

Wykrywacz metali jest urządzeniem ciekawym i mogącym przynieść wymierne korzyści. Poszukiwaczy skarbów nie brakuje także w naszym kraju. Dla tej grupy naszych Czytelników publikujemy prost, ale skutecznie działający układ wykrywacza. Autor tego opracowania zajmuje się bowiem wykrywaczami od paru ładnych lat. Zachęcamy wszystkich do przeczytania tego artykułu.

Opisany wykrywacz metali pracuje w systemie BFO (Base Frequency Oscillator). Praca wykrywacza w tym systemie polega na mieszaniu dwóch częstotliwości w celu otrzymania sygnału akustycznego. Zmiana częstotliwości jednego z generatorów, spowodowana zbliżeniem cewki do przedmiotu metalowego powoduje też zmianę częstotliwości sygnału akustycznego. Metale dzielimy na ferromagnetyczne (żelazo) i diamagnetyczne (miedź, złoto itp.). Zbliżenie cewki wykrywacza do metali ferromagnetycznych powoduje zmniejszenie częstotliwości pracy generatora. Natomiast zbliżenie cewki do metali diamagnetycznych powoduje zwiększenie częstotliwości pracy generatora. Możliwe jest zatem rozróżnienie do jakiej grupy należy wykryty metal.

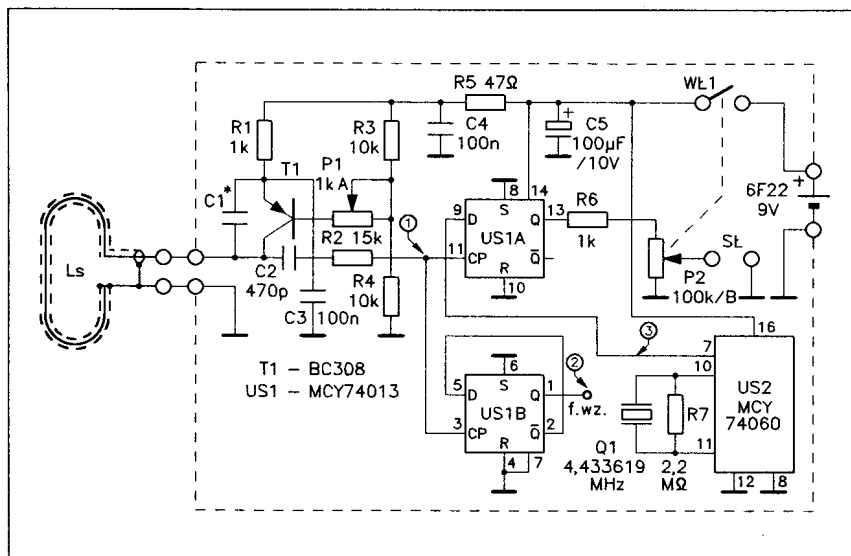
Wszystkie wykrywacze metali powinny pracować z częstotliwością poniżej 40 kHz, gdyż do tej częstotliwości tłumienie sygnału w ziemi wynosi 0,5 dB/m, a powyżej tłumienie sygnału gwałtownie wzrasta i przykładowo dla częstotliwości 200 kHz wynosi już 35 dB/m !!! Aby wykrywacz metali reagował tylko i wyłącznie przy zbliżeniu do sondy metali, należy cewkę odpowiednio

ekranować. Cewka nieekranowana będzie reagować na zbliżenie wszelkich przedmiotów, choćby na zbliżenie do niej ręki. Wykrywacze pracujące w technice BFO posiadają dość poważną wadę, mianowicie w czasie poszukiwań, gdy zmieni się skład mineralny ziemi, wykrywacz może zareagować, tak jakby został wykryty metal. Zjawisko to może być szczególnie uciążliwe przy penetracjach na plażach.

Opis układu

Dzielnik dwójkowy US2 (MCY 74060) pracuje w układzie generatora kwarcowego z częstotliwością 4,433619 MHz. Częstotliwość ta jest dzielona wewnątrz układu przez 16 dając na wyjściu (nóżka 7 US2) przebieg prostokątny o częstotliwości 277,10118 kHz. Sygnał ten zostaje doprowadzony na nóżkę 9 układu scalonego US1A (1/2 MCY 74013), który pracuje w układzie mieszacza.

Drugi generator zbudowany jest na tranzystorze T1 i pracuje z częstotliwością 34,637647 kHz. Potencjometr P1 umożliwia, w niewielkim zakresie, zmianę częstotliwości pracy generatora. Zbliżenie do cewki Ls przedmiotu metalowego powoduje znaczną zmianę częstotliwości pracy generatora. Sygnał z generatora tranzystorowego przez dwójnik R2, C2 podany jest na drugie wejście mieszacza US1A. Po zmieszaniu w mieszaczu dwóch częstotliwości pochodzących z generatorów, otrzymany sygnał akustyczny z wyjścia mieszacza US1A (nóżka 13) przez potencjometr P2, służący do płynnej regulacji głośności, podany jest na słuchawki.



Rys. 1 Schemat ideowy wykrywacza metali

Jak łatwo jest zauważyć, częstotliwość na wyjściu generatora kwarcowego jest osiem razy większa od częstotliwości generatora tranzystorowego. Układ taki zapewnia znacznie większą czułość wykrywacza, gdyż zmiana częstotliwości pracy generatora tranzystorowego o 1 Hz będzie powodowała zmianę częstotliwości sygnału akustycznego na wyjściu mieszacza aż o 8 Hz.

Rezystor R5 i kondensatory C4, C5 tworzą filtr dolnoprzepustowy, znacznie ograniczający przenikanie przez linię zasilającą sygnału z generatora tranzystorowego do pozostałej części układu i odwrotnie. Układ US1B (1/2 MCY 74013) separuje generator tranzystorowy od wpływu obciążenia, jakie może wprowadzić przyłączony bezpośrednio do niego oscyloskop, lub miernik częstotliwości. Ponieważ układ ten dzieli sygnał przez dwa, na wyjściu f.wz. częstotliwość przebiegu prostokątnego powinna wynosić 17,318823 kHz.

Układ wykrywacza zasilany jest z pojedynczej baterii 9 V typu 6F22. Zalecane jest stosowanie baterii alkalicznych.

Wykonanie sondy wykrywacza.

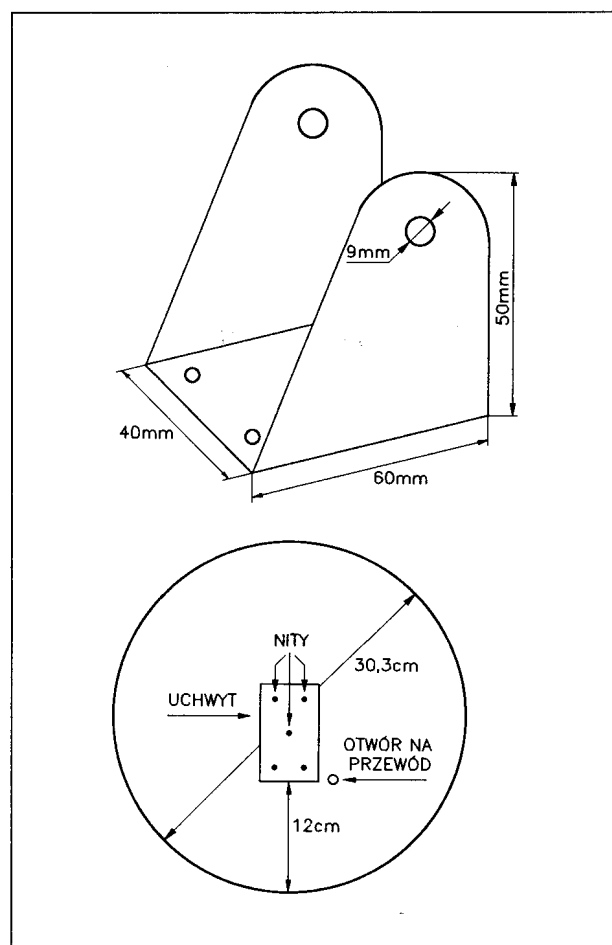
Od jakości sondy wykrywacza w znacznej mierze zależy stabilność pracy całego urządzenia. Sonda po wykonaniu powinna być maksymalnie sztywna, odporna na działanie wilgoci i wody, oraz powinna mieć ograniczoną możliwość zmian parametrów pod wpływem zmian temperatury otoczenia.

Na szablonie z desek, sklejk, lub płyty wiórowej narysować okrąg o średnicy 29,9 cm i na jego obwodzie wbić kilkanaście gwoździ. Na gwoździach nawinąć cewkę, owinać ją nitką i zdjąć z szablonu, uprzednio wyciągnawszy gwoździe. Całą cewkę mocno nasączyć lakierem nitro i przed całkowitym wyschnięciem ostatecznie ją uformować, a następnie chwilowo, delikatnie obciążać między dwiema płaskimi płytami.

Tak otrzymaną półpłaską cewkę po całkowitym wyschnięciu owinać dokładnie dowolną taśmą izolacyjną, izolując też wyprowadzenia cewki na długości ok. 1 cm.

Następnie cewkę ekranuje się przez spiralne owinięcie jej paskiem folii aluminiowej o szerokości ok. 1,5 cm. Brzegi folii mają zachodzić na siebie. Folia nie może posiadać na swojej powierzchni izolacji, co łatwo można sprawdzić omomierzem. Po drugiej stronie wyprowadzeń cewki zostawić w folii przerwę o długości ok. 1 cm. Przerwa ta umożliwi emisję pola elektromagnetycznego poza ekran cewki.

Przerwa w ekranie musi znajdować się po drugiej stronie wyprowadzeń gdyż gwarantuje to równomierne rozłożenie się prądów płynących w cewce. Zostawienie przerwy w miejscu wyprowadzeń cewki spowoduje nierównomierny rozptył prądów i znaczne zmniejszenie zasięgu penetracji wykrywacza.



Rys. 2 Konstrukcja mechaniczna cewki i uchwytu drążka

W dalszej kolejności folię należy mocno owinąć niezolowanym drutem miedzianym z takim samym skokiem i w tym samym kierunku, co folia aluminiowa. Zostawić przerwę, taką samą i w tym samym miejscu co przerwa w folii. Drut zapobiega rozwijaniu się folii, oraz umożliwi przyłutowanie do ekranu przewodu.

Z plastikowej płyty o grubości ok. 2 mm wyciąć dwa koła o średnicy ok. 30,3 cm i do jednego z nich przykleić klejem DISTAL cewkę Ls. Tym samym klejem przykleić przy wyprowadzeniach cewki płytkę laminatu foliowanego miedzią z dwoma polami lutowniczymi. Do jednego pola przyłutować dowolne wyprowadzenie cewki. Drugie wyprowadzenie cewki przyłutować do ekranu i ten punkt połączyć odcinkiem przewodu z drugim polem lutowniczym. Do połączenia sondy z układem elektronicznym stosuje się dowolny przewód ekranowany z jedną żyłą. Długość przewodu wynosi ok. 110 cm. Ekran przewodu lutuje się z polem lutowniczym ekranu cewki, a środkową żyłę przewodu lutuje się do drugiego pola lutowniczego.

Wewnątrz cewki przykleić klejem DISTAL odpowiednio przyciętą płytkę sprasowanego styropianu, tak aby otrzymać płaską powierzchnię na wysokości ok. 2 mm ponad cewką Ls.

Do drugiego koła przyklejamy i dodatkowo, za pomocą lutownicy nitujemy pięcioma plastikowymi nitami uchwyt drążka nośnego, wykonany z tego samego plastiku, co koła.

Następnie należy przykleić koło z uchwytem drążka nośnego do styropianu po wprowadzeniu przewodu przez otwór nawiercony blisko uchwyty drążka. Miejsce wyprowadzenia przewodu zalać klejem w celu uszczelnienia sondy, oraz uniemożliwienia przypadkowego wyrwania przewodu. Po wyschnięciu, boki sondy wypełnić dowolnym wodoodpornym wypełniaczem np. żywicą epoksydową i oszlifować dokładnie papierem drobnziarnistym po wyschnięciu.

Powyższy opis stanowi tylko przykład wykonania sondy, można przykładowo cewkę Ls umieścić między dwoma plastikowymi pokrywami od wiader.

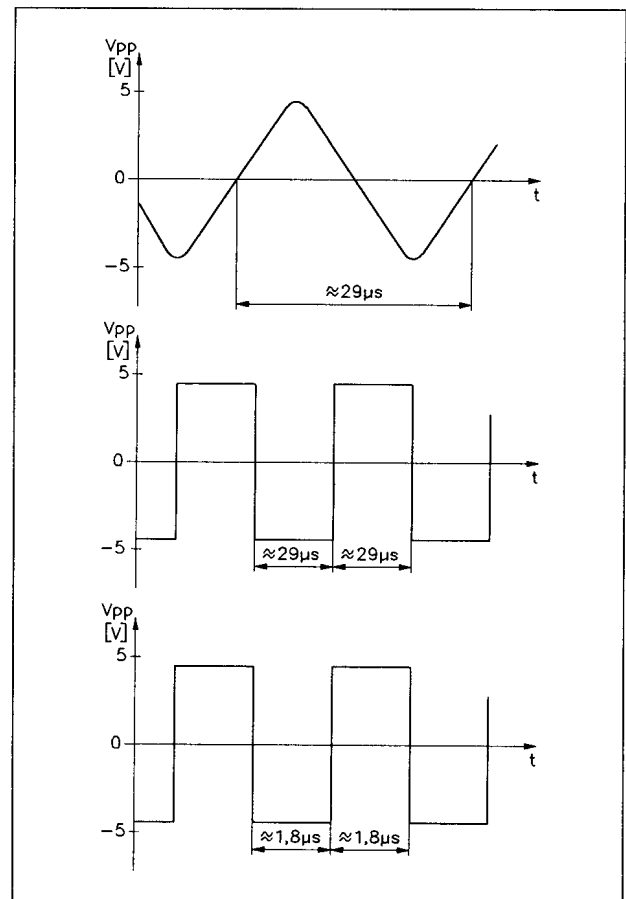
Sonda jest mocowana do drążka nośnego za pomocą plastikowej śruby z nakrętką motylkową. Można zastosować także śrubę metalową, lecz musi być ona przykręcona do uchwyty drążka nośnego w trakcie strojenia układu elektronicznego.

Montaż i uruchomienie

Po zamontowaniu na płytce drukowanej wszystkich podzespołów, potencjometr P1 ustawia się w położenie środkowe, a potencjometr P2 skręca się w prawo do oporu. Od strony drukowanej płytki należy przyłutować kondensator C1, styrofleksowy typu KSF-020-ZM, o pojemności 10 nF. Metalową obudowę potencjometru P1 połączyć odcinkiem przewodu z masą układu.

Po włączeniu zasilania, w słuchawkach powinien pojawić się sygnał. Jeżeli brak jest dźwięku sprawdzić oscyloskopem pracę generatorów – patrz oscylogramy rys. 3. Następnie należy dobrać wartość pojemności

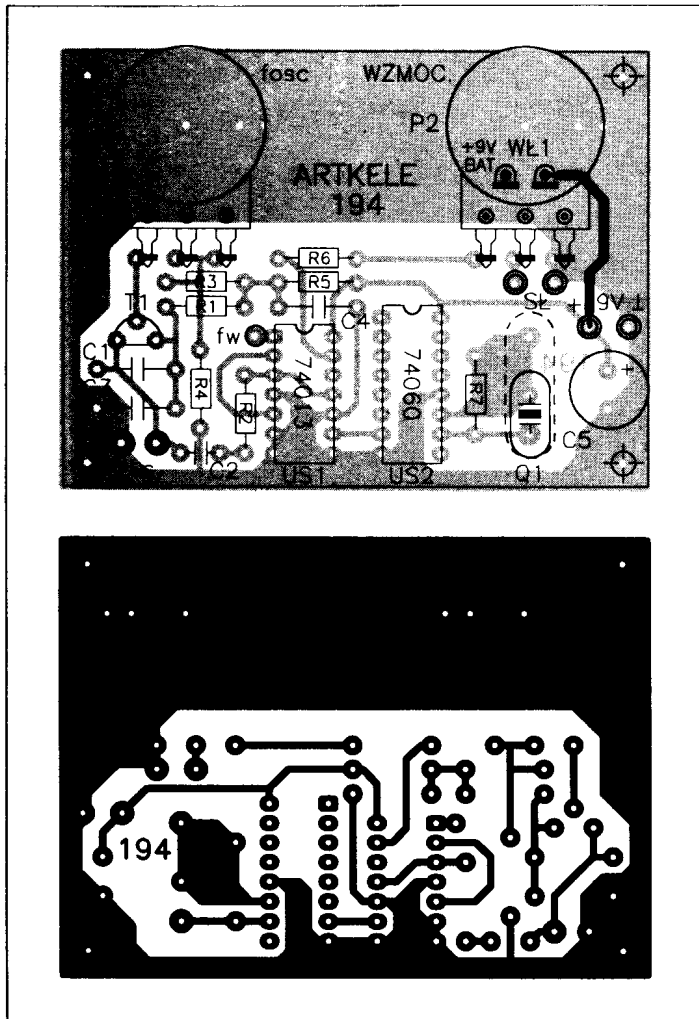
kondensatora C1, tak aby na wyjściu f.wz. uzyskać częstotliwość 17, 318823 kHz. Ostateczne dobranie wartości pojemności kondensatora C1 przeprowadza się "na słuch", doprowadzając do uzyskania zaniku dźwięku w słuchawkach, który powinien pojawiać się przy zmianie położenia suwaka potencjometru w prawo i lewo. Po zestrojeniu układu zanik dźwięku w słuchawkach powinien wypadać w środkowym położeniu potencjometru P1, pozwalając w ten sposób na uzyskanie najszerszego zakresu regulacji.



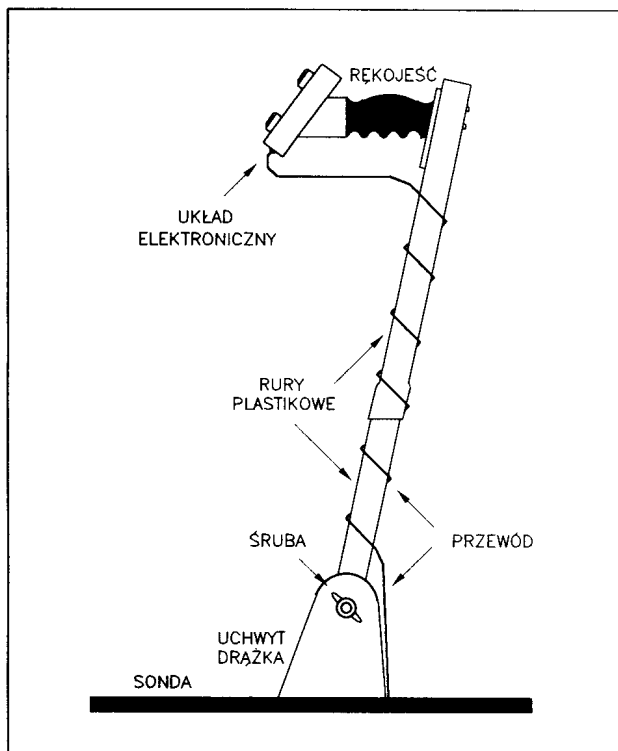
Rys. 3 Oscylogramy w wybranych punktach układu

W wykazie elementów podano też ilości zwojów dla cewek o średnicy 20 i 10 cm. Zastosowanie cewki o mniejszej średnicy ogranicza maksymalny zasięg penetracji wykrywacza, ale za to znacznie wzrasta czułość wykrywacza na małe przedmioty metalowe. Procedura regulacji dla cewek 20 i 10 cm jest taka sama jak w przypadku cewki 30 cm.

Jeżeli sondy mają być wymienne, to dla cewek o średnicach 20 i 10 cm należy nawinąć o ok. 10% mniej zwojów, niż podano to w wykazie elementów i przed sklejeniem sond, równoległe do cewek, przyłutować kondensator styrofleksowy typu KSF-020-ZM o dobranej wartości, tak aby na wyjściu f.wz. uzyskać odpowiednią częstotliwość sygnału z generatora tranzystorowego. Kondensator C1 powinien być dobrany wcześniej dla cewki 30 cm.



Rys. 4 Schemat płytki drukowanej i rozmieszczenie elementów



Rys. 5 Wygląd kompletnego wykrywacza

Drażek nośny wykrywacza metali został wykonany z dwóch plastikowych rur od odkurzacza. Pozwala to po złożeniu umieścić wykrywacz w niewielkiej torbie podróżnej. Układ elektroniczny został umieszczony w metalowej obudowie połączonej z masą układu.

Obsługa wykrywacza metali

W zależności od położenia potencjometru P1 wykrywacz reaguje na wykryte metale następująco:

A – W słuchawkach "cisza". Wykrycie każdego przedmiotu metalowego sygnalizowane jest pojawieniem się sygnału o wzrastającej częstotliwości, w miarę zbliżania sondy do metalu.

B – w słuchawkach ustawiony jest sygnał o częstotliwości ok. 200 Hz. Wykrycie metalu z grupy ferromagnetyków sygnalizowane jest wzrostem częstotliwości sygnału akustycznego. Wykrycie metalu z grupy diamagnetyków sygnalizowane jest zmniejszaniem się częstotliwości sygnału akustycznego, aż do zaniku sygnału i ponownego pojawienia się sygnału o wzrastającej częstotliwości.

C – Tak jak wyżej, z tym, że ferromagnetyki powodują zmniejszanie, a diamagnetyki zwiększanie się częstotliwości sygnału akustycznego.

Niewielkie odchylenia częstotliwości sygnału akustycznego od ustawionej, spowodowane niestabilnością układu, można korygować potencjometrem P1.

Dane techniczne:

- Pobór prądu – 5,6 mA przy stosowaniu słuchawek o impedancji 1 kΩ
- Maksymalny zasięg penetracji dla sondy $\phi 30$ cm; płyty aluminiowe:
 - 10×10 cm – 0,60 m
 - 20×20 cm – 0,80 m
 - 30×30 cm – 1,20 m
 - 60×60 cm – 1,50 m

Zasięg penetracji mierzony był w warunkach laboratoryjnych. Mierzono z jakiej odległości sondy od płytki metalowej częstotliwość sygnału akustycznego zmienia się o 1 Hz.

Realny zasięg penetracji, gdy wyraźnie słychać zmianę częstotliwości sygnału akustycznego wynosi:

- 10×10 cm – 0,45 m
- 20×20 cm – 0,65 m
- 30×30 cm – 0,80 m
- 60×60 cm – 1,20 m

Wykaz elementów

- US1 – MCY 74013 (CD 4013)
- US2 – MCY 74060 (CD 4060)

T1 – BC 308 lub dowolny m.cz. pnp
R5 – 47 k Ω /0,25 W
R1, R6 – 1 k Ω /0,125 W
R3, R4 – 10 k Ω /0,125 W
R2 – 15 k Ω /0,125 W
R7 – 2,2 M Ω /0,25 W
P1 – 1 k Ω -A (2,2 k Ω -A, 4,7 k Ω -A)
PR 164, PRP 164, PR 167,
PRP 167, PR 185, PRP 185
P2 – 100 k Ω -B (47 k Ω -B) PR 1624 s 59,
PR 185 s 56, PRT 185 s 56,
PR 186 s 56, PRT 186 s 56
C1 – 10 nF/25 V KSF-020-ZM dobierany,
patrz opis w tekście
C2 – 470 pF KCPf

C3, C4 – 100 nF/100 V MKSE-018-02
C5 – 100 μ F/10 V 04/U
Q1 – rezonator kwarcowy 4,433619 MHz
Ls – dla ϕ 30 cm – 40 zwojów drutu DNE ϕ 0,4 mm,
dla ϕ 20 cm – 50 zwojów drutu DNE ϕ 0,3 mm,
dla ϕ 10 cm – 70 zwojów drutu DNE ϕ 0,2 mm,
płytki drukowane numer 194

Płytki drukowane wysyłane są za zaliczeniem
pocztowym.

Cena: 1,40 zł (14.000 zł) + koszty wysyłki.

◇ Wiktor Przybysz
TRANSET