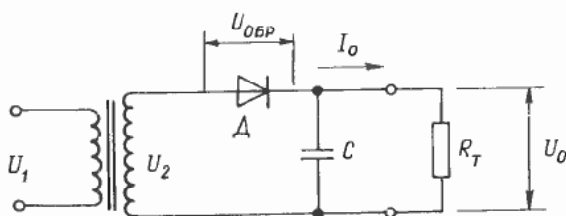


### 17.3. ТОКОВИЗПРАВИТЕЛИ

**Еднополупериоден изправител** (фиг. 17.1). Прилага се в случаите, когато консумираната мощност не е голяма, изправеното напрежение е сравнително високо, няма особени изисквания за изглаждане на пулсациите.



Фиг. 17.1. Еднополупериоден изправител

С достатъчно за практиката приближение изчислението става по няколко съотношения и графики в зависимост от необходимото изправно напрежение  $U_0$  и ток на консумация  $I_0$ . Изчислението е в сила при смесен характер на товара (активно-капацитивен).

Първо се определя ефективната стойност на променливото напрежение

$$U_2 = B U_0, \quad (17.1)$$

където  $B$  е коефициентът, определящ се по графиките от фиг. 17.2 в зависимост от величината  $A$ :

$$A = 3,2 I_0 \frac{R_2 + R_d}{U_0}$$

Тук  $R_2$  е съпротивлението на вторичната намотка на трансформатора; изчислява се приблизително в зависимост от мощността на изправителя

$$\text{при мощност до } 10 \text{ W} - R_2 = 0,1 \frac{U_0}{I_0};$$

$$\text{при мощност от } 10 \text{ до } 100 \text{ W} - R_2 = 0,05 \frac{U_0}{I_0};$$

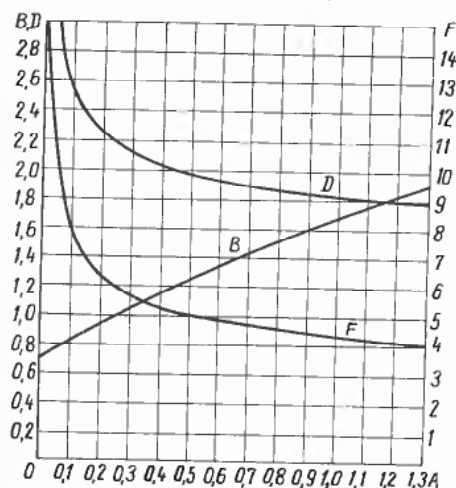
$R_d$  — съпротивлението на изправителния елемент;

$$R_d = \frac{1}{I_0} \text{ (за силициеви диоди);}$$

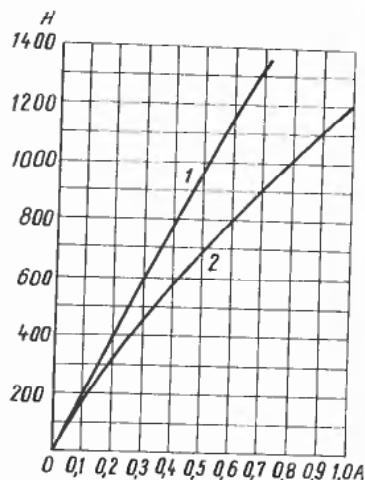
$$R_d = \frac{0,5}{I_0} \text{ (за германиеви диоди);}$$

$$R_d = \frac{0,65}{I_0} \text{ (за селенови клетки).}$$

По така определената стойност на  $A$  от фиг. 17.2 се отчитат величините,  $B$ ,  $D$  и  $F$  и се изчислява  $U_2$ . Максималното обратно напрежение  $U_{обр}$  (във  $V$ ), което трябва да издържа изправителният елемент, ще бъде



Фиг. 17.2. Графики за определяне на коефициентите  $B$ ,  $D$  и  $F$



Фиг. 17.3. Графика за определяне на коефициента  $H$

$$U_{обр} = 2,8 U_2. \quad (17.2)$$

Максималният ток  $I_{\max}$  (в  $A$ ) в права посока е

$$I_{\max} = F I_0. \quad (17.3)$$

Токът  $I_2$  (в  $A$ ), за който трябва да бъде изчислена вторичната намотка на трансформатора, ще бъде

$$I_2 = D I_0. \quad (17.4)$$

Капацитетът на кондензатора  $C$  се изчислява с оглед на това в изхода да се получи коефициент на пулсациите  $p_1 = 5\%$ :

$$C = \frac{H}{0,05(R_2 + R_d)}, \mu F, \quad (17.5)$$

където  $H$  е коефициент, определен по графиките от фиг. 17.3. Кривата 1 е за еднополупериоден, а 2 — за двуполупериоден изправител.

От зависимостта (17.5) може по обратен път да се определи необходимият капацитет  $C$  за получаване на желания коефициент на пулсациите  $p_1$  (в  $\%$ ):

$$p_1 = \frac{H}{C(R_2 + R_d)} \cdot 100. \quad (17.6)$$

Работното напрежение на кондензатора  $C$  трябва да бъде не по-малко от

$$U_{раб} = 1,4 U_2. \quad (17.7)$$

Ако намереното по израза (17.2) обратно напрежение е по-голямо от допустимото за един диод, може да се включат два или повече последователно свързани диоди, шунтирани с еднакви изравнителни резистори по 50—100  $k\Omega$ . Тогава в зависимостите за  $A$ ,  $C$  — (17.5), и  $p_1$  — (17.6), вместо  $R_d$  ще се постави  $nR_d$ , където  $n$  е броят на последователно свързаните диоди.

Ако вместо диоди се използват селенови клетки, чието допустимо обратно напрежение е 25  $V$ , броят на последователно свързаните клетки ще бъде

$$n = \frac{U_{обр}}{25}. \quad (17.8)$$

Данни за произвежданите у нас селенови клетки и стълбици са дадени в гл. 11.10.

**Пример.** За захранване на цифрови газоразрядни лампи е необходимо изправено напрежение  $U_0 = 170 V$  при консумиран ток 20  $mA$ . Да се оразмери подходящ изправител и се избере необходимият изправителен елемент.

За този случай най-подходящ е еднопътен изправител. Променливото напрежение  $U_2$  на вторичната намотка на трансформатора определяме по (17.1), като предварително намираме коефициентите  $B$ ,  $D$  и  $F$  от фиг. 17.2. За целта най-отпред определяме

$$R_2 = 0,1 \frac{U_0}{I_0} = 0,1 \frac{170}{0,02} = 850 \Omega;$$

$$R_d = \frac{1}{I_0} = \frac{1}{0,02} = 50 \Omega.$$

Тогава

$$A = 3,2 I_0 \frac{R_2 + R_d}{U_0} = 3,2 \cdot 0,02 \frac{850 + 50}{170} = 0,34.$$

От фиг. 17.2 намираме  $B = 1,1$ ,  $D = 2,1$ ,  $F = 5,5$  и определяме

$$U_2 = B U_0 = 1,1 \cdot 170 = 187 V;$$

$$U_{обр} = 2,8 U_2 = 2,8 \cdot 187 = 520 V;$$

$$I_{\max} = F I_0 = 5,5 \cdot 0,02 = 0,11 A;$$

$$I_2 = D I_0 = 2,1 \cdot 0,02 = 0,042 A.$$

Определените стойности за  $U_{обр}$  и  $I_{max}$  показват, че най-подходящ диод е 1N4007 (български тип КД2016К).

Изправителят не трябва да отговаря на специални изисквания по отношение на коефициента на пулсации, поради което капацитетът на  $C$  се определя по (17.5). От фиг. 17.3 (крива 1) за  $A=0,34$  намираме  $H=700$ . Тогава

$$C = \frac{H}{0,05(R_2 + R_d)} = \frac{700}{0,05(850 + 50)} = 15,6 \mu F.$$

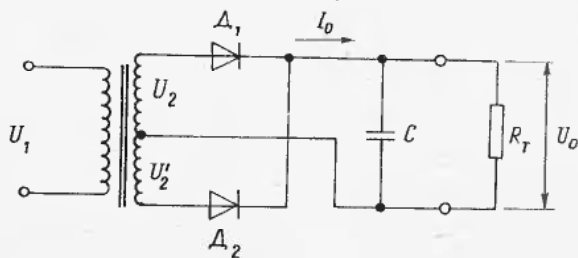
Приемаме стандартната стойност  $16 \mu F$ . Работното му напрежение определяме от (17.7):

$$U_{раб} = 1,4 U_2 = 1,4 \cdot 187 = 260 V.$$

Избираме кондензатор  $16 \mu F/350V$ .

Коефициентът на пулсации ще бъде.

$$p_1 = \frac{H}{C(R_2 + R_d)} \cdot 100 = \frac{700 \cdot 100}{16(850 + 50)} = 4,9\%.$$



Фиг. 17.4. Двуполупериоден изправител

**Двуполупериоден изправител (фиг. 17.4).** Прилага се при средни мощности и по-високи изисквания за пулсациите.

Ефективната стойност на променливото напрежение  $U_2$  се определя по (17.1). Намира се

$$A = 1,6 I_0 \frac{R_2 + R_d}{U_0},$$

откъдето по графиките (фиг. 17.2) се намират  $B$ ,  $D$  и  $F$ .  $R_2$  и  $R_d$  се определят както при еднопътния изправител.

$U_{обр}$  на диодите  $D_1$  и  $D_2$  се изчислява по (17.2).

Максималният ток  $I_{max}$  (в А) в права посока е

$$I_{max} = 0,5 F I_0. \quad (17.9)$$

Токът  $I_2$  (в А) през вторичната намотка е

$$I_2 = 0,5 D I_0. \quad (17.10)$$

Капацитетът на кондензатора  $C$  се изчислява по (17.5), но коефициентът  $H$  се определя по крива 2 от фиг. 17.3.

Коефициентът на пулсациите в изхода и работното напрежение на  $C$  се определя по (17.6) и (17.7).

*Пример.* Да се изчисли двуполупериоден токоизправител за напрежение  $9V$  и ток  $0,3A$  за захранване на транзисторен радиоприемник.

Определяме спомагателната величина  $A$ :

$$A = 1,6 I_0 \frac{R_d + R_2}{U_d};$$

$$R_2 = 0,1 \frac{U_0}{I_0} = 0,1 \frac{9}{0,3} = 3\Omega;$$

$$R_d = \frac{1}{I_0} = \frac{1}{0,3} = 3,3\Omega.$$

Тогава

$$A = 1,6 \cdot 0,3 \frac{3 + 3,3}{9} = 0,35.$$

От фиг. 17.2 намираме  $B=1,1$ ,  $D=2,1$ ,  $F=5,5$ . Съгласно със (17.1) и (17.2) получаваме

$$U_2 = B U_0 = 1,1 \cdot 9 = 9,9 V;$$

$$U_{обр} = 2,8 U_2 = 2,8 \cdot 9,9 \approx 28 V.$$

$$I_{max} = 0,5 F I_0 = 0,5 \cdot 5,5 \cdot 0,3 = 0,83 A.$$

За така определените  $U_{обр}$  и  $I_{max}$  най-подходящ е изправителният диод 1N4002 (български тип КД2016А).

Токът през вторичната намотка е

$$I_2 = 0,5 D I_0 = 0,5 \cdot 2,1 \cdot 0,3 = 0,32 A.$$

Капацитетът на  $C$  изчисляваме по (17.5), след като от фиг. 17.3 (крива 2) намерим, че за  $A=0,35$   $H=520$  или

$$C = \frac{H}{0,05(R_2 + R_d)} = \frac{520}{0,05(3 + 3,3)} = 1660 \mu F.$$

при работно напрежение

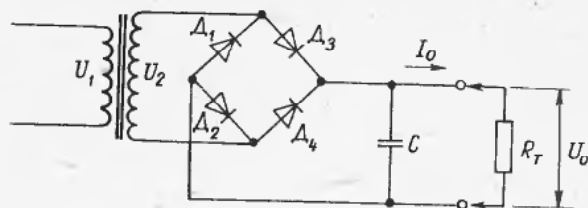
$$U_{раб} = 1,4 U_2 = 1,4 \cdot 9,9 \approx 14 V.$$

Приемаме стандартен кондензатор  $2200 \mu F/16V$ .

Тогава

$$p_1 = \frac{H}{C(R_2 + R_d)} \cdot 100 = \frac{520 \cdot 100}{2200(3 + 3,3)} = 3,75\%.$$

**Двуполупериоден мостов изправител.** Позната като схема Грец (фиг. 17.5), тази изправителна схема има универсално приложение особено при по-големи токове на консумация. Удобна е, че не изисква средна точка на вторичната намотка.



Фиг. 17.5. Двуполупериоден мостов изправител

Методиката за изчислението ѝ не се различава от тази на обикновения двупътен изправител с два диода и средна точка. Само максималната стойност на обратното напрежение за всеки диод е

$$U_{обр} = 1,4 U_2, \quad (17.11)$$

а максималният ток в права посока —

$$I_{max} = 0,5 F I_0. \quad (17.12)$$

Токът през вторичната намотка е

$$I_2 = 0,7 D I_0. \quad (17.13)$$

**Пример.** Необходим е токоизправител за 12 V/1A за захранване на жп модел. Да се оразмерят елементите на схемата. Избираме мостова схема със силициеви диоди:

$$R_2 = 0,05 \frac{U_0}{I_0} = 0,05 \frac{12}{1} = 0,6 \Omega;$$

$$R_d = \frac{1}{I_0} = \frac{1}{1} = 1 \Omega;$$

$$A = 1,6 I_0 \frac{R_2 + R_d}{U_0} = 1,6 \cdot 1 \frac{0,6 + 1}{12} = 21$$

От фиг. 17.2 отчитаме  $B = 0,95$ ,  $D = 2,2$ ,  $F = 4,8$ . Тогава

$$U_2 = B U_0 = 0,95 \cdot 12 = 11,4 \text{ V.}$$

От (17.11) и (17.12) се определят

$$U_{обр} = 1,4 U_2 = 1,4 \cdot 11,4 = 16 \text{ V.}$$

$$I_{max} = 0,5 F I_0 = 0,5 \cdot 4,8 \cdot 1 = 2,4 \text{ A.}$$

Токът през вторичната намотка е  
 $I_2 = 0,7 D I_0 = 0,7 \cdot 2,1 = 1,54 \text{ A.}$

За да определим капацитета  $C$  на кондензатора, първо намираме, че за  $A = 0,21$   $H = 330$ . Тогава

$$C = \frac{H}{0,05(R_2 + R_d)} = \frac{330}{0,05(0,6 + 1)} = 4100 \mu\text{F.}$$

Приемаме  $C = 4700 \mu\text{F}$ .

Тъй като съобразно с предназначението на този изправител не се изисква толкова малък коефициент на пулсации (5%), намаляваме  $C$  до 2200  $\mu\text{F}$ , при което от (17.6) се получава

$$\rho_1 = \frac{H}{C(R_2 + R_d)} 100 = \frac{330}{2200(0,6 + 1)} 100 = 10\%.$$

**Удвоител и умножител на напрежение.** Последователната схема с удвояване на напрежението (фиг. 17.6 а) е удобна, тъй като има обща точка между входа и изхода. Изходното напрежение  $U_0$  се доближава до удвоената стойност на амплитудата на входното променливо напрежение  $U_2$ . Честотата на пулсациите е 50 Hz (ако захранващото напрежение е с мрежова честота).

Паралелната схема с удвояване на напрежението (фиг. 17.6 б) позволява да се получат две изправени напрежения, при което второто напрежение в краищата на  $C_2$  е равно на  $U_0/2$ . Паралелната схема се използва по-често, тъй като дава по-малки пулсации в сравнение с последователната и позволява да се използват кондензатори с два пъти по-ниско работно напрежение  $U_0$ . Честотата на пулсациите е 100 Hz.

Схемата с умножаване на напрежението (фиг. 17.6 в) е съставена чрез последователно свързване на няколко удвоители по схемата от фиг. 17.6 а. Всеки от изходните кондензатори  $C_2$ ,  $C_4$  и т. н. се зарежда до напрежение  $2U_2$  (амплитудна стойност). В случая  $U_0 \approx 4U_2$ . Тази схема се прилага за малки стойности на консумирания ток — 15 до 20 mA. Честотата на пулсациите е 50 Hz.

При изчисляването на схемите от фиг. 17.6 а и 17.6 б са в сила няколко съотношения. Ефективната стойност на захранващото напрежение  $U_2$  и коефициентът  $A$  се определя от изразите

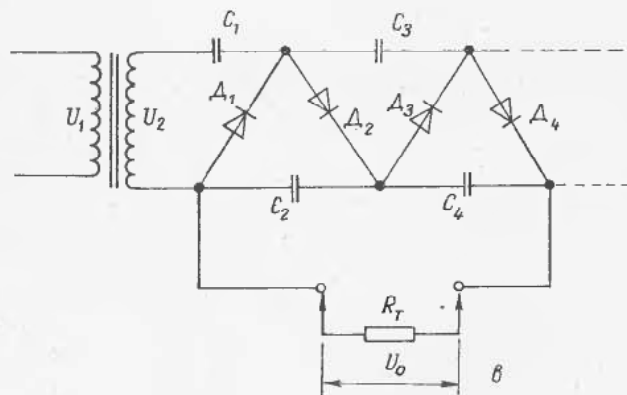
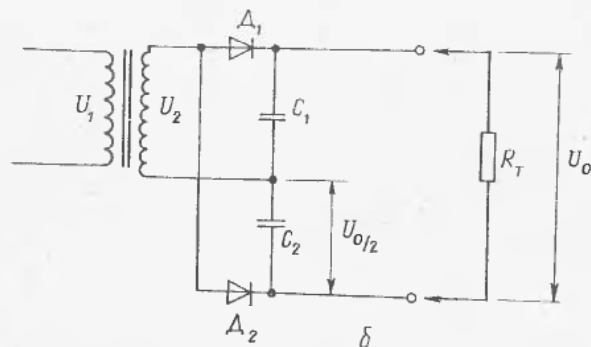
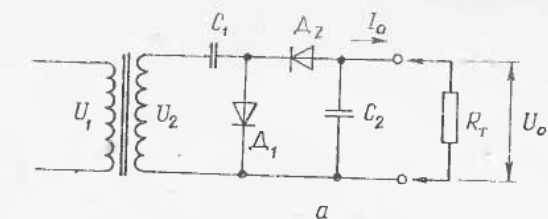
$$U_2 = 0,5 B U_0; \quad (17.14)$$

$$A = 6,3 I_0 \frac{R_2 + R_d}{U_0}, \quad (17.15)$$

откъдето по фиг. 17.2 се намират  $B$ ,  $D$  и  $F$ .  $R_2$  и  $R_d$  се определят както при изправителните схеми.

Максималното обратно напрежение за всеки диод е

$$U_{обр} = 2,8 U_2, \quad (17.16)$$



Фиг. 17.6. Удвоители и умножители на напрежение  
а — последователна схема; б — паралелна схема; в — схема за умно-  
жение на напрежението

а максималният ток в права посока

$$I_{\max} = FI_0. \quad (17.17)$$

Токът през вторичната намотка е

$$I_2 = 1,4 DI_0. \quad (17.18)$$

Капацитетите на  $C_1$  и  $C_2$  се определят от израза

$$C_1 = C_2 = \frac{2H}{0,05(R_2 + R_d)}, \quad (17.19)$$

където  $H$  се намира по крива 2 от фиг. 17.3.

$$U_{\text{раб}} \geq 0,7 U_2. \quad (17.20)$$

За  $C_2$  от фиг. 17.6 а работното напрежение е

$$U_{\text{раб}} \geq 1,4 U_2. \quad (17.21)$$

Коефициентът на пулсации е

$$\rho_1 = \frac{2H}{C(R_2 + R_d)}. \quad (17.22)$$

Умножителят на напрежение (фиг. 17.6 в) в най-общия случай има  $n$ -звена за умножаване и при изчисляването трябва да се използват следните приблизителни съотношения:

$$U_2 = \frac{0,85U_0}{n}; \quad (17.23)$$

$$U_{\text{обв}} = 2,8 U_2; \quad (17.24)$$

$$U_{C1} = \frac{U_0}{n}; \quad (17.25)$$

$$U_{C2} = U_{C3} = \dots = \frac{2U_0}{n}; \quad (17.26)$$

$$\rho_1 = \frac{200I_0(n+2)}{U_2 C_1}. \quad (17.27)$$

#### 17.4. ИЗГЛАЖДАЩИ ФИЛТРИ

Коефициентът на изглаждане  $K_\phi$  е

$$K_\phi = \frac{\rho_1 U_0}{\rho_2 U_2}, \quad (17.28)$$

където  $\rho_1$  и  $\rho_2$  са коефициентите на пулсации във входа и изхода на филтъра, %;

$U_0$  и  $U_2$  — постоянните съставки на напреженията във входа и изхода на филтъра, V.