

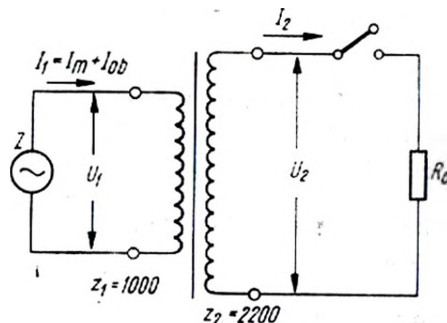
Transformatory sieciowe

Gruntowna znajomość transformatorów jest stosunkowo rzadkim przypadkiem nawet wśród doświadczonych radioamatorów. Przeważnie opanowuje się podstawowe zasady oraz technikę projektowania i budowy prostych transformatorów stosunkowo małej mocy. Początkujący radioamatorzy mogą posługiwać się jeszcze dalej posuniętymi uproszczeniami; minimum informacji zawiera niniejszy artykuł, przy czym trzeba zdać sobie sprawę, że zaprojektowane przez nich transformatory nie są optymalnym rozwiązaniem technicznym oraz że w niektórych rzadkich przypadkach wystąpią istotne mankamenty w działaniu transformatora.

Zasady działania transformatorów są wykładane w szkołach i powracać do nich nie będziemy. Zwrócimy jednak uwagę na pewne zjawiska podstawowe.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat transformatora. Wyobraźmy sobie, że źródło Z wytwarza na zaciskach transformatora napięcie U_1 o wartości 20 V. Przez uzwojenie pierwotne płynie wówczas prąd magnesowania I_{m20} o wartości np. 10 mA. Zwiększamy napięcie dostarczane przez źródło do 40 V. Pomiar prądu wykaże, że prąd magnesowania I_{m40} wynosi np. 17 mA. Obciążymy teraz uzwojenie wtórne opornikiem tak dobranym, że moc pobierana wynosi 8 W (80 V, 100 mA).

Wartość prądu pierwotnego wzrosła o I_{ob} równy 250 mA i wynosi 267 mA. Co wynika z tego doświadczenia?
1. Prąd magnesowania nie jest wprost proporcjonalny do napięcia, bowiem zależy w istotny sposób od własności rdzenia stalowego.



Rys. 1. Schemat transformatora (przykład)

2. Przy zwiększaniu napięcia na zaciskach uzwojenia pierwotnego transformatora, prąd magnesowania

I_m ustali się w takiej wartości, aby wzbudzana drogą samoindukcji siła elektromotoryczna miała wartość równą wartości doprowadzonego napięcia.

3. Pobór energii elektrycznej z uzwojenia wtórnego spowoduje pobieranie energii ze źródła zasilającego, przy czym moc pobierana jest większa od oddawanej — w przykładzie moc pobierana wynosi 10 W (40 V, 250 mA). Różnicę stanowią straty w transformatorze przekształcające się w ciepło.

4. Stosunek napięcia wtórnego do pierwotnego ma się w przybliżeniu jak stosunek liczby zwojów uzwojenia wtórnego do pierwotnego. Nieco większa liczba zwojów uzwojenia wtórnego jest uzasadniona koniecznością skompensowania strat — wówczas stosunek napięć U_2 do U_1 równa się założonemu (w przykładzie $U_2/U_1 = 2$).

Punktem wyjścia do obliczenia transformatora jest potrzebna jego moc P_t , będąca sumą mocy pobieranej przez wszystkie uzwojenia wtórne transformatora i podzielonych przez współczynnik założonej sprawności — równy 0,8.

$$P_t = \frac{P_a + P_b + P_c \dots}{0,8} \text{ VA} \quad (1)$$

W celu wybrania odpowiedniego rdzenia korzystamy ze wzoru:

$$Q_r = 1 \cdot 1 P_t \quad (2)$$

w którym:

Q_r — przekrój środkowej kolumny rdzenia [cm^2].

Jeżeli nie możemy zakupić takiego rdzenia, to wybieramy rdzeń o przekroju większym.

Następnie obliczamy liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego (z_1) i uzwojeń wtórnych (z_2) ze wzorów:

$$z_1 = 50 \frac{U_1}{Q_r} \quad (3)$$

$$z_2 = 56 \frac{U_2}{Q_r} \quad (4)$$

Natężenia prądu przepływającego przez poszczególne uzwojenia bądź znamy z przeznaczenia uzwojenia, bądź obliczamy znając moc i napięcie uzwojenia. Następnie obli-

czamy średnice drutów dla poszczególnych uzwojeń korzystając ze wzoru:

$$d = 0,7 \sqrt{I} \quad (5)$$

w którym:

d — średnica drutu nawojowego, bez izolacji [mm],

I — skuteczna wartość prądu w danym uzwojeniu [A].

Możemy skorzystać również z tablicy, w której ujęto niektóre dane drutów nawojowych.

Jeżeli nie możemy nabyć drutu o obliczonej średnicy, przyjmujemy drut o średnicy nieco większej. Drut o średnicy mniejszej może być stosowany tylko w transformatorach bardzo małej mocy (do 20 VA), przy czym nie zaleca się stosowania gęstości prądu przekraczającej 3 A/mm². Zbyt duża gęstość prądu powoduje przegrzewanie się uzwojeń i większe straty w transformatorze.

Przykład

Zaprojektować transformator do prostownika o następujących danych:

$$U_1 = 220 \text{ V}, U_2 = 27 \text{ V}, P_t = 50 \text{ VA}, I_2 = 1,8 \text{ A}.$$

Obliczamy pożądany przekrój rdzenia:

$$Q_r = 1,1 \sqrt{50} = 8 \text{ cm}^2.$$

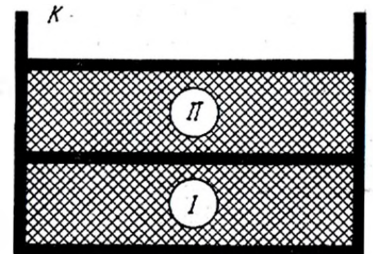
Nabyliśmy rdzeń 9 cm², do którego dostosujemy dalsze obliczenia:

uzwojenie pierwotne

$$z_1 = 50 \frac{220}{9} = 1220 \text{ zwojów}$$

uzwojenie wtórne

$$z_2 = 56 \frac{27}{9} = 168 \text{ zwojów}$$



Rys. 2. Szkic przekroju uzwojenia
K — korpus, I — uzwojenie pierwotne,
II — uzwojenie wtórne

średnice drutów

$$d_1 = 0,7 \sqrt{I_1} = 0,7 \sqrt{\frac{P_t}{U_1}} = 0,7 \sqrt{\frac{50}{220}} = 0,34$$

(przyjmujemy drut 0,35 lub 0,4)

$$d_2 = 0,7 \sqrt{I_2} = 0,7 \sqrt{1,8} = 0,94 \text{ mm}$$

(przyjmujemy drut 1,0 lub 0,9).

Tablica

Dane drutów nawojowych izolowanych emalią

Srednica d [mm]	Przekrój [mm ²]	Opór 1 m [Ω]	Liczba zwojów na 1 cm	Liczba zwojów na 1 mm ²	Obciążenie [A]
1	2	3	4	5	6
0,10	0,0079	2,22	80	70	0,020
0,12	0,0113	1,55	64	50	0,028
0,15	0,0177	0,99	54	35	0,045
0,20	0,0314	0,56	40	23	0,078
0,25	0,049	0,36	35	15	0,12
0,30	0,071	0,25	28	10	0,18
0,35	0,096	0,18	25	8	0,24
0,40	0,126	0,14	21	6	0,31
0,45	0,159	0,11	20	5	0,40
0,50	0,196	0,0895	17	4	0,49
0,60	0,283	0,0618	14	2,5	0,70
0,70	0,385	0,0455	11	2,0	0,96
0,80	0,503	0,0348	10	1,5	1,26
0,90	0,636	0,0275	9	1,1	1,60
1,00	0,785	0,0223	8	0,9	1,96

U w a g i:

1. Dane rubryki 4 i 5 należy traktować jako orientacyjne.

2. Dopuszczalne obciążenie (rubryka 6) podano dla gęstości prądu 2,5 A/mm².

Dysponując danymi liczbowymi dotyczącymi rdzenia i uzwojeń sprawdzamy, czy uzwojenia się pomieszczą w oknie rdzenia. W tym celu najlepiej wykonać szkic okna na papierze milimetrowym (ewentualnie w powiększonej skali), wrysować korpus wykonany z preszpanu lub twardej dobrej tektury (rys. 2). Następnie obliczamy miejsce zajmowane przez uzwojenia, posługując się danymi z tablicy. Pozwoli to zorientować się ile miejsca pozosta-

je na przekładki międzywarstwowe, izolacyjną warstwę pomiędzy uzwojeniem pierwotnym i wtórnym (lub także między wtórnymi, jeżeli jest ich kilka) oraz na nieuniknione niedokładności uzwojania.

Pierwszy sporządzany samodzielnie transformator z pewnością się nie uda. Należy więc zacząć od taniego eksperymentu. Następny może już przedstawiać wartość użytkową.

Należy pamiętać o stosowaniu dobrej izolacji pomiędzy uzwojeniem

pierwotnym i wtórnym, aby uniknąć przebicia i ewentualnego porażenia prądem elektrycznym, lub uszkodzenia urządzeń.

Należy używać zawsze nowego drutu nawojowego w izolacji emaliowej. Drut raz już używany do wykonania transformatora może mieć odpryski izolacji i ponownie nie powinien być używany do nawinięcia uzwojeń.

R.T.