zainteresowania programem radiofonicznym, a częściowo z akcji podjętej przez Brytyjskie Zrzeszenie Producentów Urządzeń Radiowych (BREMA). Zrzeszenie to opracowało metodę pomiarów i podało dopuszczalne granice promieniowania, do spełnienia których zachęca wszystkich swoich członków. Podobna akcja w związku z promieniowaniem heterodyn odbiorników rokuje także dobre rezultaty.



Rys. 3. Zakłócenia w radiofonii od podstawy czasu

Inną ważną przyczyną zakłóceń zarówno w telewizji, jak i w radiofonii są maszyny do szycia. Jednakże modele produkowane obecnie przez największych wytwórców mają wmontowane podzespoły przeciwzakłóceńowe, które są także oddzielnie osiągalne w handlu, tak że mogą być wmontowane w maszynach już użytkowanych.

Traktując uzyskane wyniki jako całość i grupując je ze względu na mechanizm powstawania zakłóceń można zauważyć, że głównymi źródłami zakłóceń są silniki kolektorowe, urządzenia zawierające styki (łącznie z termostatami), odbiorniki telewizyjne, napowietrzne linie energetyczne, oświetlenie z wyładowaniem w gazach i urządzenia



Rys. 4. Zakłócenia w telewizji powodowane przez promieniowanie heterodyn telewizorów

w.cz. przemysłowe, naukowe i medyczne. Istniejące i zarysowujące się na przyszłość sposoby kontroli, na podstawie przepisów prawnych; zakłóceń wywołanych różnorodnymi rodzajami urządzeń, będą omówione w dalszym artykule tej serii.

CZĘŚĆ 3 - ZMNIEJSZANIE ZAKŁÓCEN¹⁾

Dilworth R.A.: Radio Interference. Part 3
- Suppression. The Post Office Electrical
Engineers - Journal Vol 51, Part 1, April
1958, pp. 40 - 45.

Niniejszy artykuł stanowi trzecią kolejną część cyklu, składającego się z 6 publikacji. W części tej omówiono powstawanie zakłóceń, ich rozprzestrzenianie się oraz metody ich zmniejszania. Szczegółowo opisano praktyczne układy przeciwzakłóceniami i elementy przeciwzakłóceniami, aktualnie wykorzystane w Wielkiej Brytanii.

POWSTAWANIE ZAKŁÓCEN

Największa ilość skarg na zakłócenia dotyczy urządzeń, w których powstawanie energii wielkiej częstotliwości jest niepożądanym efektem ich działania, jak np. silniki elektryczne i termostaty.

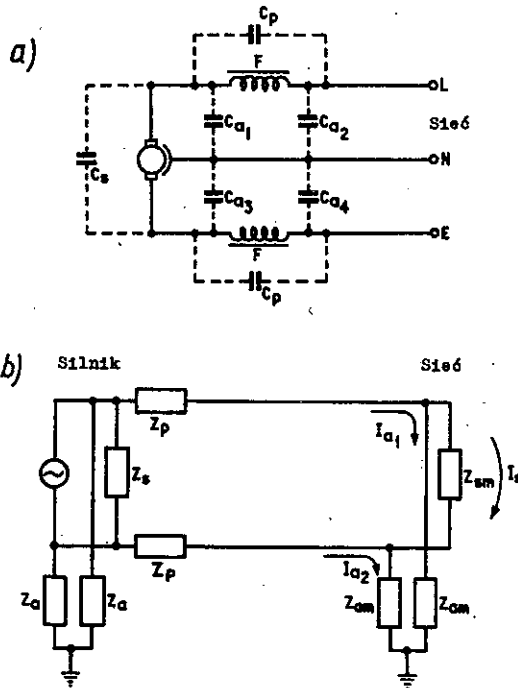
Zakłócenia impulsowe

Każda gwałtowna zmiana prądu w obwodzie elektrycznym, jak łatwo wykazać za pomocą analizy Fouriera, może być traktowana jak zbiór sinusoidalnych przebiegów składowych, o częstotliwościach zawierających się w szerokim zakresie częstotliwości radiowych. Prądy wielkiej częstotliwości płynące w obwodzie elektrycznym mogą wywoły-

¹⁾ Na podstawie oryginału opracował R.G. Strużak.

wać podobne prądy w innym obwodzie, sprzężonym elektrycznie, ale nie koniecznie połączonym galwanicznie z obwodem pierwotnym. Wyindukowane prądy wtórne zależą od struktury elektrycznej obwodu wtórnego, stopnia sprzężenia obwodów i od wartości prądu pierwotnego.

Weźmy pod uwagę silnik komutatorowy, jako przykładowe źródło zakłóceń. Na rys. 5a pokazano jego zasadniczy



Rys. 5. Silnik komutatorowy: a) schemat, uwzględniający pojemności rozproszone; b) układ równoważny silnika przyłączonego do sieci elektrycznej zasilania

schemat z uwzględnieniem pojemności rozproszonych. Rys. 5b jest układem równoważnym tego urządzenia, przyłączone-

go do przewodów sieci zasilania, przy czym Z_{sm} oznacza składową symetryczną a Z_{am} składowe niesymetryczne oporu (zespolonego) tej sieci. Prądy wypływające z zewnętrznych zacisków silnika I_s , I_{a1} , I_{a2} są odpowiedzialne za zakłócenia w odbiorze radiowym i telewizyjnym. Bezpośrednie promieniowanie samego silnika jest czynnikiem istotnym tylko przy bardzo wielkiej częstotliwości.

Ponieważ elektryczna sieć zasilania nie jest symetryczna dla prądów wielkiej częstotliwości, składowa symetryczna I_s bardzo szybko powoduje składową niesymetryczną, płynącą wzdłuż przewodów sieci i ziemi, w pętli o stosunkowo znacznych rozmiarach i dobrych właściwościach promieniowania.

Zakłócenia o charakterze fali ciągłej

W urządzeniach niektórych typów, jak np. zgrzewarki do mas plastycznych (tworzyw syntetycznych), generatory wielkiej częstotliwości, oscylatory odbiorników superheterodynowych, energia wielkiej częstotliwości jest nieodczowna dla normalnej ich pracy. Działanie tych urządzeń może powodować zakłócenia w postaci fali ciągłej; zakłócenia tego typu są omówione w piątej części niniejszego cyklu artykułów.

PROPAGACJA ZAKŁÓCEN

Energia wielkiej częstotliwości, generowana jak opisano powyżej, rozprzestrzenia się wskutek:

a) bezpośredniego promieniowania źródła zakłóceń i wszystkich przewodów do niego przyłączonych,

b) transmisji energii wielkiej częstotliwości wzdłuż przewodów elektrycznej sieci zasilania, do której urządzenie jest przyłączone (przewodzenie),

c) transmisji energii wielkiej częstotliwości wzdłuż przewodów nie przyłączonych bezpośrednio do źródła zakłóceń (albo sieci z nim połączonej), lecz sprzężonych z nim, albo w sposób będący kombinacją a, b i c.

Promieniowanie bezpośrednie

Określenie "promieniowanie bezpośrednie" jest użyte do opisanego procesu, w którym energia elektromagnetyczna, wytworzona przez urządzenie zakłócające, przenika w przestrzeń, z której z kolei wnika do anteny odbiorczej. Promieniowanie takie może być wywołane częściowo przez samo urządzenie a częściowo przez przewody przyłączone do niego: np. giętki kabel, jeżeli taki istnieje, lub kilka początkowych metrów sieci zasilającej urządzenie. "Sprzężenie" między urządzeniem albo jego przewodami i przestrzenią jest "skuteczniejsze" przy wyższych częstotliwościach. W małych urządzeniach domowego użytku z silnikami elektrycznymi, które są najczęściej przenośne, warunki promieniowania są szczególnie korzystne przy częstotliwościach stosowanych w telewizji.

Propagacja wzdłuż kabli energetycznych

Źródło zakłóceń przyłączone do sieci zasilania może do niej "wstrzykiwać" prądy zakłócające wielkiej częstotliwości. Przy niższych częstotliwościach stosowanych w radiofonii prądy te mogą płynąć wzdłuż kabli ulicznych na znaczne odległości i mogą wpływać do przyłączy, łączących poszczególne domy z kablami. Prądy te wywołują w domach pola zakłóceń wielkiej częstotliwości i chociaż pola te są słabe a zasięg ich jest ograniczony do niewielkich odległości od przewodników sieci, to antena, albo jej część, może znaleźć się pod ich wpływem. Przy częstotliwościach stosowanych w telewizji tłumienie kabla sieciowego jest na tyle duże, iż - mówiąc ogólnie - nie stwierdza się znacznych trudności wywołanych przenikaniem zakłóceń wzdłuż przewodów sieci.

Propagacja wzdłuż przewodników nie połączonych galwanicznie ze źródłem zakłóceń

Prądy zakłóceń mogą być indukowane w przewodnikach przebiegających przez silne pole elektromagnetyczne, przepływać na znaczne odległości wzdłuż tych przewodników i stanowić wtórne źródło zakłóceń odbieranych przez anteny umieszczone w ich sąsiedztwie. Tłumienie tych prądów jest większe przy wyższych częstotliwościach i przy częstotliwościach w zakresie I - III ten rodzaj propagacji nie jest zbyt groźny.

ZMNIEJSZANIE ZAKŁÓCEŃ W ODBIORNIKACH

Przed rozpatrzeniem sposobów zmniejszania zakłóceń u ich źródeł rozważymy najpierw możliwości zmniejszania ich w samych urządzeniach radioodbiornych.

Należy tu wymienić:

a) osiągnięcie najlepszego możliwego do uzyskania stosunku sygnału do zakłócenia na wejściu odbiornika przez użycie dobrej instalacji antenowej,

b) w przypadku odbiorników telewizyjnych i radiofonicznych ultrakrótkofalowych z modulacją częstotliwości stosowanie ograniczników w celu zmniejszenia efektów zakłóceń impulsowych,

c) staranne zabezpieczenie przed niepożądanymi odpowiedziami odbiornika, tj. przed odbiorem sygnałów zakłócających o częstotliwościach leżących poza pasmem częstotliwości sygnału pożądanego,

d) staranne zabezpieczenie przed zakłóceniami przenikającymi z sieci elektrycznej wzdłuż przewodów zasilających, a w przypadku odbiorników telewizyjnych i radiofonicznych UKF również i wzdłuż kabla antenowego.

Instalacje antenowe

Ogólnie mówiąc, jaki by nie był sposób przenikania zakłóceń od źródła zakłóceń do odbiornika, im lepsza jest instalacja antenowa, tym mniejsze jest prawdopodobieństwo, że zakłócenia zostaną odebrane. Trzeba specjalnie mocno

podkreślić, że dobra instalacja odbiorcza jest pierwszym krokiem do odbioru wolnego od zakłóceń. Wiele zbadanych przypadków wskazuje, że zakłócenia odbioru bardzo często mogą być wyeliminowane przez zastosowanie odpowiedniej anteny. Nawet na obszarach o dużym natężeniu pola (sygnału chronionego, przyp. tłumacza) maszyny wyposażone w standardowe układy przeciwzakłóceniewe mogą być przyczyną skarg na zakłócenia w przypadku stosowania nieodpowiednich anten. Sprawa ta jest szczególnie ważna, ponieważ jest nieuzasadnione nastawać na zmniejszanie zakłóceń, w przypadku wykorzystywania przez skarżących się radiosłuchaczy nieodpowiednich anten. Niestety, ograniczenia wynikające z uprawnień prywatnych właścicieli w Wielkiej Brytanii niekiedy uniemożliwiają użycie odpowiednich, skutecznych anten. Coraz większą uwagę zwraca się obecnie na zbiorowe anteny odbiorcze, szczególnie do odbioru telewizji w mieszkaniach podległych władzom miejscowym (Local Authority flats). Chociaż statystyki z lat 1956-1957 wykazują, że tylko 9% wszystkich skarg wycofano po poprawieniu anteny i (albo) naprawie odbiornika, to przypuszcza się, że o wiele więcej jest nieodpowiednich instalacji antenowych.

Ograniczniki

Nowoczesne odbiorniki telewizyjne są wyposażone w ograniczniki w obu kanałach: dźwięku i obrazu. Ograniczniki w kanale dźwięku są zazwyczaj niestrojone. W niektórych modelach jest wykorzystywany w kanale wizji układ ("black spotter"), w którym napięcie sygnału

przekraczające określoną wartość jest wzmacniane, odwracane w fazie i nakładane na sygnał wyjściowy w celu wytworzenia szarych lub czarnych plam na obrazie, w miejsce białych. Niektóre systemy ograniczenia są wprost niezbędne dla odbioru radiofonii z modulacją częstotliwości, jeżeli wszystkie zalety tej modulacji, polegające na uwolnieniu od zakłóceń, mają być rzeczywiście wykorzystane.

Niepożądane odpowiedzi odbiornika

Prawie wszystkie nowoczesne odbiorniki są typu superheterodynowego i posiadają wszystkie zalety i wady związane z tą techniką odbioru radiowego. Główne wady tego układu odbiornika polegają na niepożądanych odpowiedziach odbiornika na sygnały o częstotliwości pośredniej i o częstotliwościach lustrzanych, a w niektórych przypadkach również na ich harmoniczne i częstotliwości kombinacyjne. Wszystkie te sygnały mogą przenikać do wzmacniacza pośredniej częstotliwości, jeżeli nie zostały uprzednio znacznie stłumione. Powyższe trudności występują głównie w odbiornikach telewizyjnych.

Przewody sieciowe i antenowe

Zakłócenia przenikające poprzez przewody sieciowe mogą być zmniejszone przez zastosowanie odpowiednich filtrów w tych przewodach. Napięcia zakłóceń indukowane w przewodach antenowych odbiorników radiofonicznych UKF FM i telewizyjnych mogą przedostać się do obwodu wejściowe-

go i dlatego jest nieodzowne wykonanie dobrych i pewnych (niskoomowe) połączeń między zewnętrznym ekranem kabla koncentrycznego a chassis albo ziemią, a w przypadku linii symetrycznej - wymagana jest dobra symetria. Ponieważ dokładna symetryzacja jest trudna do uzyskania w warunkach produkcyjnych, zazwyczaj lepsze wyniki daje zastosowanie kabla ekranowanego (współosiowego).

Wytwórcy urządzeń radioodbiornych podejmują obecnie takie środki, w celu zmniejszenia wrażliwości ich produktów na zakłócenia, jakie sami uznają za niezbędne i ekonomicznie opłacalne. Brytyjska Norma BS 905-1940 "Anti-interference Characteristics and Performance of Radio Receiving Equipment" ("Urządzenia radioodbiornicze. Odporność na zakłócenia") jest obecnie nowelizowana: nowa norma będzie zawierać opis metod badania i uaktualnione wymagania dotyczące odporności na zakłócenia promieniowane i przenikające z sieci. Należy się spodziewać, że po opublikowaniu nowej wersji tej normy wytwórcy podejmą w końcu odpowiednie kroki w celu polepszenia jakości radioodbiorników. Obecnie nie było możliwe włączenie do BS 905 wymagań dotyczących tłumienia sygnałów lustrzanych i sygnałów o częstotliwości pośredniej.

ZMNIEJSZANIE ZAKŁÓCEŃ U ICH ŹRÓDEŁ

W tablicy 1 podano analizę skarg na zakłócenia, które cytowano bardziej szczegółowo w tabl. 4 (część 2 niniejszego cyklu artykułów). Co się tyczy urządzeń umieszczonych w tabl. 6 pod poz. 5 i 7, to wymagają one innej

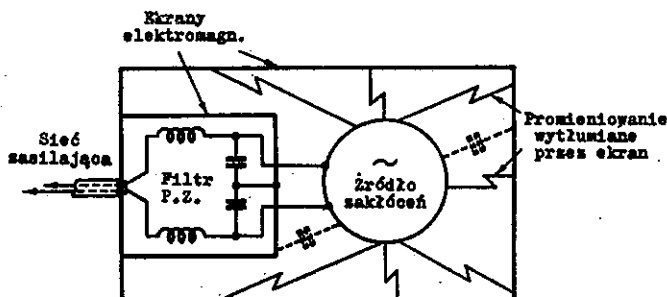
techniki zmniejszania zakłóceń niż omawiana w niniejszym artykule, dotyczącym głównie takich urządzeń, z których zakłócenia przenikają przede wszystkim za pomocą sieci elektrycznej, jak np. podane w poz. 1, 2, 3 i częściowo w pozycji 6. Zakłócenia odbioru telewizyjnego powodowane przez żarowe lampy oświetleniowe (poz. 4 tabl.) są wywołane w tych urządzeniach generacją częstotliwości w pasmie sygnału telewizyjnego. Ponieważ zjawisko to jest charakterystyczne dla żarówek próżniowych, taniej i łatwiej zastąpić je lampami gazowanymi niż zmniejszać w nich zakłócenia. Układów zapłonowych silników spalinyowych nie wydzielono w odrębną grupę w tej tablicy, ponieważ do resortu łączności wpłynęło bardzo niewiele skarg na te urządzenia, jakkolwiek wiadomo, że w rzeczywistości wielu widzów jest narażonych na zakłócenia powodowane przez te urządzenia.

Ogólna zasada zmniejszania zakłóceń jest przedstawiona schematycznie na rys. 6. W większości urządzeń zakłócających nie jest konieczne stosowanie ekranu, ponieważ metalowy korpus (rama, obudowa) maszyny czy urządzenia sam stanowi wystarczający, chociaż często niekompletny ekran: dodatkowe ekranowanie jest wymagane jedynie wówczas, gdy zakłócenia należy zmniejszyć w stopniu bardzo znacznym. Kiedy przez ekran przechodzą przewody, np. przewody zasilania urządzenia, energia wielkiej częstotliwości może przenikać na zewnątrz ekranu, jeżeli brak jest odpowiednich filtrów umieszczonych w pobliżu punktu przejścia tych przewodów na zewnątrz ekranu.

T a b l i c a 6

Zestawienie skarg na zakłócenia od rozmaitych urządzeń elektrycznych, odnoszących się do lat 1956-57

L. p.	Źródło zakłóceń	Fale średnie i długie (radiofonia)	Telewizja i radiofonia UKF FM
1	Urządzenia z silnikami elektrycznymi	8252 (41,5%)	33610 (60%)
2	Urządzenia z ruchomymi stykami	2902 (15%)	6385 (12%)
3	Lampy oświetleniowe z wyładowaniem w gazach (wszystkie typy)	2468 (12%)	2355 (4%)
4	Żarówki	90 (0,5%)	2353 (4%)
5	Linie energetyczne	484 (2,5%)	4348 (8%)
6	Odbiorniki radiowe i telewizyjne (promieniowanie oscylatorów i układów odchylenia)	5553 (28%)	4917 (9%)
7	Urządzenia przemysłowe i medyczne wielkiej częstotliwości	88 (0,5%)	1691 (3%)



Uwaga. Filtr zapobiegający propagacji prądów zakłóceń wzdłuż przewodów sieci.

Rys. 6. Zasada tłumienia zakłóceń u źródła

WARUNKI BEZPIECZEŃSTWA (DOTYKU)

W praktyce metalowe części urządzenia, w którym mają być zastosowane kondensatory (filtry kondensatorowe) w celu zmniejszenia zakłóceń, są najczęściej dostępne dla użytkownika. Jeżeli urządzenie jest przenośne, istnieje poważne niebezpieczeństwo odłączenia jego uziemienia bez wiedzy użytkownika (np. przypadkowo); co więcej, niektóre urządzenia są użytkowane bez jakiegokolwiek połączenia z ziemią. Są dwa wypadki, kiedy istnieje niebezpieczeństwo porażenia użytkownika, który ma potencjał elektryczny ziemi:

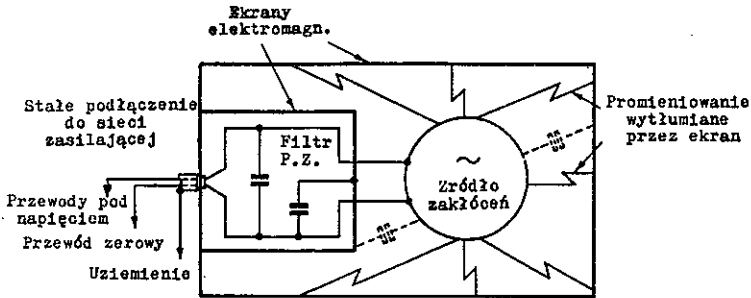
a. Niebezpieczeństwo śmiertelnego porażenia w przypadku, gdy kondensator załączony między przewodem sieciowym (pod napięciem) i metalowym korpusem urządzenia zostanie przebity. Jest ono znacznie zmniejszone przez stosowanie odpowiednio dobranych kondensatorów, których napięcie

próby (prądem stałym) jest 9 razy większe od wartości skutecznej napięcia pracy, a średnia wartość napięcia przebicia (przy badaniach niszczących) - 2 razy większa od tej wartości (tj. napięcia próby).

b. Niebezpieczeństwo ciężkiego porażenia, a nawet porażenia śmiertelnego na skutek działania prądu zmiennego 50 Hz, płynącego z sieci zasilającej przez kondensator przeciwzakłóceń i ciało osoby dotykającej urządzenie do ziemi. Niebezpieczeństwo tego rodzaju jest zmniejszone przez ograniczenie pojemności kondensatora do wartości 0,005 μF . Powoduje to ograniczenie wspomnianego prądu do wartości około 0,4 mA w przypadku sieci 250 V, 50 Hz. Taka wartość prądu jest nieodczuwalna przez przeciętną osobę.

Urządzenia przyłączane w sposób trwały do sieci, dla których niebezpieczeństwo rozłączenia połączeń jest pomijalne, mogą być wyposażone w kondensatory o dużej pojemności (aż do 2 μF), lecz nawet tutaj kondensatory są łączone między "gorącym" i "zimnym" (tj. uziemionym) przewodem sieci oraz przewodem "zimnym" i ziemią, jak przedstawiono na rysunku 7. Ponieważ tylko przewód "zimny" (neutralny, uziemiony) jest przyłączony do metalowej obudowy (korpusu) urządzenia przez kondensator, nie ma w tym przypadku niebezpieczeństwa porażenia nawet w przypadku odłączenia uziemienia. Należy tu podkreślić, że uziemienia przez giętki kabel nie można uważać za połączenie trwałe.

Nowoczesne urządzenia (maszyny) z całkowitą ochroną osłoną izolacyjną albo podwójną osłoną izolacyjną mają



Uwaga. Filtr zapobiegający propagacji prądów zakłóceń wzdłuż przewodów sieci.

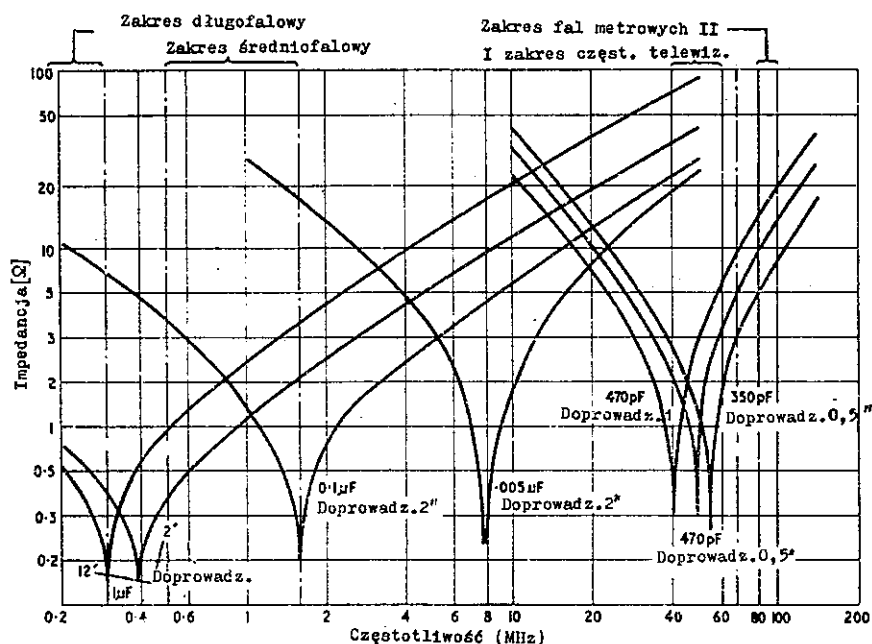
Rys. 7. Sposób przyłączenia kondensatorów w urządzeniach uziemianych w sposób trwały

metalowe części niedostępne z zewnątrz i dlatego nie muszą być uziemiane. Zmniejszanie zakłóceń jest w takich urządzeniach ułatwione, ponieważ nie ma w nich połączenia z ziemią, zwiększającego niesymetryczny prąd zakłóceń, oraz ponieważ można w nich stosować kondensatory o większych pojemnościach bez obawy spowodowania porażenia użytkownika.

PRAKTYCZNE UKŁADY PRZECIWKAKŁÓCENIOWE

Zmniejszanie zakłóceń powodowanych przez urządzenia zasilane z sieci zazwyczaj sprowadza się do zaprojektowania oddzielnego układu przeciwzakłóceniewego na zakresy radiofoniczne fal długich i średnich i oddzielnego układu na zakresy I, II i III (fal metrowych), ponieważ elementy stosowane przy tak różnych częstotliwościach znacznie się różnią między sobą swymi właściwościami.

Przy wysokich częstotliwościach kondensator zachowuje się jak rezonansowy obwód szeregowy, którego indukcyjność spowodowana jest indukcyjnością zwiniętej folii (stwierdzenie to jest słuszne tylko dla kondensatorów foliowych: ogólnie należałoby powiedzieć indukcyjnością elektrod kondensatora, przyp. tkum.) i indukcyjnością końcówek. Kondensatory muszą być tak dobierane, aby mia-

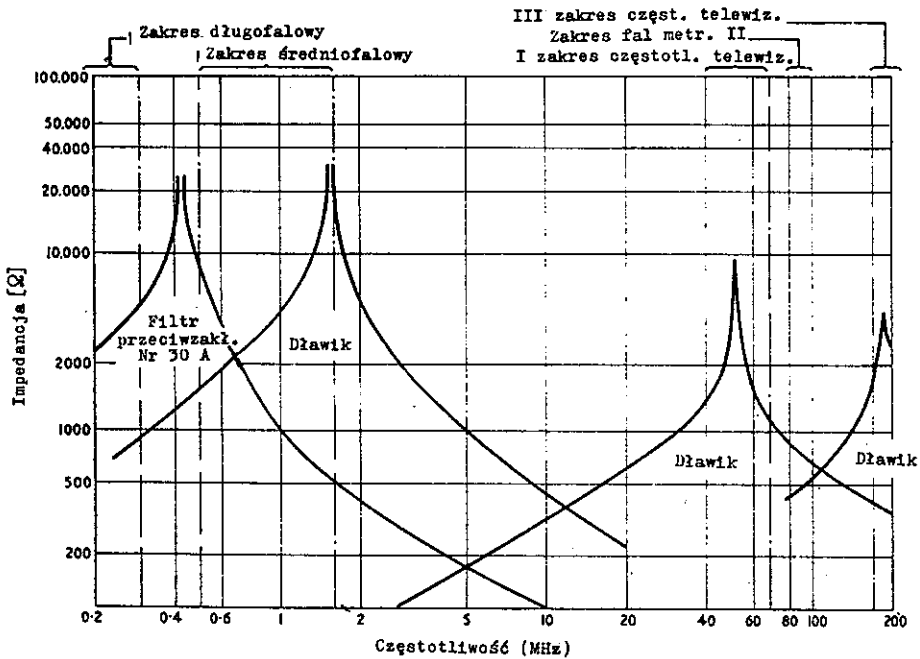


Rys. 8. Impedancja typowych kondensatorów w funkcji częstotliwości

ły małą impedancję w całym pasmie chronionych częstotliwości. Cewki indukcyjne zachowują się przy wielkiej częstotliwości jak elektryczne obwody rezonansowe równoległe, których pojemność jest uwarunkowana odległością

drutów uzwojenia. Cewki muszą być tak dobrane, aby w chronionym pasmie częstotliwości miały dużą impedancję. Wymagania te ilustrują rysunki 8 i 9.

Elementy przeciwzakłóceńowe na zakresy I, II i III powinny być instalowane wewnątrz urządzeń albo bardzo

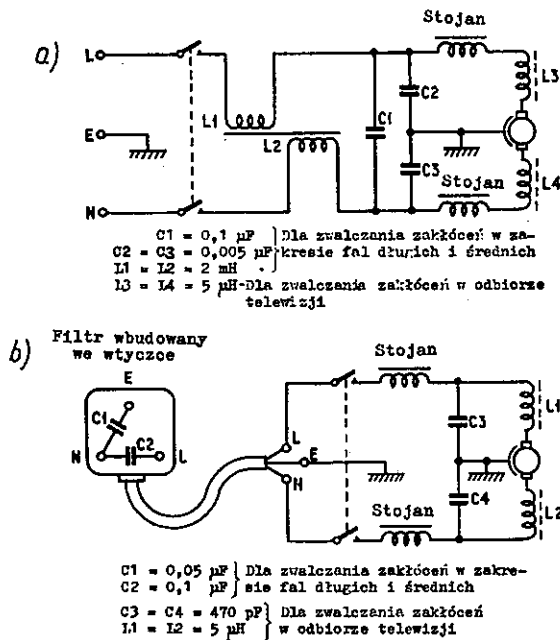


Rys. 9. Impedancja typowych dławików w funkcji częstotliwości

blisko nich, aby zmniejszyć do minimum promieniowanie przewodów łączących urządzenie z układem przeciwzakłóceńowym. Jak wspomniano, zakłócenia na częstotliwościach w zakresie długo i średnifalowym są zazwyczaj powodowane prądami wpływającymi do sieci a nie promieniowaniem, i dlatego filtry przeciwzakłóceńowe na ten zakres mogą

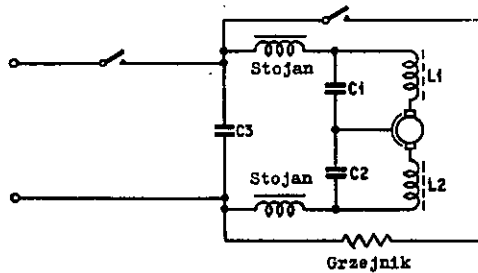
być instalowane w pewnej odległości (nawet rzędu metra) bez pogorszenia ich skuteczności. (Postępowanie takie nie jest ogólnie zalecane, przyp. tłum.).

Typowe układy filtrów przeciwzakłóceńowych (stosowanych w Wielkiej Brytanii, przyp. tłum.) przedstawiono na rysunkach 10, 11 i 12.



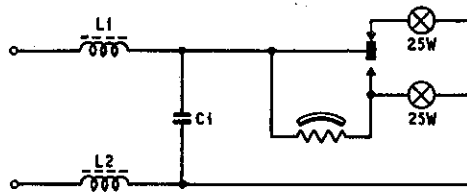
Rys. 10. Uziemiony silnik przenośny (wiertarki elektrycznej): a) układ stosowany w przypadku, gdy wszystkie elementy przeciwzakłóceńowe mieszczą się w obudowie urządzenia; b) układ stosowany w przypadku, gdy nie wszystkie elementy przeciwzakłóceńowe mieszczą się w obudowie urządzenia

Zmniejszanie zakłóceń powodowanych przez urządzenia zapłonowe silników spalinowych przedstawia czasami pro-



$C1 = C2 = 0,005 \mu F$ } Dla zwalczania zakłóceń w za-
 $C3 = 0,1 \mu F$ } kresie fal długich i średnich
 $L1 = L2 = 5 \mu H$ - Dla zwalczania zakłóceń
 w odbiorze telewizyj

Rys. 11. Nieziemione przenośne urządzenie elektryczne (suszarka do włosów)



$C1 = 0,5 \mu F$ - Dla zwalczania zakłóceń w za-
 kresie fal długich i średnich
 $L1 = L2 = 5 \mu H$ - Dla zwalczania zakłóceń
 w odbiorze telewizyj

Rys. 12. Nieziemione przenośne urządzenie elektryczne (reklama świetlna)

blem łatwiejszy od omawianego powyżej i wystarczające zmniejszenie zakłóceń można uzyskać przez umieszczenie opornika 5-15 k Ω w pobliżu miejsca iskrzenia, np. w przewodzie wysokiego napięcia w pobliżu rozdzielacza, a niekiedy dodatkowo przy świecy zapłonowej.

Dobór odpowiednich elementów przeciwzakłóceńowych (dobór elementów o odpowiednich właściwościach) jest u-

warunkowany z jednej strony właściwościami urządzenia (rodzajem) i jego cechami konstrukcyjnymi, a z drugiej - jego charakterystyką elektryczną w rozważanym zakresie wielkiej częstotliwości. Rzadko można wskazać optymalny układ przeciwzakłóceńowy wyłącznie na podstawie wyników badania samego urządzenia. Najczęściej najodpowiedniejszy układ elementów przeciwzakłóceńowych i jego usytuowanie w urządzeniu dobiera się eksperymentalnie, drogą kolejnych prób i przybliżeń. Metody pomiarów, niezbędne do przeprowadzenia takich prób, są omówione w dalszym artykule tej serii. Do celów praktycznych, przy małych urządzeniach przenośnych, pomiary napięcia zakłóceń na końcówkach urządzenia dają najczęściej wystarczające wskazówki o jego właściwościach zakłócających, co wystarcza, aby metodą kolejnych prób i przybliżeń praktycznie dobrać odpowiedni układ przeciwzakłóceńowy.

ELEMENTY PRZECIWKŁÓCENIOWE

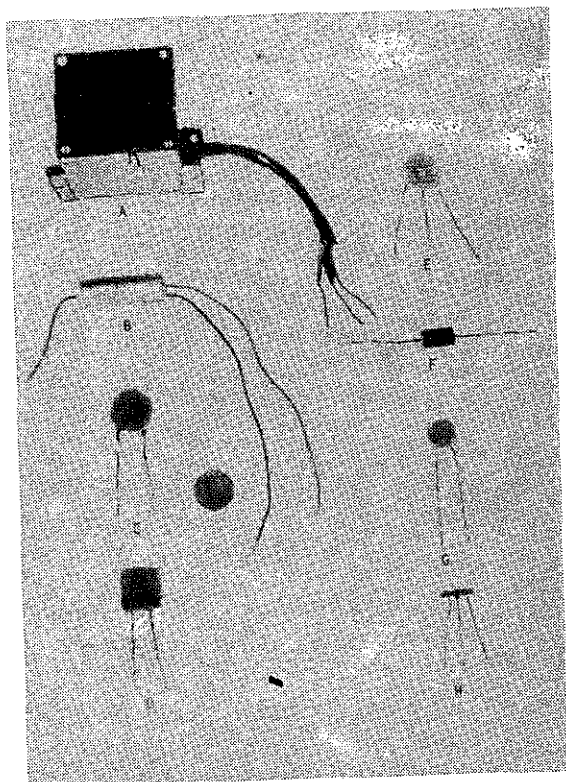
Resort łączności w Wielkiej Brytanii (Post Office) utrzymuje na składzie elementy przeciwzakłóceńowe począwszy od wczesnych lat trzydziestych. Przed wojną największe zainteresowanie było zwrócone na zmniejszanie zakłóceń na falach długich i średnich w radiofonii: stosowano wówczas stosunkowo duże elementy przeciwzakłóceńowe. Ponieważ istnieje ogólna tendencja do zmniejszania rozmiarów urządzeń elektrycznych, w miarę upływu czasu powstają coraz większe trudności ze znalezieniem w tych urządzeniach miejsca na elementy przeciwzakłóceńo-

we. Obecnie wymaga się również elementów i podzespołów przeciwzakłóceniovych o małych rozmiarach.

Kondensatory

Względnie duże kondensatory (rzędu $1 \mu\text{F}$) mogą być stosowane wyłącznie w urządzeniach uziemionych w sposób trwały, albo w sieciach elektrycznych, gdzie rozmiary kondensatorów nie są istotne. Dla przykładu na rys. 13 pokazano filtr, składający się z dwóch kondensatorów o pojemnościach $1 \mu\text{F}$ umieszczonych w pudełku (odlew) z końcówkami w postaci 3-żyłowego kabla o długości ok. 30 cm. Kondensatory tego rodzaju są bardzo skutecznymi filtrami przeciwzakłóceniovymi na częstotliwości zakresu dżugo i średniofalowego; łatwo zauważyć na rys. 8, że impedancja takich kondensatorów może być mniejsza od 2Ω w zakresie częstotliwości 0,2-1,5 MHz. Najczęściej stosowane kondensatory o małej pojemności ($0,1 \mu\text{F}$ i mniejsze) przedstawiono na tym samym rys. 13. Bardzo często są one montowane wewnątrz urządzenia zakłócającego. Takie małe kondensatory skutecznie zmniejszają zakłócenia na częstotliwościach średnich, lecz nie są zbyt skuteczne na częstotliwościach małych ze względu na ich stosunkowo dużą impedancję przy 200 kHz. Widać to zresztą na rys. 8.

Dla najmniejszych urządzeń konieczne jest stosowanie zewnętrznych ("dostawnych") filtrów przeciwzakłóceniovych: można w tym przypadku stosować filtr przeznaczony do włączenia w giętki kabel zasilający urządzenie, albo

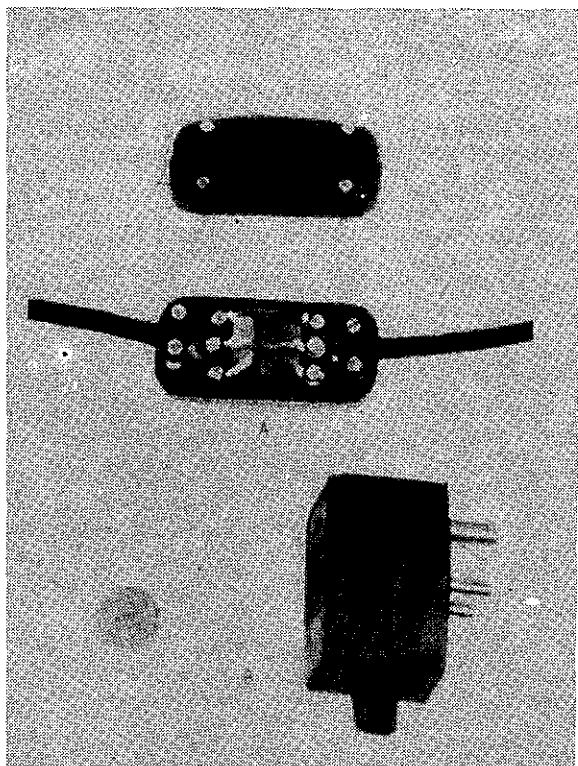


Rys. 13. Kondensatory przeciwzakłóceńiowe

A- filtr kondensatorowy Nr 23C $1 \mu\text{F} + 1 \mu\text{F}$,
 B - kondensator Nr 8C $0,1 \mu\text{F} + 0,005 \mu\text{F} +$
 $+ 0,005 \mu\text{F}$, C - kondensator ceramiczny Nr
 1305 $0,035 \mu\text{F}$, D - kondensator ceramiczny
 Nr 1303 $0,02 \mu\text{F}$, E - kondensator ceramiczny
 nr 1304 $0,005 \mu\text{F} + 0,005 \mu\text{F}$, F - kondensa-
 tor mikowy Nr 5212 500 pF , G - kondensa-
 tor ceramiczny Nr 1302 470 pF , H - kondensator
 ceramiczny Nr 1306 $470 \text{ pF} + 470 \text{ pF} + 470 \text{ pF}$

Dla porównania wymiarów obok C umieszczono monetę
 trzypensową.

filtr wbudowany we wtyczkę sieciowej urządzenia. Przykła-
 dy obu takich rozwiązań uwidocznił na rys. 14 (filtry
 są zabudowane w szczelnej osłonie izolacyjnej).



Rys. 14. Dostawne układy przeciwzakłócenio-

A - filtr kondensatorowy Nr 29B, zawierający $0,005 \mu\text{F} + 0,005 + 0,1 \mu\text{F}$, B - filtr kondensatorowy w postaci wtyczki sieciowej (filtr Nr 1), zawierający $0,005 \mu\text{F} + 0,1 \mu\text{F}$.

Dla porównania wymiarów w lewym dolnym rogu umieszczono monetę trzypensową

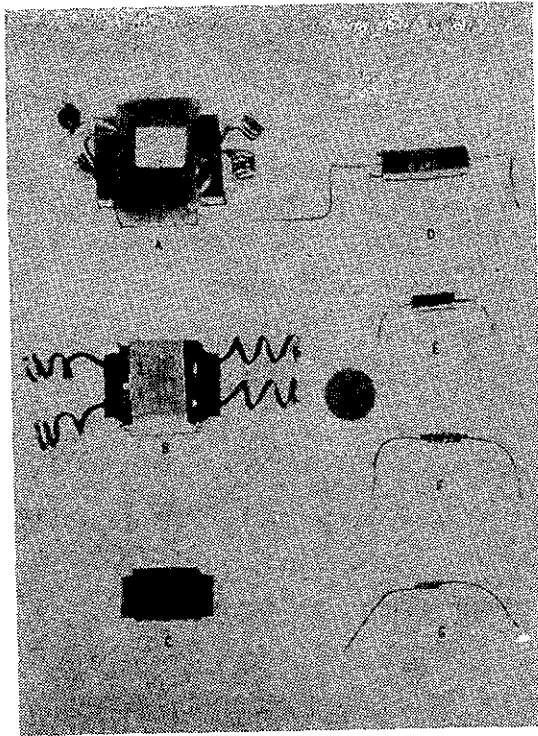
Stosowanie kondensatorów w prostych filtrach przeciwzakłóceniovych w zakresie I, II i III jest ograniczone, ponieważ maszyny mają na ogół małą impedancję przy tych częstotliwościach. Optymalna pojemność dla I zakresu wynosi od 300 do 500 pF. Na rys. 13 pokazano trzy takie

kondensatory (F, G, H), aktualnie dostępne; typowy przebieg impedancji w funkcji częstotliwości uwidocznił na rys. 8.

Oprócz tych kondensatorów, stosuje się w Wielkiej Brytanii kondensatory w obudowie metalowej, podobne do oznaczonego na rys. 13 literą B, o pojemności od $0,005\mu$ do $0,25\mu\text{F}$ i szereg kondensatorów mikowych, podobnych do oznaczonego literą F, o pojemnościach od 50 pF do $0,01\mu\text{F}$. Wszystkie te kondensatory są przeznaczone do pracy przy 250 V prądu zmiennego.

Cewki indukcyjne (dławiki)

Powojenne opracowania nowych materiałów magnetycznych umożliwiły skonstruowanie cewek indukcyjnych (dławików) znacznie mniejszych od ich przedwojennych odpowiedników. Pokazano je na rys. 15 (A do C). Są one nawinięte parami na wspólnym rdzeniu, tak że strumień magnetyczny wywołany przez prąd zasilający urządzenie zakłócające płynie przez obie cewki kompensuje się, co zmniejsza do minimum efekt nasycenia rdzenia. Taka konstrukcja znacznie zwiększa tłumienie składowej niesymetrycznej zakłóceń (która jest trudniejsza do zmniejszenia) i jednocześnie wydłuża składową symetryczną, która może być łatwo stłumiona za pomocą kondensatora, połączonego między przewodami sieci. Dławiki przeciwzakłóceńowe mogą być także budowane na większe prądy, ale zapotrzebowanie na nie jest bardzo ograniczone, a magazynowanie ich nie jest uzasadnione.



Rys. 15. Dławiki przeciwzakłóceńowe

A - filtr dławikowy Nr 32A 2 mH + 2 mH, 3 A, B -
 filtr dławikowy Nr 31A 2 mH + 2 mH, 2 A, C - filtr
 dławikowy Nr 30A 2 mH + 2 mH, 0,75 A, D - dławik
 Nr 16 5 μ H, 8A, E - dławik Nr 15A 5 μ H, 3 A,
 F - dławik Nr 15 5 μ H, 1 A, G - dławik Nr 18 1,2 μ H,
 3 A

Pierwsze typy dławików na zakresy I, II i III były wykonywane w postaci cewek bezrdzeniowych i jeżeli miały one wymiary takie, aby zapewnić skuteczność tłumienia zakłóceń, to okazywały się za duże, aby nadawać się do wmontowania do maszyn, zwłaszcza małych. Nowoczesne dławiki są nawijane na miniaturowych rdzeniach proszkowych i mają bardzo dobre właściwości w zakresach I (41-

-68 MHz) i II (88-95 MHz). Mogą one być wmontowane nawet do najmniejszych maszyn obecnie używanych. Chociaż dławiki te są mało skuteczne w III zakresie telewizyjnym, są one zazwyczaj i tam stosowane. Oprócz tych dławików jest również osiągalny specjalny dławik przeznaczony na zakres III; wraz z innymi jest on przedstawiony na rys. 15 (G). Typowe przebiegi impedancji w funkcji częstotliwości uwidoczniono na rys. 9.

KOMPLETNE FILTRY

W działalności związanej ze zmniejszaniem zakłóceń przez resort łączności Wielkiej Brytanii uwzględnia się szeroki asortyment urządzeń zakłócających. Dlatego też, ogólnie rzecz biorąc, bardziej korzystne i wygodne jest operowanie oddzielnymi elementami przeciwwzakłóceniovymi niż kompletnymi filtrami, które z zasady są skuteczne tylko przy określonych rodzajach urządzeń. Jednak w przypadku dostatecznie dużego zapotrzebowania na określone filtry przewiduje się możliwość ich produkcji.

Ostatnio coraz bardziej popularna technika zalewania elementów żywicami epoksydowymi pozwala tworzyć stosunkowo małe (objętościowo) filtry, przy koszcie względnie niewiele większym od kosztu zastosowanych w filtrze elementów. Jeden z takich filtrów, filtr nr 1B, zawierający 2 dławiki na zakresy I, II i III, 2 dławiki szerokopasmowe, 2 kondensatory 0,005 μF i jeden kondensator 0,02 μF jest przewidziany na prąd 0,75 A. Jest on tak mały, że może być umieszczony w rurce izolacyjnej i może być włą-

czony w kablu zasilającym; jeżeli we wnętrzu urządzenia brak odpowiedniego miejsca. Inny filtr, filtr nr 33A, zaprojektowany do maszyn do szycia, zawiera kondensator $0,025 \mu\text{F}$ i dwa dławiki na zakres I, II i III.

PERSPEKTYWY ROZWOJU

Wydaje się, że istnieją niewielkie możliwości dalszego zmniejszania wymiarów podzespołów przeciwzakłóceńowych, przeznaczonych na zakresy fal metrowych. Aby spełnić ostre wymagania, nałożone na nie zwłaszcza w urządzeniach przenośnych, muszą one posiadać odpowiednio wytrzymałe końcówki, o wymiarach zbliżonych do wymiarów czynnej części podzespołu. Oprócz tego, dla zapewnienia wymagań wytrzymałości na przebicie (elektryczne), wytrzymałości mechanicznej itp., wymagane jest dodatkowe pokrycie podzespołu warstwą izolacyjną lub ochronną.

Wydaje się, że nowe opracowania w dziedzinie materiałów ceramicznych i dielektrycznych pozwolą zmniejszyć wymiary kondensatorów o pojemnościach od $0,01 \mu\text{F}$ do $0,1 \mu\text{F}$, lecz wielkie zmiany w tym zakresie nie są zbyt prawdopodobne. Koszt opracowania takich kondensatorów, przystosowanych do ciągłej pracy przy 250 V, 50 Hz. byłby znaczny, jeżeli nie byłby połączony z innymi pracami rozwojowymi. Należy przy tym mieć na uwadze, że koszt nowego produktu musi być tego samego rzędu co koszt elementów stosowanych obecnie. Z tego też powodu, ogólnie rzecz biorąc, czeka się na opracowania niezbędne dla innych zastosowań i dopiero po tym wprowadza się nową technikę do konstrukcji elementów przeciwzakłóceńowych.

Te same argumenty dotyczą opracowań nowych materiałów magnetycznych, przeznaczonych na rdzenie dławików przeciwwzakłóceniovych. Wydaje się, że obecnie nie ma większych możliwości dalszego zmniejszania wymiarów dławików, stosowanych ogólnie do omawianych celów.

Istnieje tendencja produkowania kompletnych filtrów, zwłaszcza wtedy, gdy istnieje zapotrzebowanie na znaczną ilość filtrów jednego typu. Wówczas przez hermetyzację lub "zalewanie" całego filtru można osiągnąć pewne oszczędności, bowiem w takich filtrach stosowanie elementów hermetyzowanych lub "zalewanych" indywidualnie jest zbędne.

Wraz z coraz powszechniejszym wykorzystywaniem coraz to wyższych częstotliwości, zakłócenia od urządzeń zasilanych z sieci, omawianych w niniejszym artykule, prawdopodobnie będą powodowały coraz mniej skarg. Wydaje się, że bardziej groźne będą zakłócenia powodowane przez harmoniczne oscylatorów odbiorników radiowych i telewizyjnych oraz urządzenia przemysłowe i medyczne wielkiej częstotliwości. Zmniejszanie zakłóceń powodowanych przez takie urządzenia leży w gestii wytwórców tych urządzeń i ogólnie rzecz biorąc nie wydaje się, aby resort łączności mógł podjąć się tego rodzaju obowiązków.

CZĘŚĆ 4 - APARATURA POMIAROWA¹⁾

A. Macpherson: Radio Interference. Part 4 - Measuring Equipment. The Post Office Electrical Engineers Journal Vol. 51, Part 2, July 1958, pp. 115 - 119.

W tej części naszkicowano ogólne zasady i wymagania techniczne dla wyposażenia do pomiarów zakłóceń. Podano niektóre szczegóły wyposażenia opracowanego przez resort łączności.

1. Wprowadzenie

W poprzednich częściach pokazano jak powstają zakłócenia i jak się rozchodzą oraz jak można je ograniczyć za pomocą specjalnych podzespołów. Chociaż większość skarg można załatwić zmniejszając zakłócenia bez użycia aparatury pomiarowej, aparatura taka jest niezbędna, kiedy trzeba określić rzeczywisty poziom zakłóceń pochodzący od danego urządzenia. Potrzeba taka powstaje także wtedy, kiedy ocenia się skuteczność jakiejś metody tłumienia lub dla określenia, czy poziom zakłóceń od urządzenia mieści się w określonych granicach.

Tym ostatnim zagadnieniem interesuje się szczególnie resort łączności (a także przemysł), w związku z wykonywaniem Ustawy z roku 1949, która daje Ministrowi zarzą-

¹⁾ Na podstawie oryginału opracował W. Moron.

dzającemu sprawami łączności uprawnienia do wydawania specjalnych przepisów dla kontroli zakłóceń i sprawdzania na zgodność z normą BS 800 lub inną.

Aby zapewnić powtarzalność wyników pomiarów wykonywanych różnymi urządzeniami pomiarowymi, należy przyjąć jedną z dwu alternatyw. Albo urządzenia te muszą być identyczne układowo i konstrukcyjnie, albo muszą odpowiadać określonym wymaganiom ogólnym.

Historycznie rzecz wzięwszy, zarówno w Anglii, jak i gdzie indziej konstruktorzy przyjęli pierwszą alternatywę. W ciągu około 20 lat zdobyto takie rozeznanie, że stało się możliwe opracowanie specjalnych wymagań ogólnych, jakie powinny spełniać te urządzenia pomiarowe, aby zapewnić powtarzalność wyników pomiarów. W Anglii opracowano normę BS 727, a w CISPR opracowano projekty zaleceń, które prawdopodobnie niedługo już zostaną zatwierdzone do opublikowania (przyp. tłum. - przepisy te ukazały się w roku 1961 jako "CISPR Publication No 1" i "CISPR Publication No 2").

W niniejszym artykule przedyskutowano krótko wymagania na mierniki zakłóceń, podano szczegółowo istotne wymagania ogólne i opisano krótko mierniki opracowane przez resort łączności. Niektóre z tych mierników wyprodukowano w małych seriach i są one obecnie w użyciu.

2. Podstawowe charakterystyki zakłóceń

Jak podano w poprzednim artykule, zakłócenia najczęściej zachodzą wskutek szybkich zmian prądu, jak to ma

miejsce w silnikach komutatorowych, lub wskutek włączenia i wyłączenia obwodów elektrycznych, jak np. w urządzeniach z termostatami. Przed przedyskutowaniem wymagań na aparaturę pomiarową zakłóceń, trzeba bardziej szczegółowo zastanowić się nad rodzajem wielkości, które mają być mierzone.

Subiektywny efekt zakłócający powodowany przez określone źródło zależy zarówno od charakteru zmian prądu, jak i od rodzaju odbiornika, na jaki zakłócenia działają. Gdy częstotliwość powtarzania nagłych zmian prądu w źródle jest stosunkowo niska w porównaniu z szerokością pasma odbiornika, na wyjściu odbiornika pojawiają się wyraźnie rozdzielone stany przejściowe. Przy zwiększaniu częstotliwości powtarzania te stany przejściowe zaczynają się zlewać, aż uzyskuje się efekt podobny do występującego przy szumach fluktuacyjnych. Oprócz tych skrajnych form zwykle spotyka się rodzaje zakłóceń stanowiące mieszaninę szumu ciągłego i impulsów.

Widmo zakłóceń impulsowych jest bardzo szerokie, a szerokość ta zależy od szybkości zmian prądu w źródle. Jednakże charakterystyki przebiegu zakłócającego zmieniają się znacznie przy przejściu przez odbiornik, na skutek stosunkowo wąskiego jego pasma. A więc są dwa główne czynniki, które wpływają na subiektywny efekt zakłócający występujący na wyjściu odbiornika: charakter zakłócenia w miejscu jego powstania oraz charakterystyki odbiornika, a w szczególności jego pasmo.

Dalszym czynnikiem, który ma istotne znaczenie przy analizie problemu zakłóceń, jest rodzaj służby radiowej,

na który one oddziaływują. W ciągu około 20 ubiegłych lat uwagę poświęcano wyłącznie radiofonii i dopiero ostatecznie się okazało, że telewizja z tego punktu widzenia jest równie ważna. Z tego powodu rozwój mierników zakłóceń i techniki związanej był skierowany prawie wyłącznie na obsłużenie radiofonii. Uwaga była skierowana na problem zmniejszenia zakłóceń w służbach powszechnego przeznaczenia z wyłączeniem radiokomunikacji, służb ruchomych, nawigacyjnych itd.

Nie wdając się w ocenę tej polityki, okazało się ostatecznie, że takie postępowanie ma pewne techniczne uzasadnienie, ponieważ doświadczenie pokazało, że mierniki zakłóceń projektowane specjalnie dla jednej służby radiowej mogą być z powodzeniem stosowane w wielu innych służbach. Trzeba tylko stosować odpowiednią ocenę uzyskiwanych wyników. Telewizja jest jednym z przykładów tego, ponieważ mierniki zakłóceń przeznaczone początkowo tylko dla służb radiofonicznych są obecnie powszechnie używane do pomiarów zakłóceń w telewizji.

3. Zasady pomiarów zakłóceń

Kiedy około 20 lat temu zaczęto myśleć o projektowaniu mierników zakłóceń, postanowiono, że w jednym z podstawowych wymagań będzie użycie odbiornika o pasmie zbliżonym do pasma typowego odbiornika radiofonicznego. Do tego odbiornika miał być dołączony woltomierz lampowy o takich parametrach, aby uzyskiwany odczyt był proporcjonalny do subiektywnego efektu zakłócającego w radiofonii, odczuwanego przez

"uśrednionego" słuchacza. Przeprowadzono dużą ilość badań tego efektu subiektywnego zarówno w Anglii, jak i za granicą, dla określenia odpowiednich wartości tych parametrów. Wartości ustalone w tych wczesnych pracach są ogólnie stosowane do dzisiaj, co stanowi wyraźny dowód wiarygodności tych podstawowych studiów. Jednakże wówczas nie umiano jeszcze określić ogólnych wymagań dla mierników, w przypadku spełnienia których otrzymywano te same wyniki pomiaru.

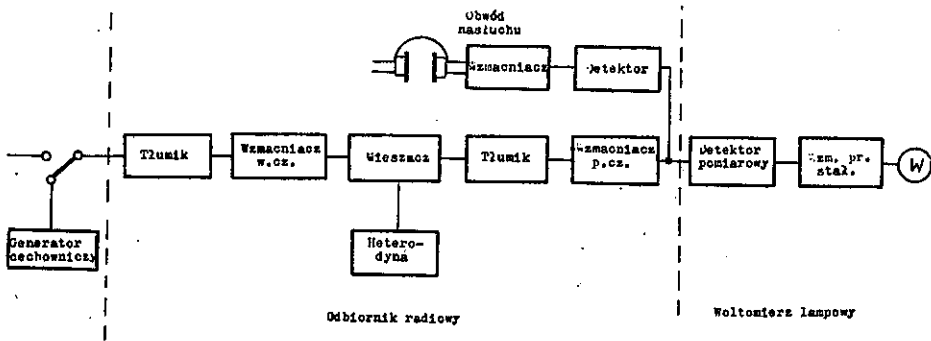
Inaczej jest dzisiaj. Wszystkie te problemy zostały rozwiązane i potrafimy już podać ogólne wymagania dla mierników, gwarantujące powtarzalność wyników pomiarów, niezależnie od konstrukcji.

4. Projektowanie miernika zakłóceń

Miernikiem zakłóceń trzeba mierzyć albo napięcie zakłóceń w sieci elektrycznej, albo natężenie pola zakłóceń. A więc miernik zakłóceń jest woltomierzem selektywnym z urządzeniem dodatkowym pozwalającym na pomiar napięcia zakłóceń w sieci i z antenami do pomiaru pola. Najwygodniej jest przyjąć układ superheterodynowy, ponieważ umożliwia on wygodne ustalenie pasma, nie mówiąc już o innych dogodnościach. Na rys. 16 pokazany jest układ blokowy typowego miernika. W normalnym użyciu wzmacnienie odbiornika doregulowuje się za pomocą cechowanego dzielnika tak, aby uzyskać odpowiednie wychylenie na wskaźniku wyjściowym. Poziom mierzony określa się wówczas z sumy odczytów na dzielniku i wskaźniku (gdy są ce-

chowane w decybelach) oraz z pierwotnego cechowania całego układu.

Zajmiemy się bardziej szczegółowo kolejnymi stopniami pokazanymi na rys. 16. Dzielnik jest włączony na wejściu, dla sprowadzenia do minimum prawdopodobieństwa przeciążenia lampy pierwszego stopnia odbiornika i zapobieżenia wstąpieniu niepożądanych efektów intermodulacyjnych. Wzmacniacz wielkiej częstotliwości ma pomóc w uzyskaniu żądanej selektywności i zmniejszyć powstawanie niepożądanych sygnałów w następnych stopniach. Mie-



Rys. 16. Układ blokowy typowego miernika zakłóceń
W - wskaźnik

szacz i wzmacniacz pośredniej częstotliwości nie wymagają dodatkowych objaśnień, poza dzielnikiem umieszczonym w tym wzmacniaczu. Praktyka pokazała, że wygodnie jest mieć także dzielnik w tej części kanału odbiorczego, a nie koncentrować całego podziału w jednym miejscu. Woltomierz lampowy zawiera konwencjonalny układ diody prostowniczej o tak dobranych stałych czasu ładowania i

rozładowania, że łącznie z mechaniczną stałą czasu wskaźnika zapewniają one właściwą ocenę efektu zakłócającego powodowanego przez mierzony przebieg zakłócający. Wartości stałych czasu dla zakresu długo i średnofalowego wynoszą: stała czasu ładowania 1 ms, rozładowania 550 ms i mechaniczna stała czasu wskaźnika 300 ms¹⁾. Pełna specyfikacja tych wielkości wraz z tolerancjami jest podana w normie BS 727.

Jak pokazano na rys. 16, obwód nasłuchu pozwala na kontrolę akustyczną zakłóceń mierzonych, co jest wygodne w praktyce. Niektóre mierniki zakłóceń mają nawet wbudowany głośnik, co ma tę zaletę, że przewody słuchawek mogą wprowadzać przy pomiarach natężenia pola nawet znaczne błędy. Można oczywiście słuchawki odłączać, ale w wielu przypadkach może to być bardzo niewygodne ze względu na potrzebę ciągłego nasłuchu.

Następnym elementem wymagającym odrębnego omówienia jest generator cechowniczy. Ponieważ termin "cechowanie" jest dość dowolnie używany w dwu znaczeniach, w technice pomiarów zakłóceń, trzeba tu pewnie określenie uściślić. Pierwszym ze znaczeń podkładanych pod wyraz "ce-

1) Obecnie przyjęte jest przez CISPR i większość krajów na świecie (w tym i Polskę) wartości stałych czasu wynoszą: dla zakresu 0,15 do 30 MHz: stała czasu ładowania 1 ms, rozładowania 160 ms i mechaniczna 160 ms, oraz dla zakresu 30 do 300 MHz: stała czasu ładowania 1 ms, rozładowania 550 ms i mechaniczna 100 ms. Wartości te i definicje wielkości tych i innych omawianych dalej są podane w normie PN-62/T-06450 "Mierniki przemysłowych zakłóceń radioelektrycznych. Wymagania i badania techniczne" (przyp. tłum.)

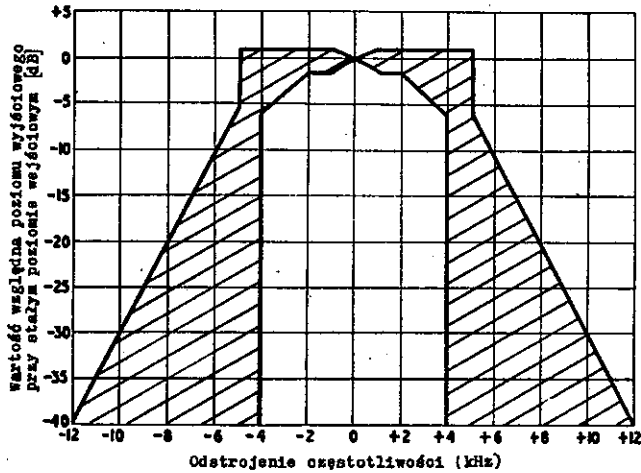
chowanie" jest podstawowe cechowanie miernika, które zawsze jest wyrażane falą sinusoidalną o odpowiednim napięciu, przyłożoną na jego wejście i dającą takie samo wychylenie wskaźnika, jak mierzone zakłócenie. W drugim znaczeniu przez wyraz "cechowanie" rozumie się całość środków przedsięwziętych dla zapewnienia, aby podczas pomiarów całkowite wzmocnienie miernika było takie, jak podczas cechowania podstawowego. Czyli jest to raczej proces ustalania wzmocnienia, niż rzeczywiste cechowanie.

Generator cechowniczy pokazany na rys. 16 jest używany do cechowania właśnie w tym drugim znaczeniu (do cechowania podstawowego jest używany generator sygnałów wzorcowych). Różne układy można używać w charakterze generatora cechowniczego. Może to być np. pierwszy obwód, którego szumy wykorzystuje się do cechowania, dioda nasycona, układ tyratronowy lub prosty generator impulsów. Wybór rodzaju generatora cechowniczego zależy od rozważanego zakresu częstotliwości, dopuszczonej złożoności urządzenia zarówno ze względu na obsługę, jak i ekonomię, a i także do pewnego stopnia od upodobań konstruktora.

Ważnym parametrem miernika jest całkowita szerokość pasma. Zazwyczaj jest ona definiowana w postaci wykresu podającego dopuszczalne tolerancje. Wybrane pasmo zależy przede wszystkim od zakresu częstotliwości i na rys. 17 pokazano szerokość pasma dla miernika na zakres długo i średniofalowy.

Bardzo ważnym czynnikiem dla miernika zakłóceń jest

tzw. zapas liniowości. Wskazuje on do jakiego napięcia sinusoidalnego na wejściu, ponad wartość odpowiadającą pełnemu wychyleniu wskaźnika, całkowite wzmocnienie za-



Krzywa selektywności powinna się mieścić w polu zakreskowanym

Rys. 17. Typowe tolerancje ogólnej charakterystyki częstotliwości.

chowuje się liniowo. Zapas liniowości ma bardzo duże znaczenie dla prawidłowego pomiaru przebiegów zakłócających składających się z pojedynczych impulsów lub w skrajnym przypadku z pojedynczego podskoku. W tym przypadku napięcie szczytowe potrzebne na wejściu i w pierwszych stopniach dla uzyskania danego wychylenia wskaźnika przekracza wielokrotnie wartości występujące przy fali sinusoidalnej dającej takie samo wychylenie.

Ocena zapasu liniowości potrzebnego w poszczególnych

konstrukcjach jest zagadnieniem skomplikowanym, w którym trzeba brać pod uwagę i szerokość pasma i stałe czasu woltomierza¹⁾. Wymagane dla poszczególnych zakresów częstotliwości liniowości są podane w normie BS 727.

5. Pomiary miernikiem zakłóceń

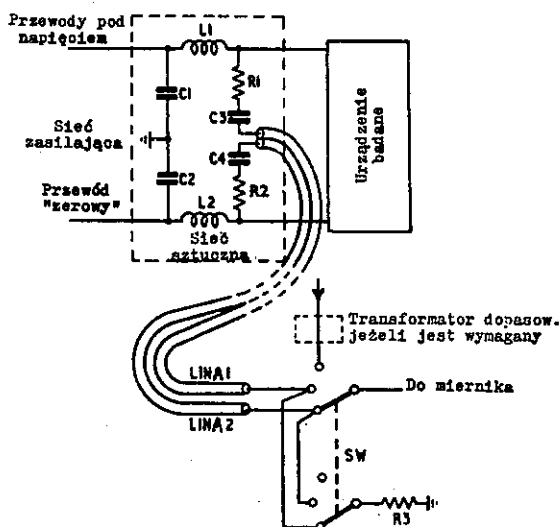
Aby miernika zakłóceń można było używać w praktyce potrzebne jest jeszcze wyposażenie dodatkowe. Do pomiarów napięć zakłóceń na zaciskach urządzenia zakłócającego potrzebny jest układ oporowy dla zapewnienia ustalonych warunków obciążenia dla w.cz., tzw. sieć sztuczna. Wartość obciążenia przyjęta przez resort łączności i Brytyjski Instytut Normalizacyjny wynosi 150 Ω między każdym przewodem i ziemią dla zakresu 0,15 do 30 MHz i 75 Ω dla wyższych częstotliwości²⁾. Wartości te oparte są na dużej ilości pomiarów wykonanych na typowych domowych instalacjach elektrycznych. Ponadto sieć sztuczna powinna zawierać dławiki oddzielające, aby usunąć efekt bocznikowania ustalonej oporności przez sieć zasi-

1) W PN-62/T-06450 wymaga się zapasu liniowości dla zakresu 0,15 do 30 MHz: 30 dB i dla zakresu 30 do 300 MHz 43,5 dB, dla stopni miernika do detektora. Zwiększenie niezbędnego zapasu liniowości w wyższym zakresie wynika głównie z większej szerokości pasma (przyp. tłum.).

2) W Polsce przyjęto takie same wartości; por. PN-62/T-045502 "Przemysłowe zakłócenia radioelektryczne. Typowe metody pomiarów" (przyp. tłum.).

lającą, której oporność w pewnych przypadkach może być bardzo mała, oraz filtr dla uniemożliwienia przedostania się do układu pomiarowego zakłóceń, które mogą występować w sieci zasilającej urządzenie badane.

Na rysunku 18 pokazana jest typowa sieć sztuczna z przyłączonym urządzeniem badanym. Układ oddzielający



Do 30 MHz: $R_1 = R_2 = 75 \Omega$, $R_3 = 150 \Omega$

Od 30 MHz: $R_1 = R_2 = 0 \Omega$, $R_3 = 75 \Omega$

Rys. 18. Układ do pomiaru napięcia i natężenia pola

(i jednocześnie część składowa filtru) składa się z dławików L_1 i L_2 , a filtr z tych dławików i kondensatorów C_1 i C_2 . Oporności ustalają oporniki R_1 i R_2 w połączeniu z opornością wejściową miernika, która zwykle wynosi 75Ω . Kondensatory C_3 i C_4 stanowią pojemności od-

dzielające napięcie sieci i stanowią pomijalną oporność dla częstotliwości radiowych. Przełącznik SW pozwala przyłączać do miernika po kolei każdy z przewodów sieci, podczas gdy drugi jest połączony z ziemią przez oporność 75Ω lub 150Ω , zależnie od zakresu częstotliwości.

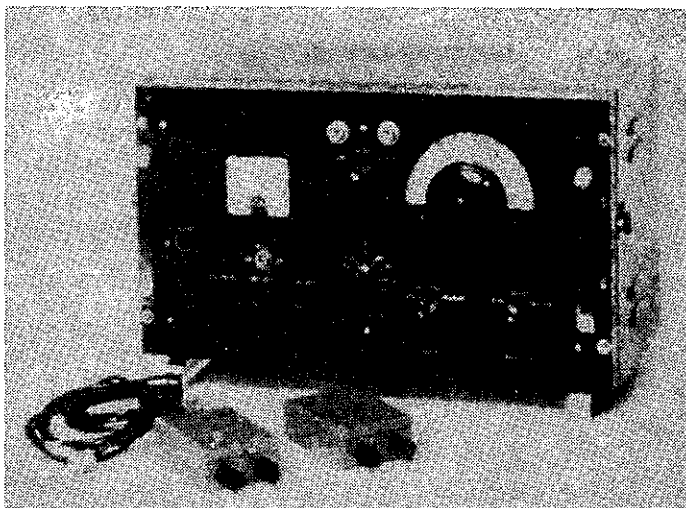
Do pomiaru natężenia pola zakłóceń potrzebny jest układ antenowy składający się z pręta, ramy lub dipola, zależnie od wymagań. W niektórych miernikach układ antenowy może być dołączany do wejścia miernika za pomocą następnej pozycji przełącznika, jak pokazano na rys. 18.

Cechowanie całego układu do pomiaru natężenia pola można przeliczyć z cechowania samego miernika i znajomości charakterystyki anteny. Można także cechować cały układ w znanym polu lub porównywać z wzorcowym zestawem do pomiaru natężenia pola.

6. Mierniki zakłóceń skonstruowane przez resort łączności

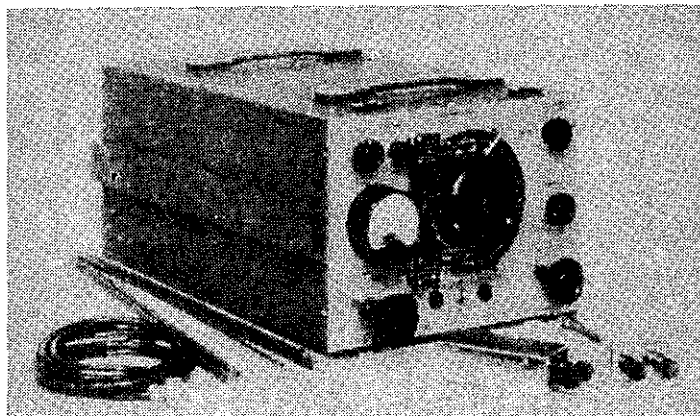
Do chwili napisania niniejszego artykułu resort łączności opracował mierniki zakłóceń na zakres od 15 kHz do 600 MHz. Oczywiście nie jest tu możliwy szczegółowy opis poszczególnych konstrukcji, a jedynie krótkie wzmianki.

Miernik MS-6 (rys. 19) pokrywa zakres 15 kHz do 160 kHz. Szerokość pasma wynosi 200 Hz, stała czasu ładowania 45 ms i rozładowania 500 ms. Generatorem cechowniczym jest dioda szumowa.



Rys. 19. Miernik MS-6

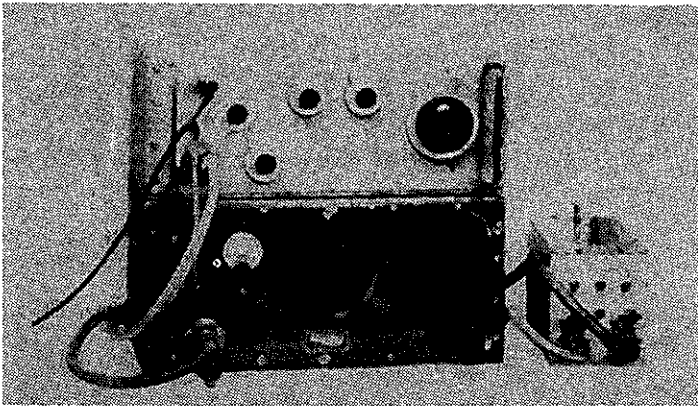
Miernik RI nr 1 (rys. 20) jest najbardziej rozpowszechniony w resorcie. Pokrywa on zakres 0,15 do 30 MHz, z luką między 0,4 do 0,55 MHz (przy częstotliwości pośredniej). Pasma wynosi 9 kHz, stała czasu ładowania 1ms; pozostałe stałe czasu i wskaźnik są takie, jak w mier-



Rys. 20. Miernik RI Nr 1

niku MS-6. Generatorem cechowniczym jest dioda szumowa. Specjalną cechą tego przyrządu jest cechowanie i ustawianie warunków pomiaru (łącznie z właściwą kolejnością przełączania tłumików) za pomocą jednej gałki.

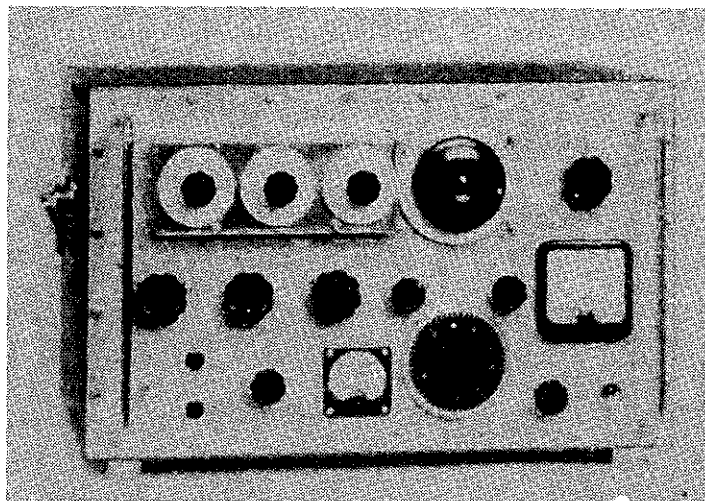
Miernik MS-7 to specjalny miernik, który był zaprojektowany do pokrycia luki przyrządu RI Nr 1. Osiągnięto to używając wyższej częstotliwości pośredniej 1,675MHz. Poza tym jest on zupełnie podobny do przyrządu RI Nr 1.



Rys. 21. Miernik RI Nr 2

Miernik RI Nr 2 (rys. 21) początkowo był projektowany na zakres 30 do 150 MHz, który później rozszerzono do 220 MHz. Składa się on ze wzmacniacza częstotliwości pośredniej i woltomierza lampowego oraz czterech oddzielnych członów przemiany. Zastosowano w nim wyłącznie tłumiki falowodowe o skokowej zmianie tłumienia, z wyjątkiem wzmacniacza częstotliwości pośredniej, gdzie tłumienie można regulować w sposób ciągły. Szerokość pasma wynosi 100 kHz, a stałe czasu są takie, jak w mier-

niku RI Nr 1. Nie zastosowano oddzielnego generatora cechowniczego, a cechuje się go za pomocą szumów pierwszego obwodu.



Rys. 22. Miernik MS-9

Miernik MS-9 (rys. 22) pokrywa zakres 150 do 600 MHz i jeśli chodzi o konstrukcję, jest z wyliczonych mierników najnowocześniejszy. Szerokość pasma wynosi 150 kHz, stała czasu ładowania 60 ms; pozostałe dane są typowe. Na wejściu umieszczony jest tłumik koncentryczny, a we wzmacniaczu częstotliwości pośredniej tłumik falowodowy o ciągłej zmianie tłumienia. Generatorem cechowniczym jest generator impulsów z przekaźnikiem koncentrycznym, o kontaktach zwilżanych rtęcią w atmosferze wodorowej. Częstotliwość powtarzania impulsów przyjęto 100 Hz. Generator taki daje prawie stałe widmo w zakresie do 600 MHz.

Z opisanych powyżej mierników tylko RI Nr 1 i 2 były wyprodukowane w pewnych ilościach i weszły jako część

wyposażenia służby przeciwzakłócenkowej resortu łączności. Pozostałe stanowią do chwili pisania niniejszego artykułu tylko egzemplarze używane w laboratorium i do specjalnych zastosowań.

7. Wnioski

W artykule niniejszym zwrócono uwagę na niektóre problemy związane z projektowaniem wyposażenia do pomiarów przemysłowych zakłóceń radioelektrycznych i podano ważniejsze dane liczbowe przyjęte w normach brytyjskich. W innych krajach zagadnienia te także były opracowane i osiągnięto podobne rezultaty, dochodząc w zasadzie do podobnych wniosków i norm.

Opisane tu krótko mierniki zakłóceń stanowią opracowania resortu łączności, ale trzeba podkreślić, że w dziedzinie zakłóceń pracują w Wielkiej Brytanii także inne organizacje. Są także pewne mierniki dostępne w handlu, w niektórych przypadkach oparte na opracowaniach resortowych.

CZEŚĆ 5 - APARATURA PRZEMYSŁOWA, NAUKOWA I MEDYCZNA
ORAZ PROMIENIOWANIE ODBIORNIKÓW¹⁾

C.W. Sowton i G.A.C.R. Britton: Radio Interference. Part 5 - Industrial, Scientific and Medical Apparatus and Radiating Receivers. The Post Office Electrical Engineers Journal Vol. 51, Part 3, October 1958 pp. 202-205.

W części 5 niniejszego cyklu artykułów omówiono zakłócenia radioelektryczne wywołane pracą aparatury naukowej, przemysłowej i medycznej. Omówiono również szkodliwe promieniowanie odbiorników radiowych oraz opisano metody pomiaru tego rodzaju promieniowania stosowane w Wielkiej Brytanii.

Wprowadzenie

Większość przemysłowych zakłóceń radioelektrycznych jest wywołana pracą aparatów i urządzeń elektrycznych takich, jak silniki komutatorowe, przełączniki itp., których praca nie polega na wytwarzaniu energii wielkiej częstotliwości.

Energia ta jest w tych urządzeniach wytwarzana przypadkowo na skutek gwałtownych zmian prądu w ich obwodach elektrycznych. Rozłożona jest ona na ogół mniej więcej równomiernie w szerokim pasmie częstotliwości. Istnieje

¹⁾ Na podstawie oryginału opracował H. Smorąg.

również wiele typów urządzeń, w których generacja (ale nie promieniowanie) energii wielkiej częstotliwości jest podstawą ich działania. Energia ta jest wówczas promieniowana na określonej częstotliwości, a także może być promieniowana na częstotliwościach harmonicznych częstotliwości pracy. Urządzenia tego typu można podzielić na dwie grupy:

- a) aparatura przemysłowa, naukowa i medyczna,
- b) odbiorniki radiowe.

Obydwie te grupy źródeł zakłóceń radioelektrycznych zostaną oddzielnie omówione w niniejszym artykule.

Aparatura przemysłowa, naukowa i medyczna

Do tej grupy urządzeń są zaliczane wszystkie aparaty i urządzenia, które wytwarzają energię wielkiej częstotliwości do celów przemysłowych, naukowych i medycznych, jak np. w zgrzewarkach do plastyków, w cyklotronach, w diatermii do nagrzewania wewnętrznych części ciała ludzkiego itp.

Większość tych urządzeń zawiera generatory wielkiej częstotliwości z obwodami strojonymi, a wytwarzana przez nie energia nie jest rozłożona w szerokim pasmie, lecz skupiona na jednej częstotliwości podstawowej i jej harmonicznych (czasami dochodzą jeszcze częstotliwości pasywnicze).

Eliminowanie lub zmniejszanie zakłóceń radioelektrycznych wywołanych pracą tych urządzeń jest przeprowadzane na ogół następującymi sposobami:

- a) przez tak staranny wybór częstotliwości pracy, aby częstotliwość podstawowa i jej harmoniczne nie kolidowały z częstotliwościami wykorzystywanymi przez służby radiowe,
- b) przez wybór częstotliwości podstawowej i przez odfiltrowanie harmonicznych tak, aby na obciążeniu występowała tylko częstotliwość podstawowa, co znacznie ograniczy promieniowanie energii na częstotliwościach harmonicznych,
- c) przez zaskranowanie całej aparatury w celu zmniejszenia promieniowania energii zarówno na częstotliwości podstawowej, jak i jej harmonicznych.

Z powyższych względów wynikła konieczność wydzielenia specjalnych częstotliwości, na których mogłyby pracować omawiane urządzenia. Pierwszym krokiem w tej dziedzinie były postanowienia międzynarodowej konferencji UIT (Administracyjna Konferencja Radiowa w Atlantic City, 1947r), w myśl których wydzielono szereg zakresów częstotliwości na potrzeby nie związane z radiokomunikacją. Uzgodniono, że wewnątrz tych pasm urządzenia przemysłowe, naukowe i medyczne mogą promieniować energię wielkiej częstotliwości, a służby radiokomunikacyjne muszą się z tym pogodzić. Wydzielone wówczas częstotliwości były następujące:

13,56 MHz: $\pm 0,05\%$
 27,12 MHz: $\pm 0,6\%$
 40,68 MHz: $\pm 0,05\%$
 2445 MHz: ± 50 MHz
 5850 MHz: ± 75 MHz

Szereg państw umieściło te częstotliwości w swoich przepisach jako obowiązujące. W Wielkiej Brytanii, gdzie wydawanie przepisów tego rodzaju następuje zwykle dopiero po stwierdzeniu wyraźnych i niewątpliwych potrzeb, postęp w tej dziedzinie był wolniejszy. Na mocy istniejących przepisów prawnych (Wireless Telegraphy Act), minister łączności Wielkiej Brytanii (Post Master General) powołał w 1949 r. Komitet Doradczy do Spraw Zakłóceń Radiotelegraficznych, którego zadaniem było przygotowanie (dla ministra łączności) zaleceń mających na celu zmniejszenie zakłóceń wywołanych pracą aparatury przemysłowej, naukowej i medycznej. Dalsza treść niniejszej pracy jest na ogół zgodna z zaleceniami tego Komitetu.

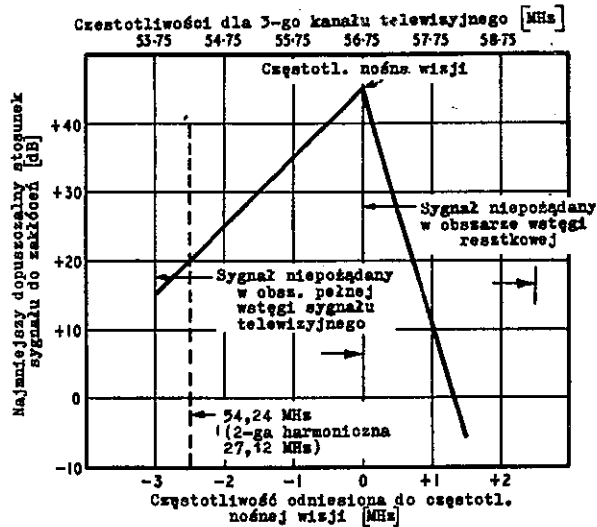
Aparatura wielkiej częstotliwości stosowana w medycynie

Najczęstszymi źródłami zakłóceń w tej grupie urządzeń są aparaty do diatermii, pracujące zwykle na częstotliwości 27,12 MHz lub 40,68 MHz. Częstotliwość 40,68 MHz znajduje się na granicy I pasma telewizyjnego w Wielkiej Brytanii (41 - 68 MHz), a ponieważ w pierwszym kanale tego pasma (41 - 46 MHz) pracują stacje telewizyjne, częstotliwość ta nie jest zalecana do stosowania w urządzeniach do diatermii, pracujących na terenie Wielkiej Brytanii. Najczęściej stosowana jest częstotliwość 27,12 MHz, mimo że nie jest ona optymalna do wszystkich medycznych zastosowań. Zaletą natomiast jest w tym przypadku większa tolerancja częstotliwości ($\pm 0,6\%$ w stosunku do $\pm 0,05\%$

przy 40,68 MHz). Pozwala to na konstruowanie tańszych generatorów, bez stabilizacji kwarcowej. Jak wykazały badania prototypów przeprowadzone przez resort łączności Wielkiej Brytanii, przy starannym zaprojektowaniu, generatory takie spełniały bez trudu wymagania odnośnie stabilności częstotliwości. Na częstotliwościach wydzielonych nie jest wymagane ograniczanie mocy wypromieniowanej. Promieniowanie to musi być natomiast ograniczone na częstotliwościach harmonicznych ze względu na to, że znajdują się one w pasmach wykorzystywanych przez różne służby radiowe oraz przez telewizję (pasmo I i III).

Wielkość zakłóceń wywołanych obecnością w kanale telewizyjnym częstotliwości harmonicznej w dużym stopniu zależy od tego, w jakim punkcie kanału leży ta częstotliwość,

Na rysunku 23 przedstawiono graficznie najmniejszy dopuszczalny stosunek sygnału telewizyjnego do sygnału zakłócającego falę nośną wizji oraz położenie drugiej harmonicznej od 27,12 MHz w trzecim kanale telewizyjnym (na podstawie sprawozdania CCIR Nr 34, Londyn 1953 r.). Z wykresu tego widać, że harmoniczna jest w tym przypadku o 2,5 MHz niższa od częstotliwości nośnej wizji i najmniejszy dopuszczalny stosunek sygnału do zakłócenia wynosi 20 dB. W przypadku gdyby częstotliwość zakłócająca była równa częstotliwości nośnej wizji, stosunek ten powinien wynieść co najmniej 45 dB. Inny przykład: siódma harmoniczna częstotliwości od 27,120 MHz wynosi 189,840 MHz lub zawarta jest w granicach tolerancji od 188,701 MHz do 190,979 MHz. Ponieważ częstotliwość nośna wizji w 8



Rys. 23. Najmniejszy dopuszczalny stosunek sygnału do zakłóceń dla Brytyjskiego standardu telewizyjnego

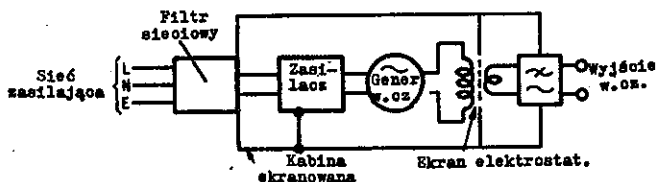
kanale telewizyjnym wynosi 189,75 MHz, może się zdarzyć, że częstotliwość zakłócająca znajdzie się bardzo blisko tej częstotliwości i wtedy stosunek sygnału do zakłócenia musi wynosić co najmniej 45 dB. W aparatach do diatermii obciążeniem dla wielkiej częstotliwości jest właściwie ciało pacjenta, a ponieważ nie jest on zwykle osłonięty ekranem, energia więc wielkiej częstotliwości jest swobodnie promieniowana zarówno na częstotliwości podstawowej, jak i jej harmonicznym. Moc wyjściowa wielkiej częstotliwości jest rzędu 200 - 300 W i jest rzeczą trudną, a często niemożliwą ograniczenie natężenia pola promieniowanego na tej częstotliwości do wartości dopuszczalnej (w przypadku stosowania innych częstotliwości od zalecanych).

Korzyści wynikające ze stosowania częstotliwości zalecanych są następujące:

- a) nie ma ograniczenia w promieniowaniu na częstotliwościach podstawowych,
- b) wymagania odnośnie ograniczenia promieniowania na niektórych częstotliwościach harmonicznycch są znacznie łagodniejsze.

Zarówno użytkownicy, jak i producenci aparatów do diatermii zaakceptowali częstotliwość 27,12 MHz jako zasadniczą.

Na rysunku 24 jest pokazany schemat blokowy aparatu do diatermii z układem przeciwzakłóceniovym. Szereg prototypów tego rodzaju urządzeń produkowanych przez prze-



Rys. 24. Aparat do diatermii z układem przeciwzakłóceniovym

mysł zostało na zlecenie resortu Łączności Wielkiej Brytanii poddanych badaniom. Typowe wyniki pomiarów natężenia pola promieniowanego przez te prototypy są przedstawione w tabelicy 7.

T a b l i c a 7

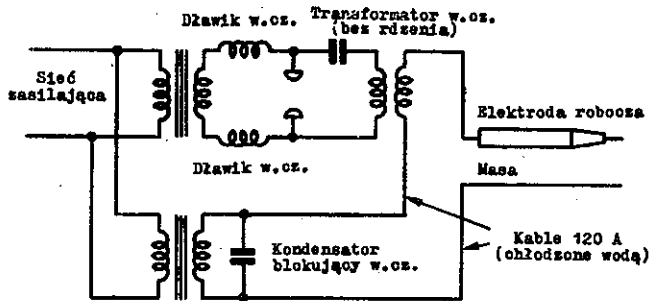
Natężenie pola na częstotliwościach harmonicznych
w odległości 10 m od urządzenia
(dB w stosunku do 1 μ V/m)

Rodzaj urządź.	Częst. podst.	2 harm.	3 harm.	4 harm.	5 harm.	6 harm.	7 harm.	8 harm.
Typ stary (36MHz)	+117	+88	+89	+89	+83	+88	Nie mie- rzono	Nie mie- rzono
Typ nowy (27,12 MHz)	Nie mie- rzono	+43	+16	+36	+47	+29	+33	+39

Urządzenia przemysłowe wielkiej częstotliwości

Jak już wspomniano poprzednio, urządzenia zawierające iskrowe generatory wielkiej częstotliwości są obecnie rzadko stosowane. Typowym przykładem takiego urządzenia jest łukowa spawarka argonowa na prąd zmienny 50 Hz do spawania metali nieżelaznych w atmosferze obojętnej (gaz argon). Układ elektryczny takiego urządzenia jest pokazany na rys. 25.

Energia wielkiej częstotliwości dostarczana dodatkowo do obwodu roboczego spawarki (za pomocą transformatora wielkiej częstotliwości) ułatwia zapalenie łuku elektrycznego i zwiększa jego trwałość. Pozwala to na stosowanie niskich napięć roboczych (50 Hz) gwarantujących bezpieczeństwo obsługi oraz obniżyć koszt transformatora sieciowego. Iskrowy generator wielkiej częstotliwości



Rys. 25. Łukowa spawarka argonowa do metali
nieżelaznych

ści, będący częścią składową takiej spawarki, wytwarza zakłócenia radioelektryczne o widmie ciągłym, których poziom w zakresie częstotliwości 0,15 - 216 MHz jest niemal wyrównany. Ze względu na stosunkowo duże wymiary obwodu roboczego spawarki, w skład którego wchodzi kabel łączący, transformator i obiekt spawany, promieniowanie energii wielkiej częstotliwości jest silne w szerokim zakresie częstotliwości. Bez zasadniczych zmian konstrukcyjnych nie jest możliwe wyeliminowanie lub wydatne zmniejszenie szkodliwego promieniowania wywołanego tego rodzaju urządzeniami. Skonstruowano spawarki, w których generator wielkiej częstotliwości pracował tylko w momencie zapłonu łuku elektrycznego, co pozwoliło znacznie ograniczyć czas trwania szkodliwego promieniowania. Inną alternatywą byłoby zastosowanie generatora fali sinusoidalnej pracującego na jednej z przydzielonych częstotliwości. Rozwiązanie to jednak nie jest atrakcyjne ze względów ekonomicznych. W urządzeniach i aparatach

wykorzystujących energię wielkiej częstotliwości do celów przemysłowych najszersze zastosowanie znalazły generatory fali sinusoidalnej. Stosowane są one w takich dziedzinach, jak: topienie, nagrzewanie, hartowanie, lutowanie i spawanie metali, pasteryzacja, przygotowywanie posiłków itp. Do tych wszystkich celów niezbędny jest szeroki zakres mocy i częstotliwości. Metody zmniejszania zakłóceń radioelektrycznych wywołanych pracą tego typu urządzeń zostały w zasadzie omówione już poprzednio, jednak kilka wskazówek szczególnie ważnych i charakterystycznych dla urządzeń przemysłowych podane jest poniżej.

a. Stosowane moce wielkiej częstotliwości mogą być duże, np. często spotykana jest moc 10 kW. Żadne jednak metody zmniejszania zakłóceń nie mogą powodować zmniejszenia tej mocy na częstotliwości podstawowej, a stosowane filtry muszą przenieść odpowiednią moc.

b. Ekranowanie urządzenia nie może powodować zakłóceń w jego normalnej pracy.

c. Obwód roboczy urządzenia ma zwykle duże wymiary geometryczne, co ma istotny wpływ nie tylko na wielkość promieniowanej energii wielkiej częstotliwości, ale i na stałość częstotliwości.

Jak już wspomniano, w przemyśle są stosowane również urządzenia grzejne do obróbki materiałów niemetalicznych. I tak np. w przypadku zgrzewania materiałów z tworzyw sztucznych obrabiany materiał jest umieszczony między dwoma elektrodami metalowymi dołączonymi do generatora. W tym przypadku ilość wytworzonego w materiale ciepła

jest proporcjonalna do strat dielektrycznych, a tym samym do częstotliwości. Jeżeli jednak częstotliwość jest tak duża, że długość fali jest porównywalna z odległością między elektrodami, to w obrabianym materiale powstają fale stojące, co jest niekorzystne ze względu na nierównomierny rozkład prądu, wynikiem czego jest nierównomierne nagrzewanie.

Wybrana częstotliwość nie może być również zbyt mała z tego względu, że dla uzyskania dostatecznie dużego prądu roboczego, a tym samym dostatecznej ilości ciepła, należałoby zastosować dość wysokie napięcie między elektrodami, co grozi przebiciem i uszkodzeniem obrabianego materiału (np. przy zgrzewaniu folii z tworzyw sztucznych).

Z powyższego widać, że wybór częstotliwości roboczej w tego typu urządzeniach jest uzależniony od wielu czynników, i nie zawsze możliwe jest zastosowanie jednej z przydzielonych częstotliwości, na których promieniowanie energii wielkiej częstotliwości nie jest ograniczone. Pomiary natężenia pola promieniowanego przez urządzenia grzejne stosowane w przemyśle są wykonywane w Wielkiej Brytanii i to zarówno na specjalnym polu pomiarowym, jak i w miejscu pracy w fabryce, przez Stowarzyszenie Badań Elektrycznych (Electrical Research Association) oraz przez Krajowy Oddział Planowania i Zaopatrzenia Służb Radiowych Departamentu Techniki resortu łączności (Inland Radio Planning and Provision Branch of the Post Office Engineering Department). Uzyskane dane są udostępniane Komitetowi Doradczemu przy ministrze

T a b l i c a 8

Wyniki pomiarów przeniżenia typowych urządzeń przemysłowych wielkiej częstotliwości. Natężenie pola mierzono w odległości 10 m (dB w stosunku do 1 $\mu\text{V/m}$)

Rodzaj urządzenia	Częstotł. nominalna [kHz]	Natężenie pola [dB]					
		1 harm.	2 harm.	3 harm.	4 harm.	5 harm.	6 harm.
Sklejarka do drewna, 3 kW	9,0	nie mierz.	nie mierz.	nie mierz.	+75	+100	+73
Sklejarka do drewna zmodyfikowana 3 kW	9,0	nie mierz.	nie mierz.	nie mierz.	+25	+31	+35
Podgrzewacz do plastyków	27,0	+60	+37	+35	+38	+34	+56
Zgrzewarka do plastyków	36,4	+123	+61	+82	+78	+78	+72
Elektr. spawarka argonowa do met. nieżelaznych	nie ma	Natężenie pola w pasmie częstotliwości 0,21÷ 60 MHz zmienia się w granicach od 42 dB do 69 dB.					

zarządzającym sprawami łączności w Wielkiej Brytanii (The Postmaster-Generals Advisory Comitee) a także Międzynarodowemu Specjalnemu Komitetowi do Spraw Zakłóceń Radioelektrycznych (CISPR), który zajmuje się tymi samymi problemami,

Wyniki pomiarów natężenia pola promieniowanego przez różne urządzenia przemysłowe wykorzystujące energię wielkiej częstotliwości są przedstawione w tablicy 8.

Odbiorniki Radiowe

Do tej grupy urządzeń należą przede wszystkim :

- 1) odbiorniki radiofoniczne z modulacją amplitudy (AM) na zakresy częstotliwości: 150 - 285 kHz. (fale długie) i 525 - 1605 kHz. (fale średnie);
- 2) odbiorniki radiofoniczne z modulacją częstotliwości (FM) na zakres częstotliwości 87,5 - 100 MHz (zakres II);
- 3) odbiorniki telewizyjne na I i III zakres częstotliwości (41 - 68 MHz i 174 - 216 MHz).

Odbiorniki grupy 1 i 2 promieniują energię wielkiej częstotliwości na następujących częstotliwościach:

- a) na częstotliwości heterodyny i jej harmonicznym,
- b) na częstotliwości pośredniej i jej harmonicznym.

W odbiornikach grupy 3, oprócz wymienionych powyżej promieniowań, występują dodatkowo jeszcze inne rodzaje promieniowania, jak: promieniowanie na częstotliwościach

podstawowych i harmonicznych generatorów odchylenia poziomego i pionowego.

Zakłócenia radioelektryczne wywołane pracą odbiorników telewizyjnych można podzielić na trzy grupy:

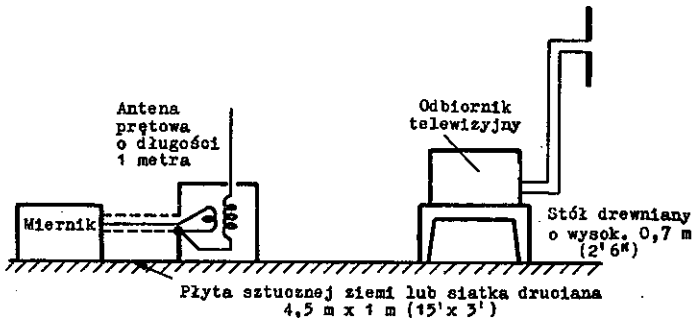
- a) promieniowanie generatora napięć odchylenia poziomego powodujące zakłócenia odbioru radiofonicznego w zakresie fal długich i średnich,
- b) promieniowanie heterodyny odbiornika zakłócające odbiór telewizyjny i pracę odbiorników radiofonicznych w zakresie ultrakrótkofalowym (odbiorniki z modulacją częstotliwości).

Pomimo że częstotliwość podstawowa generatora odchylenia poziomego dla standardu brytyjskiego wynosi tylko 10125 Hz, to jednak ze względu na "półczębny" przebieg tego napięcia i dość dużą moc (kilka watów), generator ten wytwarza szerokie widmo częstotliwości harmonicznych, których amplituda jest wystarczająca do zakłócania odbioru radiofonicznego w zakresie fal długich i średnich.

Ilość skarg na tego rodzaju zakłócenia zaczęła szybko narastać w Wielkiej Brytanii po zakończeniu wojny wraz z szybkim rozwojem telewizji. W latach 1951-52 problem stał się tak poważny, że Brytyjskie Stowarzyszenie Producentów Urządzeń Radiowych (British Radio Equipment Manufacturers' Association, w skrócie BREMA) rozpoczęło badania nad opracowaniem metod pomiaru oraz określeniem dopuszczalnych poziomów tego promieniowania.

Pomiary takie wygodnie jest wykonywać w niewielkiej odległości od promieniującego odbiornika, gdy antena po-

miarowa znajduje się w obszarze pola indukcji. Stowarzyszenie Producentów (BREMA) zdecydowało: przyjąć metodę pomiaru polegającą na pomiarze obydwu składowych pola, elektrycznej i magnetycznej oraz dodatkowo napięcia wielkiej częstotliwości w sieciowym przewodzie zasilającym.



Rys. 26. Układ do pomiaru promieniowania generatorów podstawy czasu odbiorników telewizyjnych

Na rysunku 26 jest pokazany układ do pomiaru natężenia pola promieniowanego przez generatory napięć odchyłania odbiorników telewizyjnych. Graniczne, dopuszczalne wartości natężenia pola wywołanego tym promieniowaniem zostały określone następująco:

a. Dla pól elektrycznych

Napięcie powstające w prętowej antenie pomiarowej o długości 1 m nie może przekraczać 100 μV (w układzie pomiarowym z rys. 26).

b. Dla pól magnetycznych

Napięcie na zaciskach anteny ramowej nie powinno być

większe od napięcia, jakie powstałoby w tej antenie w przypadku umieszczenia jej w polu o natężeniu $400 \mu\text{V}/\text{m}$.

c. Dla napięć wielkiej częstotliwości

Napięcie wielkiej częstotliwości zmierzone na zaciskach znormalizowanej sieci sztucznej o oporności 150Ω nie powinno być większe od $200 \mu\text{V}$ w zakresie częstotliwości $150\text{--}550 \text{ kHz}$ i $100 \mu\text{V}$ w zakresie $550\text{--}1605 \text{ kHz}$.

Powyższe dopuszczalne poziomy są możliwe do spełnienia i przemysł brytyjski podjął poważne wysiłki w celu dostosowania się do nich. Mimo trudności osiągnięto poważne rezultaty, czego dowodem było zmniejszenie się ilości skarg na tego rodzaju zakłócenia. I tak, jeśli w roku 1953 było 7849 skarg, to w 1957 r. już tylko 3658. Przyjęte przez Stowarzyszenie Producentów (BREMA) dopuszczalne poziomy i metody pomiaru tego rodzaju zakłóceń zostały włączone do zrewidowanej Normy Brytyjskiej BS 905, 1940, "Interference Characteristics of Radio Receivers" (Urządzenia Radioodbiornicze, Wrażliwość na Zakłócenia), oraz stanowiły podstawę do opracowania zaleceń przyjętych i opublikowanych przez IEC.

Promieniowanie pochodzące od oscylatorów lokalnych w odbiornikach telewizyjnych nie jest w tej chwili bardzo szkodliwe, ale kłopoty te mogą się powiększyć przy dalszej eksploatacji zakresów ultrakrótkofalowych. Znaczenie tego problemu było doceniane od początku i niezbędne prace badawcze zostały wykonane zarówno przez instytucje brytyjskie, jak i międzynarodowe. Początkowo, Stowarzyszenie Producentów (BREMA) opracowało metodę po-

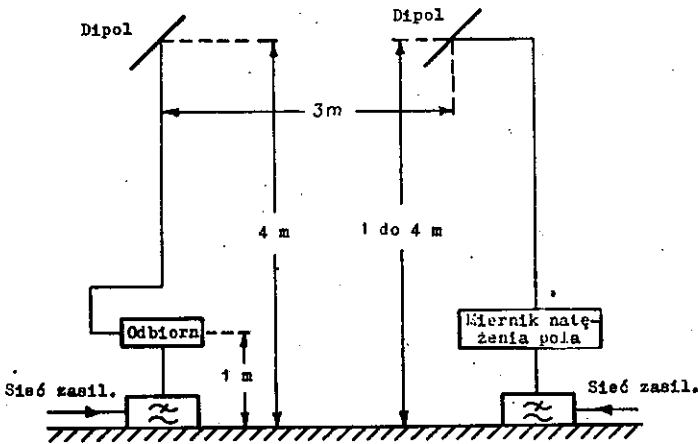
miarów, która polegała na oddzielnym pomiarze zakłóceń w różny sposób promieniowanych przez źródło, jak:

- a) pomiar napięcia wielkiej częstotliwości w sieci zasilającej,
- b) pomiar energii wielkiej częstotliwości wypromienianej przez antenę odbiornika, przez pomiar napięcia na zaciskach anteny,
- c) pomiar natężenia pola promieniowanego przez chassis odbiornika w odległości 10 m.

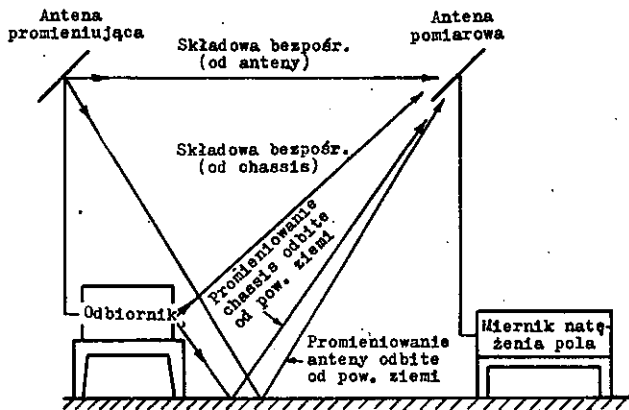
Jednocześnie zaczęło narastać dążenie do ujednoczenia metod pomiaru tego rodzaju zakłóceń, w skali międzynarodowej, co pozwoliłoby na porównanie wyników tych pomiarów. Kiedy dla komitetu IEC zajmującego się tymi problemami stało się jasne, że większość zainteresowanych krajów skłania się do przyjęcia wspólnej metody pomiaru promieniowania odbiorników wraz z ich antenami, Wielka Brytania zaczęła współpracować z innymi państwami przy opracowaniu dogodnej dla wszystkich metody pomiaru, przewidującej stosowanie odległości pomiarowej 3 m (rys. 27)

Przy opracowywaniu takiej metody należało wziąć pod uwagę szereg różnych czynników. Wypadkowe pole, w którym znajduje się antena pomiarowa, składa się z następujących czterech składowych (pokazanych na rys. 28):

- a) składowa wywołana (bezpośrednim) promieniowaniem anteny odbiornika;
- b) składowa wywołana promieniowaniem anteny odbiornika odbitym od powierzchni ziemi;



Rys. 27. Układ do pomiaru promieniowania odbiorników radiowych w zakresie U.K.F.



Rys. 28. Drogi przenikania energii w.c.z. z badanego odbiornika do miernika natężenia pola

- c) składowa wywołana (bezpośrednim) promieniowaniem chassis odbiornika;
- d) składowa wywołana promieniowaniem chassis odbiornika odbitym od powierzchni ziemi.

Wielkość tego wypadkowego pola w miejscu umieszczenia anteny pomiarowej zależy od:

- a) różnicy między drogami, jakie mają do przebycia powyższe cztery składowe;
- b) współczynnika odbicia od powierzchni ziemi i zmiany fazy (dotyczy tylko promieniowania odbitego od powierzchni ziemi).

Czynnik "b" jest różny dla składowych o polaryzacji poziomej i pionowej. Z punktu widzenia zakłóceń wywołanych promieniowaniem odbiornika ważna jest wypadkowa wartość natężenia pola. Wartość ta ustalona jest przez obracanie anteny w płaszczyźnie pionowej podczas wykonywania pomiarów, w takim zakresie zmian, aby wykryć wartość maksymalną.

Dla sprawdzenia, czy miejsce pomiarów jest odpowiednie, należy zmierzyć i wykreślić tzw. "krzywą tłumienia miejsca pomiarowego". Krzywa ta musi być zgodna z krzywą wzorcową, która została wyznaczona na podstawie danych uzyskanych drogą obliczeń i pomiarów. Układ pomiarowy do wyznaczania "krzywej tłumienia miejsca pomiarowego" jest przedstawiony na rys. 27, z tym że w miejsce odbiornika należy zastosować generator sygnałowy, do wyjścia którego jest dołączony fider anteny poprzez trans-

formator symetryzujący i dopasowujący oporność wyjściową generatora do oporności falowej fidera.

Wielkość "tłumienia miejsca pomiarowego" jest określana przez pomiar mocy wielkiej częstotliwości na zaciśkach dipola promieniującego, potrzebnej do wytworzenia natężenia pola o wartości $100 \mu\text{V}/\text{m}$ w miejscu ustawienia anteny miernika natężenia pola. Podana metoda została w zasadzie przyjęta i zastosowana w wielu państwach. Została ona również opublikowana w jednym z dokumentów IEC oraz włączona do wcześniej wydanej Normy Brytyjskiej (BS 905).

Dopuszczalne poziomy przyjęte przez BREMA w opracowanej przez nich oryginalnej metodzie pomiarów zostały tak zmienione, aby były równoważne poziomom przyjętym przez IEC w metodzie "3 metrowej" (pokazanej na rys. 27). Wszyscy członkowie BREMA zostali poproszeni o przyjęcie tych poziomów.

Należy oczekiwać, że poziomy te zostaną również przyjęte w Normie Brytyjskiej BS 905 przy następnej jej nowelizacji.

CZĘŚĆ 6 - KONTROLA ZAKŁÓCEŃ PRZEMYSŁOWYCH¹⁾

C.W. Sowton: Radio Interference. Part 6 - The Control of Radio Interference. The Post Office Electrical Engineers Journal Vol. 52, Part 1, April 1959, pp. 43-46.

Część 6, która kończy cykl artykułów o przemysłowych zakłóceniach radioelektrycznych, omawia zagadnienia kontroli zakłóceń radioelektrycznych. W tej części dokonano przeglądu prac, wykonanych w kraju i za granicą, zmierzających do przygotowania norm i przepisów dotyczących popierania dobrowolnej działalności oraz przygotowujących akty prawne w tej dziedzinie.

Omówiono szczegóły przepisów dotyczących kontroli zakłóceń, wprowadzonych w Wielkiej Brytanii; wskazano prace, które - na tym polu - powinny być jeszcze wykonane.

Wprowadzenie

W swoim wstępie do niniejszego cyklu artykułów²⁾ wydawca podkreśla, że w Wielkiej Brytanii administracyjnie odpowiedzialny za kontrolę zakłóceń radioelektrycznych jest minister zarządzający sprawami łączności. Wydawca zwraca także uwagę na fakt, że do 1949 roku zmniejszanie zakłóceń zależało tylko od dobrowolnej akcji; dopiero

¹⁾ Na podstawie oryginału opracował W. Stawski.

²⁾ Vol. 50, str. 226; styczeń 1958 r.

wydanie Ustawy o Łączności (Wireless Telegraphy Act) w 1949 roku dało ministrowi zarządzającemu sprawami łączności prawo ustawowej kontroli.

Zanim przystąpimy do omawiania rezultatów, jakie przyniosła akcja dobrowolna, i zasięgu kontroli ustawowej, cofniemy się 25 lat wstecz, aby prześledzić historyczny rozwój i tworzenie się podstaw dzisiejszej struktury zagadnienia zwalczania zakłóceń.

Rada Stowarzyszenia Inżynierów Elektryków (Institution of Electrical Engineers IEE) powołała w 1933 roku specjalny Komitet do zbadania zagadnienia zakłóceń w odbiorze radiowym. Komitet ten miał sprecyzować zalecenia, dotyczące ograniczania zakłóceń, rozważając:

- a) najlepsze metody zmniejszania zakłóceń powodowanych przez urządzenia elektryczne,
- b) wskazania lub przeciwwskazania dla zebrania wszystkich wymagań, dotyczących zmniejszania zakłóceń, w przepisach szczegółowych dla urządzeń elektrycznych i
- c) potrzebę (lub zbędność) aktów prawnych (ustaw).

Pracami Komitetu kierował Sir Clifford Paterson; w skład Komitetu wchodziłi przedstawiciele ministerstw, różnych Stowarzyszeń Przemysłu Elektrycznego i Radiowego, Zarządu Radia Brytyjskiego (BBC), Komisji Elektrycznej (Electricity Commission), Centralnej Rady Elektrycznej (Central Electricity Board), Towarzystw Dostaw Elektryczności (Electricity Supply Association) oraz wielu innych członków.

Tymczasowy raport Komitetu dla Rady Stowarzyszenia Inżynierów Elektryków (IEE) został opracowany w październiku 1934 roku, a raport końcowy w lipcu 1963 roku. Raporty te wyjaśniały, że Komitet nie uważa, aby ograniczenie zakłóceń radioelektrycznych mogło być skuteczne, jeżeli będzie realizowane tylko drogą akcji dobrowolnych. Zdaniem Komitetu jakiś organ administracji państwowej powinien mieć prawo wydawania przepisów określających wymagania, jakie powinny spełniać urządzenia elektryczne, aby można je było uznać za "odkłócone". Komitet zalecił, aby Rządowi Komisarze Elektryczności (Electricity Commissioners) otrzymali prawo wydawania przepisów dotyczących zmniejszania zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez nowe i istniejące już urządzenia elektryczne oraz, aby resort łączności (Post Office) miał prawo egzekwowania tych przepisów.

Komitet wykonał szereg podkomitetów, które miały szczegółowo rozważyć zagadnienie zakłóceń pochodzących od takich typów urządzeń, które stanowią główne źródła zakłóceń. Towarzystwo Badań Elektrycznych (Electrical Research Association) i Departament Techniki resortu łączności (Post Office Engineering Department) dostarczyły wielu podstawowych danych potrzebnych do pracy Podkomitetów. Gdy prace podkomitetów zostały zakończone, Główny Komitet zdecydował, że powinny zostać opracowane normy (Standard Specification), traktujące o takich sprawach, jak elementy przeciwwzakłócenkowe, przyrządy do pomiarów zakłóceń, dopuszczalne poziomy zakłóceń itp. Na wniosek tego Komitetu Brytyjski Instytut Normalizacyj-

ny (British Standard Institution = BSI) powołał dla wykonania tych zadań kilka komitetów. Te oraz inne Komitety Normalizacyjne jak i połączone Komitety Zaleceń Wykonawczych (Codes of Practice Committees) IEE / BSI, które zajmowały się zagadnieniem zwalczania zakłóceń radioelektrycznych, były w znacznej mierze odpowiedzialne za prowadzenie dobrowolnej akcji ograniczania zakłóceń; ich praca będzie - w pewnych szczegółach - omówiona poniżej.

W 1939 roku rozważano sprawę przygotowania Projektu Ustawy o Łączności (Wireless Telegraphy Act). Spodziewano się, że o ile Projekt Ustawy zostanie zatwierdzony, to Komisarze Elektryczności (Electrical Commissioners) otrzymają prawa wydawania przepisów dotyczących zakłóceń radioelektrycznych, w zakresie zalecanym przez Komitet IEE. Niestety wojna przeszkodziła temu i dopiero po jej ukończeniu Komitet mógł wznowić swe prace. Potwierdził on poprzednie swe stanowisko, stwierdzając, że - mimo możliwości osiągnięcia pewnego stopnia ograniczenia zakłóceń na drodze akcji dobrowolnej - prawna kontrola zakłóceń radioelektrycznych jest konieczna. Rada IEE, na podstawie raportów Komitetów, wystąpiła do ministra zarządzającego sprawami łączności (Postmaster General) z postulatami wprowadzenia ustaw, nakazujących przymusowe zwalczanie zakłóceń odbioru radiowego, oraz przekazania uprawnień koniecznych do wydawania przepisów. Nowy projekt ustawy został opracowany i stał się ostatecznie obowiązującym aktem prawnym jako Ustawa o Łączności z 1949 roku (Wireless Telegraphy Act). Część druga tej ustawy jest poświęcona zakłóceniom i będzie omówiona szczegółowiej nieco później.

Dobrowolna akcja ograniczania zakłóceń

Pewien pogląd na zakres prac Komitetów BSI i IEE, wykonanych przy przygotowaniu Norm Brytyjskich i Zaleceń Wykonawczych, dotyczących zakłóceń radioelektrycznych, można uzyskać na podstawie tablic 9 i 10. Prace tych Komitetów są nadal kontynuowane, ponieważ Normy i Zalecenia wymagają stałego unowocześniania; w szczególności zasięg tych dokumentów powinien być stale rozszerzany, w miarę jak radiofonia i inne służby radiowe obejmują coraz wyższe zakresy częstotliwości. Niektóre normy i przepisy praktyczne są obecnie korygowane.

T a b l i c a 9

Normy Brytyjskie (British Standard Specification)

Nr normy i rok	T y t u ł
613:1955	Podzespoły i filtry do zmniejszenia zakłóceń radioelektrycznych
727:1954	Przyrządy do pomiaru zakłóceń radioelektrycznych - właściwości i działanie
800:1954	Dopuszczalne poziomy zakłóceń radioelektrycznych
827:1937	Zmniejszanie zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez trolejbusy i tramwaje
833:1953	Zmniejszanie zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez silniki pojazdów mechanicznych i silniki spalinowe
905:1940	Urządzenia radioodbiorcze - odporność na zakłócenia
1597:1949	Zmniejszanie zakłóceń radioelektrycznych w urządzeniach morskich

Brytyjskie zalecenia wykonawcze
(British Standard Codes of Practice)

Nr normy i rok	T y t u ł
1001:1947	Zwalczanie zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez silniki pojazdów mechanicznych i silniki spalinowe
1002:1947	Zwalczanie zakłóceń radioelektrycznych wywołanych przez aparaturę elektromedyczną i przemysłowe urządzenia w.cz.
1006:1955	Główne aspekty pomiaru tłumienia zakłóceń radioelektrycznych i zwalczanie zakłóceń w lotnictwie (w przygotowaniu).

Poza wymienionymi Komitetami Krajowymi został powołany Specjalny Międzynarodowy Komitet do spraw Zakłóceń Radioelektrycznych (Comité Internationale Spécial des Perturbations Radioélectriques) - CISPR. Komitet ten pracuje pod patronatem Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej - (IEC). Jego zadaniem jest pomagać i przygotowywać międzynarodowe porozumienia w sprawach przyrządów i metod pomiarowych oraz dopuszczalnych poziomów zakłóceń radioelektrycznych.

Poniżej przedstawimy pokrótce osiągnięcia Komitetów oraz wpływ ich pracy na dobrowolne zwalczanie zakłóceń radioelektrycznych.

Komitety Krajowe znormalizowały przede wszystkim aparaturę pomiarową i metody pomiaru zakłóceń radioelektrycznych dla zakresu częstotliwości od 150 kHz do 150 MHz; przy-

rządy te i metody pomiarowe mogą być stosowane do 300MHz. W ten sposób przepisy objęły cały zakres częstotliwości, wykorzystywanych w chwili obecnej przez radiofonie i telewizję w Wielkiej Brytanii. Następnie ustalono dopuszczalne poziomy zakłóceń radioelektrycznych, wytwarzanych przez urządzenia elektryczne w pasmach częstotliwości od 200 do 1605 kHz i od 40 do 70 MHz, tzn. na falach długich i średnich oraz w pierwszym zakresie częstotliwości dla telewizji; obecnie przygotowuje się nową wersję tych przepisów, obejmującą częstotliwości do 300 MHz, a więc także drugi zakres częstotliwości (w którym pracują stacje radiofonii UKF z modulacją częstotliwości) i trzeci zakres częstotliwości przeznaczony dla telewizji. Ustalone dopuszczalne poziomy zakłóceń stanowią kompromis między interesami "użytkowników widma częstotliwości radiowych" z jednej strony a wytwórcami i użytkownikami urządzeń elektrycznych z drugiej. W większości przypadków stanowią one wystarczające zabezpieczenie przed zakłóceniami i mogą być osiągnięte - w przeważającej liczbie urządzeń - przy zastosowaniu prostych i tanich podzespołów przeciwzakłóceńowych. Producenci urządzeń elektrycznych otrzymali zatem do dyspozycji przyrządy pomiarowe, które pozwalają określać poziom zakłóceń wytwarzanych przez produkowane przez nich urządzenia; ponadto dowiedzieli się, do jakiego poziomu zakłócenia te powinny być ograniczone, aby nie były one przyczyną przeszkód w odbiorze radiowym.

Normy na podzespoły przeciwzakłóceńowe, kondensatory, dławiki i oporniki oraz filtry przeciwzakłóceńowe zosta-

ły uzgodnione w taki sposób, aby istniała pewność, że nie będą one przyczyną pogorszenia warunków bezpieczeństwa i pewności działania urządzeń, do których są przeznaczone. Przygotowane zostały Zalecenia Wykonawcze, które podają zasady i metody zmniejszania zakłóceń radioelektrycznych, zasady wyboru elementów przeciwzakłóceńowych oraz instalowania ich w urządzeniach. Postanowiono, że Departament Techniki resortu łączności w ramach pomocy udzielanej producentom będzie przeprowadzał pomiary zakłóceń prototypów urządzeń elektrycznych i - na tej podstawie - będzie zalecał najbardziej odpowiednie środki ograniczania zakłóceń. Jak z powyższego widać, producenci otrzymali w ten sposób dużą pomoc oraz wiele cennych wskazówek, które pozwalają na wytwarzanie urządzeń "niezakłócających". Prace podjęte przez Departament Techniki resortu łączności, których celem było udzielanie pomocy użytkownikom urządzeń elektrycznych w określaniu przyczyn zakłóceń, zostały omówione wcześniej w drugiej części niniejszego cyklu artykułów (patrz część 2).

Normy i zalecenia wykonawcze zostały opracowane dla poszczególnych typów urządzeń wytwarzających zakłócenia (dla przykładu: systemy zapłonowe w samochodach, które są największym źródłem zakłóceń odbioru telewizyjnego). Zagadnienia zmniejszania zakłóceń radioelektrycznych, powodowanych przez pojazdy mechaniczne i silniki zapłonowe, były rozważane przez specjalny podkomitet i zostały wyodrębnione w postaci osobnej Normy i Zaleceń Wykonawczych. Urządzenia elektromedyczne i przemysłowe w.cz. stanowią także specjalną klasę urządzeń, omówioną w jednym z po-

przednich artykułów tej serii (patrz część 5), zwalczanie zakłóceń pochodzących od tego rodzaju urządzeń jest przedmiotem oddzielnych Zaleceń Wykonawczych. Zakłócenia powodowane przez układy odchyłania i oscylatory pracujące w radiowych urządzeniach odbiorczych były także omówione we wspomnianym artykule.

Przemysł radiotechniczny pod kierownictwem Brytyjskiego Stowarzyszenia Producentów Urządzeń Radiowych (British Radio Equipment Manufacturers Association) zobowiązał się do opracowania odpowiednich metod pomiarowych i zalecenia rozsądnych poziomów zakłóceń promieniowanych przez te urządzenia. Zalecenia te zostały zaakceptowane i włączone do Normy Brytyjskiej Nr 905, której zrewidowana wersja ma być wkrótce opublikowana.

Cała ta praca zawiodła oczekiwania i nie spowodowała ożywienia dobrowolnej akcji, zmierzającej do ograniczenia zakłóceń radioelektrycznych przez wytwórców, handlowców i użytkowników. Na przykład przed wydaniem przepisów prawie żaden z przeznaczonych do sprzedaży samochodów nie miał odkłóconej instalacji zapłonowej, mimo że metody odkłócania były proste i dobrze znane, nie wpływały ujemnie na wykonanie i niezawodność silników, a przeprowadzenie odkłócenia kosztowało niewiele. Również reakcja posiadaczy pojazdów mechanicznych na wezwanie do przeprowadzania odkłócenia była niedostateczna.

Badania przeprowadzone przez Towarzystwo Badań Elektrotechnicznych (Electrical Research Association) nie wykazały prawie żadnego postępu w dobrowolnym ograniczaniu zakłóceń powodowanych przez pojazdy mechaniczne

przed wydaniem Przepisów. Trzeba jednak stwierdzić, że wiele osób prowadzących duże parki pojazdów wzięło udział w akcji dobrowolnej i przeprowadziło ograniczenie zakłóceń.

Sytuacja w zakresie urządzeń elektrycznych jest prawdopodobnie nieco lepsza. Przed wyjściem przepisów większość urządzeń elektrycznych była sprzedawana w stanie nieodkłóconym; ani handlowcy, ani wytwórcy nie byli przeważnie zainteresowani w przeprowadzaniu odkłócenia, nawet jeżeli urządzenie zakłócenia powodowało, pozostawiając tę pracę w całości resortowi łączności. Tu także trzeba wspomnieć, że niektórzy producenci sprzedawali urządzenia wystarczająco odkłócone, a niektórzy dostarczali i wmontowywali elementy przeciwalkłócenkowe na żądanie, albo bezpłatnie, albo za symboliczną tylko opłatą. Przepisy dla użytkowników ("User" Regulations, które omówione będą później w tym artykule), dotyczące małych silniczków zwykle używanych w urządzeniach domowych, przyniosły rezultat w postaci wbudowywanych do wielu urządzeń - już w fabrykach - elementów odkłócających, a ponadto społeczeństwo zostało przekonane o konieczności zakupu urządzeń odkłóconych. Większość urządzeń elektrycznych sprzedawanych obecnie jest w rzeczywistości odkłócona, co najmniej w zakresie dotyczącym zakłóceń odbioru telewizyjnego i radiofonicznego na falach ultrakrótkich. Nie jest jednakże w zwyczaju wytwórców przeprowadzać ograniczenie zakłóceń w zakresach fal długich i średnich.

Ogólnie biorąc społeczeństwo, tzn. użytkownicy urzą-

dzeń elektrycznych, jest nieświadome, że urządzenia te są przyczyną zakłóceń w odbiorze radiowym; społeczeństwo przekonuje się o tym w rezultacie licznych interwencji resortu łączności. Zwykle użytkownicy podporządkowują się decyzjom resortu, zgadzając się na zamontowanie do urządzeń koniecznych elementów przeciwwzakłóceń i na poniesienie kosztów przeprowadzonego odkłócenia. Przepisy zobowiązały także tych, którzy nie zgadzali się na odkłócanie posiadanych urządzeń do przeprowadzenia ograniczenia zakłóceń.

Wyrażany przed i po wojnie przez IRE pogląd, że zwalczanie zakłóceń tylko drogą akcji dobrowolnej nie jest wystarczające i że kontrola prawna jest konieczna, został w ten sposób potwierdzony.

Kontrola prawna

Ustawa o Łączności z 1949 roku daje ministrowi zarządzającemu sprawami Łączności (Postmaster General) prawo wydawania przepisów dotyczących ograniczania i kontroli zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez urządzenia wytwarzające - celowo lub przypadkowo - energię elektromagnetyczną o częstotliwościach nie przekraczających 3.000.000 MHz (z wyjątkiem urządzeń przeznaczonych do przekazywania informacji). Przepisy mają precyzować wymagania stawiane urządzeniom będącym w użytkowaniu - tzw. "Przepisy dla użytkowników" ("User" Regulations), ponieważ obowiązek wypełniania ich ciążyć będzie na osobach użytkujących urządzenia, oraz urządzeniom wypożyczanym, sprzedawanym lub tp. - będą to tzw. "Przepisy dla wytwórców

ców" (Manufacturers Regulations), ponieważ w tym przypadku obowiązek realizacji ciążyć będzie na wytwórcach lub importerach. Ustawa określa cel wymagań, którym powinno być uzyskanie pewności, że "stosowanie urządzeń nie będzie przyczyną nadmiernych zakłóceń w łączności bezprzewodowej". Przepisy powinny być wydawane po uzgodnieniu z Komitetem Doradczym, mianowanym przez ministra zarządzającego sprawami łączności spośród ekspertów; w skład Komitetu miały wejść także osoby, których interesy będą zagrożone, a wyznaczone przez IEE.

Ustawa wyjaśniała, że jeśli chodzi o egzekwowanie przepisów, to niespełnienie ustalonych wymagań nie jest samo w sobie przestępstwem. Jednakże, jeżeli minister zarządzający sprawami łączności uzna, że jakieś urządzenie nie spełnia wymagań i jest prawdopodobnie przyczyną nadmiernych zakłóceń w radiowej służbie ochrony życia (Safety-of-life service) lub wywołuje nadmierne zakłócenia w innych służbach, to może on zakazać użytkowania tego urządzenia po ustalonym terminie. Osoba, do której nakaz taki zostanie skierowany, ma prawo odwołać się do Komisji Reklamacyjnej. O ile Komisja dojdzie do przekonania, że urządzenie spełnia wymagania lub że w tym szczególnym przypadku przepisy powinny być złagodzone, może ministrowi zalecić zmianę lub odwołanie jego decyzji. Podobne zasady wprowadzania w życie, prawo do odwołania itp. mają być stosowane w "przepisach dla wytwórców". Ustawa o łączności z 1949 r. stanowi z jednej strony podstawę prawną zwalczania zakłóceń radioelektrycznych, z drugiej dostatecznie zabezpiecza użytkowników i wytwór-

ców urządzeń elektrycznych przed nierozsądnymi decyzjami.

Po wejściu w życie Ustawy zostało powołanych kilka komitetów doradczych, za których radą minister zarządzający sprawami łączności wydał szereg przepisów. Pierwsze dwa komitety doradcze powstały w 1950 roku: pierwszy - pod przewodnictwem Sir Stanleya Angwina - do opracowania problemu zakłóceń wywoływanych przez systemy zapłonowe, drugi - pod przewodnictwem dr F.T. Chapmana - do opracowania problemu zakłóceń powodowanych przez urządzenia chłodnicze (lodówki). Wiadome było, że zakłócenia powodowane przez systemy zapłonowe są najgroźniejszymi i najbardziej rozpowszechnionymi zakłóceniami odbioru telewizyjnego, a zatem powinny być rozpracowywane natychmiast. Drugi problem wybrano na tej podstawie, że ilość skarg na zakłócenia powodowane przez urządzenia chłodnicze była wówczas więcej niż dwa razy większa od ilości skarg na urządzenia innych rodzajów. W obu przypadkach realizacja odskłócenia jest stosunkowo prosta i tania.

Trzeci komitet doradczy do opracowania problemu zakłóceń powodowanych przez małe silniki elektryczne, które są stosowane w urządzeniach domowych, takich jak np. odkurzacze i maszyny do szycia, rozpoczął prace w 1952 roku pod kierownictwem Mr J. R. Bearda. Czwarty komitet doradczy - do spraw zakłóceń powodowanych przez przemysłowe, naukowe i medyczne urządzenia w.cz. - powstał w 1956 roku; jego kierownictwo objął Mr O.W. Humphries. W wyniku prac pierwszych trzech komitetów oraz ich zaleceń zostały ogłoszone przepisy wykonawcze do Ustawy o łączności. Jakkolwiek tymczasowe raporty zostały opracowane

przez wszystkie cztery komitety, to jednak ich prace są jeszcze w stadium rozwoju i nie można przeprowadzać oceny tych prac już w niniejszym artykule. W chwili obecnej bierze się pod uwagę sprawę powołania dalszych dwóch komitetów; jednego - do zagadnienia zakłóceń powodowanych przez lampy, z lampami o wyładowaniu w gazach oraz reklamami neonowymi włącznie; drugiego - do zagadnienia zakłóceń powodowanych przez elementy stykowe, takie jak np. przełączniki w termostatach.

Komitet doradczy do sprawy systemów zapłonowych złożył ministrowi sprawozdanie w lipcu 1951 r. Zalecił on opracowanie przepisów, zarówno dla wytwórców, jak i dla użytkowników, dotyczących systemów zapłonowych w silnikach pojazdów mechanicznych i silnikach stacjonarnych. Komitet zalecał następujące wymagania: natężenie pola elektromagnetycznego zakłóceń w odległości 10 m od pojazdu lub silnika stacjonarnego nie powinno przekraczać $50 \mu\text{V/m}$ w zakresie częstotliwości od 40 MHz do 70 MHz. Zostało stwierdzone, że w 60 do 80% silnikach samochodowych wymaganie to może być zrealizowane przez wprowadzenie zwykłego opornika w przewód między cewką zapłonową a rozdzielaczem. Włączenie dodatkowego opornika w doprowadzenie do świecy samochodowej zapewnia spełnienie postawionych wymagań w każdym przypadku. W swym sprawozdaniu Komitet stwierdzał także, że zalecenia jego są oparte na założeniu, a instalacje odbiorcze będą wykonywane z uwzględnieniem wszystkich realnych możliwości zmniejszenia wrażliwości na zakłócenia. Graniczne wartości natężenia pola oraz zakres częstotliwości zostały

określone w celu zapewnienia odbioru wolnego od zakłóceń w I zakresie częstotliwości dla telewizji.

Przepisy zostały opracowane w listopadzie 1952 r. i weszły w życie siedem miesięcy później. W przepisach zostały zawarte wymagania zalecone przez Komitet Doradczy; "wymagania dla użytkowników" dotyczą jednak tylko pojazdów mechanicznych i silników wyprodukowanych po wejściu w życie przepisów. Poza tym przepisy uznawały, że użytkownik spełniał wymagania, jeżeli mógł on wykazać, że w jego pojeździe lub silniku zostały zamontowane oryginalne (lub podobne) będące w dobrym stanie, elementy przeciwwzakłóceńowe. Istniał pogląd, że wymagania dla użytkowników, zalecone przez komitet doradczy, nie mogą być skutecznie egzekwowane w praktyce. Sądzone także, że reklama we wskazanych przez komitet kierunkach zachęci właścicieli pojazdów do przeprowadzenia dobrowolnego ograniczenia zakłóceń powodowanych przez te pojazdy.

Około 50% pojazdów będących w ruchu w chwili obecnej stanowią pojazdy wyprodukowane w drugiej dekadzie lipca 1953 r. Wszystkie te pojazdy są odkłócone i powodują tylko nieznaczne (lub w ogóle nie powodują) zakłócenia w odbiorze telewizji zarówno w zakresie I, jak i w III oraz w odbiorze radiofonii z modulacją częstotliwości w zakresie II. Zakres II: 75 do 100 MHz i zakres III: 174 do 216 MHz, w rzeczywistości nie są objęte przepisami, ale ograniczenie zakłóceń dla spełnienia wymagań w zakresie częstotliwości 40 - 70 MHz: automatycznie zmniejsza zakłócenia w wyższych pasmach. Istniejące dziś zakłócenia, pochodzące od systemów zapłonowych, są wywoła-

ne w głównej mierze przez pojazdy wyprodukowane przed wydaniem przepisów, gdyż tylko niewielki procent tych pojazdów został odkłócony. Stopniowo pojazdy te będą zastępowane nowymi i można przypuszczać, że w przyszłości wszystkie pojazdy będą skutecznie odkłócone.

W raporcie, dla ministra zarządzającego sprawami łączności, złożonym w 1952 roku, komitet doradczy do spraw zakłóceń powodowanych przez urządzenia chłodnicze zalecił, aby przepisy dla wytwórców i użytkowników ograniczyły maksymalnie dopuszczalne napięcia zakłóceń, jakie urządzenia chłodnicze mogą wytwarzać na zaciskach sieci zasilającej (ściślej na zaciskach sieci sztucznej). Komitet zalecił, aby napięcie to nie przekraczało 1500 μV w zakresie częstotliwości od 200 do 1605 kHz i 750 μV w zakresie od 40 do 70 MHz. Sprecyzowanie granic dla natężenia pola uznano za niekonieczne, gdyż - jak się okazało - energia zakłóceń wypromieniowana bezpośrednio przez lodówkę jest znacznie mniejsza niż przenikająca przez przewody sieci zasilającej. Raport podkreślał, że zakłócenia są powodowane wyłącznie przez urządzenia chłodnicze, w których pracują silniki komutatorowe (ten typ stanowi tylko 8% produkcji i ma tendencje zanikowe - w W. Brytanii (przyp. tłum.) lub przez przestarzałe względnie uszkodzone termoregulatory urządzeń chłodniczych.

Na podstawie zaleceń komitetu doradczego zostały opracowane w lutym 1956 roku przepisy, które weszły w życie we wrześniu 1955 roku. Ponieważ praktycznie wszystkie domowe urządzenia chłodnicze posiadają dziś silniki indukcyjne i szybkodziałające przełączniki termoregulu-

jące, istniejące dziś zakłócenia radioelektryczne powodowane przez ten typ urządzeń są bardzo niewielkie. W użytkowaniu znajduje się w chwili obecnej także niewielka ilość lodówek przystosowanych do zasilania prądem stałym; są to lodówki z silnikami komutatorowymi, które dla spełnienia wymagań przepisów zostały skutecznie odciążone.

Komitet doradczy do spraw zakłóceń radioelektrycznych powodowanych przez małe silniki elektryczne zdał sprawozdanie ze swych prac przy końcu 1953 roku. Jego zalecenia dotyczą silników mocy ułamkowej wszystkich typów, takich jakie są używane w maszynach do szycia, suszarkach do włosów, odkurzaczach, wiertarkach i wentylatorach. Zatem zalecenia objęły szeroki asortyment urządzeń odpowiedzialnych za znaczny poziom zakłóceń radioelektrycznych,

Komitet zalecał opracowanie przepisów dla użytkowników zarówno istniejących, jak i nowych urządzeń (małe silniki z bezpośrednio do nich przyłączonym wyposażeniem przełączającym, niezależnie od tego czy są one wbudowane do urządzeń, czy też nie), określających dopuszczalne wartości energii elektromagnetycznej zakłóceń "przekazywanej" do sieci zasilającej (w postaci napięcia na zaciskach sieci) oraz wypromieniowywanej bezpośrednio (w postaci natężenia pola); Komitet zaproponował następujące wartości graniczne:

- napięcie zakłóceń na zaciskach sieci zasilającej:

w zakresie częstotliwości od 200 do
1605 kHz

1500 μ V

w zakresie częstotliwości od 40 do
70 MHz

750 μ V

- natężenie pola zakłóceń w odległości 10 m:

w zakresie częstotliwości od 200 do
1605 kHz

100 μ V/m

w zakresie częstotliwości od 40 do
70 MHz

50 μ V/m

Ze względów, o których mowa będzie poniżej, komitet doradczy nie zalecił wprowadzenia do przepisów wymagań dla wytwórców.

Zakłócenia, jakie wywołuje silnik elektryczny, są zależne od urządzenia, do którego jest on wbudowany oraz od przeznaczenia, jakiemu ma służyć to urządzenie. Szacuje się, że tylko 15% użytkowanych w Wielkiej Brytanii urządzeń z napędem silnikami elektrycznymi wywołuje poważniejsze zakłócenia. W rezultacie, z ekonomicznego punktu widzenia, korzystniej jest odkłócać urządzenia dopiero wtedy, gdy okaże się, że są one przyczyną zakłóceń radioelektrycznych. Jakkolwiek Komitet nie zalecał wprowadzenia "wymagań dla wytwórców" do przepisów, to jednak sugerował on rozważenie problemu tych wymagań dla szczególnych typów urządzeń, które są znane jako poważne źródła zakłóceń; np. maszyny do szycia i suszarki do włosów.

Przepisy, dotyczące ograniczania i kontroli zakłóceń powodowanych przez silniki elektryczne, precyzujące wymagania zalecone przez komitet doradczy, zostały opracowane w lutym 1955 roku, a weszły w życie 1 września 1955

roku. Z pewnością pomogły one resortowi łączności w zwalczaniu zakłóceń powodowanych przez silniki elektryczne, w szczególności w tych przypadkach, w których użytkownicy niezbyt chętnie chcieli się resortowi podporządkować. Prawdopodobnie uświadomiły one także społeczeństwu znaczenie zakupu urządzeń "wolnych od zakłóceń" i zachęciły wytwórców do dobrowolnego wbudowywania elementów przeciwwzakłóceniovych do szeregu typów urządzeń produkowanych względnie do przygotowania środków umożliwiających ich wbudowanie w przypadku konieczności.

Zakończenie

Powyżej dokonano krótkiego przeglądu prac wykonanych w Wielkiej Brytanii, zmierzających do opanowania zakłóceń radioelektrycznych na drogach działalności dobrowolnej i prawnej. Długi okres czasu musiał upłynąć zanim osiągnięto obecny stan w tej dziedzinie; lecz bardzo wiele pozostało jeszcze do zrobienia. Prace resortu łączności nad wykrywaniem i zmniejszaniem zakłóceń są nadal prowadzone z dużą intensywnością, jakkolwiek minął już ich punkt szczytowy, a główny ciężar prac w ostatnich 5-6 latach przesunął się z radiofonii na telewizję. Trwają także prace komitetów BSI/IEE i komitetów międzynarodowych, zajmujących się zakłóceniami. Prace te są przede wszystkim prowadzone w kierunku objęcia wy-
naganiemi i zaleceniami szerszych zakresów częstotliwości. Komitety doradcze zajmują się teraz zakłóceniami powodowanymi przez lampy i elementy przełączające, a także in-

ne rodzaje urządzeń; rozpatrują problem wahań dla wytwórców urządzeń z silnikami elektrycznymi. Komitety te rozważają także możliwości zastosowania przepisów w zakresie wyższych częstotliwości.

Ponieważ rozwija się radiofonia i inne służby radiowe, ponieważ wzrasta użytkowanie urządzeń elektrycznych, a technika pomiarów i zmniejszania zakłóceń radioelektrycznych stale polepsza się, istnieje konieczność stałego rewidowania przepisów dotyczących kontroli i opanowywania zakłóceń. Nie wydaje się prawdopodobne, aby zakłócenia radioelektryczne mogły być kiedykolwiek całkowicie zlikwidowane; mogą one jednakże zostać zmniejszone do takiego stopnia, że bardzo rzadko można je będzie określać mianem "nadmierne".

