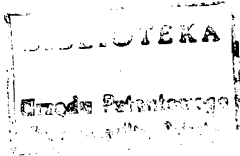


Warszawa, dnia 30 maja 1952 r.



G 01 r 27/26

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ OPIS PATENTOWY

Nr 34492

Kl. 21 a⁴, 71

Tesla, národní podnik

(Praga, Czechosłowacja)

i Bohdan Carniol

(Praga, Czechosłowacja)

Sposób szybkiego pomiaru indukcyjności, pojemności lub częstotliwości rezonansowej obwodów rezonansowych (strojonych), oraz przyrządów o małym współczynniku dobroci i urządzenie do uskuteczniania pomiarów tym sposobem

Udzielono z mocą od dnia 16 maja 1949 r.

Pierwszeństwo: 20 maja 1948 r. (Czechosłowacja)

Przy produkcji seryjnej zwłaszcza w dziedzinie przyrządów wielkiej częstotliwości zachodzi często potrzeba dokładnego badania poszczególnych wytwarzanych przyrządów, ewentualnie wyregulowania ich indukcyjności, pojemności lub częstotliwości rezonansowej.

W tym celu używa się często, ze względu na szybkość i dokładność pomiaru, urządzenia, w którym mierzona oporność pozorna stanowi część obwodu rezonansowego (strojonego), który następnie wprawia się w drgania, przyłączając go do tego urządzenia. To urządzenie pomiarowe przedstawia ujemny opór np. w układzie dynatronu, transitronu lub podobnego oscylatora, przy czym częstotliwość jest dana przez mierzony opór pozorny. Częstotliwość drgań stanowi przy tym dokładną miarę wielkości opor-

ności pozornej (indukcyjności, pojemności), dającą się bardzo dokładnie i szybko zmierzyć i ustalić np. przez porównanie powstającej częstotliwości z częstotliwością wzorcową za pomocą dudnień lub w inny sposób. Powyższą metodę pomiarów stosuje się zwłaszcza często do mierzenia indukcyjności; aby przy tym dokładność pomiaru nie ulegała pogorszeniu wskutek różnic współczynników resztkowych pojemności własnej cewek ewentualnie wskutek zmiennej resztkowej pojemności aparatu, dokonuje się zazwyczaj pomiaru z dodaniem stosunkowo dużej pojemności stałej, przewyższającej wielokrotnie (np. 1000 pF) pojemność resztkową aparatu. W ten sposób obniża się wspomniany szkodliwy wpływ na dokładność pomiaru do rozmiarów nieznacznych.

Zarazem jednak dodanie stosunkowo dużej pojemności oznacza zmniejszenie oporu rezonansowego R obwodu rezonansowego (strojonego), który określa równanie

$$R = L/rC = Q^2 \cdot r,$$

przy czym L oznacza indukcyjność obwodu,
 C pojemność obwodu,
 r szeregowy opór strat obwodu, a
 Q współczynnik dobroci $\frac{\omega L}{r}$

Jeśli ujemny opór urządzenia pomiarowego jest równy $-R_i$, wówczas winien być zachowany stosunek

$$(-R_i) = R_i \ll R,$$

o ile mają powstać drgania w obwodzie, połączonym równolegle z oporem $-R_i$.

Ponieważ jednak wielkość ujemnego oporu nie może być dobrana dowolnie (jest ona dana przez właściwości obranego układu połączeń i użytych lamp elektronowych), więc opisane urządzenie nie nadaje się do pomiaru obwodów o małym współczynniku dobroci Q . Przy danej pojemności C oznacza to znaczne ograniczenie przy pomiarach cewek o mniejszej indukcyjności, np. poniżej $1 \mu H$.

Z uwagi na współczesny rozwój radiokomunikacji, pracującej na coraz krótszych falach, niedogodność ta daje się w praktyce odczuwać bardzo dotkliwie.

Urządzenie według wynalazku usuwa tę niedogodność. Rozwiązanie znaleziono przy tym na drodze, nie używanej dotychczas przy pomiarach tego rodzaju. Urządzenie według wynalazku nie posługuje się bowiem układem połączeń z ujemnym oporem dla wprowadzenia w drgania obwodu o mierzonym oporze pozornym, lecz stosuje swobodne drgania o częstotliwości f_0 , powstające przy nagłej zmianie napięcia obwodu rezonansowego (strojonego), który nie jest tłumiony aperiodycznie. Drganie swobodne wygasa stosownie do równania

$$i = I_0 e^{-\beta t} \cdot \sin \omega_0 t,$$

przy czym

e oznacza zasadę logarytmu naturalnego = 2,71

β = czynnik tłumienia = $r/2L$

$$\omega_0 = 2 f_0 = 1/LC - r^2/4L^2.$$

Aby móc zmierzyć częstotliwość owej chwilowej (przemijającej) składowej drgania, której stała czasu wygaszania wynosi $\theta = 1/\beta$ i porównywać ją z częstotliwością wzorcową można tę składową chwilową wywoływać okresowo

w rytmie f_{imp} generatora drgań prostokątnych lub generatora drgań kształtu dowolnego, wytwarzającego nagle zmiany amplitudy, przy czym generator ten jest połączony z mierzonym obwodem rezonansowym. Taką okresową serię swobodnych drgań można uważać za stan spoczynkowy przebiegu zjawiska, wywoływanego przez modulację amplitudy nie tłumionego drgania o częstotliwości f_0 przez niesinusoidalną obwiednię, zawierającą najniższą częstotliwość f_{imp} i jej harmoniczne.

Powstawanie swobodnych drgań nie jest w tym przypadku uwarunkowane najniższym oporem rezonansowym obwodu, lecz jest zależne tylko od tego, by obwód nie był tłumiony aperiodycznie lub by były spełnione warunki pracy według stosunku

$$\frac{1}{LC} > \frac{r^2}{4L^2}$$

co można też wyrazić w postaci:

$$Q > 0,5.$$

Stosunek tych wielkości umożliwia pomiar obwodów (cewek) o znacznie mniejszym współczynniku dobroci albo o mniejszej indukcyjności, aniżeli było to możliwe dotychczasowymi metodami pomiarowymi, co najlepiej jest przedstawione na przykładzie, przytoczonym poniżej.

Przyjmuje się, iż ujemny opór oscylatora dynatronowego wynosi $R_i = 15$ kiloomów. Ze stosunku

$$R > R_i$$

wynikają wymagania odnośnie współczynnika dobroci Q obwodu, współczynnika, składającego się np. z indukcyjności $L = 1 \mu H$ i z pojemności $C = 1000$ pF, według następujących stosunków:

$$R = Q^2 \cdot r = L/rC,$$

$$R = Q/\omega C$$

$$Q = R\omega C$$

$$Q = 47,5.$$

Porównanie tego wyniku z wymogiem nowej metody $Q = 0,5$ wykazuje jasno jej wyższość, dzięki czemu w powyższym przypadku możliwe jest mierzenie oporu pozornego (obwodu) o około 100 razy niższym współczynniku dobroci.

W przypadku mierzenia indukcyjności o danym współczynniku dobroci i danej pojemności równoległej, oznacza to możliwość mierzenia znacznie mniejszych wartości indukcyjności.

Przy zbyt niskiej częstotliwości impulsów mogą wystąpić trudności, wynikające z okresowo zmiennej amplitudy częstotliwości rezonansowej, pochodzącej z bocznych wstęg częstotliwości modulowanych $f_0 \pm n f_{imp}$ (przy czym n jest

liczbą całkowitą). Z tego powodu otrzymuje się przy porównaniu z częstotliwością wzorcową zero dudnień na częstotliwościach, oddalonych od częstotliwości nośnej o wielokrotność f_{imp} .

Aby okoliczność ta nie wywołała trudności lub błędów przy pomiarze, winna częstotliwość impulsów kształtu prostokątnego być tak dobrana, by była wyższa od największej różnicy częstotliwości, jakiej można się spodziewać na skutek nierównomierności mierzonego oporu pozornego. Jeśli np. ma się zmierzyć lub skorygować indukcyjność cewki, która ze względów konstrukcyjnych nie powinna wykazywać większych odchyśleń jak $\pm 20\%$, czyli różnicę częstotliwości podstawowej f_0 około $\pm 10\%$. Wyznaczając częstotliwość impulsów f_{imp} np. dwa razy większą, tzn. $0,2f_0$, to możliwość pomieszania częstotliwości nośnej z którąkolwiek wstęgą boczną w porównaniu z częstotliwością wzorcową jest praktycznie wykluczona.

Inna korzyść, jaką przedstawia sposób i urządzenie według wynalazku, polega na tym, że ze stałej czasu drgania chwilowego można zarazem wyprowadzić współczynnik dobroci mierzonego obwodu.

Na rysunku przedstawiono urządzenie do skutecznego pomiaru sposobem według wynalazku.

Zacisk $A - B$ generatora impulsów I łączy się z mierzoną indukcyjnością L_x . Równolegle do tej indukcyjności łączy się duży kondensator stały 1000 pF . Napięcie drgające przykłada się poprzez mały kondensator C_v do diody D , w obwód której jest włączony przyrząd M_1 , reagujący na składową prądu stałego i w ten sposób wskazuje współczynnik dobroci Q . Składową wielkiej częstotliwości przenosi się poprzez separator II do mieszacza III (drugi detektor), do którego doprowadza się również drgania z normalnego generatora IV . Separator II winien zapobiegać przenikaniu sygnału normalnego do obwodu diody, która mierzy składową prądu stałego. O ile równoczesne mierzenie współczynnika dobroci nie jest potrzebne, odpada tak dioda D z przyrządem M_1 , jak i separator II .

W mieszaczu powstaje drganie różnicowe (dudnienie), które można zaobserwować np. na drodze optycznej, za pomocą przyrządu M_2 („oko magiczne”) lub na drodze akustycznej za pomocą głośnika T .

Przez zmianę pojemności kondensatora C_n można częstotliwość tę nastawić na punkt zero, przy czym z położenia tego kondensatora, odpowiednio wycechowanego, można bezpośrednio odczytać odchylenie mierzonej indukcyjności od wartości wyznaczonej.

Z powyższego opisu wynika, że wynalazek umożliwia przez porównanie dwóch częstotliwości mierzenie znacznie mniejszych oporów, tzn. znacznie niższych indukcyjności i znacznie większych pojemności, aniżeli było to możliwe za pomocą znanych dotychczas przyrządów. Poza tym wynalazek umożliwia mierzenie oporów pozornych i obwodów rezonansowych (strojonych) przez porównanie dwóch częstotliwości i to przy bardzo niskim współczynniku dobroci.

Inna zaleta sposobu według wynalazku polega na tym, iż umożliwia on równoczesne mierzenie współczynnika dobroci bez jakiegokolwiek dodatkowego zabiegu roboczego. W produkcji seryjnej odpadnięcie całej długotrwałej operacji oznacza dużą oszczędność czasu pracy, a zatem znaczne obniżenie kosztów produkcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób szybkiego pomiaru indukcyjności, pojemności lub częstotliwości rezonansowej obwodów rezonansowych (strojonych) oraz przyrządów o małym współczynniku dobroci, zniemienny tym, że w obwodzie rezonansowym (strojonym), który albo sam stanowi mierzony obwód prądowy, albo którego opór pozorny ma być zmierzony, wywołuje się swobodne drgania w ten sposób, iż w obwodzie rezonansowym (strojonym), który nie jest aperiodycznie tłumiony, powoduje się nagłą zmianę stanu elektrycznego za pomocą generatora drgań kształtu dowolnego (np. prostokątnego) o nagle zmieniającej się amplitudzie, przy czym nagła zmiana stanu elektrycznego powtarza się okresowo w rytmie częstotliwości generatora, wytwarzającego wspomniane drgania, wskutek czego powstaje stałe drganie okresowe o częstotliwości swobodnego drgania mierzonego obwodu prądu, o amplitudzie, modulowanej przez niesinusoidalną obwiednię, zawierającą częstotliwość podstawową wspomnianego generatora i jego harmoniczne, i powstałe w ten sposób napięcie drgające doprowadza się do mieszacza, do którego doprowadza się również drgania z wzorcowego generatora o częstotliwości mierzonego obwodu strojonego, przy czym w mieszaczu powstaje częstotliwość różnicowa (dudnienie), którą mierzy się za pomocą odpowiedniego przyrządu i na podstawie tego pomiaru ocenia się zgodność lub odchylenie mierzonego oporu pozornego, ewentualnie mierzonej częstotliwości rezonansowej od wyznaczonej wartości oporu.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że mierzony obwód nastawia się za pomocą włączonego kondensatora zmiennego i że w mieszaczu powstaje zerowa częstotliwość różnicowa (zero dudnień) pomiędzy częstotliwością generatora drgań różnicowych a swobodnymi drganiami mierzonego obwodu.
3. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że obwód nastawia się za pomocą włączonego kondensatora zmiennego i że w mieszaczu powstaje zerowe drganie różnicowe (zero dudnień) pomiędzy drganiem generatora wzorcowego a wolnym drganiem mierzonego obwodu.
4. Sposób według zastrz. 1—3, znamieny tym, że częstotliwość impulsów (kształtu prostokątnego), służąca do wywoływania drgania chwilowego, jest wyższa od największej różnicy częstotliwości, jakiej można się spodziewać w związku z nierównomiernością mierzonego oporu pozornego lub obwodu rezonansowego (strojonego).
5. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 1, znamienne tym, że powstające drganie różnicowe jest mierzone przez przyrząd, reagujący na wielkość częstotliwości powstających drgań, przy czym przyrząd ten jest wycechowany wprost w jednostkach wartości odchylenia od przepisanej wartości oporu ewentualnie częstotliwości rezonansowej.
6. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 1—4, znamienne tym, że powstające w mieszaczu drganie różnicowe jest dostrzegane na drodze optycznej za pomocą „magicznego oka”.
7. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 1—4, znamienne tym, że powstające w mieszaczu drganie różnicowe jest dostrzegane na drodze akustycznej za pomocą słuchawek lub głośnika.
8. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 1—3, znamienne tym, że kondensator zmienny, za pomocą którego nastawia się drgania różnicowe na zero dudnień, jest tak wycechowany, iż z położenia jego można wprost odczytać odchylenie mierzonego oporu pozornego od wyznaczonej wartości (w jednostkach lub w procentach).
9. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 4, znamienne tym, że kondensator, służący do dokładnego strojenia, jest tak wycechowany, iż z położenia jego można wprost odczytywać wartość mierzonego oporu pozornego.
10. Urządzenie do uskuteczniania pomiarów sposobem według zastrz. 4, znamienne tym, że kondensator zmienny, służący do dokładnego strojenia, jest tak wycechowany, iż z położenia jego można wprost odczytywać odchylenie częstotliwości mierzonego obwodu od wartości żądanej lub wartość bezwzględną częstotliwości mierzonego obwodu.

Tesla, národní podnik

Bohdan Carniol

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

