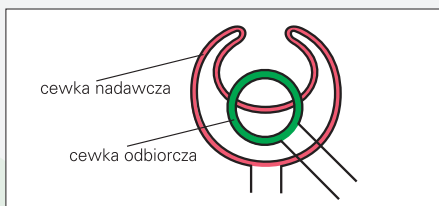


Wykrywacze metali

Poniższy artykuł przeznaczony jest dla wszystkich, którzy interesują się tematyką poszukiwania skarbów i militariów, w szczególności dla tych, którzy dopiero zaczynają, lub chcieliby zacząć interesować się tą dziedziną. W poprzednim numerze EdW opisano ogólną zasadę działania oraz podano informacje na temat najprostszyc wykrywaczy.

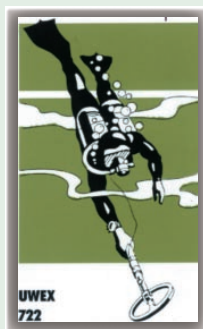
Wykrywacze z równoległymi cewkami

Idea sposobu z prostopadłymi cewkami (przedstawiona w poprzednim numerze EdW) jest prosta i oczywista, opiera się bowiem na podstawowych wiadomościach, dostępnych dla każdego ucznia w szkole. Mniej oczywisty jest sposób z cewkami ustawionymi równolegle, w jednej płaszczyźnie. Wydawałoby się, że jeśli dwie cewki będą ustawione jedna nad drugą (lub jedna wewnątrz drugiej), to nie uda się uniknąć wzajemnego sprzężenia. **Rysunek 8** pokazuje kształt i wzajemne położenie obu cewek, w którym nie występuje wzajemne sprzężenie.



Rys. 8. Kształt cewek w sondzie typowego wykrywacza IB

Cewka nadawcza ma bardzo dziwny kształt, jakby rogala, zawiera bowiem dodatkową, wewnętrzną pętlę. Środek cewki odbiorczej (mniejszej) umieszczony jest w ściśle określonym punkcie. Wewnętrzna pętla cewki nadawczej dzieli powierzchnię cewki odbiorczej na połowy. Przy takim umieszczeniu cewek w pętli odbiorczej w stanie spoczynku (równowagi) nie indukuje się sygnał. W praktyce nie można wykonać idealnej sondy tego typu i oczywiście jakiś nie-



wielki sygnał przenika jednak do cewki odbiorczej. Na szczęście można go skompensować i usunąć przez odpowiednią obróbkę sygnału cewki odbiorczej.

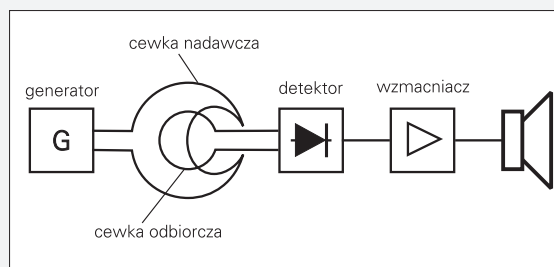
Przy zbliżeniu metalowego przedmiotu do takiego zestawu cewek, zostaje zaburzone pole elektromagnetyczne wytwarzane przez cewkę nadawczą i w cewce odbiorczej indukuje się niewielki sygnał.

Ten sygnał może być podany na wzmacniacz i słuchawki. Wtedy o wykryciu przedmiotu poinformuje pojawienie się sygnału. Schemat blokowy najprostszego wykrywacza z taką sondą pokazany jest na **rysunku 9**.

W praktyce do współpracy z zestawem cewek pokazanych na rysunku 8 nie stosuje się prostych układów elektronicznych zbudowanych według rysunku 9, tylko znacznie bardziej rozbudowane systemy, dające znacznie lepsze możliwości.

Przy omawianiu wykrywacza mostkowego okazało się, że nie sposób określić metodą na słuch, czy znaleziono przedmiot z metalu dia- lub paramagnetycznego, czy też z metalu ferromagnetycznego. Podobna sytuacja występuje w urządzeniach zawierających cewki o kształcie według rysunku 8. Owszem, informacja taka zawarta jest w fazie sygnału wyjściowego, ale fazy nie można ocenić na ucho. Można natomiast fazę zmierzyć za pomocą układów elektronicznych.

Inaczej mówiąc, w stanie spoczynku w cewce odbiorczej nie powinien się indukować żaden sygnał. Przy zbliżeniu przedmiotu metalowego w cewce pojawi się sygnał sinusoidalny. Jego amplituda świadczyć będzie o wielkości i od-

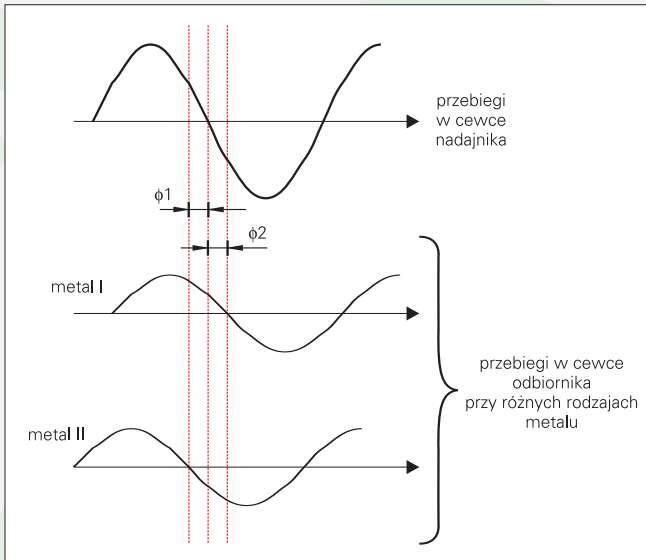


Rys. 9. Schemat blokowy prostego wykrywacza IB



ległości znaleziska, natomiast faza świadczyć będzie, czy jest to materiał ferromagnetyczny, czy dia- lub paramagnetyczny. Przykładowe przebiegi w obu cewkach pokazuje **rysunek 10**. Informację o fazie można wydzielić za pomocą prostownika (detektora) synchronicznego. Początkujący elektronicy zapewne nie wiedzą, co to jest ten prostownik synchroniczny. Jest to rozbudowany układ prostownika, którego praca jest sterowana albo synchronizowana przez przebieg zmienny (tu przez przebieg zasilający cewkę nadajnika). Można powiedzieć, że przebieg zmienny z cewki odbiorczej jest prostowany, czy też przekształcany, w takt przebiegu z nadajnika. Prostownikiem synchronicznym jest na przykład stosunkowo prosty układ, którego wzmocnienie wynosi albo +1 albo -1 i jest sterowane przebiegiem synchronizującym. Wzmocnienie +1 oznacza, że układ dokładnie powtarza na wyjściu przebieg wejściowy, natomiast wzmocnienie -1 świadczy, że układ w tym momencie odwraca fazę sygnału o 180 stopni. Ilustruje to **rysunek 11**.

Na wyjściu takiego prostownika stosuje się zwykle filtr uśredniający i uzyskuje się w sumie napięcie stałe.



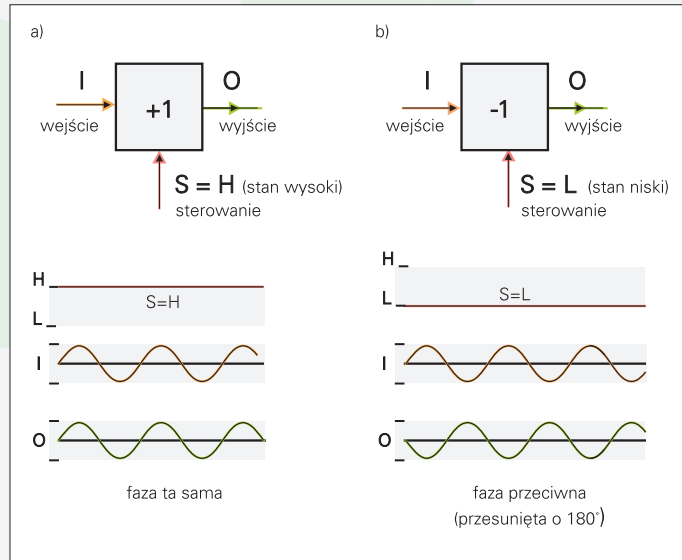
Rys. 10. Zależności fazowe w cewkach wykrywacza

Co najważniejsze, to napięcie stałe zależy nie tylko od amplitudy przebiegu prostowanego (jak to jest w zwykłym prostowniku), ale też od jego fazy. Pokazuje to **rysunek 12**. W zależności od fazy przebiegu prostowanego (przy takiej samej amplitudzie), wyjściowe (uśrednione) napięcie stałe może być zarówno dodatnie, ujemne, jak i równe zero! Oczywiście w układzie wykrywacza metalu, znak napięcia stałego na wyjściu filtru świadczy o rodzaju metalu. Jak wcześniej wskazano, w rzeczywistości zmiany fazy powstające pod wpływem niewielkich przedmiotów metalowych są naprawdę bardzo małe, to jednak dają się one wykryć i w sumie metoda fazowa jest częściej sto-

sowana w praktycznych wykrywaczach niż wszystkie pozostałe metody.

Rysunek 12 wskazuje, że w wykrywaczu z detektorem synchronicznym sygnałem świadczącym o obecności metalu jest napięcie stałe, a nie jak w poprzednio omawianych wykrywaczach – napięcia zmienne. W takim razie obecny być musi także dodatkowy blok, który wytworzy sygnał akustyczny, zależny od napięcia stałego na wyjściu detektora synchronicznego. Jak z tego widać, w przeciwieństwie do wcześniej omawianych wykrywaczy, sygnał dźwiękowy w słuchawkach nie ma praktycznie nic wspólnego z przebiegiem zasilającym cewkę nadawczą.

Jeśli w układzie z detektorem synchronicznym o wszystkim decyduje na-



Rys. 11. Zasada działania prostownika synchronicznego

pięcie stałe z jego wyjścia, to za pomocą odpowiedniej obróbki tego napięcia można uzyskać szereg nowych możliwości. Właśnie przede wszystkim odpowiednia obróbka sygnału uzyskiwanego z prostownika synchronicznego pozwala wzbogacić przyrząd o nowe, bardzo cenne funkcje.

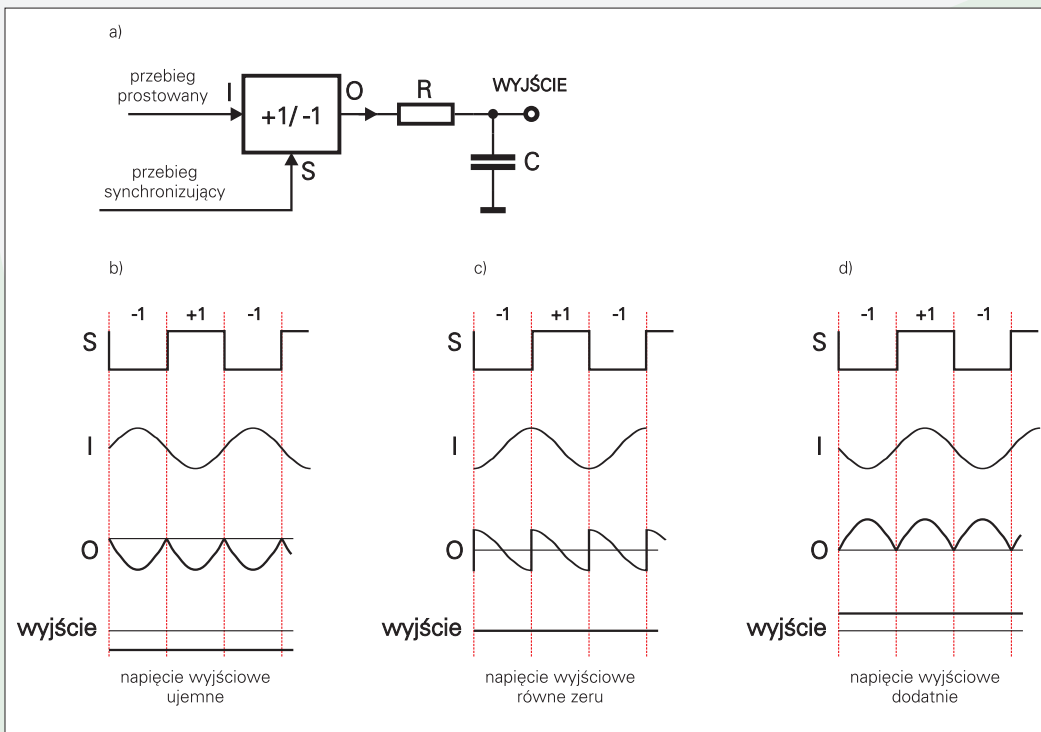
Przede wszystkim można dodać na wyjściu prostownika dodatkowy blok, który na przykład będzie reagował tylko na sygnały ujemne prostownika (odpowiadające między innymi metalom szlachetnym), a nie będzie reagował na ferromagnetyki, czyli w praktyce na złom żelazny.

Można też po prostu wyposażyć przyrząd w miernik wychyłowy z zerem po środku, by zobrazować informację o rodzaju materiału.

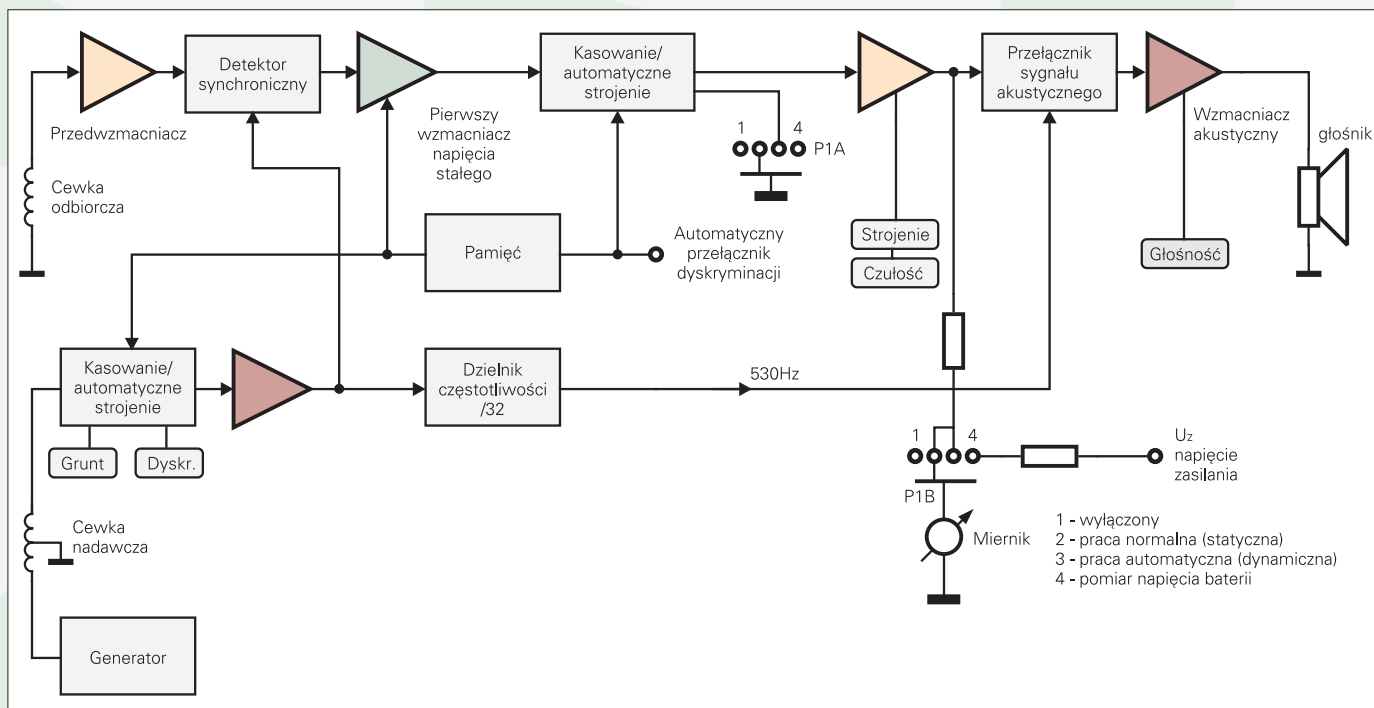
W ten sposób otrzymuje się przyrząd z rozróżnianiem metali.

Inną możliwością jest także wzbogacenie prostownika synchronicznego, by sygnalizator odzywał się dopiero przy znalezieniu przedmiotów o większych wymiarach, a nie drobnych śmieci typu kapsle, nakrętki, gwoździe, itp. Lepsze przyrządy tego typu mają możliwość płynnej regulacji progu czułości (odrzućcia).

Jeszcze inną możliwością jest wprowadzenie pokrętła, pozwalającego dopasować przyrząd do rodzaju gruntu. Chodzi o to, że grunty bywają w różnym stopniu zmineralizowane i już sam grunt jest wykazywany jako znalezisko. Aby wyeliminować efekt grun-



Rys. 12. Przykładowe przebiegi w prostowniku synchronicznym



Rys. 13. Schemat blokowy wykrywacza PROSPECTOR

towy należy odpowiednio zmienić fazę sygnału sterującego pracą prostownika synchronicznego.

Bardziej rozbudowane wykrywacze zwykle mają dodatkowo możliwość pracy dynamicznej. To znaczy, że cały układ jest wtedy objęty swego rodzaju pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego. Obwód pętli dba, by niezależnie od gruntu i innych czynników, uzyskać na wyjściu prostownika synchronicznego napięcie równe lub bliskie zeru. W takim wypadku przedmioty mogą być wykrywane tylko podczas ruchu sondy.

I oto doszliśmy do najczęściej spotykanych, nowoczesnych wykrywaczy zawierających sondę z cewkami wg rysunku 8 i dość skomplikowany układ elektroniczny. Dwa takie wykrywacze pokazane są z bliska na fotografiach 3 i 4.

Schemat blokowy rozbudowanego wykrywacza metali „Prospector”, widocznego na fotografii 3, zawierającego prostownik synchroniczny, pokazany jest na **rysunku 13**. Jak widać ze schematu blokowego, układ na pewno do najprostszych nie należy. Z tego wynika, że początkujący amatorzy nie mający doświadczenia, nie mają szans na wykonanie i wyregulowanie takiego układu. Zresztą wyregulowanie układu to jeszcze nie wszystko – kluczowe znaczenie i tak ma sonda, jej sztywność, wzajemne umieszczenie cewek i odporność na czynniki klimatyczne. Jest to największy problem praktyczny dla chętnych, pragnących samodzielnie wykonać detektor metali.

Właśnie te, w sumie pozaelektroniczne względy zdecydowały, że do tej pory na łamach EdW nie został przedsta-

wiony projekt budowy wykrywacza, wyposażonego w podobne cewki. Być może taki projekt ukaże się w EdW za jakiś czas po rozwiązaniu problemu wykonania we własnym zakresie (lub zakupu) dobrej sondy.

W najbliższych miesiącach planowane jest natomiast zaprezentowanie prostego wykrywacza typu BFO.

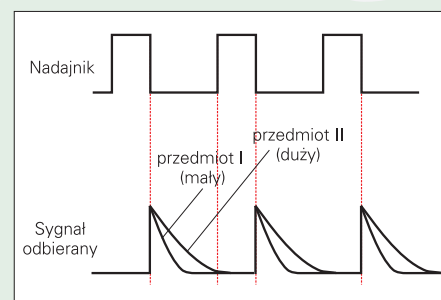
Wykrywacze typu PI

Skrót PI pochodzi od angielskich słów Pulse Induction i wskazuje, że chodzi o wykrywacz impulsowy, a nie wykrywacz o pracy ciągłej.

Wykrywacze PI czasem są nazywane niesłusznie ziemnymi radarami. Choć określenie radar jest niesłuszne, zasada działania wykrywacza typu PI rzeczywiście jest trochę podobna do radaru. W systemie radarowym w przestrzeń wysyłany jest krótki impuls promieniowania mikrofalowego, czyli fala elektromagnetyczna o częstotliwości rzędu gigaherców. W wykrywaczu PI do swego rodzaju anteny, a właściwie cewki nadawczej, doprowadzone są impulsy prądu stałego. Płynący prąd stały płynący przez cewkę wytwarza stałe pole magnetyczne. W momencie przerywania przepływu prądu, pole magnetyczne zanika. Szybkość zanikania tego stałego pola magnetycznego zależy między innymi od obecności (lub nieobecności) w tym polu przedmiotów metalowych. Obecność przedmiotów metalowych można rozumieć jako istnienie swego rodzaju rdzenia cewki, który zmienia indukcyjność cewki, a więc zdolność gromadzenia energii.

W momencie przerywania prądu, cewka, która do tej chwili była cewką nadawczą, staje się cewką odbiorczą i specjalny układ mierzy napięcie (prąd) indukujące się w cewce. Istnieją też wykrywacze PI z dwoma oddzielnymi cewkami: nadawczą i odbiorczą.

W każdym razie o obecności lub nieobecności w polu przedmiotów metalowych świadczy kształt i czas trwania impulsu w cewce odbiorczej po gwałtownym przerywaniu przepływu prądu. W dużym uproszczeniu dwa przypadki pokazano na **rysunku 14**.



Rys. 14. Uproszczone przebiegi wykrywacza PI

Oczywiście przetworzenie, a nawet interpretacja wyników odbywa się na drodze elektronicznej.

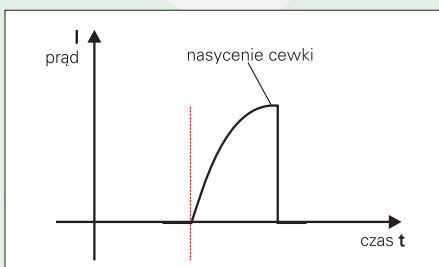
W przypadku wykrywaczy typu PI można uzyskać duży zasięg, ale zależy on bardzo od mocy impulsu, a krócej od wartości prądu w cewce nadawczej. I to jest spory praktyczny problem. Dla zwiększenia zasięgu trzeba zwiększać prąd. Tymczasem średnia wartość prądu nie może być zbyt duża ze względu na ograniczoną pojemność

Systemy

baterii (dotyczy to głównie sprzętu przenośnego).

Metodą na zmniejszenie średniego poboru prądu byłoby skrócenie czasu pojedynczego impulsu oraz zmniejszenie częstotliwości występowania impulsów. Ale tu występują istotne ograniczenia.

Po pierwsze, w rzeczywistości prąd w cewce nadawczej nie ma kształtu prostokątnego, jak w uproszczeniu zaznaczono na rysunku 14. Ze względu na indukcyjność cewki prąd narasta stopniowo. Przy zbyt krótkim impulsie prąd nie zdążyłby narosnąć do potrzebnej wartości. Czas trwania impulsu musi być tak duży, by cewka weszła w stan nasycenia, gdy prąd będzie ograniczony wartością rezystancji uzwojenia. Pokazano to na rysunku 15.



Rys. 15. Kształt impulsu w cewce nadawczej wykrywacza PI

Po drugie, jeśli częstotliwość impulsów będzie mała, powiedzmy 1 impuls na sekundę, to wprawdzie pobór prądu zostanie zredukowany, ale dla prawidłowego zlokalizowania znaleziska konieczne będzie bardzo powolne prowadzenie sondy, by nie ominąć jakiegoś interesującego przedmiotu.

Właśnie z podanych dwóch względów, praktyczne przenośne wykrywacze typu PI mają albo znaczny pobór prądu, albo wymagają bardzo wolnego przesuwania sondy w trakcie poszukiwań.

Oczywiście istnieją i wcale nie są rzadkością wykrywacze zasilane z odpowiednio pojemnych źródeł, które mają moc w impulsie rzędu 100W i więcej.

Wykrywacze typu PI mogą mieć wygląd zbliżony do wykrywaczy z cewką według rysunku 8. Spotyka się też przyrządy mające możliwość przełączenia do pracy w systemie PI albo pracy z prze-

Fot. 7. Wykrywacz podwodny



biegim ciągnym. Na fotografii 6 pokazano



Fot. 6. Wykrywacz typu PI

na wykrywacz typu PI. Dostępne przenośne wykrywacze typu PI mają maksymalne teoretyczne zasięgi 3...5m, przy czym w przeciwieństwie do wykrywaczy z prostopadłymi cewkami, mogą wykrywać także małe przedmioty. Pomimo teoretycznie lepszych parametrów, wykrywacze PI nie wyparły innych typów sprzętu.

Niewątpliwie wpływ na to ma bardzo wysoka

cena dobrych wykrywaczy PI.

W tej chwili najpo-

пулярniejsze są wykrywacze IB z równoległymi cewkami, omówione w poprzednim śródtytułe.

Inne wykrywacze

Dotychczas omówione rodzaje wykrywaczy w jakiś sposób opierają swe działanie na zmianie indukcyjności cewki pod wpływem zbliżanego do niej przedmiotu metalowego.

Znane i stosowane są także wykrywacze pracujące na zupełnie innej zasadzie. Wykrywacze takie są jed-

nak mniej popularne, i zwykle bardzo, a nawet bardzo kosztowne.

Przykładowo w archeologii stosuje się następującą metodę do wyszukiwania utlenionych przedmiotów metalowych. Wysyła się w grunt sygnał radiowy o określonej częstotliwości i dużej mocy. Dzięki pewnym zjawiskom związanym z efektem półprzewodnikowym na powierzchni takich znalezisk, następuje podwojenie lub potrojenie częstotliwości. Krótkofalowcy stosujący powielacze częstotliwości z łatwością zrozumieją o co tu chodzi. Potem należy tylko za pomocą odpowiednio czułego odbiornika wykryć te powielone częstotliwości. Oczywiście nie jest to proste, bo moc tego promieniowania jest bardzo słaba, i należy je odróżnić od ewentualnych harmonicznych przebiegu pierwotnego. Taką aparaturę nie bywa używana przez amatorów.

Wśród profesjonalnych przyrządów, które mogą być użyte do poszukiwań metali, należy jeszcze wymienić magnetometry, czyli mierniki pola magnetycznego ziemi, oraz mierniki siły przyciągania ziemskiego.

Jak się łatwo domyślić, metale będą w jakimś bardzo niewielkim stopniu zaburzać przebieg linii sił ziemskiego pola magnetycznego. Tak samo, jeśli gęstość przedmiotów poszukiwanych będzie różniła się od gęstości otoczenia (gruntu), to wystąpi lokalna zmiana siły przyciągania.

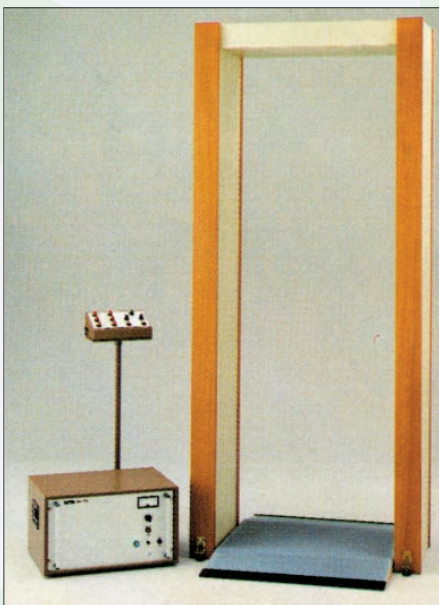
Nietrudno dojść do wniosku, że zmiany takie będą niewyobrażalnie małe, i aparatura służąca do ich pomiarów musi być niesamowicie czuła i stabilna. W ofercie zachodnich firm zajmujących się sprzedażą ekwipunku dla poszukiwaczy spotyka się magnetometry, ale już w ofercie przeczytać można, że interpretacja wskazań jest bardzo trudna i nie gwarantuje dobrych efektów.

Jest to oczywiste, biorąc pod uwagę wielkości oczekiwanych znalezisk.

W literaturze z omawianej dziedziny pojawiły się doniesienia o próbach wyko-



Fot. 8. Wykrywacz podwodny o dużym zasięgu



Fot. 9. Bramka bezpieczeństwa

rzystywania do poszukiwań zjawisk występujących na poziomie molekularnym (atomowym).

W Elektronice dla Wszystkich 8/97 na stronie 5 zamieszczone było krótkie, półstronicowe doniesienie o wykorzystywaniu rezonansu magnetycznego jąder atomowych. Metoda ta, stosowana wcześniej w medycynie, zaczyna być stosowana także do kontroli bagażu na lotniskach. Oczywiście sposób ten może być wykorzystany także do identyfikacji metali. Aparatura jest w tym wypadku bardzo droga i na pewno jej kupno nie leży w zasięgu amatorów skarbów, nawet tych mieszkających w najbogatszych krajach. Co ciekawe, w ogłoszeniach i reklamach przeznaczonych dla takich poszukiwaczy pojawiły się już dość dawno informacje o niewielkich, zasilanych z baterii wykrywaczach molekularnych, bazujących podobno na tej metodzie.

Pikanterii całej sprawie dodaje fakt, że w rzeczywistości odbiornikiem ma być... człowiek, a wskaźnikiem są tak zwane rezonatory (coś w rodzaju obrotowych an-

tenek trzymany w obu rękach). Sposób przeprowadzania poszukiwań przypomina niewątpliwie praktyki różdżkarskie. Jednak opisy tego typu przyrządów nie zawierają wzmianek o różdżkarstwie, są natomiast pełne skomplikowanych określeń technicznych. Te fachowe słownictwo niewątpliwie robi wrażenie na (zasobnych) laikach, ale w osobach, które trochę bardziej znają się na elektronice cóż budzi co najmniej mieszane uczucia i skłania do podejrzeń o oszustwo. Jak bowiem wiadomo, wy-

tów z dalszej odległości. Z kolei profesjonalna aparatura (używana w medycynie lub na lotniskach) ma świetne parametry, ale jest niesamowicie skomplikowana i pobiera dużo energii. Tymczasem reklamowane przyrządy, rzekomo wykorzystujące zjawiska atomowe, pobierają z 9-woltowej baterii... kilka do kilkunastu miliamperów prądu. Podaje się przy tym, że obszar wykrywania sięga kilkuset metrów (mierzony po powierzchni ziemi) i jednego metra w głąb (dla pojedynczej monety) lub dziesięciu metrów w głąb (dla skrzynki z kosztownościami).

Ewentualnych klientów (lub naiwnych) ludzi się perspektywami niesamowitych znalezisk, które miałyby być dokonane za pomocą takiego wykrywacza. Stosowna do spodziewanych korzyści jest oczywiście cena takich przyrządów. Nieraz przekracza ona znacznie (w przeliczeniu) 20000 złotych.

Taki sprzęt jest dostępny w USA oraz w Niemczech, ale raczej nie trafia jeszcze do Polski.

Piotr Górecki

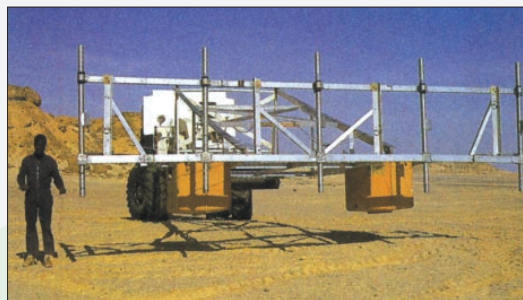
Od Redakcji: Dziękujemy Panu WOJCIECHOWI OKSIEŃCIUKOWI, właścicielowi firmy ARMAND za udostępnienie materiałów i zdjęć do niniejszego artykułu.



Fot. 10. Wykrywacze metali do kontroli osób



Fot. 11. Detektor montowany na samochodzie



Fot. 12. Wykrywacz wieloczujnikowy

trywacze powszechnie znane i stosowane do tej pory mają stosunkowo niewielki zasięg oraz bardzo mocno ograniczone zdolności wykrywania małych przedmio-



Fot. 13. Wykrywacz wielkopętlowy