PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA RADJOTECHNIKÓW POLSKICH.

WYCHODZI ŁĄCZNIE Z „PRZEGLĄDEM ELEKTROTECHNICZNYM" 15-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

SPRAWY REDAKCYJNE: Z RAMIENIA KOMITETU REDAKCYJNEGO S. R. P. MJR. K. KRULISZ WARSZAWA, SZK. INŻ OFIC. NOWOWIEJSKA 54, BUD. H, ZAKŁ. BADANIA, TEL. 252-75, OD GODZ. 11—2.

SPRAWY ADMINISTRACYJNE: „PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY", WARSZAWA, ULICA CZACKIEGO № 5. TELEFON № 90

Rok IV. Warszawa, 15 kwietnia 1926 r. Zeszyt 7—8.

KILKA UWAG O BUDOWIE I EKSPLOATACJI RADJOSTACJI.

CPT. W. G. LUSH, GŁÓWNY INŻYNIER RADIO CORPORATION OF AMERICA DLA BUDOWY TRANSATLANTYCKIEJ CENTRALI RADIOTELEGRAFICZNEJ W WARSZAWIE.

(OPRACOWAŁ KPT. INŻ. **J. GROSZKOWSKI**).

(Dokończenie).

Z chwilą, gdy rozwój radjokomunikacji dosięgnął takiego punktu, że wymiana radjotelegramów na wielkich odległościach została urzeczywistniona na podstawach handlowych, wysunęła się konieczność ścisłego rozważenia zagadnień technicznych, w miarę tego, jak się zjawiały, w celu ich praktycznego rozwiązania. Zadanie to przypadło w udziale tym, na których barkach spoczywały tak handlowe, jak i techniczne sprawy radjokomunikacji.

Rozpatrzmy najpierw nasuwające się kwestje techniczne.

Pomimo, iż techniczne zagadnienie komunikacji na wielkie odległości przy pomocy radjotelegrafji jest dziś dobrze rozwiązane, jednak sprawa długości fali jest wciąż przedmiotem dyskusji. Istnieje ograniczona tylko ilość długości fal (długich) najlepiej nadających się dla pracy na wielkie odległości; zawierają się one, mówiąc okrągło, w granicach między 10 000 m a 30 000 m. Ponieważ silna radjostacja pracująca daną długością fali jest słyszalna w pewnym zakresie po obu stronach swej właściwej długości fali, zrozumiałe jest więc, że istnieją granice co do możliwości wydzielenia stacji przeszkadzającej. Widać stąd, iż ilość stacji o wielkiej mocy, które mogą jednocześnie pracować falami długiemi, jest ograniczona.

Dzisiaj możliwe jest przy użyciu najlepszych urządzeń urzeczywistnienie praktyczne pracy kilku stacji bez wzajemnego sobie przeszkadzania, pod warunkiem, że ich długości fal różnią się o 2 proc. a nawet mniej — w warunkach specjalnie korzystnych.

Sprawa ta nie jest tak doniosła w odniesieniu do stacji małej mocy, ponieważ z reguły zasięg ich nie jest tak wielki, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie ilości stacji pracujących falami jednej długości.

Pozatem należy brać pod uwagę stacje, działające niewłaściwie, które podczas pracy wysyłają fale harmoniczne, przeszkadzające innym stacjom w pewnym zakresie długości fal.

Z powyższemi zagadnieniami wiąże się ściśle sprawa przydziału długości fal poszczególnym stacjom, uskuteczniona w ten sposób, aby nowe stacje nie przeszkadzały już istniejącym.

Przechodząc do strony handlowej zagadnienia, natrafiamy na takie sprawy, jak wymiana depesz między jedną okolicą a innemi, jednem państwem i innemi, następnie na sprawy ustalenia opłat, które muszą być dość niskie, ażeby zapewniły przystępność dla publiczności przy jednoczesnem zapewnieniu dostatecznego zysku kapitałom, koniecznym dla założenia przedsiębiorstwa. Dalej idzie sprawa ujednostajnienia metod pracy, co zapewnia dokładność i punktualność,—czynniki tak zasadnicze dla każdej komunikacji, później—szybkość pracy, która ma znaczenie nie tylko dla publiczności, lecz również dla towarzystwa eksploatującego, bowiem przy większej szybkości to samo urządzenie przyniesie większy dochód w czasie znacznie krótszym, zaoszczędzając mnóstwo kosztów eksploatacyjnych.

Jakie jest więc właściwe rozwiązanie tych różnych i skomplikowanych kwestyj? Oczywiście musi istnieć pewna forma *centralizacji* obsługi całej instalacji, umożliwiająca pracę w taki sposób, by wymagania wszystkich zainteresowanych były spełnione.

Przyjrzyjmy się sposobom, jakie zostały zastosowane w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. Stany Zjednoczone mogą służyć za przykład naturalnego rozwoju radjokomunikacji w warunkach szczególnie swobodnych i przy zapewnieniu środków pieniężnych, będących do rozporządzenia na wszelkie potrzeby w miarę ich zjawiania się.

Przed wojną komunikacja na wielkie odległości spoczywała w ręku amerykańskiego towarzystwa Marconi, będącego gałęzią angielskiej organizacji; również spotykało się stacje eksploatowane przez Telefunken i przez Federal Telegraph C-o. Sprawy radjokomunikacji morskiej i nadbrzeżnej były również w rękach częściowo tych towarzystw, częściowo w innych.

Tu panowała swobodna konkurencja, dzięki czemu łatwo uwydatniały się zdecydowane różnice w jakości obsługiwania publiczności przez różne linje.

Podczas wojny, wszystkie ważniejsze radjostacje były przejęte przez Rząd Stanów Zjednoczonych, przyczem na niektórych tych stacjach przeprowadzono ważne doświadczenia pod kierunkiem Rządu Stanów Zjednoczonych, który opierał się na systemie nadawczym Alexandersona. Wówczas system ten był w wyłącznem posiadaniu General Electric Company. Jednocześnie na innych stacjach osiągnięto znaczne postępy w dziedzinie systemów odbiorczych.

Wszystko było możliwe, ponieważ każdy zainteresowany w sprawach patentowych był chętny w udzielaniu go dla dobra państwa w celu prędszego wygrania wojny.

Również okazało się, że przy udziale wszystkich głównych towarzystw, mających znaczne środki, praktykę i doświadczenie w tej dziedzinie pracy, rozwój poruszał się naprzód z szybkością nieprawdopodobną, a osiągnięte wyniki przeszły najśmielsze nawet oczekiwania. Nie zapominajmy jednak o fakcie, że

część tego postępu zawdzięczać należy tej okoliczności, że Rząd St. Zj. korzystał z szeregu niezależnych ulepszeń, dokonywanych przez Armje Sprzymierzone i odwrotnie.

Wreszcie wojna została zakończona, a przy tak sprzyjających warunkach ukazały się widoki dalszych ulepszeń.

W tym samym czasie Departament Morski St. Zjed., mający nadzór zasadniczy nad radjokomunikacją w czasie wojny, odwołał się do tych, którzy byli głównie zainteresowani w sprawach radjotechniki, a w szczególności do G. Electr. Comp. Otóż przedstawiciele marynarki postawili pytanie: „Dlaczego wszystkie te korzyści, które wypłynęły ze zbieżności interesów, a które zostały osiągnięte podczas wojny, mają być stracone dla kraju?"

Widzieliśmy, jak piękny i szybki postęp osiąga się w ten sposób, jak znaczne uzyskuje się oszczędności przez konsekwentne obniżanie opłat dla publiczności i jak sama służba może być uczyniona szybką i lepszą. Dlaczegóżby nie utworzyć towarzystwa, któreby przejęło wszystkie sprawy radjokomunikacji, przekazywane przez Marynarkę po ukończeniu wojny?"

Konferencja, zwołana w tej sprawie, w wyniku doprowadziła do utworzenia Amerykańskiej Radjokorporacji (Radio Corporation of America), R. C. A. Zostały zakupione udziały w amerykańskiem towarzystwie Marconi'ego; obejmowało to wszystkie oddziały, będące pod nadzorem zagranicy. W ten sposób została utworzona podstawa pod nowe towarzystwo.

W miarę realizowania projektu główniejsze firmy radjotechniczne i elektrotechniczne przystępowały jako akcjonarjusze. Jednocześnie poczyniono kroki w celu skoordynowania patentów i wymiany prac laboratoryjnych i badawczych.

Rząd, ma się rozumieć, zachowuje główne wpływy w kierownictwie i nadzorze, przy pomocy właściwych ustaw, zaś towarzystwo robi świetne interesy. Oczywiście, to jednak nie wyklucza, iż szereg mniejszych firm produkuje i sprzedaje aparaty dla radjokomunikacji na małe odległości i dla amatorów, opierając się na patentach, jakie posiadają lub jakie już się skończyły.

Co się tyczy Radio Corporation of America (RCA), tam możliwa jest najlepsza praca, ponieważ dawniej niemożliwe do osiągnięcia badania są dziś dostępne dzięki laboratorjom General Electric Company, Western Electric C-o, The American Telephone and Telegraph C-o i innych.

Pod ich opieką rozwinęła się radjofonja, która, jak wiadomo, w ostatnich latach zawojowała literalnie świat cały.

Ta cała prawie praca była uskuteczniona w Stanach Zjednoczonych przez R. C. A. i z nią sprzymierzone towarzystwa a korzyść, jaka stąd płynie dla narodu amerykańskiego, jest nieobliczalna.

Gdy w Stanach Zjednoczonych nastąpiło takie skonsolidowanie interesów, wiele okoliczności zaczęło wskazywać na konieczność rozszerzenia działalności na teren międzynarodowy. Wysunęły się więc tu sprawy patentowe, albowiem wiele pożądanych patentów było w rękach towarzystw zagranicznych, jak również niemniej te zagraniczne towarzystwa odczuwały brak patentów Radio Corporation of America.

Ponadto wysunęły się sprawy taryfowe oraz organizacja trafiki, które wymagały zgody międzynarodowej.

Utworzenie towarzystwa międzynarodowego nie jest rzeczą łatwą, bowiem sprawy komunikacji w Państwie są zbyt żywotne dla jego życia narodowego, aby można było pozwolić na przejście ich w ręce towarzystwa zagranicznego.

Zagadnienie to zostało rozwiązane przez utworzenie międzynarodwego konsorcjum dla eksploatacji urządzeń radjokomunikacyjnych, dla budowy stacji i, wogóle, dla załatwienia sprawy związanych z radjotechniką.

Udział w tem konsorcjum przyjęły wielkie francuskie, brytyjskie, niemieckie i amerykańskie towarzystwa radjotechniczne.

W ten sposób osiągnięto już świetne rezultaty; uniknięto rujnującej konkurencji w Ameryce Południowej, gdzie dawniej było szereg koncesji na eksploatację radjokomunikacji.

Obecnie stacje są tam budowane lepiej i taniej, aniżeli mogłoby to być zrobione przez poszczególne małe towarzystwa.

A co ważniejsze, opłaty są bardzo niskie, gdyż dzięki racjonalnie rozłożonej trafice można osiągnąć znaczne obniżenie kosztów. Również sprawa międzynarodowej wymiany patentów nie pozostała bez istotnych korzyści.

Uwagi powyższe, aczkolwiek nie dają zupełnego obrazu tej konsolidacji we wszystkich jej szczegółach, pozwolą jednakże na wyrobienie pewnego pojęcia o tem, dlaczego takie skojarzenie spraw radjokomunikacyjnych jest korzystne tak dla publiczności (gdyż daje szybką i tanią obsługę), jak i dla towarzystw, (ponieważ mogą one czerpać ze znacznym stopniem pewności duże zyski, co przyciąga niezbędny kapitał, który jest nieodłącznym warunkiem szybkiego i dalszego rozwoju każdej dziedziny).

Wreszcie, co najważniejsze, wypływają stąd znaczne korzyści dla rządu odnośnego państwa niezależnie od tego, czy rząd ten jako taki jest zainteresowany w tem konsorcjum, czy też nie. Na wypadek bowiem nagłej potrzeby, ma się jeden tylko zorganizowany system radjokomunikacji, ze zgranemi wzajemnie jednostkami, zawsze gotowy do pracy.

Badanie anten za pomocą modeli.

Referat z pracy prof. inż. J. Tykocińskiego-Tykocinera z uniwersytetu w Illinois St. Zj., wygłoszony przez kpt. inż. A. Krzyczkowskiego w Stow. Radj. Polsk. dnia 24.III.1926.

Biuletyn Nr. 147 uniwersytetu w Illinois, wydany w maju roku zeszłego, zawiera opis nader ciekawej pracy naukowej, poświęconej badaniu własności anten za pomocą modeli; została ona wykonaną przez pana I. Tykocińskiego-Tykocinera w latach 1923—24 na terenie stacji naukowo-doświadczalnej (engineering experiment station) uniwersytetu. Ze względu na duże znaczenie dydaktyczne stosowanych metod, oryginalność oraz praktyczną przydatność przy projektowaniu większych instalacji antenowych, praca powyżej wspomniana zajmie prawdopodobnie przynależne jej miejsce w ogólnym rozwoju wiedzy radjotechnicznej.

Postaram się w dość obszernym streszczeniu zreferować jej założenia, przebieg i otrzymane wyniki.

Anteny stanowią nieodzowną część składową każdej radiostacji; ich promieniowanie jest jednem z podstawowych zjawisk fizycznych, na których opiera się mechanizm radjokomunikacji; są one urządzeniami, wysyłającemi w przestrzeń otaczającą fale elektromagnetyczne, lub też pochłaniającemi je z przestrzeni, w zależności od zastosowania. Problem rozprzestrzeniania się fal, bez względu na ich rodzaj, nie zależy zupełnie od anteny, która je wysyła. Forma anteny może odgrywać rolę tylko z punktu widzenia rozdziału energji promieniowania w różnych kierunkach przestrzeni, bowiem fale elektromagnetyczne raz wypromieniowane przez antenę, nadal rozprzestrzeniają się bez jakiegokolwiek jej wpływu; tu odgrywają rolę wyłącznie własności fizyczne środowiska. Natomiast sprawność przetwarzania energji prądów szybkozmiennych na energję falową zależy całkowicie od stosowanych wymiarów i formy anteny. Przy budowie dużych urządzeń wszelkiego rodzaju eksperymenta, oparte na mało dokładnych założeniach, mogą pociągnąć za sobą znaczne straty materjalne, a zatem są wysoce nie pożądane. Stosując metodę badania zapomocą modeli, możemy uniknąć niepotrzebnej pracy jałowej, a projekty nasze będą miały mocną realną podstawę.

W zakresie nauczania zasad radjokomunikacji, znajomość charakterystyk systemu promieniującego jest również rzeczą nader ważną. Studentowi można bardzo mało doświadczalnie z tej dziedziny pokazać, jeśli się ma do rozporządzenia niezmienną antenę radjostacji szkolnej. Modele anten stanowią zatem w wyższych szkołach technicznych nieodzowny sprzęt dydaktyczny.

Badanie anten za pomocą modeli opiera się na twierdzeniach fizyki, dowiedzionych jeszcze w 1900 roku; mianowicie M. Abraham w rozprawie „Drgania elektryczne w otoczeniu przewodnika o kształcie pręta, traktowane z punktu widzenia teorji Maxwell'a" matematycznie wyznaczył dwanaście podstawowych własności oscylatorów typu idealnego. Dwa z tych twierdzeń bezpośrednio dotyczą układów podobnych:

1. Częstotliwość własna (fala własna) geometrycznie podobnych oscylatorów pozostaje w stosunku długości odpowiednich odcinków.

2. Częstotliwość własna geometrycznie podobnych oscylatorów podlega temu samemu logarytmicznemu dekrementowi tłumienia.

W obu twierdzeniach zostaje pominięta wartość oporu omowego anten; został przyjęty pod uwagę wyłącznie opór promieniowania.

Z powyższych dwu twierdzeń wynika, że geometrycznie podobne oscylatory, bez względu na wymiary, posiadają ten sam opór promieniowania.

W zastosowaniu twierdzeń podobieństwa do anten złożonych, należy zachowywać krytycyzm i samo stosowanie powyższych zasad uskuteczniać w sposób oględny, rozważając antenę jako całość, złożoną z elementów prostych pod względem budowy geometrycznej.

Przykłady:

a) *Pojemność modelu anteny.*

Rozpatrujemy typ T lub Γ (górną część).

Oznaczenia: n — ilość przewodów
r — promień przewodów w cm.
d — odległość „ pomiędzy sobą w cm.
l — wysokość nad powierzch. ziemi w cm.
b — długość przewodów w cm.

Pojemność oryginalnej anteny:

$$C_o = \frac{b \cdot n}{2 l_g \frac{2^n \cdot h^n}{r (n \cdot d)^{n-1}} + \frac{1}{3} (n-1) \left(\frac{n d}{2 h}\right)}$$

Pojemność modelu wykonanego w skali 1 : m wyniesie:

$$C_m = \frac{\frac{b}{m} \cdot n}{2 l_g \frac{2^n \left(\frac{h}{m}\right)^n}{\frac{r}{m}\left(n \cdot \frac{d}{m}\right)^{n-1}} + \frac{1}{3}(n-1)\left(\frac{n \cdot \frac{d}{m}}{2 \frac{h}{m}}\right)^2}$$

stąd:

$$\frac{C_m}{C_o} = \frac{1}{m}$$

Proste badanie liczników obu formułek prowadzi do wniosku: Stosunek pojemności statycznej modelu do takowej anteny prawdziwej równa się stosunkowi ich wymiarów geometrycznych.

b) *Indukcyjność własna i wzajemna modelów anten.* Proste rozważanie doprowadza do zachowania tego samego stosunku $\frac{1}{m}$ pomiędzy wartościami wł. i wz. anteny modelu i oryginalnej. Stosunek ten obowiązuje również ramy.

W poprawkach na wzrost indukcyjności i oporności wskutek istnienia wewnątrz przewodów pola magnetycznego, należy również stosunek $\frac{1}{m}$ wprowadziać, mianowicie wg.: Wzoru Heaviside-Rayleigh'a— prosty drut okrągły o długości b, promieniu r, oporności ρ i przenikliwości magnetycznej μ ma:

$$\Delta L_o = -\frac{\mu b}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{\mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot r^2}{\rho}}\right)$$

$$\Delta L_m = -\frac{\mu b}{2m}\left(1 - \sqrt{\frac{\mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot mf \cdot r^2}{\rho \cdot m^2}}\right)$$

Rozpatrzenie wyrażenia na ΔL_m wykazuje, iż zmniejszenie indukcyjności z wzrostem częstotliwości nie jest zależnością linjową.

Wyłącznie tam gdzie $r_m = \frac{r_o}{\sqrt{m}}$ (r_m promień drutu modelu; r_o promień drutu anteny oryginalnej)

$$\Delta L_m = \frac{\Delta L_o}{m}$$

c) *Oporność omowa modelów anten.*

Jak wynika z podanych poniżej rozważań, oporność omowa modeli tylko w tym wypadku będzie taka sama, jak oporność anteny oryginalnej, gdy będziemy zmniejszać oporność właściwą przewodów w tym samym stosunku, jak geometryczne wymiary.

W samej rzeczy, stosując formułę Heaviside'a i Reyleigh'a na oporność prostego, okrągłego drutu

$$R_o = \sqrt{\frac{\mu . f . b^2 . \rho}{r^2}} = \frac{b}{r}\sqrt{\mu . f . \rho}$$

dla modelu, otrzymujemy:

$$R_m = \frac{b}{r} . \frac{m}{m}\sqrt{\mu . m . f . \rho} \text{ czyli } R_m = R_o \cdot \sqrt{m}$$

Jeśli natomiast przyjmiemy dla stosunku promieni wartość $\sqrt{m}$, otrzymujemy

$$R_m = R_o$$

d) *Promieniowanie anten.*

Interesują nas dwa pytania:

1) Czy spółczynnik promieniowania będzie ten sam w antenie modelowej, jak i w antenie oryginalnej,

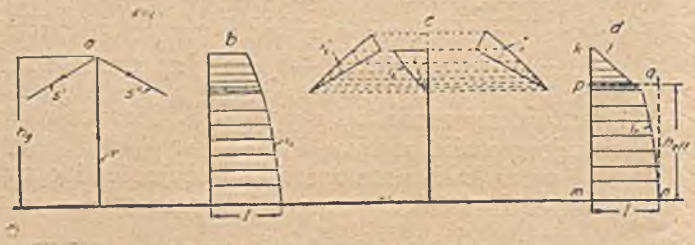
2) czy prawo Abrahama, wyprowadzone dla oscylatora teoretycznego Hertz'a obejmuje różne, technicznie stosowane, anteny.

Moc promieniowania $P = I^2 S_o$

Czynnik S_o, który nazywamy oporem promieniowania, nie zależy od materjału, z jakiego jest zrobiona antena; jego wartość w zależności od emitowanej długości fali i geometrycznej konfiguracji anteny wyraża się wzorem:

$$S_o = 160\,\pi^2 \frac{1}{\lambda^2}\left[\frac{1}{I}\int i\,dh_g\right]^2 = 160\,\pi^2 \frac{h_{sk}}{\lambda^2}$$

$$h_{sk} = \frac{1}{I}\int_0^{h_g} i\,dh_g\,; \quad h_{ef} = \beta . h_g$$



Rys. 1.

Rys. 1 przedstawia wyznaczenie graficzne stosunku $\frac{h_{sk}}{h_g}$ dla anteny parasolowej.

β nosi nazwę spółczynnika kształtu anteny; wartość jego zawiera się w granicach od $0 \div 1$.

d) *Promieniowanie modeli anten.*

Wobec zależności czynnika β tylko od rozkładu pojemności i indukcyjności w antenie, wartość absolutna wymiarów geometrycznych nie może mieć wpływu na rozkład prądu.

Wobec tego przyjmując pod uwagę że:

$$\lambda^2 = (2\pi)^2 C_{sk} L_{sk} i\, h_{ef}^2 = \beta^2 \cdot h_g^2$$

otrzymamy wyrażenie na oporność promieniowania:

$$S_o = \frac{160\,\pi^2 \beta^2 . h_g^2}{(2\pi)^2 L_{sk}^2 C_{sk}^2} = 40 . \beta^2 \frac{h_g^2}{C_{sk} L_{sk}}$$

Promieniowanie odpowiedniego modelu, który posiada wymiary odpowiednio m razy mniejsze, będzie

$$S_m = \frac{40\beta^2 \left(\frac{h_g}{m}\right)^2}{\frac{C_{sk}}{m} . \frac{L_{sk}}{m}} = S_o$$

A więc należy zauważyć, że wszystkie typy anten podlegają w przybliżeniu prawu niezmienności oporu promieniowania, bez względu na wymiary geometryczne.

e) *Częstotliwość własna modeli anten* zwiększy się m razy, bowiem:

$$f_o = \frac{\sqrt{\frac{1}{L_{sk} C_{sk}} - \frac{S_o}{4 L_{sk}^2}}}{2\pi}$$

$$f_m = \frac{\sqrt{\frac{m . m}{L_{sk} C_{sk}} - \frac{m^2 S_o^2}{4 L_{sk}^2}}}{2\pi} = m . f_o$$

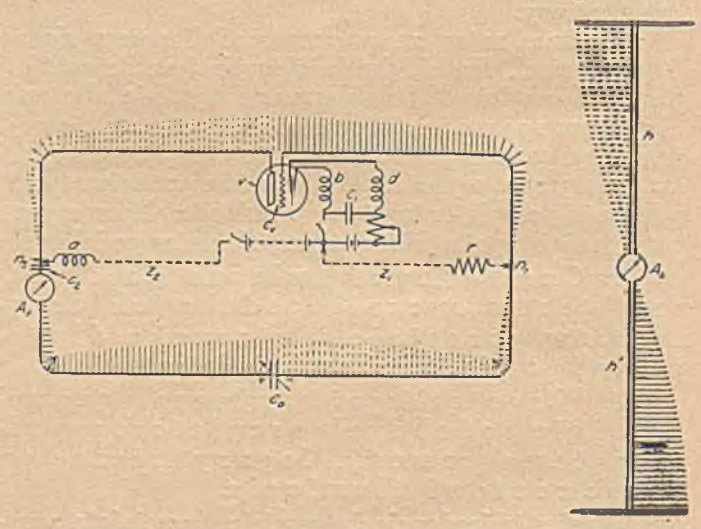
Anteny więc w praktyce stosowane podlegają prawom podobieństwa Abrahama. Dla pobudzenia ich, należy mieć generacyjne urządzenia fal nader krótkich.

Wytwarzanie i pomiary krótkich fal elektromagnetycznych.

Zasada budowy stacji nadawczej dla fal o częstotliwości 50 do 100 miljonów okr. na sekundę.

Zasada pracy generatora lampowego fal nader krótkich pozostaje ta sama, a więc przesunięcie fazowe 180° pomiędzy wektorami potencjałów anod. i siatk. Pewną komplikację będzie stanowiło to, że musimy się liczyć w obwodach zamkniętych z nieustalonymi przebiegami, albowiem, mimo załączonych kondensatorów i cewek, mamy jeszcze pewne wartości pojemności i indukcyjności w drutach łączących. Te ostatnie wchodzą do obwodu w formie rozłożonej; chodzi zatem o dobór takiego układu, ażeby spełnić konieczny warunek stosunku przesunięć fazowych potencjałów anody i siatki.

Jako schemat polecamy:



Rys. 2.

Kondensator powietrzny C_o składa się z dwu półokrągłych płyt 7.5 cm średnicy w odległości $1\frac{1}{2}$ mm

Kondensatorem C_r jest pojemność międzyelektrodowa lampy; wartość jej ≈ 6 cm. Dławiki a, b, c są stosowane w celu zablokowania drogi prądom szybkozmiennym.

Kondensator C, (250 cm) zabezpiecza anodę od bezpośredniego połączenia z katodą lub siatką; Lampy — typ rynkowy 1—5 W z możliwie dobrą próżnią.

Długość fali uzyskiwana $3 \div 6$ m.

Rys. 3 podaje zewnętrzny wygląd urządzenia generacyjnego.

Opis generatora.

W pierwszym rzędzie widzimy:

a) Pokrętło do kond. zmiennego
b) termoamperomierz
c) amperomierz anodowy
i d) amperomierz żarzenia

W drugim rzędzie:

1) opór siatki
2) indukcyjności zaworowe (dławiki)
3) kondensator obwodu żarzenia
4) baterja do obw. anodowego
5) lampa katodowa
6) kondensator C_2
7) opornik [obwodu żarzenia]
8) opornik żarzenia dla dokładnej regulacji
9) baterja żarzenia.

Montarz na płycie bakelitowej; rurki, na których są zmontowane kule, mogą być zsuwane teleskopowo.

Rozkład prądu i własności obwodu generatora.

Doświadczenie, mające na celu wykrycie rozkładu napięć w obwodzie zamkniętym, można uskutecznić w sposób następujący:

Metalowy pręt 5" długości umieszczony na izolowanej rączce, będzie działać jako pewien kondensator, jeśli będziemy go przybliżać, lub nim dotykać do poszczególnych punktów obwodu zamkniętego.

Maksymalne zmiany w długości fali oraz amplitudzie prądu będą wskazywać na obecność strzałki napięcia w miejscu, do którego przybliżamy nasz pręt. Zmiany minimalne wykażą natomiast węzły napięcia. Obserwując stosunek tych zmian i notując sobie położenie punktów, strzałek i węzłów, można wyrysować rozkład napięć wzdłuż obwodu zamkniętego. Zsunięcie neutralnych przewodów na pętlicy obwodu zamkniętego powoduje te same zjawiska. Zmiana pojemności kondensatora Co pociąga za sobą zmianę długości fali, lecz ta zmiana również wpływa na rozkład prądów i napięć; również zmiana amplitud pociąga za sobą, jako zjawisko wtórne, te same zmiany, które wyżej były omówione. Jeśli pojemność CO jest znacznie mniejsza lub znacznie większa od pojemności lampy, wtedy otrzymanie jak również powstawanie drgań jest prawie niemożliwem.

Zaznacza się również znaczny wpływ zmiany żarzenia lampy. Wskazania amperomierza prądu wys. częst. gwałtownie wzrastają ze zwiększeniem temperatury katody, lecz przy pewnej krytycznej temperaturze katody prąd w obwodzie raptem spada, mimo wzrostu prądu anodowego i zwiększenia napięcia anody. Przy użyciu wykrywacza rozkładu napięć okazują się przytem raptowne, radykalne zmiany w rozkładzie prądu wzdłuż obwodu zamkniętego, przyczem zmienia się ilość węzłów (wzrastają), kiedy wartość żarzenia przewyższa pewną wartość krytyczną.

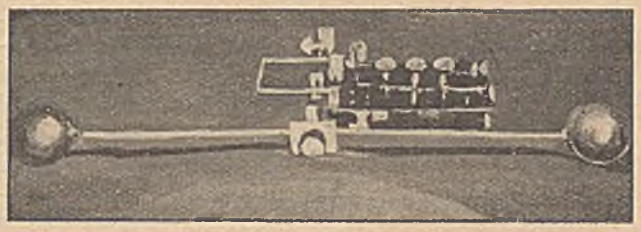
Ten ostatni efekt specjalnie się uwydatnia przy przesunięciu punktów neutralnych

Częstotliwość drgań, wytwarzanych metodą opisywaną jest *stała* i zależy wyłącznie od skutecznej pojemności i indukcyjności pętlicy obwodu, jak również aparatów, włączonych do obwodu.

Nadaje się bardzo dobrze do badań laboratoryjnych.

Pomiar absolutny długości fali.

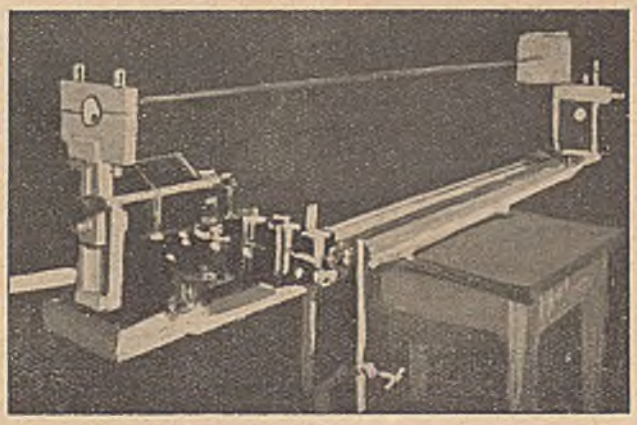
Dla fal krótkich powszechnie stosują się druty „Lecher'a", bowiem w falomierzu musimy się również



Rys. 3.

liczyć z przeb. nieustal. Dzięki temu wzór Thomsona nie nadaje się do obliczenia.

Rys. 4 podaje ogólny wygląd podobnego urządzenia. Druty dostosowano o średnicy 0.025 cm. Jeśli odległość pomiędzy początkiem i końcem wynosi $^1/_2$ długości fali lub też wielokrotność takowej, otrzymujemy stojącą falę z węzłem prądu w środku systemu i węzłami napięcia na krańcach.



R ys.4.

Opis kalibrowania mastku do pomiaru fal.

Dwie drewniane ruchome podstawki poruszają się wzdłuż dwu drewnianych, oprawionych bakelitem podpórek. Zupełnie dokładna ustalona skala metrowa z mikrometryczną śrubą, pozwala na precezyjną regulację rozstawienia podporek. Przyrządem wykrywającym jest cieplny termogalwanometr. Cały przyrząd jest obliczonym na długość fali 5 m i poniżej.

W dalszym ciągu autor opisuje, nawiązując do tematu, aparat dla demonstracji analogji mechanicznej dla rozprzestrzeniania się fal wzdłuż przewodów.

Opis bardzo ciekawego doświadczenia, pozwalającego przy pomocy mechanicznego pobudzenia naciągniętego drutu wywołać w nim stojące fale. Masa drgającego drutu będzie analogją do samoindukcji; naciąg będzie odpowiadał pojemności.

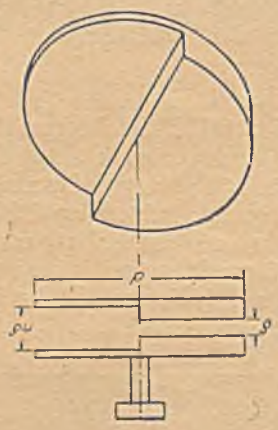
Kondensator dla pomiarów krótkich fal.

Do falomierza należy dać taki kondensator, który, posiadając możliwie małą pojemność, miałby pole rozproszenia w położeniu płytek rozsuniętych możliwie małe. Proponuje autor wykonać go w formie podanej na rys. 5.

Do pomiarów druty Lecher'a są uciążliwe. Dlatego autor przecechował niemi falomierz, który podaje rys. 6. Pomiary dokonują się albo metodą absorcyjną lub też włączając do obwodu falomierza termoogniwo.

Zastosowanie do modeli anten. Autor opisuje oscylator Hertz'a. Rozkład prądu i napięcia. Metodę wykrywania tego rozkładu za pomocą ładowania próbnego pręcika przy zbliżaniu do różnych miejsc oscylatora. Rozkład prądu można wykryć za pomocą przesuwania amperomierza oscylatora wzdłuż teleskopowo składających się rur z kulami na końcu.

T antena i jej przekształcenie w różne typy. Oscylator Hertz'a przy zachowaniu jednej połówki, a dania wzamian drugiej idealnie przewodzącej siatki, położonej na stole, może być przekształcony w antenę teową rys. 7.



Rys. 5.

Następujące zjawiska mogą być demonstrowane na modelach:

1) Największy prąd w antenie, gdy generator jest nastrajony do fali własnej anteny.

2) Fala własna anteny zwiększa się z całkowitą długością anteny lub też ze zwiększeniem górnych poziomych gałęzi anteny.

3) Węzeł napięcia jest u dołu

Przechodząc do opisu modeli anten, służących do badania ich własności, należy uwzględniać wszystkie te czynniki, które w prawdziwych antenach dają straty. A więc wysokość i materjał konstrukcji podtrzymującej, w pobliżu leżące masy przewodzące, własności elektryczne gruntu i inne szczegóły.

Obliczenie stałych modeli anteny.

Określić pomiar:

a) falę własną.

b) statyczną jak również dynamiczną pojemność,

c) całkowitą oporność oraz oporność promieniowania.

To daje możnosć obliczenia: indukcyjność i własnej, strat i spółczynnika β.

Autor radzi wykonywać modele anten *okrętowych* w skali $^1/_{50}$ do $^1/_{100}$ dla anten większych, a mianowicie *stacji transatlantyckich*, skala ta jest zadużą i tu należy przyjmować $^1/_{250}$ do $^1/_{500}$.

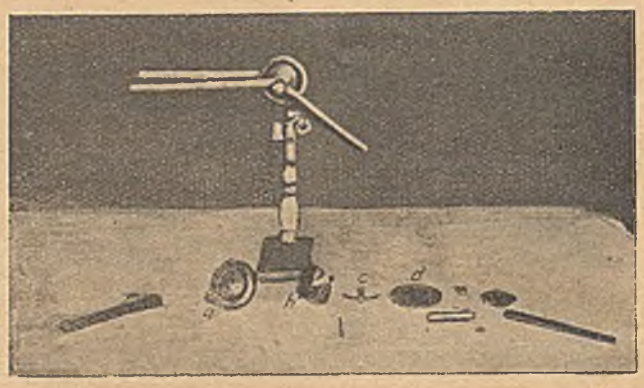
Dla sprawdzenia czy ma miejsce zasada podobieństwa, należy używać anten najprostszych kształtów, a więc Marconi'ego ze stałemi, *równomiernie* rozłożonemi lub też obwodu zamkniętego ze stałemi skupionemi.

Pomiar długości fali własnej anteny. Amperomierz o możliwie małym oporze własnym i małych wymiarach, bezpojemnościowy i bezindukcyjny, należy umieścić do obwodu antenowego w brzuścu prądu.

Kondensator generatora obracać do chwili otrzymania największej wartości prądu w antenie. Falomierz umieścić w odległości ok. $^1/_4$ długości fali, tak, ażeby pętlica była w kierunku pionu anteny. Małe zmniejszenie prądu w obwodzie anteny wykaże moment rezonansu.

Pomiar można wykonać bardzo dokładnie. Przykład: autor określał wpływ kąta rozsunięcia pomiędzy dwoma promieniami w antenie typu V. rys. 8.

Pomiar pojemności skutecznej, rys. 9. Pomiar uskutecznia się metodą dołączania do anteny kondensatora o znanej pojemności.

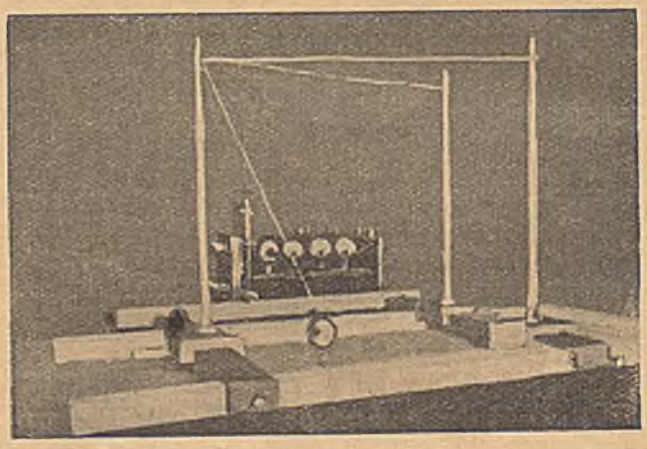


Rys. 6.

Potrzeba zwrócić uwagę na następujące trzy źródła błędów:

1) Wymiary jego muszą być małe. Załączenie nie powinno zmienić geometrycznych wymiarów anteny.

2) Załączony winien być w punkcie bliskim do węzła napięcia.



Rys. 7

3) Jego pojemność winna być znacznie większą od pojemności anteny.

Obliczenie uskutecznia się na podstawie wzoru:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi\sqrt{C_{sk} \cdot L}}{2\pi\sqrt{\frac{C_{sk} \cdot C}{C_{sk} + C} \cdot L}}; \quad C_{sk} = C \cdot \left(\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} - 1\right)$$

Przykład $C = 55_{c.g.s}$

$$\lambda_1 = 509.5 \text{ cm} \quad \lambda_2 = 469.7 \text{ cm}$$

$$C_{sk} = 55\left[\left(\frac{509.5}{469.7}\right)^2 - 1\right] = 9.68_{c.g.s}$$

Skuteczna wartość pojemności anteny jest mniejszą od jej wartości statycznej. Pomiar tej ostatniej uskutecznia się również metodą rezonansową, ale w ten sposób, że stwarza się obwód rezonansowy, pobudzony z zewnątrz i dołącza się antenę równolegle. Stosując metodę pomiarów małej pojemności, można zupełnie dobrze określić C. Dla przykładu powyżej podanego C wynosiło 11.95 cm.

Wpływ metalowych mas, znajdujących się w polu anteny. Masy metalowe w polu anteny zwiększają pojemność anteny i jej falę własną.

Tablica 1

Maszt	C_{sk} c.g.s	C_{stat} c.98	$\frac{C_{skut}}{C_{stat}}$	Fala włas. λ_0 cm	Całkow. długość przew. nyt.	$\frac{\gamma_0}{l}$	Obl. skut nor. samoin. Lsk cm
Drewniany	8.3	11.95	0.695	490 5	95	5.27	724
Stalowy maszt izolowany bez poprzeczek .		12.48			95		
Stalowy maszt uziemiony bez poprzeczek .	9.68	13	0.745	509.5	95	5.36	670
Stalowy maszt z poprzecz. miedzianemi		14.6			95		

Oporność całkowita skuteczna. Pomiar całkowitej oporności skutecznej.

$R_{cl} = R_{str} + S_m$ jest zdefinjowaną jako stosunek E_{da} I, gdzie E jest SEM wzbudzającą antenę a I prąd w brzuścu. w wypadku resonansu.

Pomiar metodą porównawczą daje

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_{cal} + \Delta r}{R_{cal}} \text{ i stąd}$$

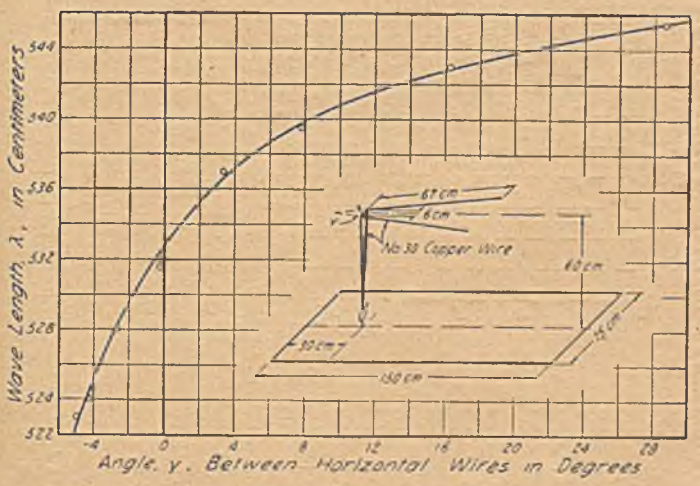
$$R_{cal} = \frac{\Delta r}{\frac{i_1}{i_2} - 1}$$

Rozdział prądu i oporność promieniowania.

$$S_m = 1579 \left(\frac{h_{sk}}{\lambda}\right)^2$$

Określenie h skutecznego zależy od rozdziału prądu w antenie. Metoda, jaką chciał zastosować autor, nie dała mu do chwili pisania sprawozdania dobrych wyników. Autor odsyła do znanej metody pomiarów natężenia pola w pewnej odległości na antenie odbiorczej.

Można również uskutecznić pomiar oporności promieniowania przez zmianę wysokości modelu anteny.



Rys. 8.

Jest to metoda Erskine-Murray'a dla anten rzeczywistych, pobudzanych iskiernikiem. Metoda nadzwyczaj uciążliwa, jeśli chodzi o pomiary na antenach rzeczywistych, natomiast łatwo dająca się zastosować w wypadku pomiarów na modelach anten, gdzie może być pominiętą oporność omowa wobec oporu promieniowania.

Jak wiadomo dla danej anteny odbiorczej w pewnej określonej odległości od anteny nadawczej moc pobierana jest w stosunku prostym do mocy promieniowanej.

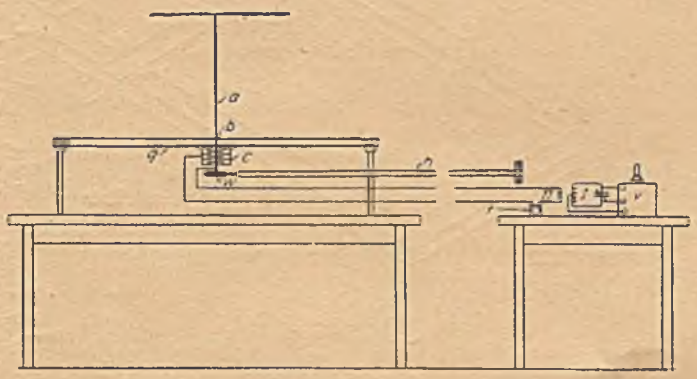
$$S_m \cdot I^2 = A \cdot i_1^2$$

A jest stałą zależną od całkowitego oporu anteny odbiorczej i innych czynników radiokomunikacji.

Gdy obniżymy antenę wysyłającą fale o 10% wg. jej wysokości pierwotnej i falę promieniowaną doprowadzimy do pierwotnej wartości, oporność promieniowania zmniejszy się o ΔS^1, tak, iż dla tego samego prądu I

$$(S_m - \Delta s) I^2 = A \cdot i_2^2$$

$$S_m = \frac{\Delta s}{1 - \left(\frac{i_2}{i_1}\right)^2}$$



Rys. 9.

wartość ΔS określa się przez pomiar całkowitej oporności anteny przed i po skróceniu

$$\Delta s = R_t^{I} - R_t^{II}$$

mając S_m określimy $h_{sk} = \frac{\lambda \sqrt{S_m}}{39.7}$

Tu należy zwrócić uwagę, iż pomiar wysokości skutecznej anten należy uskuteczniać w miejscu, gdzie przynajmniej na przestrzeni o promieniu 10-krotnej długości fali nie ma żadnych drutów, mas metalowych i t. d., mogących odbijać lub też absorbować energję fal.

Przykład. Z modelem anteny *T* w laboratorjum uniwersytetu w Illinois otrzymano następujące wyniki:

S_m — pomierzone	14,8 Ω
Oporność termoamperomierza	4,6 Ω
Oporność omowa drutu 0,0125 cm obliczona	3,3 Ω
Zastępcza oporność — zawierająca oporność uziemienia	2,5 Ω
Całkowita oporność anteny	25,2 Ω

$$h_{sk} = \frac{\lambda \sqrt{S_m}}{39.7} = \frac{510 \sqrt{14.8}}{39.7} = 48.8 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{h_{sk}}{h} = \frac{48.8}{60} = 0.81$$

Wartość $S_m = 14.8\,\Omega$—odpowiada wartości rzeczywiście zmierzonej na antenie prawdziwej z odchyleniem 8%.

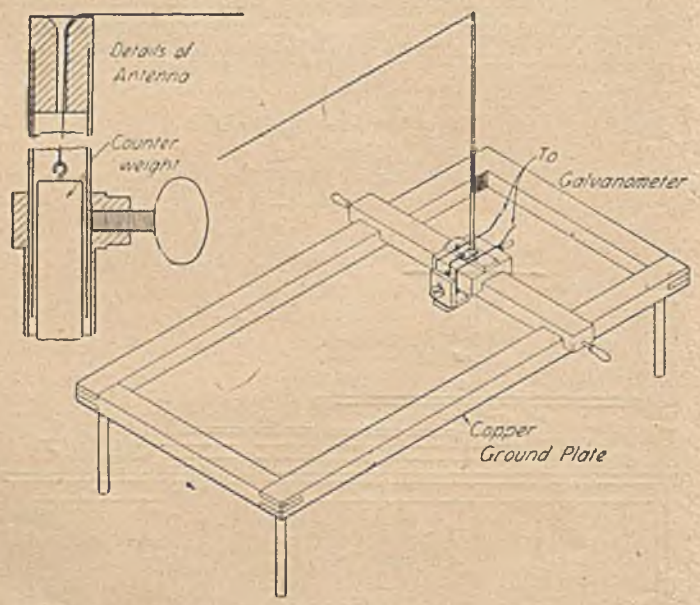
Pomiar oporności za pomocą dwu podobnych modeli co do wymiarów i kształtu.

Metoda wymaga posiadania dwu ściśle takich samych modeli anten.

Wzór przenoszenia energji na bliskie odległości bez uwzględnienia tłumienia może być napisany

$$\frac{i}{I} = K \cdot \frac{h_1 h_2}{\lambda . D . R_t}$$

Jeśli $h_1 = h_2 = h$ to $h_1 . h_2 = h^2$; i $h^2 = \frac{i}{I} \cdot \frac{\lambda . D . R_t}{120 \pi}$



Rys. 10.

Jak wiadomo $h^2 = \frac{S_m \lambda^2}{160 \pi^2}$

a więc $S_m = \frac{i}{I} \cdot \frac{D . R_t}{\lambda} \cdot \frac{160 \pi^2}{120 \pi} = 4_2 \frac{i}{I} \frac{D R_t}{\lambda}$

Zestawienie i wnioski.

a. Charakterystyki anteny mogą być w całości wyznaczane przy pomocy modelu miniaturowego, wykonanego w skali $^1/_{100}$ i pobudzanego do drgań za pomocą proporcjonalnie dostosowanej fali (zwykle 3—6 m).

b. Długość fali własnej, pojemność statyczną, pojemność skuteczną i skuteczną wysokość można pomierzyć z dokładnością zupełnie dostateczną i przetransformować do zainstalowanej w przyszłości normalnej anteny.

c. Stosunek transformacji wyników do anten rzeczywistych wyraża się linjową prostą zależnością. Wartości zmierzone należy tylko powiększyć *m razy*.

d. Pomiar oporności promieniowania za pomocą modeli tylko w przybliżeniu odtwarza rzeczywistą wartość; przyczyna—wpływ otaczających absorbujących przedmiotów.

e. Specjalnie proste formy rozpatrywanych modeli anten pozwalają na szybkie porównanie żmian form lub też wymiarów na zachowanie się anteny rzeczywistej. Te typy są szczególnie dobre dla celów szkolnych.

f. Próby z antenami dla długości fal nawet do 10 m nie przeszkadzają ogólnej trafice radiokomunikacji i nie podlegają wpływom postronnym.

g. Modele anten doskonale nadają się do demonstracyj szkolnych.

Załącznik.

Pojemność kondensatora o płytach schodkowo wyciętych rys. 11.

Dielimy na 4 pola

$$a_1 = a_2 = \frac{d^2 . \pi}{4} \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$a_3 = a_4 = \frac{d^2 . \pi}{4} \cdot \frac{180 - \alpha}{360}$$

$$\delta_1 = \delta \quad \delta_3 = \delta_4 = \frac{n\delta}{2} + \frac{\delta}{2} = \frac{\delta}{2}(n+1)$$
$$\delta_2 = n\delta$$

Pojemność kondensatora równa się sumie pojemności poszczególnych sekcyj.

$$C = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot \frac{1}{4\pi\delta} + \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360} \cdot \frac{1}{4\pi n\delta} + 2 . \frac{n d^2}{4} \frac{180 - \alpha}{360} \cdot \frac{1}{\frac{4\pi\delta}{2}(n+1)}$$

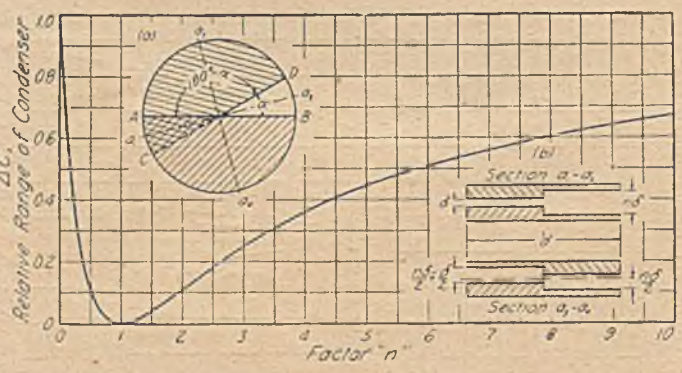
$$C = \underbrace{\frac{1}{8} \cdot \frac{d^2}{\delta(n+1)}}_{\text{nie zależy od } \alpha} + \underbrace{\frac{\alpha}{16} \frac{d^2}{360 \delta n} \cdot \frac{(n-1)^2}{n+1}}_{\text{funkcja linjowa } \alpha}$$

Gdy $\alpha = 0$ $C_{min} = \frac{1}{8} \frac{d^2}{\delta(n+1)}$ i gdy $\alpha = 180^0$ $C_{max} =$

$$= \frac{1}{8} \frac{d^2}{\delta(n+1)} + \frac{1}{16} \frac{180}{360} \frac{d^2}{\delta} \cdot \frac{(n-1)^1}{n+1} = \frac{1}{32} \frac{d^2}{n} \frac{(n-1)^2}{n+1}$$

$$\frac{C_{max}}{C_{min}} = \frac{^1/_{32} \frac{d^2}{\delta} \frac{(n-1)^2}{n+1}}{\frac{1}{8} \cdot \frac{d^2}{n+1}} = \frac{(n+1)^2}{4n}$$ zależy wyłącznie od n

$$\Delta C = C_{max} - C_{min} = C_{max}\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right) =$$
$$= C_{max}\left(1 - \frac{4n}{(n+1)^2}\right)$$



Rys. 11.

Przykład: Dla kond. $C_{max} = 16_2$ cm

$$\Delta c = \frac{C}{180} = \frac{16 . _2}{180}\left(1 - \frac{4n}{(n+1)^2}\right) \text{ gdy } n = 10 \; \Delta C =$$
$$= \frac{16 . _2}{180}\left[1 - \frac{40}{121}\right] = 0.06 \text{ cm/stopień}$$

gdy damy $n = 2$

$$\Delta C = \frac{16 . _2}{180}\left[1 - \frac{8}{9}\right] = 0{,}01 \text{ cm/stopień.}$$

Redaktor: profesor M. Pożaryski. Wydawca: w z. Sp. z ogr. odp. inżynier R. Podoski.

Sp. Akc. Zakł. Graf. „Drukarnia Polska", Warszawa, Szpitalna 12.