

ZBLIŻENIOWY SYGNALIZATOR TRANZYSTOROWY

Układy elektroniczne opisanych niżej pojemnościowych sygnalizatorów (prostszy oraz bardziej złożony) umożliwiają pewne zabezpieczenie pomieszczeń, względnie fragmentów tych pomieszczeń przed wizytami osób niepożądanych, wynoszeniem i wkładaniem różnych przedmiotów, zabezpieczają urządzenia przełączające przed manipulacjami osób niepowołanych, licząc osoby wchodzące i wychodzące z danego pomieszczenia. Niezależnie od tego układy tego typu mogą być używane również i do innych celów, zależnie od potrzeb wykonawcy.

Szybki rozwój elektroniki i techniki przekazywania informacji obejmuje również układy alarmowania i rejestrowania. Dokonał się w ostatnich latach ogromny skok w tej dziedzinie od prymitywnych urządzeń z prądem stałym do kompleksowych układów optyczno-elektronicznych.

Nadzorowane przez różne czujniki pomieszczenia i fragmenty tych pomieszczeń dają się jeszcze dzielić na poszczególne punkty i linie. Wykorzystywane są tu najnowsze zdobycze elektroniki, elektroakustyki, optyki, fotografii, ultradźwięków i telewizji przemysłowej. W nowoczesnych układach zabezpieczających pracują systemy mieszane, z nadajnikami ultradźwięków lub podzerwieni, współpracujące z czujnikami reagującymi na ciepło ciała ludzkiego, na wstrząsy, bądź specjalnie uczulonymi na odgłos ciężego, względnie rysowanego szkła, pracę wiertła w betonie, kamieniu, cegle itd. Oprócz układów zabezpieczających określone jakies jedno pomieszczenie, zakłada się również niekiedy całe centrale sprawujące nadzór nad dużymi obiektami przemysłowymi, magazynami, do których dochodzą meldunki nawet ze znacznych odległości. Wielka liczba rozmaitych typów czujników i systemów zabezpieczenia daje nieograniczone możliwości tworzenia układów mieszanych i pochodnych, uzupełniających się wzajemnie.

Jednym z prostszych układów, który może być wykorzystany w technice amatorskiej i wykonany przy niewielkim nakładzie kosztów, jest układ z czujnikiem pojemnościowym. Może on być używany do zabezpieczenia drzwi i okien, bram i szaf, fragmentów pomieszczeń, względnie tylko niektórych przedmiotów w nich ustawionych.

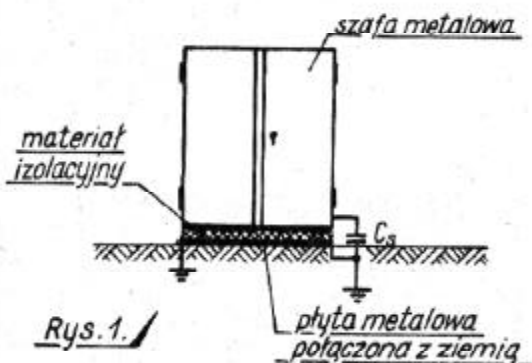
Niewątpliwym punktem wszystkich urządzeń sygnalizacyjnych i układów czujnikowych jest sys-

tem zasilania. Zanik napięcia sieciowego zasilającego układy, spowodowany przyczynami zewnętrznymi lub wskutek umyślnie spowodowanego zwarcia, sprawi, że układ czujnikowy, względnie alarmujący, pozostanie „martwy” i nie będzie mógł spełnić swojego zadania.

Należy przy tym pamiętać, że zwarcie linii zasilającej (dostępnej z zewnątrz) nie stanowi żadnego problemu. Instalacje czujnikowo-alarmowe nie mogą więc być zasilane wyłącznie z tego rodzaju źródeł prądu elektrycznego. Niezależnie od nich powinno być stosowane jedno, względnie dwa źródła zasilania awaryjnego, które w razie zaniku napięcia sieci zostaną włączone automatycznie i zapewnią ciągłą, bezawaryjną pracę układu sygnalizacyjnego przynajmniej w ciągu 60 sekund od chwili wystąpienia zaniku napięcia sieci.

Czas zasilania urządzeń sygnalizacyjnych z awaryjnych źródeł zasilania prądu stałego zależy od poboru prądu przez te urządzenia i od pojemności baterii akumulatorów.

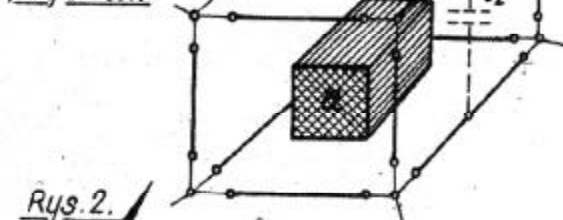
Opisane niżej układy z czujnikami pojemnościowymi są przydatne do zabezpieczenia pomieszczeń z konstrukcjami stalowymi (np. regały, szafy metalowe i inne), które można potraktować jako odizolowane od ziemi okładziny kondensatora.



Rys. 1.

a - chroniony przedmiot

C_1, C_2, \dots pojemności utworzone przez poszczególne pary drutów



Rys. 2.

tworzące z połączoną z ziemią elektrodą określoną pojemność (rys. 1). Najlepsze wyniki uzyskuje się, gdy pojemność utworzonego w ten sposób kondensatora nie będzie większa niż 700 pF.

Każda zmiana tej „sytuacyjnej” pojemności w wyniku przybliżenia do czujnika ręki albo innego przedmiotu spowoduje wyzwolenie alarmu.

Powierzchnia chroniona przez czujniki nie powinna być większa od powierzchni zakreślonej 80-centymetrowym promieniem. W żadnym razie obwód zakreślony tym promieniem nie może wystawać poza obręb chronionego pomieszczenia.

W celu zabezpieczenia przedmiotów niemetalowych otacza się je odpowiednio porozwieszanymi drutami (rys. 2), które zastępują okładziny kondensatora. Układ tego rodzaju może jeszcze dodatkowo wykazywać przerwanie obwodu utworzonego przez poszczególne druty.

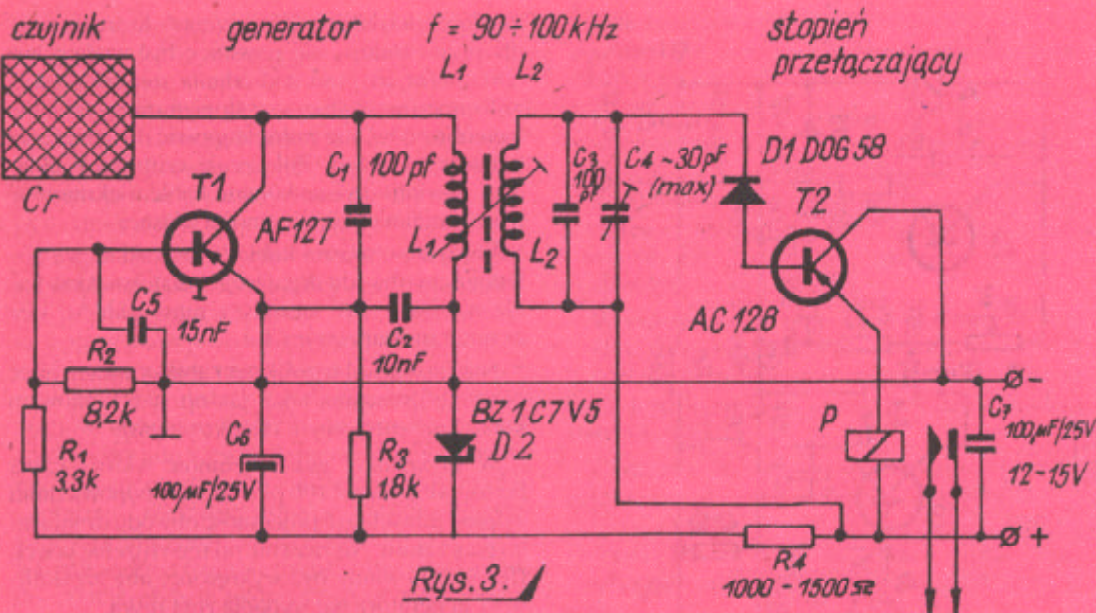
Pojemnościowy sygnalizator przełącznikowy lub kontaktronowy pracuje na zasadzie przestrojenia generatora wielkiej częstotliwości i może wywołać alarm optyczny, względnie akustyczny w momencie pojawienia się w nadzorowanej przez czujnik strefie jakiegoś obcego ciała.

Połączony z pojemnościowym czujnikiem obwód drgający generatora w.c.z. tworzy względem ziemi (albo przeciwiektrody) określoną pojemność równoległą, której nawet nieznaczna zmiana spowoduje rozstrojenie obwodu rezonansowego i w wyniku tego rozstrojenia – zadziałanie przekaźnika uruchamiającego sygnalizator alarmowy.

Do niedawna w urządzeniach tego typu stosowano lampy, lecz były to urządzenia ciężkie i kłopotliwe w eksploatacji, zwłaszcza jeśli chodzi o źródła zasilania awaryjnego, konieczność stosowania przetwornic itd. Rozwiązanie podobnego w działaniu urządzenia, lecz zbudowanego na tranzystorach, umożliwia instalowanie go w każdych warunkach i w takich obiektach, jak samochody i inne pomieszczenia wymagające nadzoru, lecz bez potrzeby uzależniania się od sieci zasilania elektrycznego (wykorzystuje niezależne źródła zasilania).

Schemat prostego czujnika pojemnościowego zbudowanego na tranzystorach przedstawiony został na rys. 3. Zadziałanie przekaźnika, względnie kontaktronu powoduje włączenie urządzenia alarmującego (dzwonek, syrena alarmowa, licznik elektryczny) z możliwością równoczesnego oświetlenia chronionego pomieszczenia.

Urządzenia tego typu mogą być używane nie tylko do ochrony pomieszczeń, zabezpieczania otworów wejściowych, wentylacyjnych i innych.



ale i w elektronice przemysłowej do sterowania względnie kontrolowania procesów wytwarzania.

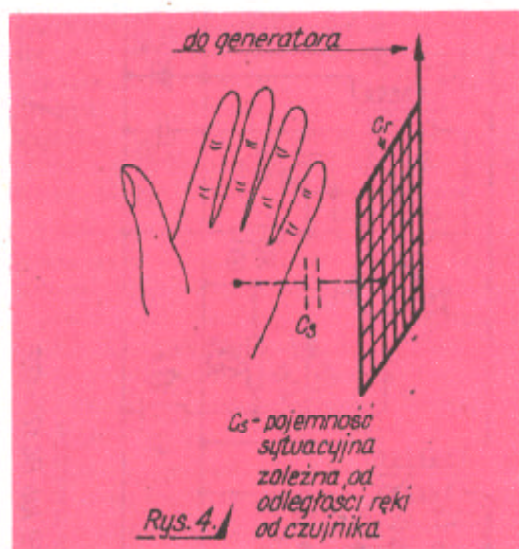
Czujnik C_r reaguje na zbliżenie ręki lub innego przedmiotu i wywołuje alarm za pośrednictwem przekaźnika umieszczonego w obwodzie emiterowym tranzystora T_2 .

Generator w.cz. z tranzystorem T_1 drga z częstotliwością równą lub zbliżoną do 100 kHz (obwód L_1, C_1, C_2), a napięcie wytworzone w obwodzie cewki L_1 zostaje przetransformowane do obwodu L_2, C_3 nastrojonego również na tę samą częstotliwość, a po wyprostowaniu przez diodę D_1 – podane do bazy tranzystora T_2 pracującego w układzie wzmacniacza. Jeżeli na bazy tranzystora wystąpi napięcie blokujące tranzystor, to nie będzie on przewodził i przekaźnik nie zadziała (styki robocze rozwarne). Jeżeli zbliżymy rękę do płaszczyzny czujnika (rys. 4) połączonym z obwodem generatora, to obwód L_1, C_1, C_2 zostanie rozstrojony i w obwodzie L_2, C_3 nie będzie indukowało się żadne napięcie, wskutek czego tranzystor zacznie przewodzić prąd, co spowoduje przyciągnięcie kotwicy przekaźnika i zwarcie styków, zamykających obwód zasilania sygnalizacji alarmującej.

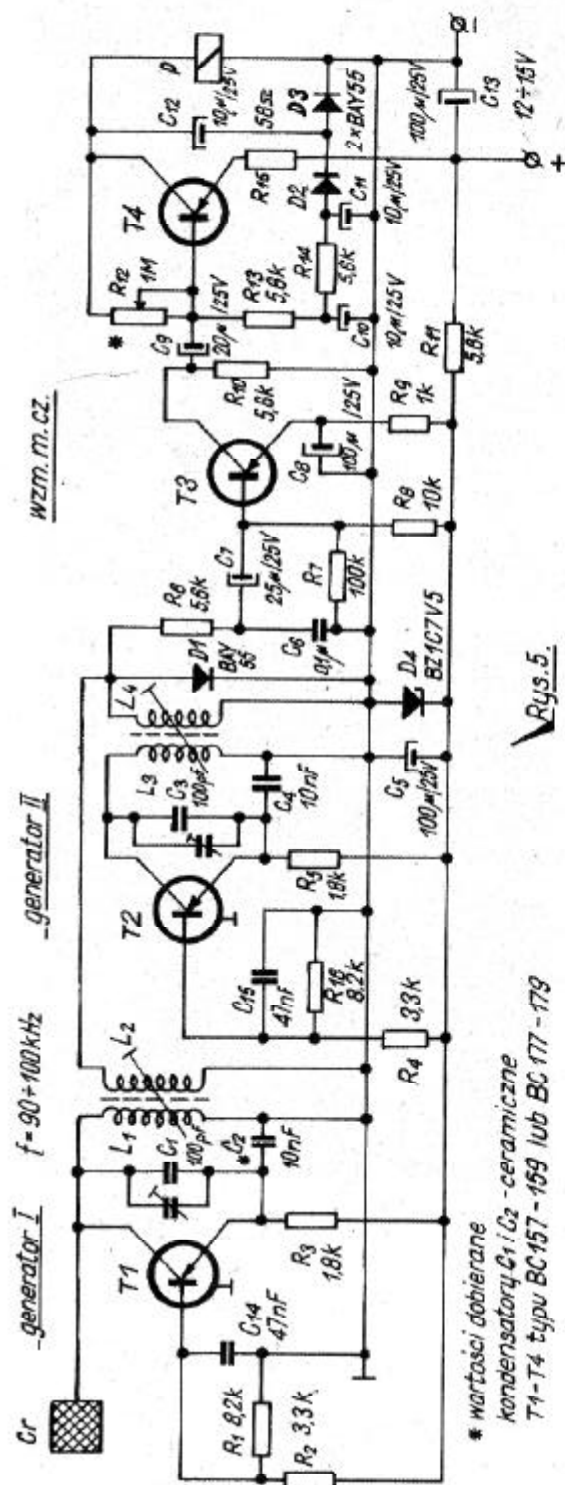
Napięcie zasilające jest stabilizowane diodą Zenera (D_2).

Opisany tutaj układ jest bardzo prosty, ale też i mało czuły w porównaniu z innymi układami.

Z pierwotnym obwodem generatora jest sprzę-



gnięty obwód wtórny utworzony przez L_2 i C_3 . W celu dokładnego dostrojenia przyłączamy do niego trymer o pojemności nie większej niż 30 pF. Dioda D_1 prostuje napięcie w.cz. dostarczane z obwodu wtórnego cewki L_2 , które steruje tranzystorem T_2 pracującym w układzie ze wspólnym kolektorem. Odchylenie od częstotliwości, na jaką został nastrojony generator, powoduje wzrost (względnie spadek) wielkości napięcia wyprostowanego przez diodę D_1 , a dzięki temu jest



możliwe zadziałanie przekaźnika, którego opór dla prądu stałego nie powinien być większy niż 500 omów, a prąd zadziałania mniejszy od 5 miliamperów. Wybierając stopień sprężenia obu tych obwodów, nie wolno dopuścić do sprężenia ponadkrytycznego. Połączenie czujnika z układem powinno być wykonane kablem ekranowanym o minimalnej pojemności własnej.

Pojemność własna kabla będzie składową pojemnością obwodu drgającego, dlatego ekran kabla nie może być łączony z masą układu, lecz z emiterem tranzystora T1.

Niezależnie od tego ekran kabla powinien mieć powłokę izolacyjną taką, jak np. w 60-omowym kablu koncentrycznym (televizyjnym).

W przypadku, gdy pojemność własna kabla będzie większa niż 100 pF, należy w odpowiednim stopniu powiększyć pojemność obwodu drgającego generatora. Niezależnie od tego rdzenie cewek (ferryty) powinny być wykrojone, aby częstotliwość generatora nie wypadła zbyt niska.

Schemat na rys. 5 przedstawia bardziej rozbudowany układ sygnalizacyjny z dwoma generatorami w.c.z., pracujący na znanej radioamatorom zasadzie generatora zdudnieniowego. Częstotliwość drgań obu generatorów jest jednakowa, chociaż cewki pod względem konstrukcyjnym mogą być różne.

Istotne jest, aby mogły one drgać z częstotliwością 100 kHz, chociaż wartości ich elementów montażowych może być różna.

Wybrana częstotliwość drgań wynika z konieczności uzyskania w urządzeniu dużej stabilności, a wykorzystanie odpowiednio dużej pojemności obwodu i niezależnie od tego duża stabilność są wymagane i z tego powodu, że przyczyną rozstrojenia urządzenia są czujniki, które reagują na znikomo małe pojemności wynikające ze zbliżenia do czujnika jakiegoś obcego ciała. Spowodowanie w taki sposób nawet niewielkiego przyrostu pojemności (pojemność równoległa) wywołuje zmianę częstotliwości generatora, decydującą o wszczęciu alarmu.

Jeżeli obwody rezonansowe będą wykonane w ten sposób, że cewki L będą miały indukcyjność rzędu 30 mH, a pojemność kondensatora równoległego wraz z trymerem będzie wynosić około 100 pF, to częstotliwość drgań wyniesie 90–100 kHz, a więc tyle, ile było założone dla tych obwodów drgających.

Przykładowo można podać, że zmiana pojemności w obwodzie drgającym o 10 pF (10%)

spowoduje zmianę częstotliwości o około 12–13 kHz, czyli 3,2%. Poszczególne wartości zostały dobrane tak, że stanowią kompromis między stabilnością układu i stopniem rozstrojenia. Jako cewki L_1 i L_3 mogą być użyte cewki stosowane w technice telewizyjnej lub cewki z rdzeniami ferrytowymi, w jakie wyposaża się obwody drgające odbiorników radiofonicznych.

W celu sprzężenia wytworzonych w ten sposób częstotliwości (w.c.z.) w każdej cewce L_1 , względnie L_2 , zawierających około 2000 zwojów drutu w izolacji bawełniano-emaliowej (drut \varnothing 0,15–0,25 mm) należy dodatkowo nawinąć jeszcze uzwojenia cewek L_3 i L_4 mające po 50 do 100 zwojów wykonanych takim samym drutem jak cewki pozostałe. Cewki obu generatorów powinny być w miarę możliwości nawinięte jednakowo. Do „gorącego” końca pierwotnego obwodu drgającego jest przyłączony czujnik wykonany jako siatka lub płaszczyzna równoległych drutów przyklejona do jakiejś płyty z tworzywa sztucznego lub ze szkła, względnie w inny sposób (rys. 6). Rozstrojenie obwodu spowodowane przyłączeniem czujnika może być kompensowane rdzeniem cewki L_3 lub przez odpowiednie ustawienie trymera przyłączonego do pojemności C_1 albo C_3 .

Przewód łączący czujnik z generatorem powinien być w tym przypadku możliwie jak najkrótszy i wykonany z cienkiego nieekranowanego drutu.

Należy również dopilnować, aby oba generatory nie sprzęgały się między sobą i w związku z tym powinny znajdować się one w oddzielnych przedziałach wspólnej obudowy tak, aby nie występowały między nimi różnice temperaturowe (mimo starannego ich oekranowania), gdyż przy stosunkowo niewielkiej pojemności obwodu drgającego zmiany temperaturowe mogą wywołać w generatorach niepożądane zmiany częstotliwościowe.

Napięcia w.c.z. odprowadzane z uzwojeń obu cewek sprzęgających generatorów (L_3 i L_4) są zmieszane na wejściu diody D 1.

Wskutek niewielkiej ilości zwojów obu cewek (L_2 i L_4) sprzęgających generatorów unika się tzw. zjawiska przeciągania i dlatego otrzymuje się nieznkształcone częstotliwości różnicowe w granicach od 30 do 60 Hz. Filtr dolnoprzepustowy ($R_6 + C_6$) przenosi częstotliwości różnicowe albo zdudnienia tym lepiej, im będą one niższe.

Tranzystor T 3 jest wzmacniaczem napięcia zdudnienia w takim stopniu, że amplituda tego napięcia będzie wystarczająca doysterowania tranzystora T 4, pracującego w zakresie niepełnegoysterowania, w dolnej części charakterystyki, z bardzo małym prądem bazy względnie kolektora

(regulowanym opornikiem bazy R_2), powodującym pozostawanie przekaznika w stanie spoczynkowym.

Dopływające do bazy tranzystora T 4 zmienne napięcie jest w nieznacznym stopniu wzmacnione i z kolektora T 4 doprowadzone do dwóch diod D 2 i D 3 tworzących układ podwajacza napięcia, z którego stałe napięcie, po odpowiednim odfiltrowaniu, jest wykorzystane jako przedpięcie bazy dla tranzystora T 4.

Wskutek tego, że napięcie to jest ujemne, powoduje ono przyrost wzmożenia tranzystora T 4. Wzrost napięcia zmiennego występującego na bazie tego tranzystora będzie związany z prądem stałym kolektora.

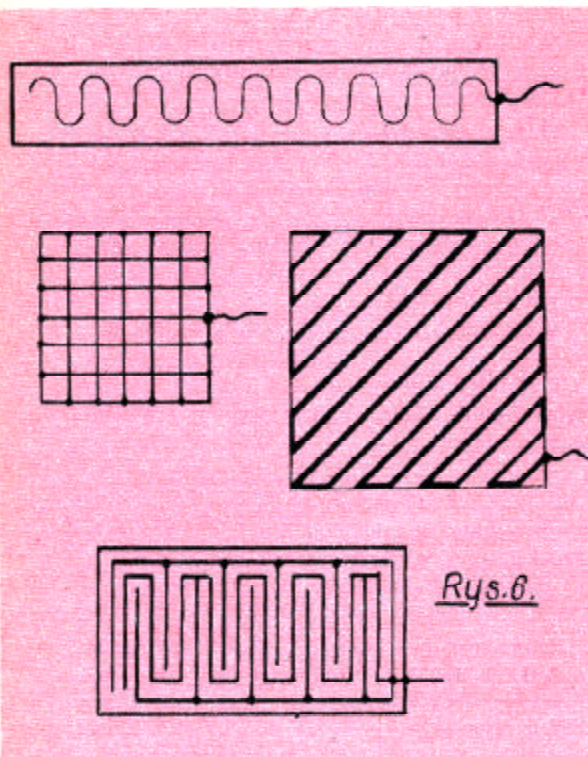
Opornik emiterowy T 4 ogranicza prąd i stabilizuje tranzystor temperaturowo. Zjawiska zachodzące w układzie powodują, że przekaznik może zadziałać pewnie i szybko, nawet w przypadku nieznacznie zmieniającego się napięcia sterującego.

Tranzystor T 4 może być w pewnym sensie potraktowany jako stopień refleksowy, gdyż równocześnie wzmacnia prądy m.c.z., jak i prądy stałe. Dioda Zenera (8 – 10 V) stabilizuje napięcie zasilające oba generatory, pobierane z baterii, względnie z zasilacza sieciowego, odpowiednio przystosowanego do tego celu. Maksymalny pobór prądu wynosi około 20 mA.

Układ z dwoma generatorami nadaje się szczególnie do konstrukcji o dużej czułości, nie jest skomplikowany, można więc pominąć szczegóły jego wykonania. Istotne jest jednak, aby tranzystor T 2, pracujący jako wzmacniacz prądu stałego, nie powodował zbytniego tłumienia obwodu, co jest łatwe do osiągnięcia, jeśli będzie on pracował w układzie ze wspólnym kolektorem.

Cewki generatora, wykonane jako sekcyjne, z określoną ilością odczepów, umożliwiają przyłączenie do nich diody D 1 i osiągnięcie przez to od tłumienia obwodu. Częstotliwość obu obwodów drgających powinna być tak dobrana, aby prąd kolektorowy tranzystora T 3 wzrastał i malał w zależności od wielkości pojemności równoległej.

Pierwszy przypadek ma miejsce, gdy obwody rezonansowe są przesunięte o połowę pasma obwodu sprzężonego, występuje wtedy detekcja na zboczach krzywej rezonansowej. Jeżeli oba obwody będą względem siebie w rezonansie, to prąd płynący w obwodzie (podczas rozstrojenia generatora w określonym kierunku) wzrośnie.



Jest kilka wariantów pracy opisanego układu. Słabe sprzężenie obwodów generatora daje zjawisko tego rodzaju, że zbliżenie do czujnika jakiegoś przedmiotu lub osoby spowoduje zerwanie drgań oscylatora. W takim razie obwód wtórny nie będzie otrzymywał żadnego napięcia, które normalnie wynosi kilka woltów.

Przy odpowiednio dobranej pojemności sprzężenia zwrotnego C_2 , wynoszącego normalnie ok. 10 nF, generator nie będzie zrywał drgań.

W wypadku konieczności stłumienia obwodu generatora za pomocą opornika, należy zwrócić uwagę, aby nie uległ zmianie wybrany dla tranzystora T 1 punkt pracy.

Działanie układu jest łatwe do przesledzenia na przedstawionym schemacie. Przy nie pobudzonym czujniku oba generatory dają różnicę częstotliwości wynoszącą kilkanaście kHz, ta stosunkowo wysoka częstotliwość zdudnienia jest doprowadzona do filtru dolnoprzepustowego i tam silnie obciąża, tak że napięcie sterujące tranzystor T 4 jest znikomo małe i nie powoduje zadziałania przekaźnika.

Jeśli pierwszy z generatorów zostanie rozstrojony przez czujnik, to częstotliwość zdudnienia zbli-

ży się do zera i filtr dolnoprzepustowy będzie nieznacznie tylko tłumić te częstotliwości, a prąd płynący w obwodzie tranzystora T 4 wskutek otrzymania napięcia o dużej amplitudzie spowoduje szybkie zadziałanie przekaźnika.

Pewnym mankamentem tego układu jest to, że przy częstotliwości zdudnienia równej zero przekaźnik ponownie rozewrze styki, ponieważ wzmacniacz będzie wzmacniać tylko najniższe częstotliwości.

Zjawisko to występuje przy częstotliwości kilku Hz i może być łatwo wyeliminowane przez równoległe podłączenie do uzwojenia przekaźnika kondensatora o pojemności kilkuset mikrofaradów. Praktycznie ten problem rozwiązuje się tak, że generatory ustawia się na częstotliwości zdudnienia, określane jako „spoczynkowe”, wynoszą one zwykle kilkaset Hz, a przy zbliżeniu do czujnika jakiegoś ciała lub przedmiotu wzrastają one do kilku kiloherców.

Istnieje również możliwość zastosowania kombinacji odwrotnej – przy pobudzonym czujniku – częstotliwość zdudnienia zamiast rosnąć będzie malała do zera.

W układzie przedstawionym na rys. 5 przekaźnik ma w stanie spoczynku kotwicę zwolnioną, a przyciąga ją w momencie pobudzenia czujnika, przy czym wyzwolenie alarmu odbywa się przez styki robocze, a nie spoczynkowe (styki spoczynkowe rozwarne). Może zaistnieć również i odwrotna sytuacja, że przekaźnik w stanie spoczynkowym będzie miał zwarte styki robocze i przyciągniętą kotwicę, a sygnalizacja będzie mogła być zrealizowana przez styki spoczynkowe, które w tym przypadku staną się stykami roboczymi.

Występuje tu jednak pewien kłopot, gdyż przy zbliżeniu do czujnika większej grupy ludzi nastąpi duży przyrost pojemności równoległej i w procesie zdudnienia może wystąpić krótka przerwa powodująca zwarcie (zwolnienie) kotwicy przekaźnika.

Zastosowanie w układzie zamiast filtru dolnoprzepustowego podwójnego członu RC powoduje, że krzywa przepuszczania jest bardziej stroma, a zależność procesu przełączania odpowiednio większa, uwarunkowana częstotliwością zdudnienia.

Montaż urządzenia należy tak wykonać, aby generatory nie były narażone na duże zmiany temperatury, a tranzystor T 4 zaopatrzony w skutecznie chłodzący radiator (odpowiedni dla tego typu tranzystora).

Inż. Jerzy Brdulak