

Amatorska produkcja cewek do układów zwrotnic zestawów głośnikowych

Zaprezentowana publikacja zawiera opis techniczny prostej i taniej nawijarki warstwowej służącej do produkcji cewek do układów zwrotnic zestawów głośnikowych w warunkach amatorskich. Urządzenie to może być szczególnie przydatne pasjonatom elektroniki i elektroakustyki pragnącym zajmować się budową układów zwrotnic elektrycznych do prototypowych zestawów głośnikowych.

Wprowadzenie

Liczni amatorzy elektroniki i elektroakustyki bardzo często stoją przed typowym problemem decyzyjnym dotyczącym sposobu zaopatrzenia się w cewki wchodzące w skład projektowanych układów zwrotnic zestawów głośnikowych. Z jednej strony w grę wchodzi zakup produkowanych fabrycznie cewek karkasowych lub bezkarkasowych, co wiąże się jednak z dużym wydatkiem finansowym. Z drugiej zaś strony alternatywą dla zakupu tego typu wyrobów gotowych stanowić może zakup szpuli z drutem nawojowym emaliowanym o odpowiedniej średnicy celem samodzielnego wykonania cewek. Wymaga to jednak zaopatrzenia się w nawijarkę.

Produkowane fabrycznie nawijarki przeznaczone do zastosowań profesjonalnych są z reguły duże, ciężkie i drogie. W artykule przedstawiony zostanie tani sposób samodzielnego wykonania nawijarki warstwowej, której konstrukcja została maksymalnie uproszczona. Zrezygnowano w niej m.in. z automatycznego podajnika drutu nawojowego oraz regulatora naciągu na rzecz ręcznego prowadzenia uzwojenia.

Opis techniczny urządzenia

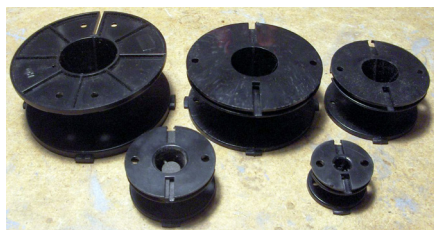
Amatorzy budowy zestawów głośnikowych za pojedyncze cewki do zwrotnic muszą płacić po kilkadziesiąt złotych podczas gdy za podobną kwotę można przecież kupić całą szpulę drutu nawojowego. Nie pozostaje zatem nic innego jak wykonać cewki we własnym zakresie. Występują tutaj jednak trzy problemy:

1. Pomiar indukcyjności wymaga mostka RLC, a jest to wydatek rzędu kilkuset złotych.
2. Zależność pomiędzy liczbą zwojów a indukcyjnością cewki jest nieliniowa.
3. Duży wpływ na indukcyjność ma nie tylko liczba zwojów, ale także staranność

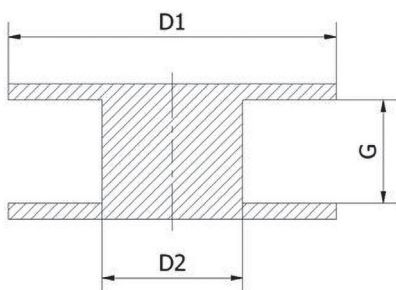




Rysunek 1. Wygląd zewnętrzny nawijarki warstwowej typu FY-130 [https://pl.aliexpress.com]

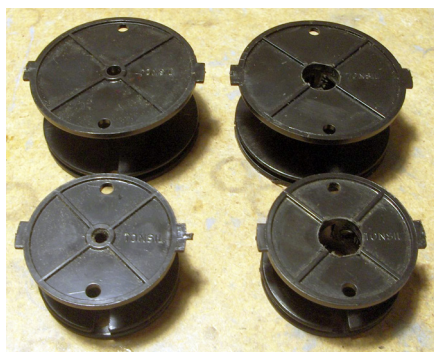


Rysunek 2. Zestaw karkasów produkcji wrzesińskiej firmy Tonsil [https://www.skleptonsil.pl/korpusy-cewek,c230.html]



Oznaczenie karkasu	D1 [mm]	D2 [mm]	G [mm]
L11	25,0	10,0	7,5
L12	35,0	15,0	11,0
L13	45,0	20,0	15,0
L14	60,0	25,0	18,0
L15	70,0	30,0	22,0

Rysunek 3. Wymiary gabarytowe karkasów produkcji firmy Tonsil [https://www.skleptonsil.pl/korpusy-cewek,c230.html]



Rysunek 4. Karkasy produkcji firmy Tonsil po rozwierceniu wiertłem o średnicy Ø10 mm [https://www.skleptonsil.pl/korpusy-cewek,c230.html]

nawijania. Jeśli zwoje poprzekają to przy tej samej liczbie zwojów otrzymamy rozbieżne wyniki pomiarów indukcyjności.

Istnieje jednak proste i tanie rozwiązanie tego problemu. Na dobry początek powinniśmy zaopatrzyć się w ręczną nawijkę cewek typu FY-130 produkcji chińskiej (można ją kupić np. na portalu AliExpress – **rysunek 1**). Ma ona metalową przekładnię a także bezstykowy licznik obrotów działający z dokładnością do 1/10 obrotu z możliwością zliczania zwojów do przodu i do tyłu.

W następnej kolejności można wykonać z płyt paździerzowych mechanizm odwijający drut nawojowy ze szpuli. Płyty można dociąć na pile w Bricomarche i połączyć je kątownikami. Wał ze szpulą osadzamy na dwóch łożyskach i dodatkowo na gwintowanych prętach budowlanych montujemy układ trzech łożyskowanych kółek służących do prostowania drutu podczas nawijania. Są to w zasadzie rolki do prowadnic. Można je dostać w Bricomarche w dziale ze śrubami. Występują one w dwóch wersjach. Tańszej – bez łożyska i droższej – z łożyskiem. Lepiej kupić rolki z łożyskiem ponieważ dłuższe wytrzymują one nawijanie uzwojeniem o większej średnicy. Do prawidłowego prostowania drutu nawojowego potrzebne są trzy sztuki. Wymiary gabarytowe jednej rolki:

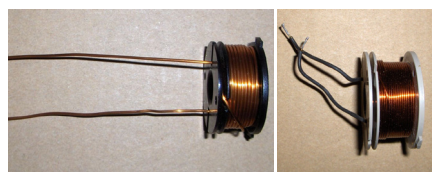
- średnica wewnętrzna łożyska = Ø8 mm,
- średnica zewnętrzna = Ø34 mm,
- grubość = 10 mm.

Rolki dostarczane są jako cały podzespół z grubą blachą i trzpieniem. Jest to element zagnieciony na prasie i praktycznie niedemontowalny. Aby uwolnić rolkę z oprawy należy zamocować cały element w imadle i rozwinąć trzpień na wiertarce stołowej.

Oprócz szpul z drutem nawojowym będziemy potrzebowali także karkasów. Są one bez problemu dostępne w Tonsilu – **rysunek 2**.

Na naszej nawijce można nawijać tylko cewki na karkasach L12, L13, L14 i L15 (**rysunek 3**) i musimy je dodatkowo rozwinąć wiertłem fi 10 mm (**rysunek 4**). Cewki na karkasach L11 sobie darujemy ponieważ są to małe cewki do filtrów górno przepustowych głośników wysokotonowych i one akurat nie są drogie. Interesują nas głównie grube cewki do filtrów dolno przepustowych głośników niskotonowych na karkasach L14 i L15 ponieważ są one najdroższe.

Oryginalnie po nawinięciu, ostatnią warstwę uzwojenia cewki impregnuje się Butaprenem i pozostawia do wyschnięcia. Jest to jednak metoda, która w warunkach amatorskich może być uciążliwa dla domowników ze względu na wyjątkowo intensywny zapach tego kleju. Dużo lepszym sposobem jest zaciśnięcie ostatniej



Rysunek 5. Przykładowe cewki powietrzne nawinięte drutem nawojowym emalowanym



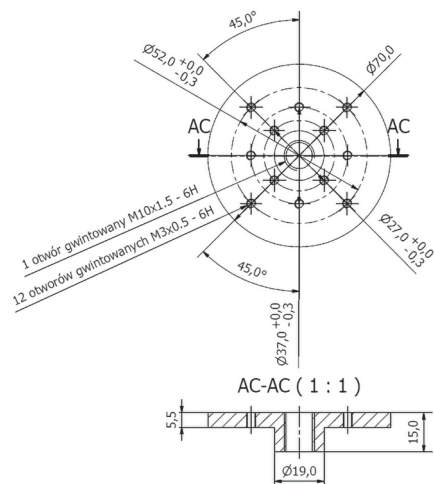
Rysunek 6. Cewki powietrzne zabezpieczone po nawinięciu rurami termokurczliwymi



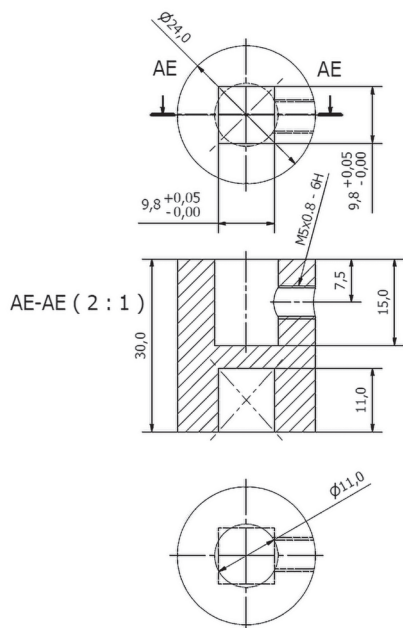
Rysunek 7. Zestaw gotowych cewek powietrznych wykonanych na zaproponowanym urządzeniu

warstwy uzwojenia przy pomocy szerokiej rury termokurczliwej, którą należy podgrzać opalarką (**rysunek 6**).

Oryginalnie karkasy przykręca się do płyty zwrotnicy wykonanej z tekstolitu za pośrednictwem wkrętów lub śrub i nakrętek wykonanych z miedzi (nie mogą one być stalowe



Rysunek 8. Rysunek techniczny wykonawczy tarczy zabierakowej wykonanej ze stali nierdzewnej



Rysunek 9. Rysunek techniczny wykonawczy adaptera wykonanego ze stali nierdzewnej

ponieważ będą wówczas zachowywać się jak miniaturowy rdzeń i zwiększać indukcyjność cewek). Karkasy najlepiej przykleić do płyty zwrotnicy przy pomocy kleju na ciepło lub zamocować przy pomocy opasek zaciskowych wykonanych z tworzywa sztucznego.

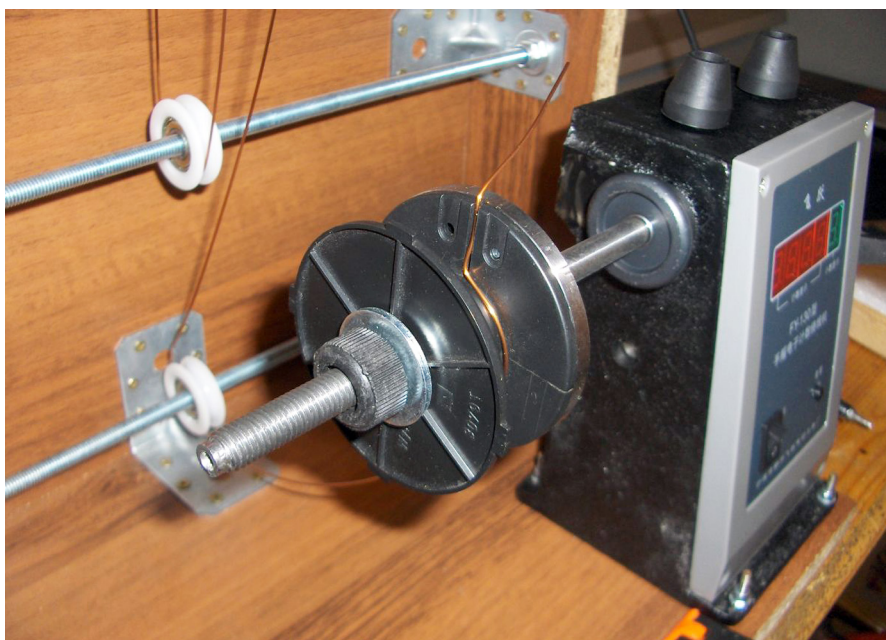
Oryginalna nawijarka warstwowa firmy „KOFAMA” typu NPO-2B służąca do nawijania tego rodzaju cewek jest duża, ciężka



Rysunek 10. Redukcja z kwadratu 3/8 cala na sześciokąt służąca do napędzania wrzeciona nawijarki wkrętarką akumulatorową



Rysunek 11. Redukcja z kwadratu 3/8 cala na sześciokąt służąca do napędzania wrzeciona nawijarki wkrętarką akumulatorową zespawana z adapterem „na sztywno”



Rysunek 12. Sposób zamocowania karkasu L15 we wrzeciono nawijarki za pośrednictwem tarczy zabierakowej i zakotrowaniu karkasu nakrętką za pośrednictwem podkładki

i droga. Nie jest ona obecnie produkowana seryjnie i można ją nabyć wyłącznie na rynku wtórnym. Proponowane małe amatorskie stanowisko mieści się w zasadzie na biurku i można je łatwo przenosić. W razie potrzeby nawijania cewek drutami o większych średnicach, warto przytwierdzić nawijarkę do biurka ściskami stolarskimi ze względu na duże wartości naprężeń występujące podczas nawijania. Można także przykręcić nawijarkę do biurka na stałe za pośrednictwem śrub, podkładek i nakrętek samohamowych o odpowiednich średnicach.

Jedyną różnicę pomiędzy nawijarką oryginalną a nawijarką amatorską stanowi sposób mocowania cewki podczas nawijania. Oryginalnie karkasów cewek nie trzeba rozwiercać ponieważ z jednej strony opierają się one o zabierak a z drugiej przytrzymuje je konik z kłem. W przypadku nawijarki FY-130 tarczę zabierakową musimy doroobić samodzielnie (nie ma jej w zestawie) i dodatkowo karkasy cewek będą obracały się przewleczone przez pręt z gwintem M10 i będą dociskane do tarczy zabierakowej nakrętką.

Tarczę zabierakową kompatybilną z karkasami L12, L13, L14 i L15 trzeba doroobić sobie w narzędziowni (**rysunek 8**). W zależności od rodzaju zastosowanego karkasu wkręcamy w niego dwie śruby M3x8, które przenoszą moment obrotowy z wrzeciona na karkas za pośrednictwem dwóch otworów w karkasie. Karkas L15 dokręcamy do zabieraka nakrętką.

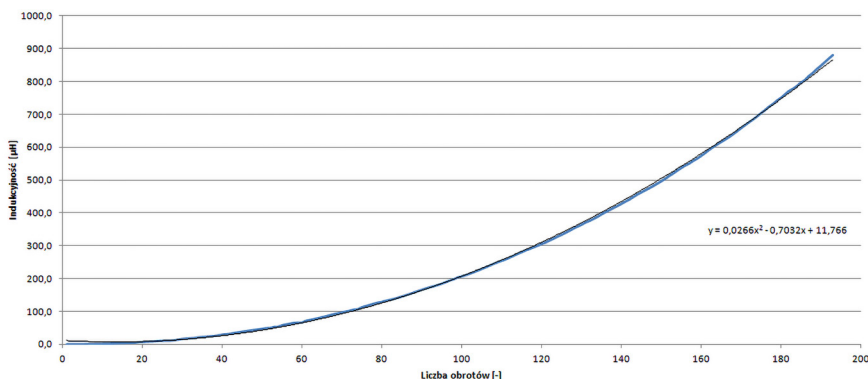
W przypadku mniejszych karkasów możemy to zrobić za pośrednictwem wydrążonego stożka, który stanowi element fabrycznego wyposażenia nawijarki FY-130.



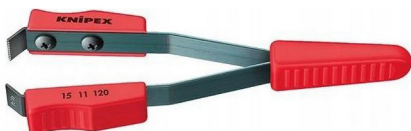
Rysunek 13. Przykładowa 12-woltowa wkrętarka akumulatorowa, którą można wykorzystać do napędzania wrzeciona nawijarki (<https://www.hitachi.com>)



Rysunek 14. Mostek RLC „Hantek”, 1832C (<https://www.hantek.com>)



Rysunek 15. Zależność pomiędzy indukcyjnością cewki powietrznej nawiniętej na karkasie L13 drutem nawojowym emaliowanym o średnicy $\varnothing 1,0$ mm a liczbą obrotów



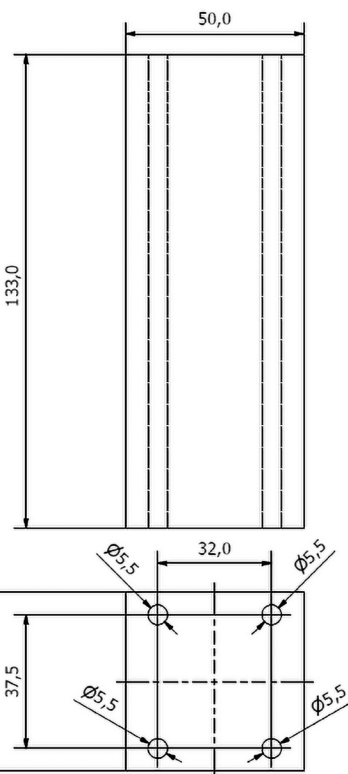
Rysunek 16. Pinceta „Knipex”, służąca do zdzierania emalii z drutu nawojowego emaliowanego przed lutowaniem, kod producenta: 825448012, EAN: 4003773015550 (<https://www.knipex.com>)



Rysunek 17. Miniaturowy konik tokarski służący do podparcia wrzeciona nawijarki celem redukcji jego bicia promieniowego (<https://pl.aliexpress.com>)

W przypadku, gdy mamy do nawinięcia dużo cewek, kręcenie korbą może okazać się uciążliwe. Dlatego proces nawijania można usprawnić dorabiając w narzędziowni adapter (rysunek 9). Z jednej strony adapter dokręcamy do ściętego wału wrzeciona (ale z pominięciem multiplikatora 6:1 ponieważ potrzebujemy przełożenia 1:1) a z drugiej strony montujemy redukcję z kwadratu 3/8 cala na sześciokąt (rysunek 10 i 11).

Dysponując mostkiem RLC możemy przeprowadzić wiele ciekawych eksperymentów nawijając np. jeden pełny karkas przy pomocy drutu nawojowego emaliowanego o określonej średnicy a następnie odwijając po jednym zwoju mierząc indukcyjność wykorzystując wyniki pomiarów do wykreślenia funkcji wielomianowych celem uzyskania formuł wiążących indukcyjność z liczbą nawiniętych zwojów. W praktyce przy nawijaniu pierwszej cewki warto nawinąć trochę



Rysunek 18. Rysunek techniczny wykonawczy podstawy konika tokarskiego możliwy do wykonania w technologii druku 3D z tworzywa sztucznego i zamocowania przy pomocy czterech szpilek z gwintem metrycznym M5

więcej zwojów aniżeli wynika to z formuły i później odwijać je mierząc indukcyjność, aż do uzyskania oczekiwanej wartości.

Celem zablokowania rolek prostujących drut nawojowy emaliowany, na tokarce docięto specjalne aluminiowe rurki o średnicy zewnętrznej $\varnothing 10$ mm i średnicy wewnętrznej $\varnothing 8$ mm, które założono na gwintowane pręty celem usztywnienia konstrukcji i uniemożliwienia przesuwania się rolek wzdłuż prętów podczas nawijania. Nową podstawę konika wykonano na frezarce z aluminium, rezygnując z otworów przelotowych do montażu przy pomocy prętów gwintowanych na rzecz



Rysunek 19. Okładka książki pt. „Wprowadzenie do projektowania układów zwrotnic zestawów głośnikowych. Poradnik praktyczny”

otworów gwintowanych do przykręcenia śrubami z góry i z dołu.

Książka o zwrotnicach do zestawów głośnikowych

Zapraszam do zapoznania się z moją najnowszą książką pt. „Wprowadzenie do projektowania układów zwrotnic zestawów głośnikowych. Poradnik praktyczny”:

- <https://bit.ly/3Zl38cy>
- <https://bit.ly/3VYCHql>
- <https://bit.ly/3ikG6SL>

oraz:

- <https://bit.ly/3BT7i0O>
- <https://bit.ly/3jPXCyn>
- <https://bit.ly/3jWhWhH> ■

mgr inż. Tomasz Łysek

Literatura:

- [1] Borowski H. „Cewki do odbiorników”, Wydawnictwa Komunikacyjne, Warszawa 1960
- [2] Dobrski J. „Nawijanie cewek przyrządów elektrycznych”, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1960
- [3] Maruszewska M. „Radiomechanika”, Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa 1958
- [4] Podjapolski A. „Jak nawinąć transformator”, Wydawnictwa Komunikacyjne, Warszawa 1956
- [5] Raabe Z. „Amatorska nawijarka cewek”, „Elektronika Praktyczna”, Warszawa 2000

Tabele oraz oryginalne rysunki z artykułu – do pobrania ze strony: <https://elportal.pl/files/2023/11/17/2450-projawnawijarka.zip>