







## WYKRYWACZE METALI

Współcześnie budowane układy szukaczy metali pracują na zasadzie wykorzystania efektu zmiany indukcyjności w statycznie ekranowanej cewce szukającej wskutek zbliżenia jej do jakiegoś metalicznego ciała. Cewka szukająca zasilana prądem szybkoprądowym (w. cz.) i przedmiot metaliczny zostają wzajemnie „sprzęgnięte” wytworzonymi przez cewkę liniami sił pola magnetycznego, podobnie jak to ma miejsce w przypadku uzwojeń transformatora.

Jeśli wyszukiwany przedmiot metaliczny będzie miał przenikalność magnetyczną  $\mu = 1$ , co ma miejsce w przypadku metali nieżelaznych takich jak np. miedź, aluminium, to będzie oddziaływał on jak zwarty na krótko zwoj, pomniejszając w ten sposób indukcyjność cewki szukającej.

Jeżeli  $\mu$  wyszukiwanego ciała metalicznego będzie większe od jedności, co ma miejsce w przypadku stali, niklu i kobaltu i ich stopów, to wskutek lepszej przewodności magnetycznej, zmniejszenia oporu magnetycznego i rozproszenia linii pola pomiędzy cewką szukającą i metalicznym przedmiotem, odpowiednio do wymiarów geometrycznych oraz położenia przedmiotu, zwiększy się indukcyjność cewki.

Zdarzają się przypadki, że mimo istnienia np. pod ziemią jakiegoś przedmiotu metalowego, stanowiącego stop żelaza i jakiegoś innego jeszcze metalu nieżelaznego, cewka szukacza nie będzie wykazywała żadnych zmian, gdyż oba te metale będą wywoływały zmiany wzajemnie się znoszące, nie powodujące w rezultacie żadnego sygnału. Są to przypadki bardzo rzadkie i praktycznie mogą być pominięte.

Może również zdarzyć się, że wybranie zbyt dużych częstotliwości roboczych dla szukacza spowoduje wystąpienie zjawiska naskórkowości (przebieg ładunków elektrycznych tuż przy powierzchni przewodnika, a nie w całej jego masie), pomniejszającego głębokość przenikania linii sił pola magnetycznego do przedmiotu metalowego (szczególnie w przypadku metali żelaznych) tak, że zmiana

indukcyjności będzie praktycznie zależna od jego powierzchni, a nie od grubości, względnie objętości.

Ze względu na to, że zjawisko naskórkowości będzie rosło wraz ze wzrostem częstotliwości, należy w celu uzyskania możliwie znacznych zmian w cewce szukającej wybierać nieco niższe częstotliwości robocze dla generatorów. Występujące w cewce szukającej zmiany mogą być wykazywane na drodze optycznej (mierniki) lub akustycznej (słuchawki, głośniki).

Najczęściej spotykane konstrukcje stanowią szukacze z dwoma generatorami wielkiej częstotliwości, podczas gdy układy z jednym tylko generatorem m. cz. i z głowicą ferrytową zamiast wymiennych cewek, są używane przeważnie przy wyszukiwaniu drobin metali na niewielkich powierzchniach i niewielkich głębokościach.

Współczesne szukacze konstruowane są wyłączanie na półprzewodnikach i przystosowane do zasilania z niezależnych źródeł prądu co umożliwia niewielki pobór prądu, wynoszący 10–20 mA.

Ze względu na daleko idącą miniaturyzację są one bardzo lekkie, wygodne w pracy i można nimi wyszukiwać przedmioty metalowe ukryte w ziemi, piasku, drewnie, gumie, pod warstwą asfaltu, wody itd. na głębokości 0,8 – 1,5 metra, zależnie od czułości, konstrukcji i innych czynników.

Lekka konstrukcja i stosunkowo duża czułość szukaczy umożliwia wykorzystanie ich do szeregu prac, z których najważniejsze to:

- wyszukiwanie przedmiotów stalowych i z innych metali ukrytych pod powierzchnią ziemi, piasku, wody itd.
- wyszukiwanie małych kawałków stali, jak np. gwoździe, wkręty, odłamki metali ukryte w różnych materiałach, w celu zabezpieczenia narzędzi tnących przed zniszczeniem podczas obróbki tych materiałów,
- lokalizacja dźwigarów i innych elementów zbrojenia betonu w celu podjęcia właściwych decyzji, jeśli chodzi o wykonywanie otworów, wierceń, wstrzelania kółków itp.,



d) lokalizacja przewodów i kabli elektrycznych w murach, w których mają być wiercone otwory, w celu zabezpieczenia kabli przed przecięciem, zwarcie lub innymi jeszcze uszkodzeniami tynku. Dzięki takiemu postępowaniu, naprawy różnych instalacji stają się prostsze, bezpieczniejsze i, co najważniejsze – tańsze, gdyż lokalizacja kabli i ustalenie tras ich przebiegu zaoszczędza zbytek „prucia” ścian.

e) ustalenie jednej linii przy wierceniu grubych ścian i murów (w przypadku wiercenia z obu stron ściany) przez lokalizację wiertła pozostawionego w otworze po drugiej stronie ściany.

f) wyszukiwanie gwoździ w oponach samochodowych i motocyklowych, niewidocznych w wielu przypadkach dla oka, jak również innych mniejszych kawałków metali takich jak monety, przedmioty wartościowe, ukrytych pod powierzchnią ziemi, piasku, itd., co zostało potwierdzone wynikami uzyskiwanymi w praktyce.

### Układy szukaczy

Układ mostkowy, przedstawiony na rys. 1 jest najmniej skomplikowanym układem, a mostek, którego jedną gałąź tworzy cewka szukająca  $L_s$ , jest zasilany zmiennym napięciem generatora o częstotliwości np. 800 Hz. Mostek doprowadza się do równowagi za pomocą opornika  $R_1$  i indukcyjności  $L_1$  tak, aby w słuchawkach nie było słyhać żadnego tonu. Zbliżenie cewki szukającej do jakiegoś ciała metalicznego powoduje zmianę jej indukcyjności i zachwianie równowagi mostka z równoczesnym pojawieniem się w słuchawce tonu z generatora, którego głośność będzie proporcjonalna do powierzchni wyszukiwanego przedmiotu metalowego i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości cewki  $L_s$  od tego przedmiotu.

Odmianą tego typu szukacza jest układ przedstawiony na rys. 2.

Układy zdudniające częstotliwości: w układach tego typu zostały zastosowane dwie częstotliwości, a mianowicie: pierwsza – dostarczana przez generator G I (rys. 3), którego obwód drgający tworzy między innymi cewka szukająca  $L_s$  i druga częstotliwość, dostarczana przez generator G II, pracujący ze stałą częstotliwością. W wyniku pracy tego układu powstaje częstotliwość wypadkowa z sumy lub różnicy częstotliwości, która po odpowiednim wzmocnieniu jest doprowadzona do miernika, względnie słuchawek.

Jak już wspomniano, przy zbliżeniu cewki szukającej do ciała metalicznego zmienia się jej indukcja

ność, a razem z nią (zgodnie ze znanym wzorem  $f = 2\pi\sqrt{LC}$  częstotliwość drgań pierwszego generatora. Ponieważ częstotliwość drgań generatora G II pozostaje wielkością stałą, zmieniać się będzie wysokość tonu otrzymywanego na wyjściu przyrządu. Na zasadzie tej budowana jest większość współczesnych szukaczy.

Przy założeniu, że oba generatory będące nastrojone na  $F = 100$  kHz, zmiana indukcyjności cewki szukającej  $L_s$  o 1% wywoła zmianę tonu o  $f = 100000 - (100000 - \sqrt{100}) = 10$  Hz, a przy ustawieniu generatorów na  $f = 1$  MHz, czyli dziesięciokrotnie wyższą, otrzymamy ton o częstotliwości około 33 Hz.

Z podanych przykładów wynika jasno, że zmiana częstotliwości tonu (a w związku z tym i czułości układu) rośnie wraz ze wzrostem częstotliwości drgań generatorów. Chcąc więc uzyskać dużą czułość układu, należałoby wybierać dla obu generatorów możliwie wysokie częstotliwości drgań, które jak już wiadomo, prowadzą do występowania zjawiska naskórkowości i niestabilności układu. Lepiej więc będzie cewki szukacza zasilać częstotliwościami nieco niższymi.

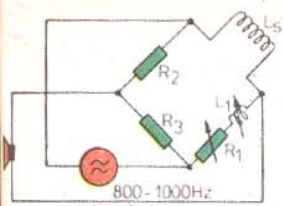
Kompromisem w tym przypadku będzie konstrukcja szukacza z powielaną częstotliwością.

W układzie z powielaniem częstotliwości (rys. 4) cewka szukająca  $L_s$  jest zasilana napięciem zmiennym o  $f = 20$  kHz. Po trzech stopniach powielacza częstotliwości (współczynnik powielania = 3) na wyjściu otrzymujemy częstotliwość  $f_1 = 20 \cdot 3^3 = 540$  kHz. Częstotliwość dla generatora II wybrano 270 kHz, a po podwojeniu jej przez podwajacz częstotliwości otrzymuje się również  $f = 540$  kHz.

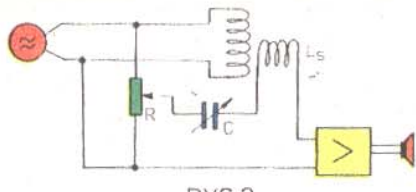
Wybierając jakąś odpowiednią dla układu częstotliwość, należy liczyć się z ewentualnym oddziaływaniem pobliskich nadajników radiofonicznych i telegraficznych, których fale nośne względnie harmoniczne mogą w pewnych specyficznych warunkach oddziaływać na cewkę  $L_s$  szukacza, powodując w ten sposób fałszywe alarmy.

Aby przy pracującym szukaczu wyeliminować z układu dudnienia o częstotliwości zbliżonej do zera i uzyskać w słuchawkach ton np. o  $f = 800$  lub 1000 Hz (ucho ludzkie ma największą czułość przy częstotliwości około 800 Hz) do układu wprowadzono odpowiedni generator m.c.z. (rys. 5).

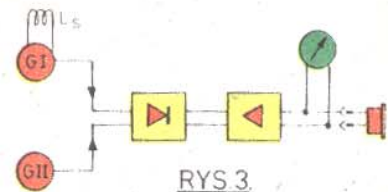
Ton pomiarowy będzie teraz słyszalny, gdy powielona częstotliwość z generatora G II zmieni się w stosunku do częstotliwości generatora G I, zasilającego cewkę  $L_s$  lub gdy cewka  $L_s$  zbliżona do jakiegoś kawałka metalu spowoduje zmianę tonu na wyższy lub niższy, ujawniając w ten sposób ciała metaliczne.



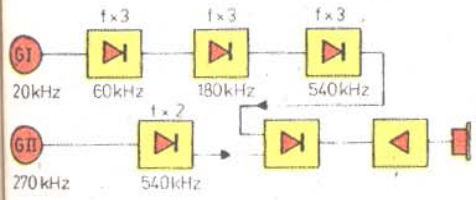
RYS.1



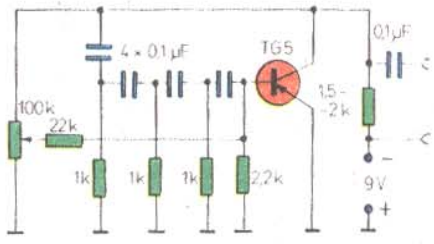
RYS.2



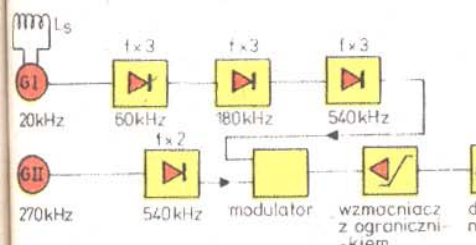
RYS.3



RYS.4

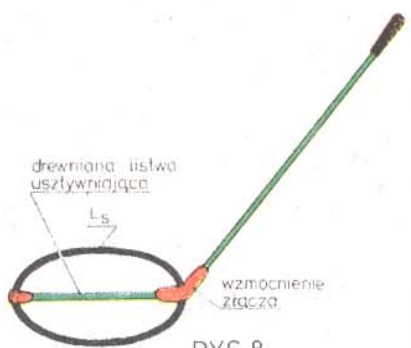
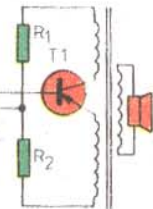


RYS.5

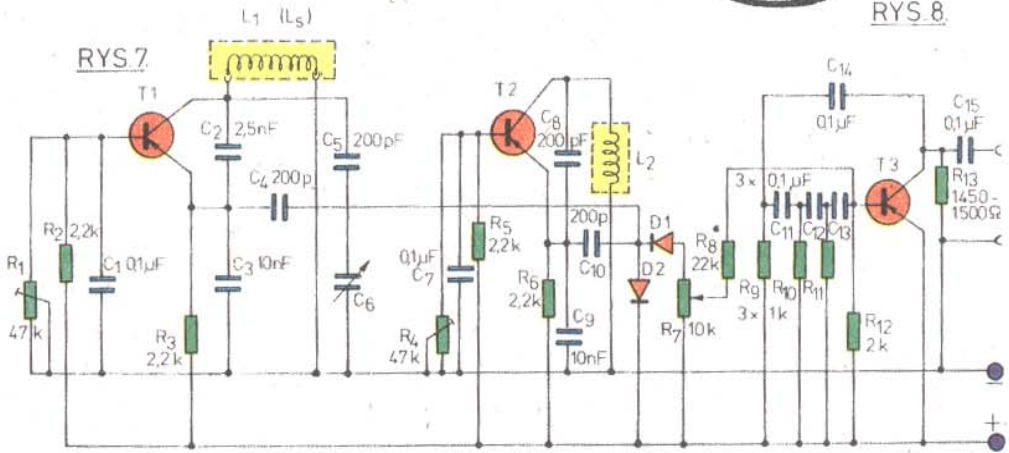


RYS.6

transformatorowy generator impulsów prostokątnych



RYS.8



T1 - T3 = TG5, TG50, OC 72, MP 39-41  
D1, D2 - DOG 53-63

W szukaczach przedstawionych na rys. 1 i 2, zbliżenie cewki szukającej do kawałka metalu powoduje zmianę głośności przy niezmienionej wysokości tonu, a więc odwrotnie, niż to ma miejsce w pozostałych układach.

Podniesienie czułości szukacza, a tym samym powiększenie głębokości szukania można uzyskać

po dokonaniu odpowiedniej rozbudowy układu (rys. 6). Układ ten aż do wyjścia modulatora jest taki sam, jak przedstawiony na rys. 4, dalej jednak znajduje się w nim wzmacniacz m.c.z. ze stopniem ograniczającym dostarczaną do dyskriminatora częstotliwość o stałej amplitudzie. Każda odchyłka od 800 Hz w górę lub w dół daje na wyjściu dodatnie



względnie ujemne napięcia sterujące bazę tranzystora generatora impulsów prostokątnych. Częstotliwość jego drgań będzie w znacznym stopniu uzależniona od napięcia względnie prądu bazy. Uzyskiwana z przedstawionego generatora czułość układu jest taka, że za pomocą cewki szukającej  $L_s$  o średnicy 600 mm i odległości jej od szukanego przedmiotu metalowego równej 600 mm w słuchawkach usłyszymy ton zmieniony o 100 Hz wskutek oddziaływania metalowego przedmiotu o średnicy 100 mm.

W opisanym układzie dobrze jest zastosować niezależne zasilanie generatora impulsów prostokątnych i wzmacniacza końcowego, w celu uniknięcia oddziaływania tych podzespołów na generator w. cz.

### Czułość szukaczy metalu

Miarą czułości szukacza metali jest odległość między cewką szukającą a poszukiwanym przedmiotem, przy której przedmiot metalowy o średnicy równej promieniowi cewki  $L_s$  wywoła w słuchawkach zmianę częstotliwości o 100 Hz.

Odległość cewki szukającej od szukanego przedmiotu może być podawana w postaci ułamka względnie wielokrotności średnicy cewki  $L_s$ .

Przykładowo, szukacz z cewką  $L_s$  o średnicy 0,5 metra i w odległości cewki od przedmiotu poszukiwanego równej 1 m, dający zmianę częstotliwości o 100 Hz, będzie miał czułość 1.

Wynika z tego, że aby uzyskać duże głębokości szukania należy stosować cewki o dużych średnicach, zdolne do wykrywania dużych przedmiotów. Małe natomiast cewki będą odpowiednie przy wyszukiwaniu przedmiotów małych, znajdujących się na niewielkich głębokościach. Zwykle stosuje się cewki o średnicach 200 – 1000 mm.

### Układ praktyczny

Do wykonania amatorskiego szukacza najodpowiedniejsza wydaje się konstrukcja z dwoma generatorami w. cz. (rys. 7).

Podstawowymi elementami są tu dwa generatory w. cz. (jeden z nich zasilą cewkę szukającą  $L_1$ ), a w dalszej kolejności: pomocniczy generator m. cz., stopień mieszania i słuchawki, które mogą być zastąpione odpowiednio wyskalowanym miernikiem.

Zasada działania szukacza polega na wykorzystaniu zjawiska zmiany indukcyjności cewki szukającej  $L_1$ , spowodowanej oddziaływaniem przedmiotu wykonanego z metalu na pole magnetyczne tej cewki.

W konkretnym przypadku wykazywanie tego wpływu jest możliwe dzięki specjalnemu układowi z dwoma niezależnymi generatorami w. cz., z których jeden ma obwód nastrojony na stałą częstotliwość, podczas gdy częstotliwość drugiego generatora będzie ściśle związana z indukcyjnością cewki szukającej  $L_1$ . Cewka ta przymocowana jest sztywno do odpowiedniej długości tyczki, drewnianego drążka lub rury z twardego tworzywa sztucznego (rys. 8).

O przydatności tego urządzenia do wykrywania małych, daleko odsuniętych od cewki przedmiotów metalowych, będzie decydowała czułość całego układu.

Zbliżenie cewki  $L_1$  do przedmiotu metalowego spowoduje zmianę jej indukcyjności i zmianę częstotliwości drgań generatora, a w dalszej kolejności zdudnienie częstotliwości obu generatorów i powstanie tonu o częstotliwości akustycznej, tym silniejszego, im cewka  $L_1$  będzie się znajdowała bliżej metalowego przedmiotu, i którego wysokość będzie uzależniona od wielkości zmian indukcyjności cewki.

Istotnym problemem również i w tym układzie będzie wybór odpowiedniej częstotliwości drgań obu generatorów w. cz. Wybranie zbyt wielkiej częstotliwości umożliwi nawinięcie niewielkiej liczby zwojów w obu układach drgających co z konstrukcyjnego punktu widzenia stanowi niewątpliwą zaletę, lecz z drugiej strony trudno będzie zbudować generatory pracujące z takimi częstotliwościami, by w wyniku zdudnienia usłyszeć w słuchawkach możliwie stabilny ton.

Stabilność pracy generatorów będzie nie tyle związana ze zmianami napięciowymi, wynikającymi z zużycia baterii zasilających, lecz ze zmianami temperaturowymi, sztywnością konstrukcji mechanicznej przyrządu itd.

Wybór dla generatorów szukacza znacznie niższych częstotliwości np. 50 – 150 kHz dał znacznie lepsze rezultaty, a niezależnie od tego zaistniała możliwość wybrania odpowiednio dużej pojemności obwodu.

Jako optymalną częstotliwość roboczą dla szukaczy przewidzianych do wykonania amatorskiego, wybrano dla obu generatorów częstotliwość 100 kHz, a więc leżącą poza zakresami radiofonicznymi.

Zakładając, że w układzie będą używane słuchawki, należy przewidzieć również pewne trudności związane z odsłuchem częstotliwości najniższych (1 – 5 Hz).

W związku z tym, w układzie zaprojektowano rozwiązanie polegające na zastosowaniu wzmacniacza pracującego jednocześnie jako generator m. cz.



Impulsy o częstotliwości kilku herców sterują generator w ten sposób, że każdy impuls pobudza generator do pracy i zamiast niezbyt przyjemnych dla ucha „uderzeń” w słuchawkach słyszy się ton o  $f = 800$  do  $1000$  Hz rozbrzmiewający w ciągu jednego okresu. Należy przy tym zwrócić uwagę na to, że sterowanie wzmacniacza pracującego jako generator m. cz. odbywa się nie napięciem zasilającym, jak to miało miejsce w układzie z rys. 5, lecz w wyniku zdemodulowania sygnałów pochodzących z obu generatorów.

Taki sposób sterowania jest bardzo skuteczny, a stabilność drgań m. cz. jest w znacznej mierze zależna od napięcia baterii zasilającej.

W celu poszerzenia przydatności szukacza, cewka szukająca  $L_1$  została wykonana jako wymienna i może być ona dobierana stosownie do potrzeb i rodzaju pracy (3 wymienne cewki).

Jeśli zajdzie np. potrzeba wyszukania małego przedmiotu znajdującego się na niewielkiej głębokości, to najodpowiedniejsza będzie cewka o małej średnicy, podczas gdy przy szukaniu przedmiotów większych i na większej głębokości, korzystniej będzie posługiwać się cewką o większej średnicy.

Powstające w wyniku zmian indukcyjności cewki przestrojenie generatora kompensowane jest w prosty sposób obrotowym kondensatorem wyrównującym, najlepiej gdy będzie on z dielektrykiem powietrznym.

Cewką o największej średnicy można bez specjalnych trudności wyszukiwać przedmioty metalowe znajdujące się na głębokości nie przekraczającej 1,5 metra. Ekranowanie cewek szukacza czyni opisywany szukacz nieczułym na przedmioty niemetaliczne i włożenie np. ręki do środka cewki  $L_1$  nie spowoduje żadnego przestrojenia, chyba że na palcu będzie znajdowała się np. obrączka.

Suchacz nie reaguje na wilgoć ziemi lub murów oraz wpływy chemiczne. Jak wynika ze schematu, oba tranzystory (T1 i T2) pracują w układach dwóch równoważnych generatorów drgań w. cz., różniących się między sobą tylko budową cewek, gdyż jedna z nich ( $L_1$ ) stanowi element wbudowany na stałe do układu szukacza, a druga cewka ( $L_1$ ) jest wymienna. Dużą stabilność obu generatorów w. cz. można uzyskać dzięki niskoomowemu dzielnikowi napięcia bazy i stosunkowo dużej rezystancji w obwodzie emitera, a także dużej pojemności obwodu ( $2 - 2,5$  nF).

Generatory pracują w układzie ze wspólną bazą zwartą dla prądów zmiennych kondensatorem  $C_1$  do masy układu. Dzielniki napięcia baz tworzą dwa oporniki:  $R_1$ ,  $R_4 - 47$  kiloomów i  $R_2$ ,  $R_5 - 2,2$  kilooma.

Cewka obwodu drgającego ( $L_1$ ) jest połączona szeregowo z dwoma kondensatorami  $C_2$  i  $C_3$ .

Uzyskanie dokładnie jednakowych częstotliwości drgań w obu generatorach umożliwią pojedynczy kondensator obrotowy  $C_6$  o pojemności  $365$  pF, który jest zaopatrzony w pokrętło z podziałką.

Kondensator zmienny  $C_6$  jest połączony z układem za pomocą dodatkowego kondensatora  $C_5$  o pojemności  $200$  pF. Umożliwia to regulowanie częstotliwości zdudnienia obu generatorów od zera aż do kilku herców. Należy dodać, że tranzystory m. cz. typu AC 126, w układzie ze wspólną bazą, mogą pracować nawet przy znacznym spadku napięcia baterii zasilającej.

Cewkę  $L_2$  można wykonać z filtru pośredniej częstotliwości, np. od miniaturowego odbiornika tranzystorowego.

Mieszanie i demodulacja odbywa się w układzie podwajacza napięcia z diodami D1 i D2 (np. DOG 56 lub zbliżonego typu), przy czym napięcia z niskoomowych punktów obwodów drgających (od emiterów tranzystorów T1 i T2) są doprowadzone do układu demodulatora kondensatorami  $C_4$  i  $C_{10}$ . Oporność obciążenia stanowi regulowany opornik  $R_7$  (potencjometr od miniaturowego odbiornika tranzystorowego) o rezystancji  $10$  kiloomów.

Tranzystor T3 pracuje w układzie RC jako generator m. cz. Elementy montażowe  $R_9 - R_{12}$  i  $C_{11} - C_{14}$  są wlutowane między bazę i kolektor tranzystora T3 tworząc w ten sposób układ odwracania fazy. Napięcie zasilające nie powinno być mniejsze od  $6$  V (najlepiej  $9$  V), a wyjście układu obciążone rezystancją większą niż  $10$  kiloomów.

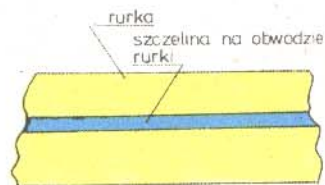
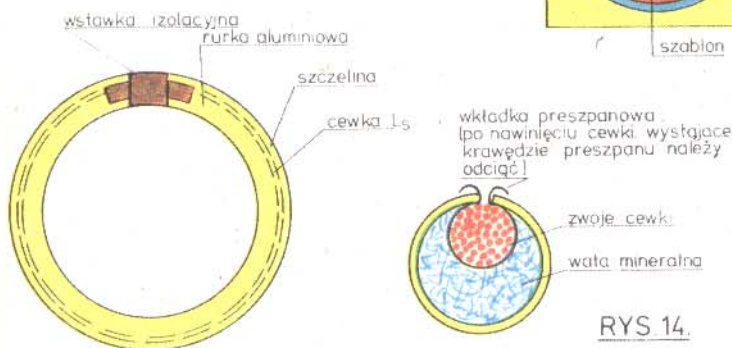
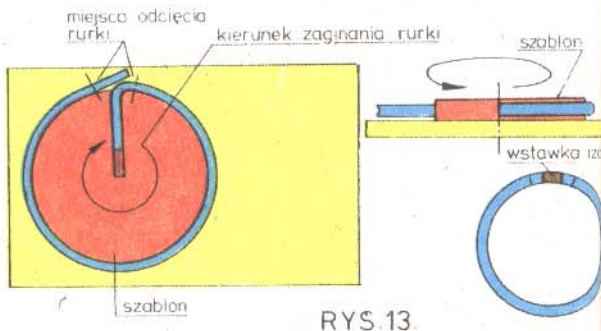
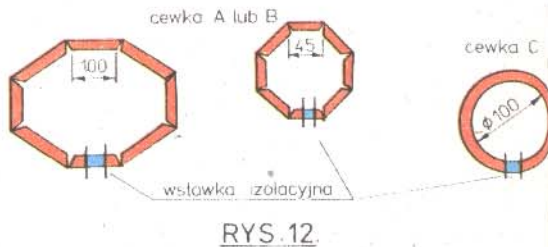
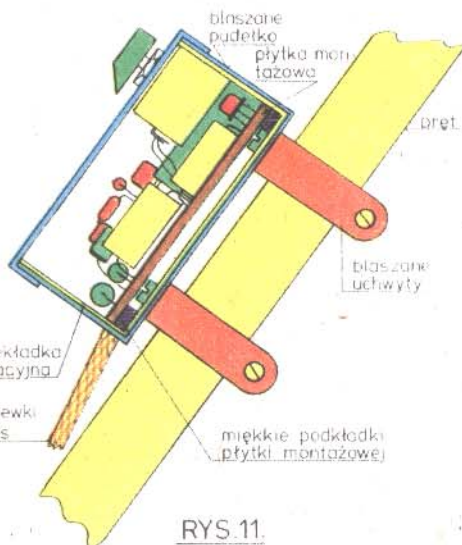
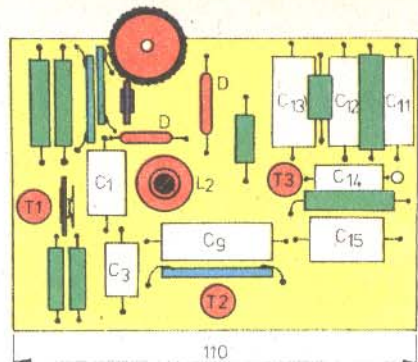
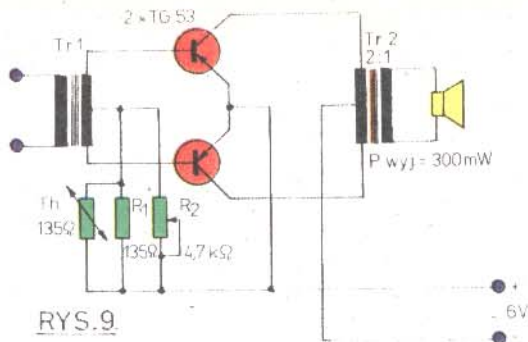
Jak wynika z opisu, generator m. cz. może pełnić w układzie podwójną rolę, gdy niezależnie od swojej właściwej funkcji jest dodatkowo wykorzystany jako, próbnik baterii zasilającej.

Przy oznaczonych na schemacie wartościach elementów montażowych, z generatora m. cz. otrzymuje się ton o częstotliwości około  $1000$  Hz.

Napięcie bazy dla tranzystora T3 generatora, stanowi część napięcia stałego przewidzianego dla demodulatora (wynosi ono nieco więcej niż  $1$  V) i jest ograniczone dzielnikiem napięcia  $R_8$ ,  $R_{12}$  do wartości przewidzianej dla bazy tranzystora T3.

W celu wyrównania tolerancji elementów montażowych i wyeliminowania wpływu baterii zasilającej na pracę generatora, napięcie bazy jest regulowane dobieranym opornikiem  $R_8$ .

Do wyjścia wzmacniacza przyłączona jest słuchawka (najlepiej krystaliczna), obciążająca w nieznacznym stopniu generator. Należy przy tej okazji dodać, że nieodpowiednio wybrana słuchawka może uniemożliwić pracę generatora. Słuchawka jest



włączana równolegle do opornika  $R_{13}$ . Nie przepływa przez nią składowa stała, gdyż słuchawka jest połączona szeregowo z kondensatorem  $C_{15}$ .

W celu uzyskania większej mocy wyjściowej i odsłuchu na zwykle słuchawki lub mały głośnik można do układu dodać jeszcze jeden stopień wzmacnienia m.c.z. wykonany wg rys. 9.

Na rys. 10 przedstawiana jest płytka montażowa, na której znajdują się wszystkie elementy RLC z wyjątkiem cewki  $L_1$ .

Obudowa części elektronicznej szukacza jest po prostu pudełkiem z blachy aluminiowej ze szczelną dopasowaną pokrywką. W wierzchu obudowy znajduje się otwór na oś kondensatora obrotowego, przymocowanego trwale do jednego z boków obudowy.

Elementy szukacza mogą być zmontowane na jednej płytce montażowej lub w dwóch oddzielnych podzespołach, z których jeden to zespół szukacza z generatorem oraz cewką  $L_1$ , drugi zaś zespół -



generator m.cz. oraz stała cewka  $L_2$ .

W takim wypadku oba zespoły muszą być połączone ekranowanym kablem typu mikrofonowego. Zespół zawierający cewkę  $L_2$  jest sztywno zamocowany na pręcie, na którego końcu znajduje się cewka  $L_1$  (rys. 11).

W modelowym przyrządzie zostały użyte elementy montażowe stosunkowo duże, które znajdowały się w posiadaniu wykonawcy, co szczególnie wpłynęło na wymiary budowy. Oczywiście możliwe jest zminiaturyzowanie przyrządu. Najistotniejszy jest przy tym problem zastosowanej baterii, najlepiej typu 6F22. W miarę możliwości oba wspomniane podzespoły mogą być montowane na płytkach z obwodami drukowanymi, co jeszcze bardziej przyczyni się do zmniejszenia wymiarów.

Cewki szukające są zabezpieczone przed wpływami pojemnościowymi (ekranowanie) i połączone z generatorem w.cz., a także wzmacniaczem za pomocą znormalizowanych wtyków, gniazd 3-stykowych lub 5-stykowych.

Cewka  $L_1$  może mieć różny kształt, np. trójkątny, kwadratowy, ośmiokątny lub okrągły.

Wchodzący w skład szukacza modelowego komplet cewek został pokazany na rys. 12. Cewka (A) ma kształt ośmiokątny i jest największą cewką w komplecie.

Jako ramy dla największej cewki można użyć plastikowej obręczy, w której wycina się piłką żłobek szerokości 2-3 mm, a po nawinięciu obręcz ekranuje się folią miedzianą tak, aby nie stworzyć obwodu zamkniętego. Krążek ten może być wzmocniony tkaniną szklaną nasyoną żywicą epoksydową (np. Epidian 5, Polimal 109). Konstrukcja całego urządzenia powinna być w największym stopniu sztywna, a szczególnie połączenie cewki szukającej z drążkiem szukacza. Cewka (B) jest również ośmiokątna, a długość jej krawędzi wynosi 45 mm, natomiast cewka (C) jest najmniejsza, jej średnica wynosi 100 mm. Oczywiście nie stoi na przeszkodzie, aby zamiast cewek ośmiokątnych, względnie okrągłych, wykonać znacznie łatwiejsze cewki kwadratowe, względnie trójkątne.

Poszczególne cewki mogą być nawijane na ramach metalowych, drewnianych lub z tworzywa sztucznego, pod warunkiem, że ramy te nie będą zawierały żadnych gwoździ czy stalowych wkrętów.

Cewki szukające zostały nawinięte drutem miedzianym w izolacji emaliowej o średnicy od 0,5 do 0,9 mm, przw. czym grubość drutu nie jest tu wielkością krytyczną, może to być również drut z izolacją bawełnianą lub kombinowaną emalia + bawełna.

Cewka (A) – największa ma 30 zwojów, cewka (B)

– średnia – 80 zwojów, a cewka (C) – najmniejsza ma 50 zwojów. Kierunek nawinięcia nie odgrywa tu żadnej roli, a w celu zabezpieczenia uzwojenia przed ewentualnymi zwarciami, wewnątrz ramy można wkleić taśmą samolepiącą, a na końce wyprowadzonych drutów nałożyć koszulki izolacyjne o odpowiedniej średnicy.

Uzwojenia cewek należy nawijać bardzo starannie zwoj obok zwoju, a po nawinięciu całość można usztywnić przez owinięcie taśmą z tkaniny szklanej nasyoną żywicą epoksydową.

Wybranie odpowiedniej konstrukcji dla cewki szukającej nie jest sprawą łatwą, gdyż problem sztywności, lekkości, wytrzymałości materiału będzie stanowił podstawowe wymagania konstrukcyjne. Ponieważ cewki szukacza powinny być ekranowane materiałami niemagnetycznymi, na szkielet cewki można użyć cewownika mosiężnego o wymiarach np. 10 x 10 mm i grubości około 0,3 do 0,5 mm. Aby szkielet nie tworzył zwartego zwoju, jego końce trzeba oddalić od siebie na odległość około 10 mm tak, by wzajemne zetknięcie końców szkieletu było niemożliwe. Do wnętrza metalowego szkieletu może być wklejony preszpan grubości około 0,2 mm lub kilka warstw papieru izolacyjnego. Jeżeli natomiast szkielety cewek mają być wykonane z blachy mosiężnej, cynkowej lub aluminiowej, to należy ją w miejscach zagięć odpowiednio i powycinać podgrzewając blachę w miejscach wycięć, należy zagiąć ją do określonego kształtu, a następnie wszystkie ostre krawędzie dokładnie zaokrąglić pilnikiem.

Rama cewki może być zaopatrzona w kątownik mocujący ją do drążka, jednakże do tego celu nie wolno używać żadnych materiałów magnetycznych. Lby nitów względnie wkrętów (również z materiału niemagnetycznego) należy dokładnie wyrównać pilnikiem, aby nie wystawały na zewnątrz płaszczyzny konstrukcji nośnej cewki.

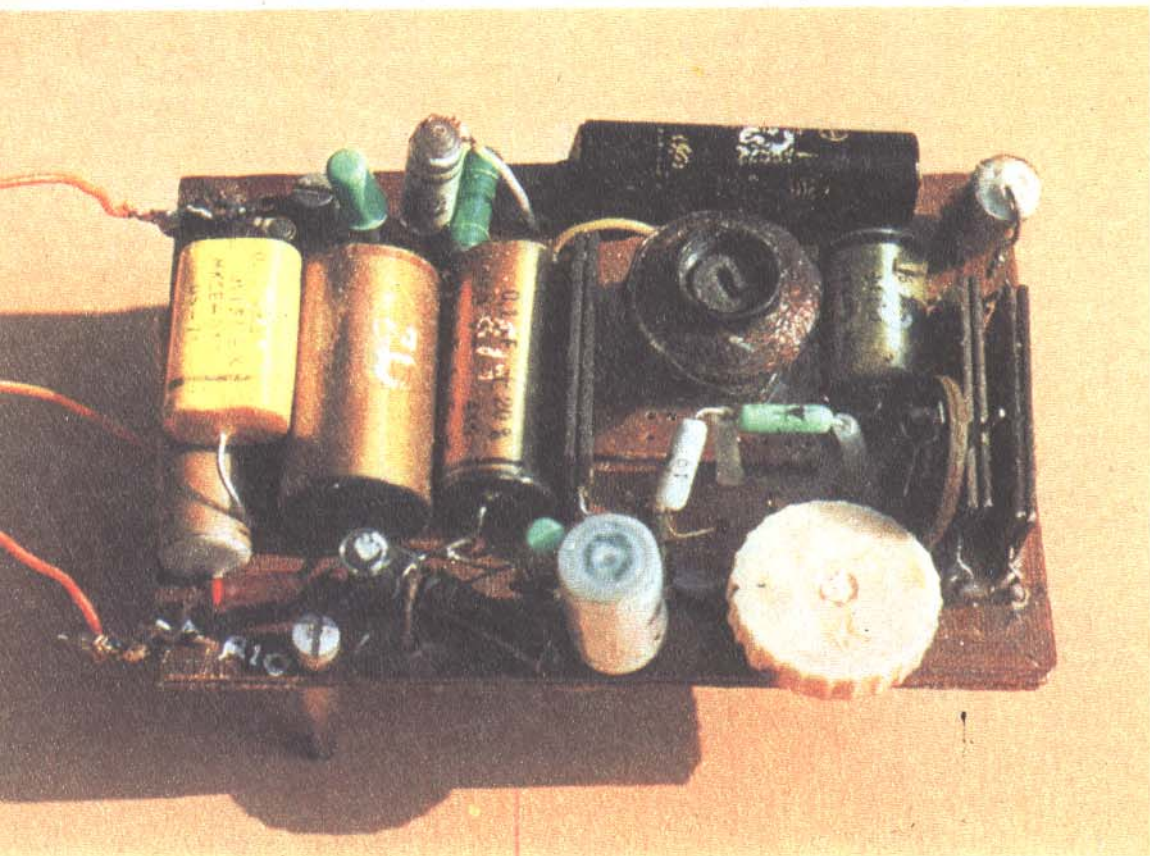
Najbardziej kłopotliwe będzie nawijanie cewek szukających w rurkach aluminiowych zagiętych na kształt okręgu. Warto przy tym przypomnieć, że rurki aluminiowe dają się łatwo wyginać, jeśli napelnimy je suchym piaskiem, a oba ich końce zaprasujemy lub mocno zatkamy drewnianymi kolkami.

Nadmiar rurki obcina się tak, aby na okrągłą utworzyła się 10 mm przerwa wypełniona materiałem izolacyjnym (rys. 13).

Po przymocowaniu wygiętej w ten sposób rurki piłką do metalu nacina się zewnętrzną jej powierzchnię tak, aby na jej obwodzie powstał rowek. Krawędzie szczeliny trzeba dokładnie wygładzić pilnikiem.

Po nawinięciu cewki i wyprowadzeniu jej końcówek, rurkę można wypełnić watą nasyoną żywicą





Płytki montażowa drugiego generatora (G II) i generatora tonu (1000 Hz)

epoksydową (rys. 14). Taki sposób wypełniania wnętrza rurki pozwala zaoszczędzić znaczną ilość żywicy, a dodatkowo utrudnia wyciekanie żywicy z uzwojenia. Cewki szukacza powinny być zaopatrzone we wtyki, a największa odległość cewki szukającej od układu tranzystorowego nie powinna przekraczać 2 m. Niezależnie od tego odległość ta powinna być dobrana w ten sposób, aby posługujący się szukaczem mógł bez przeszkód przesuwać cewkę nad powierzchnią ziemi, piasku itp.

Cewki szukające mogą być mocowane do sztywnych prętów drewnianych, o odpowiedniej średnicy rur plastikowych, względnie odpowiedniej grubości kijów bambusowych.

Próby i cechowanie przyrządu przeprowadza się w następujący sposób: w przypadku szukacza z sygnalizacją słuchawkową, nakłada się słuchawkę i włącza baterię zasilającą układ. Przy ustawionym na maksimum potencjometrze powinno się usłyszeć ton o częstotliwości około 1000 Hz, który będzie słyszalny tylko w krańcowym położeniu potencjo-

metru. Będzie to oznaczało, że generator m.c. razem z oscylatorem pracuje poprawnie. Ustawienie rotora kondensatora obrotowego nie odgrywa żadnej roli.

Po uruchomieniu urządzenia przylacza się do niego cewkę  $L_1$ , a kondensator obrotowy ustawia się w położenie środkowe, jak również i potencjometr ustawia się w takim samym położeniu. W słuchawce powinien się pojawić wysoki ton. Regulując rdzeniem cewki  $L_2$  ustalamy różnicę zdudnień obu oscylatorów, dzięki czemu ton słyszalny będzie zanikał.

Jeżeli jednak będziemy potencjometrem kręcili dalej, to krótko przed osiągnięciem krańcowego położenia ślizgacza potencjometru powinien być słyszalny ton m.c., co będzie sprawdzianem, że cały układ pracuje poprawnie. Oczywiście, mogą wystąpić drobne różnice przy wykonywaniu cewek. W takich przypadkach punkt zerowy drgań dla każdej cewki powinien być ustalony kondensatorem obrotowym. Jeśli chodzi o ogólne uwagi doty-

zące posługiwania się szukaczem, to zasada działania została wyjaśniona wcześniej. W praktyce przy wyszukiwaniu przedmiotów metalowych należy rozróżniać, czy będą to metale ferromagnetyczne czy też paramagnetyczne, (nie przyciągane przez magnes).

Do ferromagnetycznych zalicza się w pierwszym rzędzie stal i nikiel (powodują one wzrost indukcyjności cewek szukacza), podczas gdy do paramagnetycznych można będzie zaliczyć: miedź, srebro, złoto, mosiądz, cynk i inne jeszcze metale nie przyciągane przez magnesy stałe, które zmniejszają indukcyjność cewek.

W związku z tym zjawiskiem można praktycznie ustalić, że przy zbliżaniu cewki  $L_1$  do kawałka stali częstotliwość zdudnienia wzrośnie, a przy zbliżaniu tej samej cewki do kawałka cyny czy miedzi częstotliwość będzie malała (położenie pokręteł i odległość cewka – przedmiot nie ulegają zmianie).

Dokonanie niezbędnej korekty jest możliwe dzięki kondensatorowi obrotowemu, a ustawienie potencjometru  $R_7$  w pozycji optymalnej reguluje się podczas pracy przyrządu.

Istnieje przy tym kilka możliwości. Można np. przekręcić potencjometr tak daleko, że poszczególne dudnienia nie będą słyszalne, usłyszymy dopiero sam ton 1000 Hz, który zostanie zerwany przez impulsy zdudnienia pochodzące z generatorów wielkiej częstotliwości.

Istnieje również możliwość polegająca na tym, że potencjometr  $R_7$  (przy kondensatorze obrotowym ustawionym na zero) ustawia się tak, że na krótko przed pojawieniem się częstotliwości akustycznej (dokładnie przy zerze zdudnień) będzie słyszalna częstotliwość akustyczna i wtedy nastąpi nieznaczny wzrost napięcia w.c.z.

Gdy kondensator obrotowy ustawimy dokładnie pośrodku między dwiema częstotliwościami zdudnienia, wzrasta nieznacznie napięcie stałe na potencjometrze  $R_7$ , dzięki czemu zaczyna drgać generator akustyczny, a wtedy już najmniejsze przestrojenia cewki szukającej stają się słyszalne.

★

**Uwaga! Ze względu na to, że do dziś jeszcze znajdują się w ziemi niewypały i amunicja różnego rodzaju – przy wykrywaniu metali i ich oględzinach należy zachować jak najdalej idącą ostrożność. O niewypałach i znalezionej amunicji należy natychmiast zawiadomić Milicję Obywatelską lub najbliższą jednostkę wojskową.**

**Inż. Jerzy Brdulak**