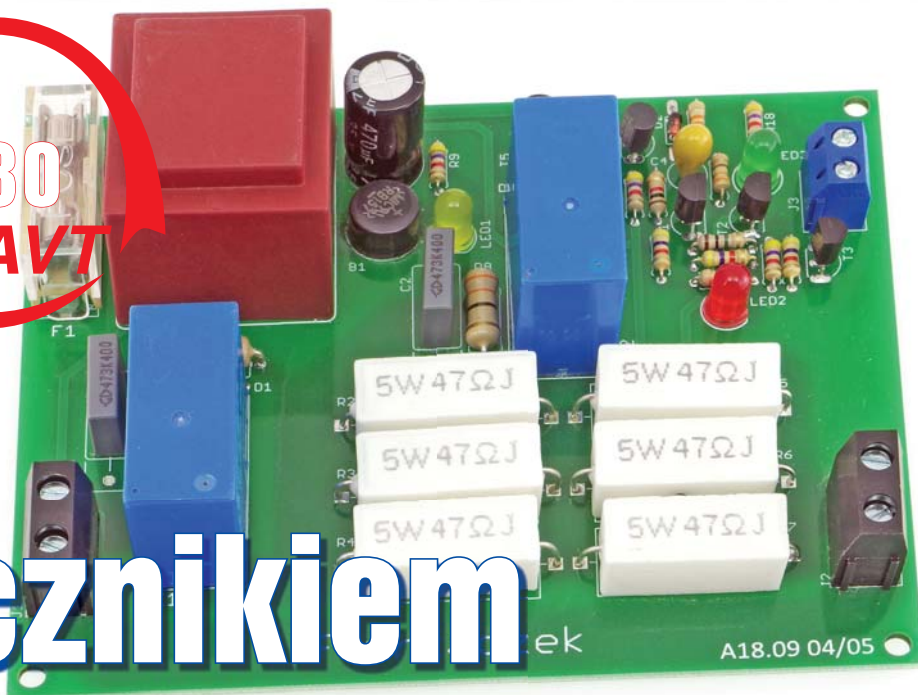


Soft-start z wyłącznikiem

kit
3280
AVT



Układ, który umożliwia wygodne włączanie i wyłączenie obciążenia. A ograniczenie prądu rozruchowego dużych urządzeń elektrycznych, jak silniki i transformatory, zmniejsza ryzyko zadziałania zabezpieczenia nadprądowego (bezpieczników).

Do czego to służy?

Układ ten pozwala ograniczyć prąd, jaki płynie przez dołączony doń odbiornik przez krótką chwilę po jego włączeniu. Odbywa się to przez włączenie w szereg rezystorów. Po chwili rezystory te są automatycznie zwierane, a odbiornik może pracować z pełną mocą.

Włączanie obciążenia może odbywać się niewielkim, wygodnym i odizolowanym galwanicznie od sieci wyłącznikiem. Na płycie został zintegrowany przekaźnik, który jest w stanie przewodzić prąd o wysokim natężeniu, a przełącznik steruje jego cewką.

Ponadto, w odróżnieniu od innych układów softstartu, ten zawiera proste zabezpieczenie przed przegrzaniem rezystorów rozruchowych. Jeżeli taka sytuacja miałaby miejsce, układ przechodzi w stan spoczynku, a użytkownik jest o tym informowany świeceniem odpowiedniej diody LED. Eliminuje to ryzyko zniszczenia układu oraz wystąpienia pożaru.

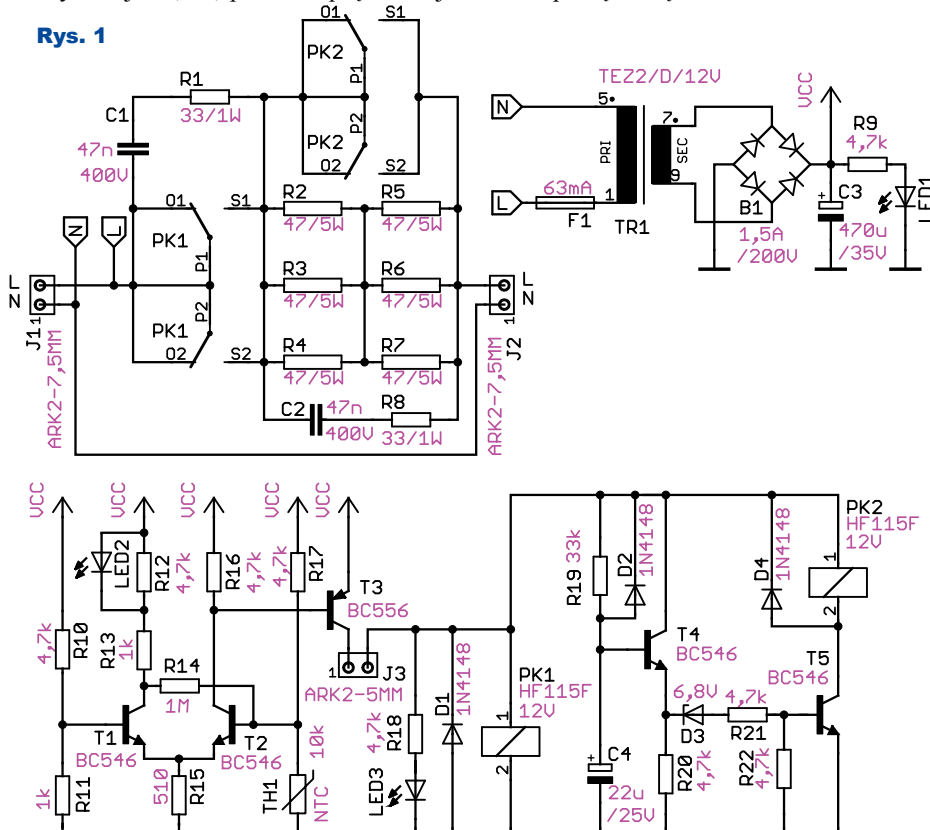
Jak to działa?

Schemat układu znajduje się na rysunku 1. Część wykonawczą stanowią dwa przekaźniki oraz sześć połączonych ze sobą rezystorów mocy. Przekaźnik PK1

załącza obciążenie do sieci. Jego styki zostały połączone równolegle, aby zwiększyć ich obciążalność prądową. Zwarcie styku wspólnego ze stykami NO wynika jedynie z wygodniejszego układu połączeń na płycie i nie ma wpływu na działanie układu. Po zadziałaniu przekaźnika PK1, prąd do obciążenia przepływa przez rezystory R2...R7 o wypadkowej rezystancji 31,3Ω, przez co prąd zostaje

ograniczony do wartości nie większej niż około 7,3A. Tak duży prąd umożliwia już rozruch silnika czy transformatora, ale na pewno nie spowoduje zadziałania zabezpieczenia nadprądowego (typowo 16A) w instalacji. Zwarcie styków przekaźnika PK2 bocznikuje je, przez co praktycznie cały prąd zaczyna płynąć przez jego styki. Obciążenie może od tej pory pracować z pełną mocą.

Rys. 1



Równoległe do styków przełączników znalazły się elementy RC, których zadaniem jest zredukowanie poziomu zakłóceń elektromagnetycznych, jakie wywołuje iskrzenie podczas przełączania. Bez nich układ będzie działał poprawnie, ale może negatywnie oddziaływać na otoczenie.

Dwu tranzystorowy układ T1–T2 przypomina przerzutnik Schmitta i jest nim w rzeczywistości. W temperaturze pokojowej, na zaciskach termistora odkłada się napięcie około 10V (około 2/3 napięcia zasilającego), co polaryzuje tranzystor T2 do przewodzenia, zaś T1 jest wówczas zatkany. Prąd kolektora T2 jest „wysysany” z bazy tranzystora T3, co z kolei umożliwia załączenie przełączników, o czym dalej.

Wzrost temperatury ponad wartość krytyczną jest wykrywany przez spadek rezystancji termistora i – co za tym idzie – spadek potencjału bazy T2. Kiedy spadnie on na tyle, że potencjał bazy T1 okaże się wyższy, układ przełączy się. Cały prąd z rezystora R15 popłynie teraz przez emiter T1 (oraz jego kolektor), wywołując tym samym świecenie diody LED2. Tranzystor T3 zostanie zatkany, gdyż kolektor T2 przestanie „wysysać” prąd z jego bazy.

Warto zauważyć, że w tym układzie występuje dodatnie sprzężenie zwrotne i zapewnia je rezystor R14. Kiedy potencjał kolektora T1 rośnie (zatyka się), „dolewa” on prądu do bazy T2, utrzymując go w stanie załączenia. Kiedy jednak T1 ma się otworzyć, natężenie tego dodatkowego prądu maleje, przyspieszając jego załączenie.

Rezystor R12 bocznikuje diodę LED2, a jego rola jest szczególnie istotna, kiedy przez kolektor T1 nie płynie prąd. Otóż wtedy przez tę diodę przepływałby znikomo mały prąd, rzędu mikroamperów, jaki przez R14 przepływa do bazy T2. Prąd ten wywoływałby ledwo zauważalne, lecz jednak irytujące świecenie tej diody. Po dołożeniu równoległe rezystora prąd ten odłoży na nim napięcie rzędu kilkunastu miliwoltów, co na pewno nie spowoduje świecenia diody. Z kolei,

przy przepływie przez tę gałąź większego prądu – rzędu kilku miliamperów, po otwarciu T1 – prąd płynący przez R12 będzie niewielki w stosunku do prądu przewodzenia diody LED2. Zaświeci więc ona jasno.

Rezystor R13 zwiększa zmianę napięcia na kolektorze T1 przy jego przełączaniu. Kiedy T1 jest zatkany, potencjał jego kolektora jest niemal dokładnie równy wartości napięcia zasilającego układ. Po załączeniu T1 potencjał ten spada o wartość napięcia przewodzenia diody LED2 (około 1,5V) i spadek na R13 (około 4V). Pogłębi to działanie dodatniego sprzężenia zwrotnego między tymi tranzystorami.

Warto zauważyć, że ten układ jest niczym innym jak komparatorem dwóch rezystancji: rezystora R11 i termistora TH1. Termistor NTC o nominalnej rezystancji 10kΩ (w temperaturze pokojowej) osiągnie rezystancję 1kΩ w temperaturze około 80°C. Około, ponieważ dokładna wartość zależy od stałych materiałowych termistora, ale nie jest to tutaj istotne, bowiem zależy nam na zgrubnej ocenie temperatury. Rezystory rozruchowe w tym projekcie mogą pracować w znacznie wyższych temperaturach, ale należy mieć na uwadze, że wskazania termistora mogą być zaniżone przez niedokładny kontakt z ich obudowami.

Tranzystory T1 i T2 nie stanowią pary różnicowej w pełnym znaczeniu tego słowa, gdyż nie są one dobrane pod względem parametrów ani nie mają identycznej temperatury złączy. W tym zastosowaniu nie ma to żadnego znacze-

nia, ponieważ błąd wywołany różnicami w napięciach przewodzenia złącz baza-emiter jest marginalny na tle tolerancji pozostałych elementów.

Jeżeli układ nadzorujący temperaturę rezystorów mocy zezwoli na to, na lewy zacisk złącza J3 zostaje wystawiony potencjał bliski napięciu zasilającemu, co otwiera tranzystor T3 nasycając się. Zwierając zaciski tego złącza, umożliwiamy przepływ prądu do dalszych części układu, które są odpowiedzialne za łagodne załączenie obciążenia.

W pierwszej kolejności zostaje załączona dioda LED3 oraz przełącznik PK1. W tym czasie rezystor R19 zaczyna powoli ładować kondensator C4. Napięcie odkładające się na tym kondensatorze jest powtarzane przez wtórnik na tranzystorze T4. Jeżeli jego wartość będzie na tyle wysoka, aby otworzyć spolaryzowaną zaporowo diodę Zenera D3, prąd przez nią dostarczony wpłynie do bazy T5 i otworzy go. Dlatego przełącznik PK2, będący obciążeniem kolektora T5, załączy się z opóźnieniem.

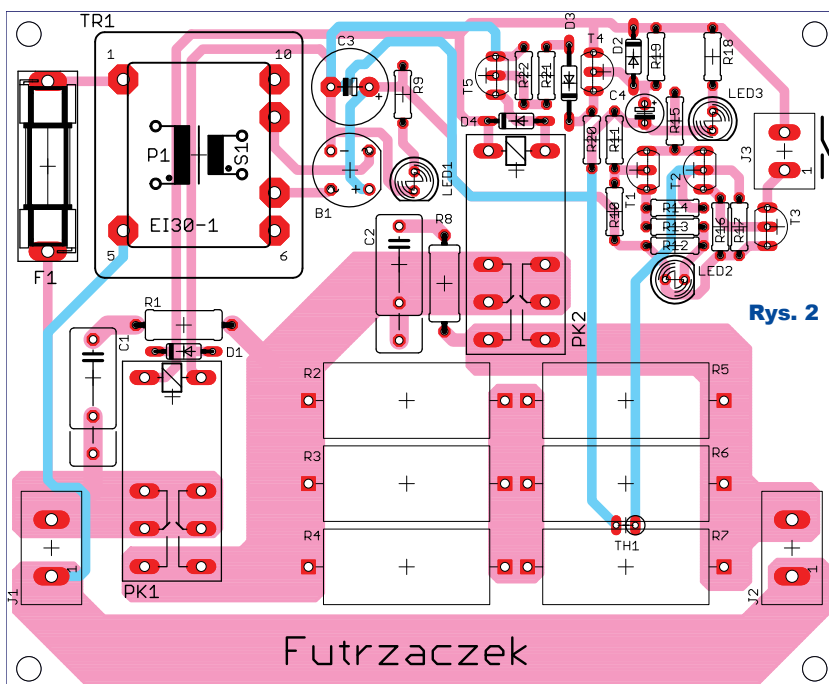
Dioda D2 jest odpowiedzialna za szybkie rozładowanie kondensatora C4 po rozwarciu zacisków złącza J3. Odprowadza zgromadzony w nim ładunek do przełączników i pozostałych fragmentów tej części obwodu, co wydłuża ich działanie o całkowicie niezauważalny (rzędu milisekundy) czas.

Montaż i uruchomienie

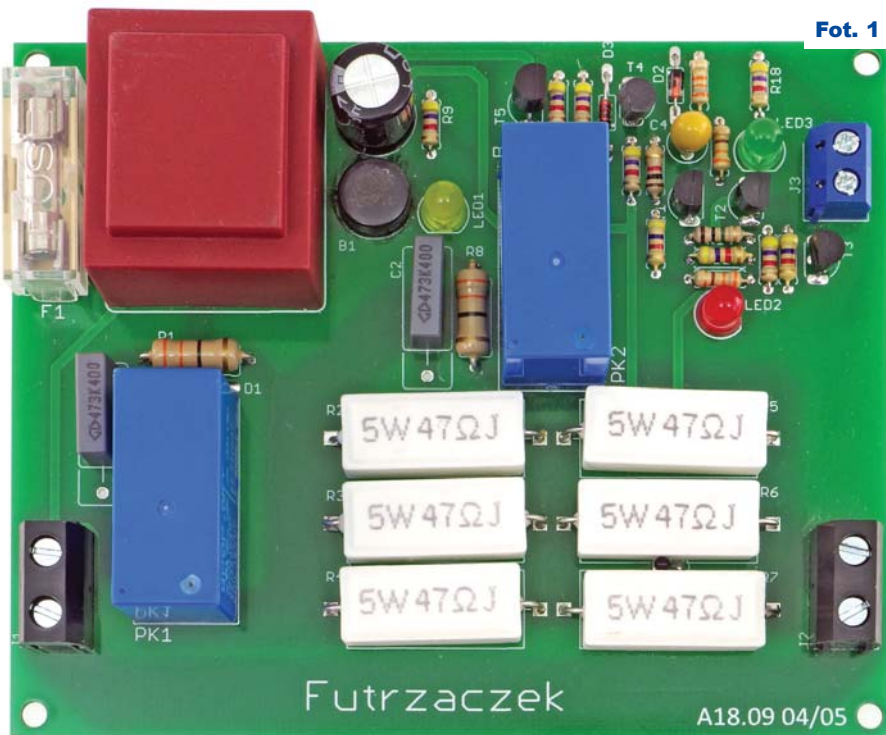
Układ prototypowy został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 110×90mm, której wzór ścieżek

i schemat montażowy przedstawia rysunek 2. W odległości 3mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe.

Montaż powinien zostać przeprowadzony w sposób typowy, czyli od elementów najniższych (rezystory, diody), po najwyższe (przełączniki i transformator). Rezystory R2... R7 polecam przylutować na ciut dłuższych nóżkach, aby znalazły się nad powierzchnią płytki, co ułatwi ich chłodzenie. Po przylutowaniu wszystkich elementów w oprawce F1 należy włożyć bezpiecznik rurkowy.



Rys. 2



Fot. 1

Termistor TH1 rekomenduję przyłutować po wlutowaniu rezystorów R2...R7 na takiej wysokości, aby znalazł się w połowie wysokości obudów tych rezystorów – wciśnięty pomiędzy nimi. Warto poprawić jego kontakt termiczny z tymi rezystorami przez przyklejenie go do nich klejem termoprzewodzącym.

Ścieżki przewodzące prąd o wysokim natężeniu zostały odsłonięte spod soldermaski, aby można je było pogrubić np. spoiwem lutowniczym. Ponadto ułatwi to ich chłodzenie.

Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii 1**. Nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych i jest od razu gotowy do pracy. Trzeba zachować szczególną ostrożność, ponieważ na płytce znajdują się elementy będące połączone galwanicznie z siecią!

Do zacisków złącza J1 należy pod-

łączyć zasilanie sieciowe 230V, a do J2 obciążenie, któremu chcemy ograniczyć prąd rozruchowy (np. transformator). Po włączeniu zasilania powinna zaświecić się wyłącznie dioda LED1, informująca o obecności napięcia sieciowego.

Jeżeli ma nastąpić załączenie obciążenia, trzeba zewrzeć zaciski złącza J3 i trzymać je zwarte tak długo, jak długo obciążenie ma działać. Działanie obciążenia zasygnalizuje świecenie diody LED3. W pierwszej kolejności, tuż po zwarceniu zacisków J3, załączy się przełącznik PK1, a sekundę później PK2.

Gdyby doszło do przegrzania rezystorów rozruchowych R2...R7, które może nastąpić po wielokrotnym włączeniu i wyłączeniu obciążenia (sekwencja „miękkiego startu” następuje po każdym włączeniu obciążenia), zacznie świecić dioda LED2. Złącze J3 będzie wówczas

Wykaz elementów

R1,R8	33Ω/1W
R2...R7	47Ω/5W
R9,R10,R12,R16...R18,R20...R22	4,7kΩ/0,25W
R11,R13	1kΩ/0,25W
R14	1MΩ/0,25W
R15	510Ω/0,25W
R19	33kΩ/0,25W
C1,C2	47nF/400V
C3	470μF/35V
C4	22μF/25V
B1	mostek 1,5A/200V okrągły
D1,D2,D4	1N4148
D3	Zenera 6,8V/0,5W
T1,T2,T4,T5	BC546 lub podobny
T3	BC556 lub podobny
F1	bezpiecznik zwłoczny 63mA 5×20mm + oprawka do druku
J1,J2	ARK2 7,5mm
J3	AKR2 5mm
LED1	5mm żółta
LED2	5mm czerwona
LED3	5mm zielona
PK1,PK2	HF115F/12V
TH1	termistor NTC 10kΩ
TR1	TEZ2/D/12V lub podobny

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3280

nieaktywne: zwieranie jego zacisków nie załączy przełączników. Dopiero ostygnięcie rezystorów – zasygnalizowane zgaszeniem LED2 – umożliwi normalne funkcjonowanie układu.

Ponieważ przez obwód przeciwzakłóceniu R1-C1 „przecieka” prąd o niewielkim natężeniu, po rozwarciu styków przełącznika PK1 nadal istnieje możliwość porażenia przez elementy znajdujące się na prawo od niego. Należy to mieć na uwadze, prowadząc wszelkie prace przy złączu J2, a najlepiej całkowicie odłączyć wtedy zasilanie sieciowe.

Michał Kurzela

michal.kurzela@ep.com.pl