

# Nagrzewnica indukcyjna 1kW

Nagrzewnica indukcyjna służy do nagrzewania metalowych przedmiotów za pomocą indukowania w nich prądów wirowych. Przedmiot, który ma zostać ogrzany, jest umieszczany w spirali, w której przepływa prąd o wysokiej częstotliwości. Indukowane prądy wirowe oraz straty w materiale wynikające z jego szybkiego przemagnesywania powodują rozgrzewanie metalu „od wewnątrz”.

Eksperymentalny układ nagrzewnicy indukcyjnej został opisany w EdW 10/2008. Zainspirowany tym układem postanowiłem zbudować własną wersję nagrzewnicy, którą przedstawiam poniżej. Zasada działania obu nagrzewnic jest identyczna, różnią się jedynie budową układu sterującego, która w tym przypadku jest o wiele prostsza i tańsza.

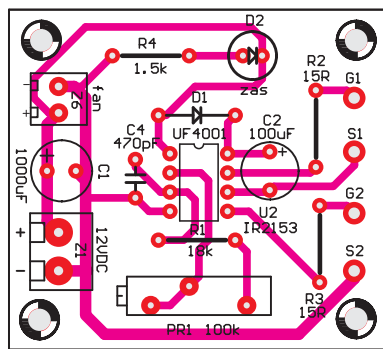
## Opis układu

Schemat ideowy nagrzewnicy indukcyjnej zamieszczono na **rysunku 1**. Część znajdująca się na schemacie w czerwonej ramce jest zamontowana na płytce drukowanej z **rysunku 2**. Pozostałe elementy są połączone przewodami, głównie z powodu

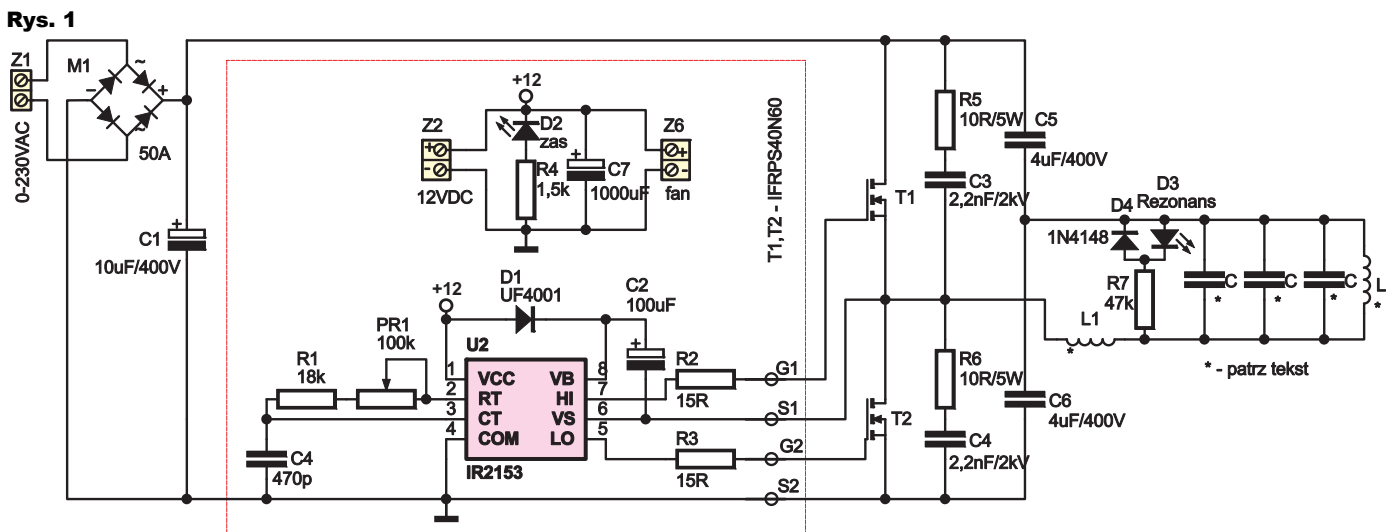
ich gabarytów i konieczności chłodzenia. W celu maksymalnego uproszczenia bloku sterującego, zastosowano dedykowany sterownik półmostka IR2153, który jest sercem całego urządze-



nia. Układ IR2153 pracuje w standardowej konfiguracji zamieszczonej w nocie katalogowej. Za pomocą potencjometru PR1 mamy możliwość regulowania częstotliwości pracy półmostka. Dodatkową zaletą tego układu jest zastosowanie tzw. czasów



Rys. 2





martwych (*dead time*), które eliminują ryzyko jednoczesnego przewodzenia obu tranzystorów jednocześnie. W tym przypadku czas martwy wynosi typowo 1,2μs.

Zasilanie części sterującej, jak podaje nota katalogowa, jest możliwe za pomocą dzielnika bezpośrednio z wyprostowanego napięcia sieciowego bądź z zewnętrznego zasilacza. Wybrałem drugą opcję, wykorzystując zasilacz impulsowy o napięciu wyjściowym 12V i prądzie maksymalnym około 2A, pochodzący z demontażu. Do jego wyjścia zostały podłączone dwa wentylatory chłodzące tranzystory sterujące.

Po licznych próbach na tranzystory sterujące wybrałem MOSFET-y IRFPS40N60 o prądzie maksymalnym 40A, napięciu dren-źródło 600V i rezystancji kanału 0,1Ω.

Między wyjście półmostka a dzielnik, utworzony z kondensatorów, został podłączony układ rezonansowy. Cewka L1 pełni rolę dopasowania impedancyjnego między sterownikiem a właściwym układem rezonansowym. W urządzeniu modelowym wykonano ją na rdzeniu (pozyskanym ze starego monitora komputerowego) o wymiarach około 50x50x20mm (dł/wys/szer). Po usunięciu oryginalnego uzwojenia nawijamy około 15 zwojów linką o przekroju 2,5mm. Warto pozostawić nieco więcej przewodu, aby w razie konieczności móc skorygować liczbę zwojów podczas uruchamiania układu.

Ostatnim elementem, jaki musimy wykonać, jest obwód rezonansowy składający się

z kilkunastu mniejszych kondensatorów. W moim przypadku wykorzystałem kondensatory pochodzące z demontażu starych odbiorników telewizyjnych o łącznej pojemności około 8μF. Cewka robocza liczy w sumie siedem zwojów o średnicy wewnętrznej 75mm, wykonanych z rurki miedzianej 6mm.

Dioda D3 zamontowana równolegle do układu LC pełni rolę wskaźnika rezonansu, dzięki czemu możliwe jest uruchomienie układu bez wykorzystania oscyloskopu.

## Montaż i uruchomienie

Cały układ nagrzewnicy został umieszczony w obudowie wykonanej ze sklejki o wymiarach 31x25x12cm (dł/szer/wys). Dodatkowo do nagrzewania krótkich przedmiotów, które muszą być ustawione na swego rodzaju podwyższeniu, wykonano wysuwaną podstawę widoczną na fotografiach. Ze względów estetycznych górę obudowy stanowi pleksi o grubości 4mm, dzięki czemu widać zarówno wskaźnik rezonansu, jak i wszystkie pozostałe komponenty. Cewkę grzejną zamocowano w ścianie czołowej za pomocą małych klocek ze śrubami blokującymi, które przyklejono od wewnątrz.

Do chłodzenia układu wykorzystano trzy wentylatory. Dwa z nich (chłodzące tranzystory) tłoczą powietrze do wnętrza obudowy, natomiast trzeci umieszczony z tyłu wysysa je na zewnątrz. Pierwotnie tranzystory były umieszczone na jednym radiatorze wykonanym z kawałka blachy aluminiowej, ale nie pozwalało to na wykorzystanie pełnej mocy, gdyż następowało ich przegrzewanie i uszkodzenie. Z tego powodu jeden radiator został zastąpiony dwoma pochodzącymi ze złomu komputerowego, co całkowicie rozwiązało problem.

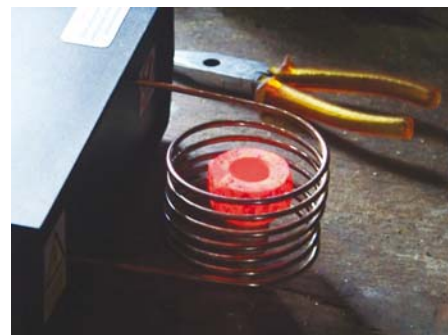
Do uruchomienia urządzenia niezbędny jest autotransformator oraz amperomierz. Na początek należy włączyć zasilanie części sterującej i sprawdzić napię-

z kondensatorów oznaczonych na schemacie z rysunku 1 jako C oraz cewki L. Ze względu na duże prądy płynące w rezonansie, całkowita pojemność musi się



cia na bramkach obu tranzystorów. Jeżeli wszystko jest jak należy, włączamy zasilanie autotransformatora ustawionego na minimalne napięcie. Następnie powoli zwiększamy napięcie na autotransformatorze, obserwując wskazania amperomierza. Prąd pobierany z sieci powinien powoli, ale płynnie wzrastać wraz ze wzrostem napięcia. Jeżeli zaobserwujemy raptowny wzrost prądu przy minimalnym napięciu zasilania, będzie to oznaczało zwarcie w układzie. Po ustawieniu napięcia na około 30V przystępujemy do regulacji częstotliwości pracy półmostka tak, aby uzyskać rezonans w obwodzie LC. W tym celu należy kręcić potencjometrem PR1 do momentu, aż dioda D3 zacznie świecić najmocniej. Oczywiście regulacja przeprowadzona za pomocą oscyloskopu będzie dokładniejsza, niemniej obserwując jasność świecenia diody da się to zrobić w zadowalająco dokładny sposób.

Po dostrojeniu układu możemy przystąpić do właściwej próby działania nagrzewnicy. Umieszczamy w spirali grzejnej przedmiot, który ma być ogrzany, włączamy zasilanie sterownika, a następnie zasilanie autotransformatora (zalecana kolejność), po czym zwiększamy napięcie na jego wyjściu. W zależności od wielkości ogrzewanego przedmiotu, czę-





**Uwaga! Podczas uruchamiania i użytkowania układu w jego obwodach występują napięcia groźne dla życia i zdrowia. Osoby niedoświadczone i niepełnoletnie mogą wykonać je wyłącznie pod kierunkiem wykwalifikowanego opiekuna, na przykład nauczyciela.**

stotliwość rezonansowa, a tym samym pobierany prąd, będzie ulegał niewielkiej zmianie.

Przedstawiona nagrzewnica była zasilana z autotransformatora o mocy maksymalnej 1kW i taką moc udało mi się wykorzystać. Tranzystory sterujące przy takim chłodzeniu nie grzały się mocno, co świadczy o możliwości dalszego zwiększenia mocy. Niestety, ponieważ nie posiadam autotransformatora o większej mocy, nie mogłem tego sprawdzić w praktyce.

Warto podkreślić, że niezalecane jest uruchamianie nagrzewnicy bezpośrednio z

sieci, przy pominięciu autotransformatora. Podczas jej włączenia następuje silny impuls prądowy, który przy podaniu napięcia 230V może uszkodzić tranzystory sterujące. Stopniowe zwiększanie napięcia wyjściowego pozwala na bieżąco kontrolować pobierany prąd i eliminuje ryzyko uszkodzenia urządzenia.

Na załączonych fotografiach zaprezentowano przykłady nagrzewanych przedmiotów. Nawet tak duże elementy jak śruby o średnicy 20mm rozgrzewają się do czerwoności w przeciągu jedynie kilku sekund. Niektóre ze zdjęć przedstawiają pierwszą wersję nagrzewnicy w innej obudowie i ze spiralą wykonaną z drutu miedzianego.

Na zakończenie chciałbym ostrzec wszystkich, którzy zechcą zbudować taką nagzew-

### Wykaz elementów

<b>Rezystory</b>	C7.....	1000 $\mu$ FV	
R1.....	18k $\Omega$	<b>Półprzewodniki</b>	
R2,R3.....	15 $\Omega$	D1.....	UF4001
R4.....	1,5k $\Omega$	D2,D3.....	LED
R5,R6.....	10 $\Omega$ /5W	D4.....	1N4148
R7.....	47k $\Omega$	M1.....	mostek 50A
PR1.....	100k $\Omega$	T1,T2.....	IFRPS40N60
<b>Kondensatory</b>	U2.....	IR2153	
C1.....	10 $\mu$ F/400V	<b>Pozostałe</b>	
C2.....	100 $\mu$ F	C,L,L1.....	* - patrz tekst
C3,C4.....	2,2nF/2kV	Z1,Z2.....	ARK2
C5,C6.....	4 $\mu$ F/400V	Z6.....	ARK2 mały

**Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2940.**

nicę. Urządzenie jest zasilane bez separacji galwanicznej od sieci, co stwarza niebezpieczeństwo porażenia. Z tego względu zarówno przy budowie, jak i uruchamianiu należy zachować szczególną ostrożność.

**Łukasz Plis**  
lukasplis@interia.pl