

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

Тема роботи. Розрахунок випрямлячів

Теоретичні відомості

Усі схеми випрямлення можна розділити за наступними основними ознаками:

- за кількістю фаз первинної обмотки трансформатора — на однофазні та трифазні;
- за кількістю імпульсів струму у вторинній обмотці трансформатора за період — на одно та двохтактні;
- за можливістю управляти вихідною напругою — на некеровані та керовані.

Основними експлуатаційними характеристиками випрямлячів є:

1. Середня напруга на навантаженні U_d та його середній струм I_d .

Опір навантаження і активна потужність становить:

$$R_H = \frac{U_d}{I_d}, \quad P_d = U_d I_d \quad (2.1)$$

2. Коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги:

$$K_n = \frac{U_{m(1)}}{U_d} = \frac{2}{m^2 - 1}, \quad (2.2)$$

де $U_{m(1)}$ - амплітудне значення основної гармоніки випрямленої напруги при розкладанні останньої у ряд Фурє.

3. Зовнішня (навантажувальна) характеристика: $U_d = f(I_d)$.
4. Середнє значення струму через вентиль I_a .
5. Амплітудне значення струму через вентиль I_{am} .
6. Амплітудне значення зворотної напруги, що прикладається до вентиля $U_{зв.т.}$.
7. Коефіцієнт корисної дії η .
8. Надійність.

Знаючи експлуатаційні характеристики різних схем випрямлячів і вимоги з боку навантаження, обирають конкретну схему. На основі параметрів 4-6 вибирають некеровані вентиля.

Розрізняють такі режими роботи випрямлячів:

- на активне навантаження (R);
- на активно-індуктивне навантаження (RL);
- на активно-ємнісне навантаження (RC);
- на проти-електрорушійну силу – проти-е.р.с. (E).

Для спрощення аналізу випрямляча спочатку будемо розглядати його роботу на чисто активне навантаження, вважаючи трансформатор і діоди ідеальними. Це означає, що втрати в трансформаторі відсутні, а діоди мають ідеальну вольт-амперну характеристику.

Для правильного вибору трансформатора та діодів необхідно визначити значення параметрів, якими характеризується робота кожного з елементів схеми випрямлення.

У випадках, коли розрахункова зворотна напруга випрямляча перевищує $U_{зв.т.}$ ($U_{b.max}$) одного діода, застосовують послідовне увімкнення діодів (рис. 2.1). При цьому кожен діод потрібно шунтувати резистором зі значенням, яке на порядок більше зворотного опору діода, для того, щоб зворотна напруга рівномірно розподілилась між діодами.

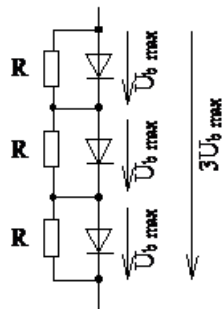


Рис. 2.1 - Послідовне увімкнення діодів

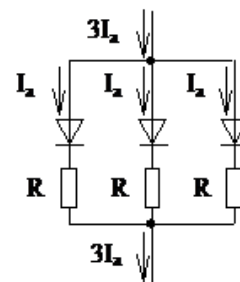


Рис. 2.2 - Паралельне увімкнення діодів

Для пропускання великих прямих струмів діоди з'єднуються паралельно (рис. 2.2). У цьому випадку для рівномірного розподілу прямого струму потрібно послідовно з кожним діодом увімкнути додатковий резистор (долі Ома, на порядок менший за прямий диференційний опір діода).

На практиці дуже часто використовують готові табличні дані для розрахунку параметрів випрямляча, знаючи тип схеми і характер навантаження (табл. 2.1).

У таблиці 2.1 прийняті позначення:

U_d , В - середнє значення випрямленої напруги;

I_d , А - середнє значення випрямленого струму;

$U_{зв.м.}$, В - максимальне значення зворотної напруги;

I_a , А - середнє значення струму через діод;

I_{am} , А - максимальне значення струму через діод;

$P_d = U_d I_d$, Вт - потужність випрямленого струму;

n - коефіцієнт трансформації трансформатора;

S_T , ВА - габаритна потужність трансформатора.

Таблиця 2.1 – Основні співвідношення між струмами та напругами в схемах однофазних двопівперіодних випрямлячів.

Розрахункова величина	Схема з нульовим виводом		Мостова схема	
	навантаження R	навантаження R-L	навантаження R	навантаження R-L
U_d , В	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9 U_2$			
U_2 , В	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_d = 1,11 U_d$			
n , -	$\frac{U_1}{U_2}$			
I_a , А	$\frac{I_d}{2}$			
I_{am} , А	$I_d \frac{\pi}{2} = 1,57 I_d$	$I_{am} \approx I_d$	$I_d \frac{\pi}{2} = 1,57 I_d$	$I_{am} \approx I_d$
$U_{зв.м.}$, В	πU_d		$\frac{\pi U_d}{2}$	
I_2 , А	$I_d \frac{\pi}{4}$	$\frac{I_d}{\sqrt{2}}$	$1,11 I_d$	$I_2 = I_d$
I_1 , А	$1,11 \frac{I_d}{n}$	$\frac{I_d}{n}$	$1,11 \frac{I_d}{n}$	$\frac{I_d}{n}$
S_1 , ВА	$U_1 I_1 = 1,23 P_d$	$1,11 P_d$	$1,23 P_d$	$1,11 P_d$
S_2 , ВА	$2 U_2 I_2 = 1,74 P_d$	$1,57 P_d$	$1,23 P_d$	$1,11 P_d$
S_T , ВА	$\frac{S_1 + S_2}{2} = 1,48 P_d$	$1,34 P_d$	$1,23 P_d$	$1,11 P_d$

Для живлення навантажень середньої і великої потужності використовують трифазні випрямні схеми, що мають порівняно з однофазними ряд переваг:

- краще використовуються вентилі за струмом;
- суттєво нижчий коефіцієнт пульсацій;
- ефективне використання габаритної потужності трансформатора;
- більш ефективне використання згладжуючих фільтрів.

До мережі трифазні випрямлячі підмикаються через трифазні трансформатори, обмотки яких вмикаються зіркою або трикутником.

Найрозповсюдженішими є такі два типи схем трифазних випрямлячів:

- однопівперіодна з нульовим виводом, рис. 2.3 (схема Міткевича);
- двопівперіодна мостова, рис. 2.4 (схема Ларіонова).

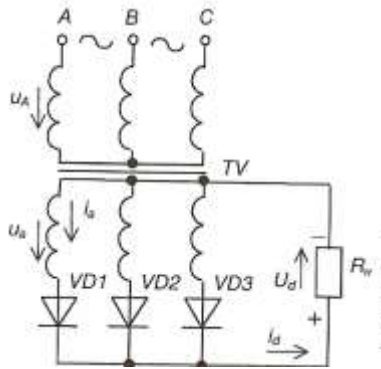


Рис. 2.3 – Трифазна схема з нульовим виводом (схема Міткевича)

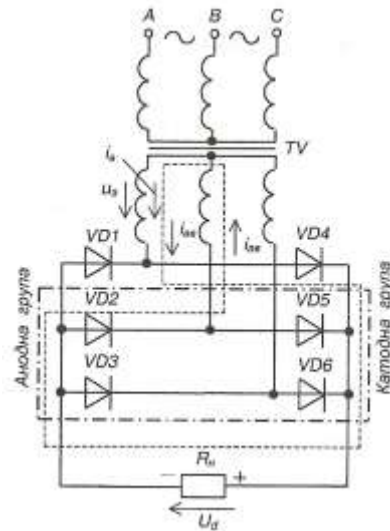


Рис. 2.4 - Трифазна мостова схема (схема Ларіонова)

При розрахунку випрямляча вихідними даними є:

- середня напруга на навантаженні U_d ;
- середній струм I_d ;
- напруга мережі живлення U_1 .

Потрібно визначити:

- параметри схеми, необхідні для вибору діодів - I_a , $I_{ам}$, $U_{з.м}$;
- параметри, необхідні для вибору (розрахунку) трансформатора U_2 , I_1 , I_2 , n , S_T ;
- параметри, необхідні для розрахунку фільтра.

При розрахунку робимо припущення, що діод ідеальний: його опір у відкритому стані рівний нулю, у закритому – нескінченності. Тоді матимемо формули для розрахунку, які наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні співвідношення між струмами та напругами в схемах трифазних випрямлячів.

Розрахункова величина	Схема Міткевича (нульова)	Схема Ларіонова (мостова)
U_d , В	$1,17U_{2\phi}$	$2,34U_{2\phi}$
$U_{2\phi}$, В	$0,85U_d$	$0,425U_d$
n , -	$\frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{U_{1\phi}}{0,85U_d}$	$\frac{U_{1\phi}}{0,425U_d}$
I_a , А	$\frac{I_d}{3}$	
$I_{ам}$, А	$0,577I_d$	
$U_{зв.м}$, В	$2,45U_{2\phi}$	
I_2 , А	$0,577I_d$	$0,816I_d$
I_1 , А	$0,471\frac{I_d}{n}$	$0,816\frac{I_d}{n}$
S_1 , ВА	$1,48P_d$	$1,045P_d$
S_2 , ВА	$1,21P_d$	$1,045P_d$
S_T , ВА	$1,35P_d$	$1,045P_d$

Практична частина

Задача 2.1. Виконати розрахунок параметрів схеми однофазного двопівперіодного випрямляча (рис. 2.5, 2.6) згідно заданого варіанту (табл. 2.3). Визначити розрахункову потужність трансформатора, середнє та максимальне значення струму вентиля, максимальну зворотну напругу на вентилі, коефіцієнт пульсацій для заданої схеми випрямляча.

Вихідними даними для розрахунку є:

U_2, B – напруга вторинної обмотки трансформатора;

I_d, A – середнє значення випрямленого струму (струму навантаження);

U_1, B – напруга мережі живлення.

Варіанти вихідних даних наведені в табл. 2.3.

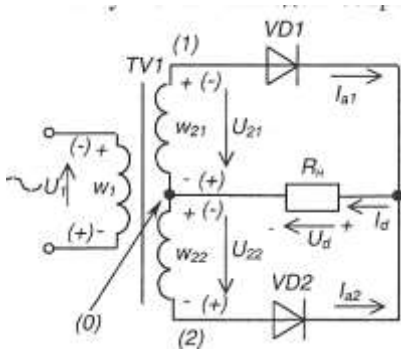


Рис. 2.5 - Однофазний випрямляч з нульовим виводом

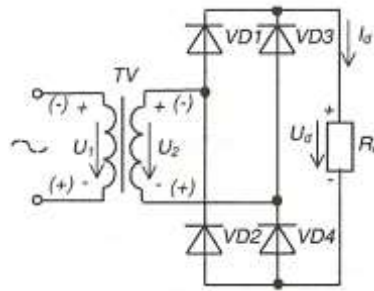


Рис. 2.6 - Однофазний мостовий випрямляч

Таблиця 2.3 - Вихідні дані до задачі 2.1

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
U_1, B		127	220	127	220	127	220	127	220	127	220
	U_2, B	6	9	12	24	36	6	9	12	24	36
	R, Ω	10	12	15	18	20	24	27	30	36	43
	схема	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6

Приклад вибору варіанта для номера залікової книжки 132:

з колонки 3 маємо – $U_1 = 220 B$;

з колонки 2 – $U_2 = 12 B$; $R = 12 \Omega$.

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 2.1

Розв'язування. Середнє значення випрямленої напруги напруги рівне

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9U_2.$$

Середнє значення випрямленого струму

$$I_d = U_d / R.$$

Максимальне значення зворотної напруги на вентилі

$$U_{зв.м} = 2\sqrt{2} U_2. \quad (2.3)$$

Максимальне значення струму вентиля

$$I_{a.m} = \frac{\sqrt{2}U_2}{R} = 1,57I_d. \quad (2.4)$$

Середнє значення струму вентиля

$$I_a = 0,5I_d. \quad (2.5)$$

Діюче значення струму вентиля

$$I_{\text{д.д.}} = \frac{\pi}{4} I_d.$$

Вибираємо тип діодів за табл. Д6. При цьому необхідно забезпечити виконання умов (2.3 -2.5).
Коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги:

$$K_n = \frac{U_{m(1)}}{U_d} = \frac{2}{m^2 - 1},$$

Розрахункова потужність трансформатора:

- для випрямляча з нульовим виводом

$$S_T = (S_1 + S_2) / 2 = 1,48 P_d = 1,48 U_d I_d;$$

- для мостового випрямляча

$$S_T = (S_1 + S_2) / 2 = 1,23 P_d = 1,23 U_d I_d.$$

Інші параметри схеми трансформатора розраховуються за методикою, наведеною в попередній практичній роботі.

Задача 2.2. Виконати розрахунок параметрів схеми трифазного випрямляча (рис. 2.3, 2.4) згідно заданого варіанту (табл. 2.4). Визначити розрахункову потужність трансформатора, коефіцієнт трансформації, діюче значення струмів первинної і вторинної обмоток, діюче значення струму вентиля, максимальну зворотну напругу на вентилі і за довідником вибрати вентиль.

Вихідними даними для розрахунку є:

U_d, B – середнє значення випрямленої напруги вторинної на навантаженні;

I_d, A - середнє значення випрямленого струму (струму навантаження);

U_l, B - напруга мережі живлення;

розрахункова схема випрямляча: рис. 2.3 - трифазна схема з нульовим виводом (схема Міткевича);
рис. 2.4 - трифазна мостова схема (схема Ларіонова).

Таблиця 2.4 - Вихідні дані до задачі 2.2

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
U_l, B		380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
	U_d, B	60	48	24	24	60	48	48	24	60	60
	I_d, A	30	20	30	40	20	30	50	20	40	50
	схема	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 2.2

Основні співвідношення для розрахунку між струмами та напругами для заданих схем трифазних випрямлячів прийняти з таблиці 2.2.

Тип діодів вибирати за табл. Д6 за виконання умов (2.3-2.5).

Часові діаграми роботи випрямлячів наводяться викладачем на лекційних заняттях при вивченні відповідних тем.