

# Projekt czytelnika 213 – polemika

*Z wielkim podziwem obserwuję amatorskie konstrukcje zasilaczy impulsowych. Podziw wynika przede wszystkim z tego, że przy braku dostępu do praktycznej wiedzy dotyczącej konstrukcji zasilaczy, młodzi konstruktorzy budują w miarę poprawne zasilacze, działające prawidłowo i utrzymujące zakładane parametry, jednak brak praktyki skutkuje popełnianiem mniejszych i większych błędów. Najczęściej konstruktorzy zbyt lekko traktują sprawy bezpieczeństwa użytkownika. Nie wynika to oczywiście ze złej woli, ale po prostu z braku popularnych opracowań praktycznych oraz otwartego dostępu do norm bezpieczeństwa obowiązujących przy konstruowaniu urządzeń.*

Błędów nie ustrzegł się autor projektu cyfrowego tunera stereofonicznego, opublikowanego w EP1/2014. Nie są to błędy uniemożliwiające prawidłową pracę zasilacza, ale nie można przejść nad nimi do porządku dziennego.

Najważniejszym z nich jest zlekceważenie odstępów izolacyjnych. Całe urządzenie jest dołączone do sieci energetycznej za pomocą zwykłego, dwużyłowego kabelka, bez przewodu ochronnego (PE). Jest to typowe rozwiązanie dla domowego sprzętu AV.

Jednak takie rozwiązanie oznacza konieczność zachowania właściwych odstępów izolacyjnych pomiędzy stroną pierwotną a wtórną zasilacza. Nie wglębiając się zbyt w meandry normy PN-EN 60065 można w skrócie napisać, że pomiędzy krawędziami dowolnej ścieżki lub pola strony pierwotnej a takim samym fragmentem strony wtórnej na PCB musi być zachowany odstęp co najmniej 6,4 mm.

Autor projektu nie oparł się chęci „ekranowania” masą wyjściową dużej powierzchni PCB, niebezpiecznie zbliżając tę powierzchnię do ścieżek strony pierwotnej. Na szczęście poprawienie tego błędu nie wymaga dużych zmian płytki – należy:

- usunąć pętelkę masy pod Tr2,
- przesunąć ścieżkę prowadzącą do przekładnika prądowego a najlepiej usunąć ją całkowicie i poprowadzić przewód przełożony przez przekładnik po prostu ponad PCB, używając przewodu w potrójnej izolacji (T.I.W.) dla zapewnienia właściwej izolacji pomiędzy stroną pierwotną a wtórną przekładnika,
- usunąć płaszczyznę masy przy TR4, przesuwając łączenie kondensatora C14 pomiędzy „+” zasilania a masę wyjściową; kondensator ten musi być kondensatorem klasy co najmniej Y, na napięcie 275 V AC i z rozstawem nóżek najlepiej 10 mm – nie może to być zwykły kondensator 400 V.

Z błędem tym związany jest też błąd połączenia kondensatorów C16 i C18. Kondensatory te stosowane są zazwyczaj tylko w urządzeniach korzystających z przewodu PE – wtedy ich punkt połączenia jest łączony do przewodu PE. Schemat typowego filtra wejściowego z dwoma kondensatorami Y pokazano na **rysunku 1**.

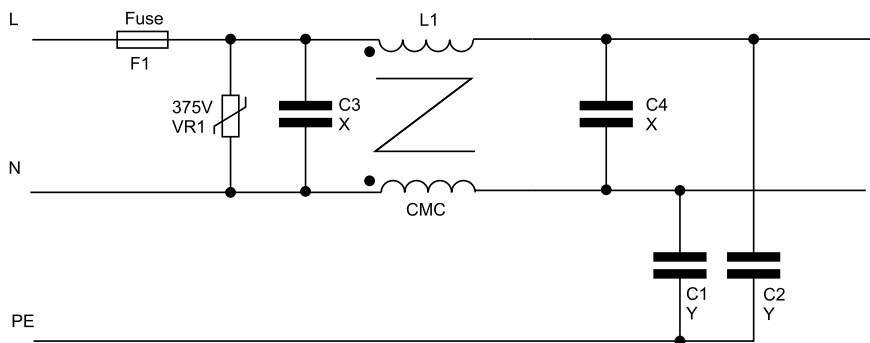
W przypadku urządzeń klasy II – a z takim mamy do czynienia – stosowanie dwóch kondensatorów w układzie Y nie jest po-



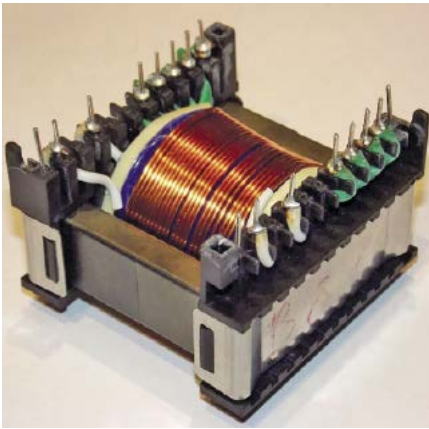
**Fotografia 2.** Odstępy izolacyjne pomiędzy stroną pierwotną a wtórną na PCB zasilacza komputerowego

trzebne a połączenie ich w sposób pokazany przez autora oznacza zniesienie działania dławika skompensowanego D11 i wprowadzenie zakłóceń z sieci energetycznej na masę wzmacniacza m.c.z. Ponieważ strona pierwotna jest dla zakłóceń połączona ze stroną wtórną kondensatorem C14 (bez względu na to, czy jest on dołączony pomiędzy kondensatory elektrolityczne filtra wejściowego czy też do GNDPWR czy „+” zasilania), wystarczy po prostu nie montować kondensatorów C16 i C18.

Kolejnym błędem związanym z bezpieczeństwem jest sposób nawijania transformatorów oraz użyte w tym celu materiały. Zazwyczaj w konstrukcjach amatorskich do budowy zasilaczy impulsowych stosuje się materiały z odzysku – najczęściej są to części pochodzące z zasilaczy komputerowych. Jednak zasilacze komputerowe z samej zasady są konstruowane z założeniem używania przewodu ochronnego (PE), co łagodzi minimalnie wymogi bezpieczeństwa. Widać to szczególnie w sprzęcie produkowanym głównie na rynek amerykański



**Rysunek 1.** Schemat typowego filtra wejściowego z dwoma kondensatorami Y



**Fotografia 3. Transformator wykonany z użyciem marginesów oraz koszulek izolacyjnych**

i japoński: odstępy izolacyjne zazwyczaj są zmniejszone do ok. 5 mm i takie zasilacze są powszechnie używane również w Europie (**fotografia 2**).

Pogoń za miniaturyzacją spowodowała stosowanie w zasilaczach komputerowych karkasów ze zbyt małymi odległościami pomiędzy pinami a rdzeniem (materiał rdzenia przewodzi prąd!) i swoistego „proteżowania” poprzez owijanie rdzeni sporymi ilościami materiałów izolacyjnych. W konstrukcjach amatorskich zasilacze nie dość, że używa się rdzeni i karkasów z odzysku, to jeszcze zazwyczaj do nawijania używa się zwykłych drutów emaliowanych (często również z odzysku) oraz często zwykłej taśmy biurowej jako izolacji międzyuzwojeniowej. Nie jest rzadkością „uszczelnianie” uzwojeń klejami, które nigdy nie były przewidziane do tego celu.

W transformatorach zasilaczy sieciowych można oczywiście używać tylko drutów emaliowanych. Jednak w takim przypadku konieczne jest stosowanie tzw. marginesów izolacyjnych na brzegach uzwojeń. Zazwyczaj są to specjalnie przygotowane paski z włókna szklanego, umieszczane przy samych ściankach karkasu. Taka konstrukcja wymaga także wyprowadzania końców uzwojeń w koszulkach izolacyjnych. To wszystko powoduje, że nawijanie transformatora staje się bardzo kłopotliwe, przy produkcji profesjonalnej – drogie, a parametry transformatora zostają pogorszone z powodu wzrostu indukcyjności rozprzyszczenia. Na **fotografii 3** pokazano wygląd transformatora wykonanego z użyciem marginesów oraz koszulek izolacyjnych (usunięto zewnętrzną izolację uzwojeń, żeby uwidocznić sposób stosowania marginesów i koszulek).

O wiele lepszą metodą jest użycie karkasów, które zapewniają właściwą odległość pinów strony wtórnej zarówno od rdzenia transformatora jak i od uzwojeń strony pierwotnej, nawijanych drutem emaliowanym. Uzwojenia strony wtórnej takich



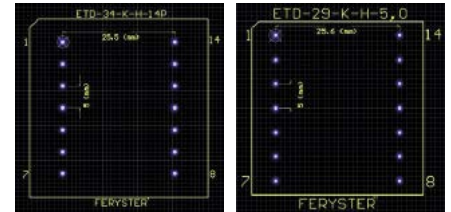
**Fotografia 4. Bezpieczny karkas EF16 – widoczny zwiększony odstęp pinów strony wtórnej od uzwojeń i rdzenia:**

transformatorów nawija się drutami w izolacji potrójnej (T.I.W.), dzięki czemu bez problemu spełnia się wymogi norm izolacji. Należy pamiętać o tym, że w przypadku transformatora sterującego Tr2 uzwojenie pierwotne znajduje się na potencjale strony wtórnej zasilacza a wtórne na potencjale strony pierwotnej i dlatego należy traktować ten transformator odwrotnie, czyli uzwojenie pierwotne nawijać drutem T.I.W. i wyprowadzać po stronie karkasu z powiększonymi odstępami (**fotografia 4**).

Znacznym ułatwieniem dla amatorów, chcących samodzielnie nawijać transformatory, jest to, że wszystkie materiały potrzebne do nawinięcia transformatorów można kupić np. w sklepie firmy Feryster <http://sklep.feryster.pl>. Można również po prostu zlecić wykonanie transformatorów profesjonalistom – wbrew pozorom nie jest to drogie.

Przy wyborze karkasu należy się kierować nie tylko względami miniaturyzacji. Warto poświęcić kilka cm<sup>2</sup> płytki i zastosować na przykład poziomy karkas ETD34 zamiast pionowego. Rozstaw pinów tych karkasów jest identyczny z rozkładem mniejszego karkasu ETD29, dzięki czemu taką samą płytkę można stosować w zasilaczach również o mniejszej mocy znamionowej (**rysunek 5**).

Warto przy tej okazji wspomnieć o tym, że w przypadku wzmacniaczy małej częstotliwości najczęściej moc znamionowa zasilacza może być znacznie niższa niż moc szczytowa wzmacniacza. Wynika to wprost z faktu, że rzeczywista, średnia moc związana z emisją typowej treści, czyli muzyki lub mowy jest co najmniej kilkakrotnie niższa od mocy szczytowej. Od tej zasady są bardzo nieliczne wyjątki, np. wzmacniacze do instrumentów, które muszą mieć zasilacz o wyższej mocy niż wzmacniacz, aby uniknąć efektu „pompowania” (gwałtownych zmian głośności wynikających z niewydolności zasilacza) oraz przegrzania i zniszczenia zasilacza. W warunkach



**Rysunek 5. Wyprowadzenia karkasów ETD34 i ETD29**

domowego sprzętu AV jedynym niebezpieczeństwem dla zasilacza może być słuchanie z pełną mocą bardzo ostrej muzyki. W skrócie: zasilacze są przeciążalne i są w stanie dostarczyć znacznie większą moc szczytową niż zakładana do obliczeń moc znamionowa. Potwierdza to stosowanie w sprzęcie estradowym zasilaczy o mocy rzędu 25% czy nawet 12,5% mocy wzmacniaczy, które pełną moc (i nie jest to „moc” PMPO) mogą osiągać przez 10 okresów sinusoidy 1 kHz, czyli przez zaledwie 10 ms. I nie jest to żart – to opis rzeczywistej metody testowania mocy wzmacniaczy estradowych.

Sprawą ostatnią, ale nie najmniej ważną jest dławik wyjściowy. W sieci jest niewiele materiałów opisujących sposób obliczania dławika sprzężonego dla zasilaczy wielowyjściowych. W zasadzie jedyną informacją, która jest dostępna jest to, że liczba zwojów poszczególnych uzwojeń musi być proporcjonalna do odpowiednich napięć wyjściowych. Drugą bardzo ważną informacją jest to, że w odróżnieniu od dławika skompensowanego, w wyjściowym dławiku sprzężonym zasilacza, strumienie magnetyczne wynikające z prądu płynącego w uzwojeniach muszą się sumować. w zasilaczu z wyjściem symetrycznym oznacza to, że przy podłączeniu jak dławik skompensowany, strumienie zaczynają się znosić a wypadkowa indukcyjność dławika radykalnie zmaleje. Spowoduje to gwałtowny wzrost prądów szczytowych w zasilaczu, skutkujący niepotrzebnym grzaniem się zarówno transformatora jak i półprzewodników oraz kondensatorów, które będą zmuszone przyjmować zwiększoną pulsację prądu. Dodatkowo znacznie pogarsza się współbieżność zasilacza, czyli podążanie napięcia nieobjętego pętlą sprzężenia zwrotnego za napięciem tą pętlą objętą.

W przypadku projektu 213 należy po prostu skrzyżować pod dławikiem wyprowadzenia jednego z uzwojeń dławika.

W porozumieniu z autorem projektu 213 przygotowuję nowe wersje elementów indukcyjnych i jest spora szansa na powstanie wzorcowego projektu zasilacza, który będzie można swobodnie powielać. Ciąg dalszy nastąpi...

**Roman „RoMan” Mandziejewicz**  
roman@feryster.pl