

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
для студентів спеціальності
172 «Телекомунікації та радіотехніка»
напряму підготовки 6.050903 «Телекомунікації»
денної і заочної форм навчання**

Луцьк 2017

УДК 621.31(07)
Е 50

До друку _____ Голова Навчально-методичної ради Луцького НТУ
(підпис)

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій
Луцького НТУ _____ директор бібліотеки.
(підпис)

Затверджено Навчально-методичною радою Луцького НТУ, протокол № ____ від
_____ 2017 р.

Рекомендовано до видання Навчально-методичною радою ФЕПЕС Луцького
НТУ, протокол № ____ від _____ 2017 р.

_____ Голова Навчально-методичної ради ФЕПЕС
(підпис)

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри фізики і електротехніки Луцького
НТУ, протокол № ____ від _____ 2017 р.

Укладач: / _____ / М.М. Євсюк, к.т.н, доцент Луцького НТУ

Рецензент: / _____ / П.Ф. Баховський, к.т.н, доцент Луцького НТУ

Відповідальний
за випуск: / _____ / Д.А. Захарчук, к.ф.-м.н, доцент Луцького НТУ

Е 50 Електроживлення систем зв'язку [текст]: методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», напряму підготовки 6.050903 «Телекомунікації» денної і заочної форм навчання / М.М. Євсюк, – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 35с.

Видання містить методичні вказівки, індивідуальні завдання, рекомендації та додатки до виконання самостійної роботи.

© М.М. Євсюк, 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1. РОЗРАХУНОК ОДНОФАЗНОГО ВИПРЯМЛЯЧА МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З	5
1.1. Мета розрахунку	5
1.2. Вихідні дані	5
1.3. Теоретичні пояснення	6
1.4. Порядок розрахунку	6
1.5. Контрольні запитання	19
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧОЇ УСТАНОВКИ ПІДПРИЄМСТВА ЗВ'ЯЗКУ	20
2.1. Мета розрахунку	20
2.2. Вихідні дані	20
2.3. Теоретичні пояснення	21
2.4. Порядок розрахунку	24
2.5. Контрольні питання	31
ЛІТЕРАТУРА	31
ДОДАТКИ	32

ПЕРЕДМОВА

Сучасні системи електрозв'язку характеризуються великою кількістю перетворювачів електричної енергії. За наявності загальних властивостей функції, що виконують перетворювачі, суттєво відрізняються. Так випрямлячі здійснюють перетворення змінного струму в постійний; ведені інвертори – перетворюють енергію джерела постійного струму і змінний, з передачею цієї енергії в мережу змінного струму; безпосередні перетворювачі частоти – перетворюють енергію мережі змінного струму в енергію змінного струму з частотою, що відрізняється від частоти живлячої мережі; перетворювачі змінної напруги – призначені для зміни напруги, що підводиться до навантаження при живленні його змінним струмом, а відповідно і зміни потужності, що передається у навантаження від мережі змінного струму і т.д..

Кожен з перетворювачів, характеризується своєю електричною схемою, яка повинна забезпечувати потрібні функціональні можливості того чи іншого перетворювача.

Вибрана для проектування схема перетворювача повинна забезпечувати вимоги, які висуваються зі сторони навантаження і живлячого навантаження. У зв'язку з цим при виборі конкретних схем перетворювачів велика увага приділяється таких їх показникам, як гармонічний склад вихідної напруги та споживаного струму, зовнішні та регульовальні характеристики, споживання з мережі змінного струму, тощо.

У методичних вказівках наведені варіанти завдань для розрахунку однофазного випрямляча малої потужності, електроживлячої установки підприємства зв'язку, а також довідникові технічні дані силових вентилів, акумуляторних батарей, випрямних пристроїв тощо.

1. РОЗРАХУНОК ОДНОФАЗНОГО ВИПРЯМЛЯЧА МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З ЄМНІСНИМ ФІЛЬТРОМ

1.1. Мета розрахунку

Метою даної роботи є набуття навиків розрахунку однофазних випрямлячів малої потужності з ємнісним фільтром.

1.2. Вихідні дані

Вихідними даними для розрахунку є:

- 1) U_d, B - середнє значення випрямленої напруги за номінального навантаження;
- 2) I_d, A - середнє значення випрямленого струму (струму навантаження);
- 3) $K_n, \%$ - коефіцієнт пульсації випрямленої напруги (на виході фільтра);
- 4) U_m, B - напруга мережі живлення;
- 5) $f_m, \text{Гц}$ - частота мережі живлення.

Варіанти вихідних даних наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Вихідні дані для розрахунку випрямляча

Цифри номера залікової		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	U_d, B	60	48	24	60	48	24	60	48	24	60
	I_d, A	8	5	4	6	8	6	4	10	8	10
	$K_n, \%$	0,2	0,5	0,3	0,9	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,2
	U_m, B	127	220	127	220	127	220	127	220	127	220
	$f_m, \text{Гц}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Приклад вибору варіанта для номера залікової книжки 132:

з колонки 3 маємо: $K_n = 0,9 \%$, $f_m = 50 \text{ Гц}$;

з колонки 2 - $U_d = 24 B$, $I_d = 4 A$; $U_m = 127 B$.

1.3. Теоретичні пояснення

Для живлення сучасних електронних пристроїв малої потужності найчастіше застосовують однофазні випрямлячі змінного струму, зазвичай двопівперіодні.

Величину пульсації вихідної напруги знижують до необхідної величини за допомогою фільтрів.

У якості вентилів найчастіше застосовують напівпровідникові кремнієві випрямні діоди.

Схема мостовою випрямляча з ємнісним фільтром наведена на рис. 1.1.

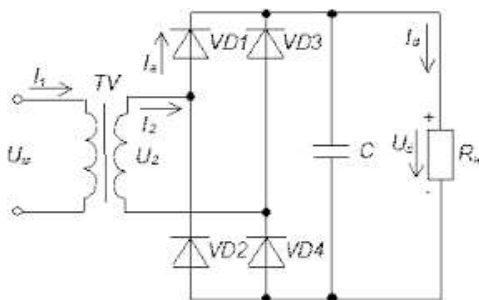


Рисунок 1.1 - Однофазний мостовий випрямляч з ємнісним фільтром

Такий випрямляч забезпечує двопівперіодне випрямлення і, порівняно зі схемою з нульовим виводом має менші габарити, масу і, відповідно, вартість трансформатора.

1.4. Приклад розрахунку однофазного мостового випрямляча з ємнісним фільтром

1.4.1. Вихідні дані:

- 1) середнє значення випрямленої напруги за номінального опору навантаження: $U_d = 48$ В;
- 2) струм навантаження $I_d = 0,3$ А;
- 3) коефіцієнт пульсації випрямленої напруги $K_n = 2,5$ %;
- 4) напруга мережі живлення $U_M = 127$ В;
- 5) частота мережі живлення $f_M = 400$ Гц.

1.4.2. Необхідно визначити:

- 1) тип і параметри вентилів;
- 2) режими роботи схеми (значення струмів в елементах та напругу на них);
- 3) к.к.д. випрямляча;
- 4) ємність та тип конденсатора фільтра.
- 5) навести схему розраховано випрямляча

1.4.3. Порядок розрахунку

1.4.3.1. Визначимо орієнтовні значення параметрів вентилів та габаритну потужність трансформатора.

Для цього необхідно задати значення допоміжних коефіцієнтів B , D і F . Для мостової схеми їх вибирають в інтервалах:

$$B = 0,95 \dots 1,1; \quad D = 2,1 \dots 2,2; \quad F = 6,8 \dots 7,2.$$

$$\text{Нехай: } B = 1,06; \quad D = 2,15; \quad F = 7,0. \quad (1.1)$$

Тоді амплітуда зворотної напруги на вентилі становитиме:

$$U_{зв.м} = 1,5 U_d = 1,5 \cdot 48 = 72 \text{ В.} \quad (1.2)$$

Середнє та амплітудне значення струму через вентиль відповідно:

$$I_a = \frac{I_d}{2} \quad (1.3)$$

$$I_{ам} = I_d \cdot 0,5 F. \quad (1.4)$$

Отже:

$$I_a = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ А};$$

$$I_{ам} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 7 = 1,05 \text{ А}.$$

1.4.3.2. Габаритна потужність трансформатора:

$$S_T = U_d I_d 0,707BD \quad (1.5)$$

Отже габаритна потужність трансформатора

$$S_T = 48 \cdot 0,3 \cdot 0,707 \cdot 1,06 \cdot 2,15 = 23,2 \text{ ВА.}$$

За визначеним значенням габаритної потужності з табл. 1.2 знаходимо максимальне значення індукції B_m для сталі марки Е360, забезпечуючи виконання умови $S_T > 23,2 \text{ ВА}$:

$$B_m = 1,47 \text{ Тл для } S_T = 40 \text{ ВА.}$$

Таблиця 1.2 - Рекомендовані значення максимальної індукції B_m та ККД η_T трансформатора для марок сталей Е340, Е350, Е360

Габаритна потужність S_T , ВА	Індукція B_m , Тл		ККД, η_T	
	$f_m = 50 \text{ Гц}$	$f_m = 400 \text{ Гц}$	$f_m = 50 \text{ Гц}$	$f_m = 400 \text{ Гц}$
10	1,2	1,15	0,85	0,78
20	1,4	1,33	0,89	0,83
40	1,5	1,47	0,92	0,86
70	1,6	1,51	0,94	0,88
100	1,6	1,5	0,95	0,9
200	1,43	1,4	0,96	0,92
400	1,43	1,3	0,97	0,94
> 400	1,35	1,2	0,97	0,95

1.4.3.3. Вибираємо тип вентилів за табл. 1.3. При цьому необхідно забезпечити виконання умов:

$$U_{зв. \partial} > U_{зв.м} ; \quad (1.6)$$

$$I_{aн} > I_a ; \quad (1.7)$$

$$I_{a, \max} = \pi I_{a.н} > I_{a.т} \quad (1.8)$$

Таблиця 1.3 - Основні параметри випрямних діодів.

Тип діода	Граничні електричні параметри за температури оточуючого середовища $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$		
	Допустима зворотна напруга $U_{зв. о}, \text{В}$	Середнє значення випрямленого струму $I_{а н}, \text{А}$	Пряме падіння напруги $U_{пр}$ (за $I_{а max}$), В
КД105Б	400	0,3	1
КД105В	600	0,3	1
КД205А	500	0,5	1
КД205Б	400	0,5	1
КД205В	300	0,5	1
КД205Г	200	0,5	1
КД205Д	100	0,5	1
КД208А	100	1,5	1
2Д220Д	400	3	1,1
2Д220Е	600	3	1,1
КД202Г	70	3,5	0,9
КД202А	50	5	1
КД202В	100	5	1
КД202Д	200	5	1
КД202Ж	300	5	1
КД202К	400	5	1
КД213В	100	10	1,2
КД213А	200	10	1
Д112-10	100	10	1,35
Д112-16	100	16	1,35
Д112-25	100	25	1,35
Д112-32	100	32	1,35
Д112-40	100	40	1,35
ДЛ112-10	400	10	1,35
ДЛ112-16	400	16	1,35
ДЛ112-25	400	25	1,35
ДЛ112-32	400	32	1,35
ДЛ112-40	400	40	1,35

В якості вентилів вибираємо кремнієві діоди типу КД205Д, що мають наступні параметри:

$$U_{3B\delta} = 100 \text{ В} > 72 \text{ В};$$

$$I_{aн} = 0,5 \text{ А} > 0,15 \text{ А};$$

$$I_{a\max} = \pi I_{aн} = \pi \cdot 0,5 = 1,57 \text{ А} > 1,05 \text{ А};$$

$$U_{np} = 1 \text{ В}$$

1.4.3.4. Знаходимо опір діода у провідному стані:

$$r_{np} = \frac{U_{np}}{I_{aн}}; \quad (1.9)$$

$$r_{np} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Ом}.$$

1.4.3.5. Знайдемо величину активного опору обмоток трансформатора:

$$r_T = \frac{k_r U_d}{I_d f_M B_m} 4 \sqrt{\frac{S f_M B_m}{I_d U_d}} \quad (1.10)$$

де k_r - коефіцієнт, що залежить від схеми випрямлення: для мостової схеми $k_r = 3,5$;

B_m - амплітуда магнітної індукції в магнітопроводі трансформатора, Тл;

S - число стержнів трансформатора, на яких розміщено обмотки: для броньового трансформатора з III-подібними пластинами магнітопроводу $S=1$.

$$r_T = \frac{3,5 \cdot 48}{0,3 \cdot 400 \cdot 1,47} 4 \sqrt{\frac{1 \cdot 400 \cdot 1,47}{48 \cdot 0,3}} = 2,41 \text{ Ом}$$

1.4.3.6. Знаходимо індуктивність розсіювання обмоток трансформатора:

$$L_S = k_L S \frac{U_d}{I_d f_M B_m} \cdot \frac{1}{4 \sqrt{\frac{S f_M B_m}{I_d U_d}}} \quad (1.11)$$

де k_L - коефіцієнт, що залежить від схеми випрямлення: для мостової схеми $k_L = 5 \cdot 10^{-3}$.

$$L_S = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot \frac{48}{0,3 \cdot 400 \cdot 1,47} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{1 \cdot 400 \cdot 1,47}{48 \cdot 0,3}}} = 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (1.12)$$

1.4.3.7. Визначаємо кут ϕ , що характеризує співвідношення між індуктивним і активним опорами випрямляча:

$$\phi = \arctg \frac{2\pi f_M L_S}{r} \quad (1.13)$$

де r - активний опір випрямляча.

У загальному випадку:

$$r = r_T + n_q r_{np}, \quad (1.14)$$

де n_q - кількість послідовно увімкнених і одночасно працюючих вентилів (для мостової схеми $n_q = 2$).

$$r = 2,41 + 2 \cdot 2 = 6,41 \text{ Ом};$$

$$\phi = \arctg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 0,54 \cdot 10^{-3}}{6,41} = 12^\circ$$

1.4.3.8. Знаходимо величину основного розрахункового коефіцієнта:

$$A_0 = \frac{I_d r}{m U_d}, \quad (1.15)$$

де m - число пульсацій випрямляча (для мостової схеми $m = 2$).

Отже, величина основного розрахункового коефіцієнта:

$$A_0 = \frac{0,3 \cdot 6,41}{2 \cdot 48} = 0,02.$$

1.4.3.9. За знайденими значеннями A_0 і кута ϕ за графіками, наведеними на рис. 1.2-1.5, знаходимо величини допоміжних коефіцієнтів

$$B = 0,825; D = 2,57; F = 7,25; H = 5,5 \cdot 10^3.$$

Знаючи величини коефіцієнтів B , D , F і H , можна знайти уточнені параметри трансформатора і вентиля, за якими перевіримо правильність їх вибору.

1.4.3.10. Діюче значення напруги вторинної обмотки трансформатора становить:

$$U_2 = BU_d \quad (1.16)$$

$$U_2 = 0,825 \cdot 48 = 39,6 \text{ В.}$$

1.4.3.11. Діюче значення струму вторинної обмотки трансформатора:

$$I_2 = 0,707DI_d; \quad (1.17)$$

$$I_2 = 0,707 \cdot 2,57 \cdot 0,3 = 0,55 \text{ А.}$$

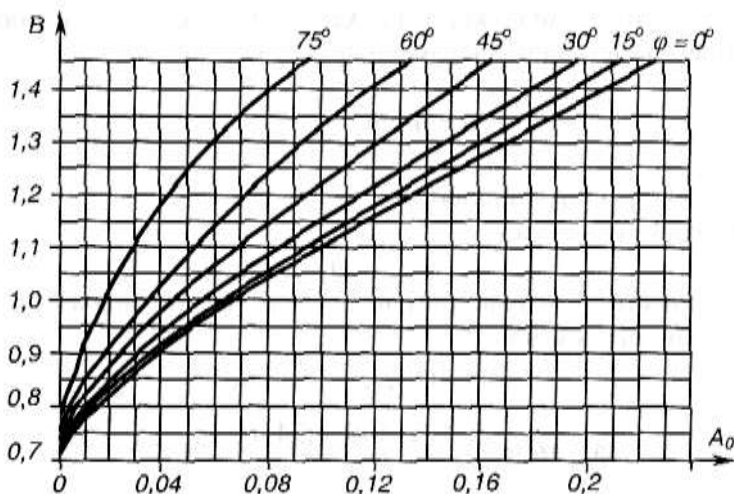


Рис. 1.2 - Залежності коефіцієнта B від основного розрахункового коефіцієнта A_0 для різних значень кута ϕ .

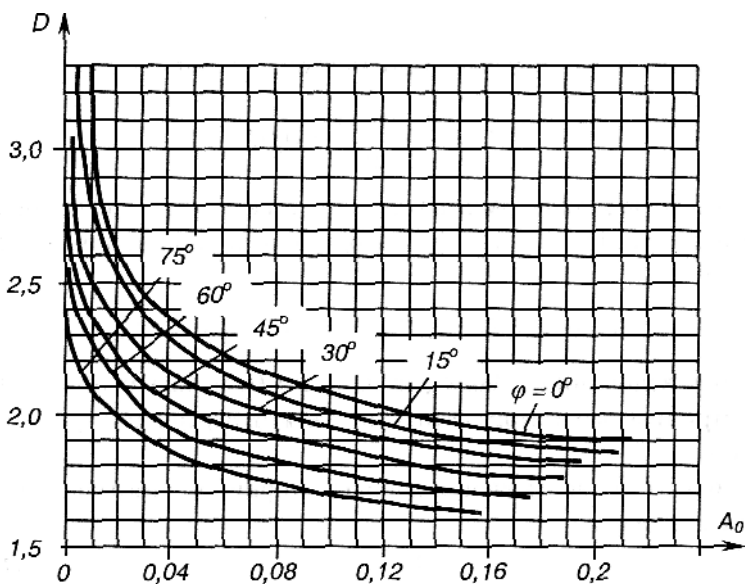


Рис. 1.3-Залежності коефіцієнта D від основного розрахункового коефіцієнта A_0 для різних значень кута ϕ .

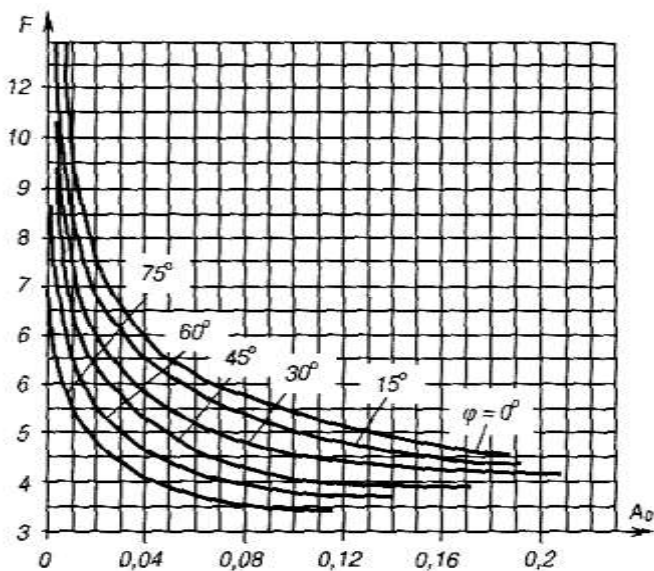


Рис.1.4 - Залежності коефіцієнта F від основного розрахункового коефіцієнта A_0 для різних значень кута ϕ .

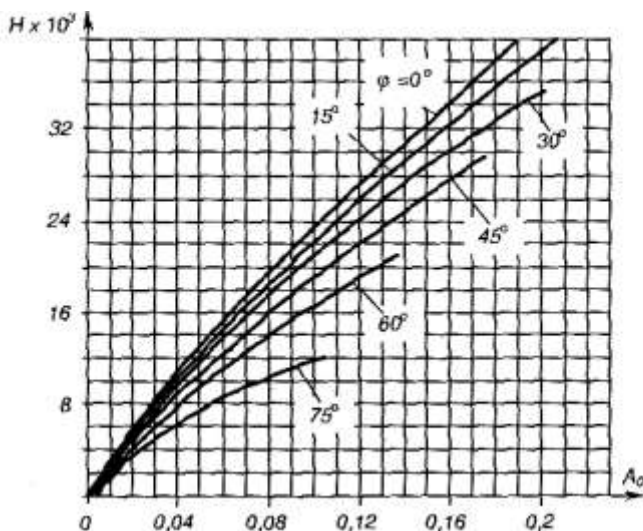


Рис.1.5 - Залежності коефіцієнта H від основного розрахункового коефіцієнта A_0 для різних значень кута ϕ .

1.4.3.12. Повна потужність вторинної обмотки трансформатора:

$$S_2 = 0,707 B D I_d U_d; \quad (1.18)$$

$$S_2 = 0,707 \cdot 0,825 \cdot 2,57 \cdot 0,3 \cdot 48 = 21,6 \text{ ВА}.$$

1.4.3.13. Діюче значення струму первинної обмотки трансформатора:

$$I_1 = I_2 n, \quad (1.19)$$

де $n = U_2 / U_1$ - коефіцієнт трансформації трансформатора ($U_1 = U_M$).

Отже:

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{39,6}{127} = 0,31;$$

$$I_1 = 0,55 \cdot 0,31 = 0,17 \text{ А}$$

1.4.3.14. Повна потужність первинної обмотки трансформатора:

$$S_1 = U_1 I_1, \quad (1.20)$$

$$S_1 = 127 \cdot 0,17 = 21,6 \text{ ВА}.$$

1.4.3.15. Уточнимо повну потужність трансформатора:

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2}; \quad (1.21)$$

$$S_T = \frac{21,6 + 21,6}{2} = 21,6 \text{ Вм} < 40 \text{ Вм}$$

1.4.3.16. Уточнимо значення параметрів діода:

$$U_{36} = 1,41 B U_d \quad (1.22)$$

$$U_{36} = 1,41 \cdot 0,825 \cdot 48 = 55,8 \text{ В} < 100 \text{ В};$$

$$I_a = I_d / 2; \quad (1.23)$$

$$I_a = 0,3 / 2 = 0,15 \text{ А} < 0,5 \text{ А};$$

$$I_{am} = 0,5 \cdot F \cdot I_d; \quad (1.24)$$

$$I_{am} = 0,5 \cdot 7,25 \cdot 0,3 = 1,09 \text{ А} < 1,57 \text{ А}$$

Отже, тип діода вибрано правильно.

1.4.3.17. Знаходимо величину ємності конденсатора фільтра:

$$C > \frac{100H}{rK_n f_m} \quad (1.25)$$

$$C = \frac{100 \cdot 5,5 \cdot 10^3}{6,41 \cdot 2,5 \cdot 400} = 85,5 \text{ мкФ}.$$

Напруга на конденсаторі

$$U_C > 1,5 U_2 = 1,5 \cdot 39,6 = 59,4 \text{ В}$$

За табл. Д5 вибираємо конденсатор типу К50-7 з параметрами: ємність 100 мкФ, напруга $U_C = 160B$.

1.4.3.18. Будемо зовнішню (навантажувальну) характеристику випрямляча $U_d = f(I_d)$. За допомогою цієї характеристики можна визначити відхилення випрямленої напруги U_d , від заданого значення за різних величин струму навантаження I_d , у тому числі напругу неробочого ходу U_{dxx} , струм короткого замикання $I_{к.з.}$ та величину внутрішнього опору випрямляча r_0 .

Для розрахунку зовнішньої характеристики будемо задавати значення I_d , від 0 до номінального значення та знаходити відповідні їм значення допоміжного коефіцієнта:

$$\gamma_0 = \frac{I_d r}{m U_2}; \quad (1.26)$$

$$\gamma_0 = I_d \frac{6,41}{2 \cdot 39,6} = 0,81 I_d.$$

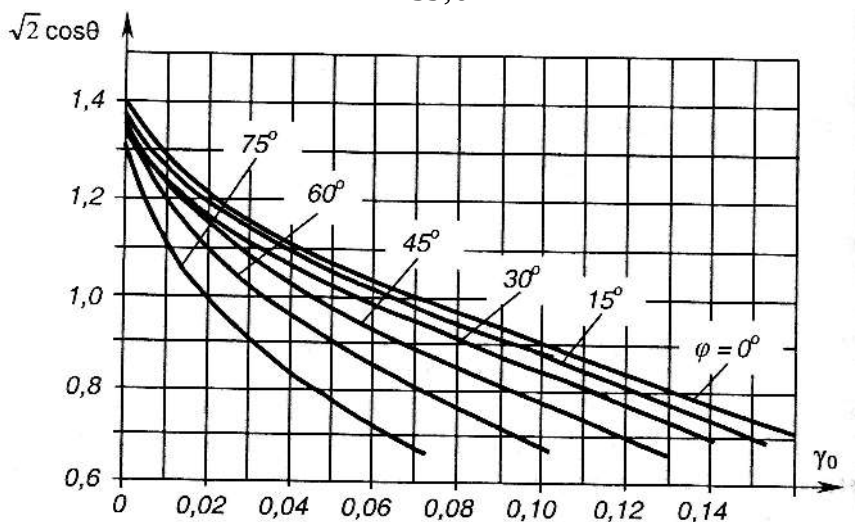


Рис. 1.6 – Залежність величини $\sqrt{2} \cos \theta$ від коефіцієнта γ_0 для різних значень кута ϕ

За графіком (рис. 1.6) знаходимо відповідні значення величини $\sqrt{2} \cos \theta$ (4-5 значень) залежно від γ_0 та ϕ , де θ - кут відтинання. Відповідні їм значення вихідної напруги випрямляча

можна розрахувати за формулою:

$$U_d = U_2 \sqrt{2} \cos \theta; \quad (1.27)$$

$$U_d = 39,6 \cdot \sqrt{2} \cos \theta.$$

Результати розрахунку зведені у табл. 1.4 та відображені у вигляді графіка на рис. 1.7.

Таблиця 1.4 - Результати розрахунку навантажувальної характеристики випрямляча за $U_d = 48\text{В}$ та $I_d = 0,3\text{А}$

$I_d, \text{А}$	γ_0 для $\phi = 12^\circ$	$\sqrt{2} \cos \theta$	$U_d, \text{В}$
0	0	1,41	55,8
0,1	0,008	1,3	51,5
0,2	0,016	1,22	48,3
0,3	0,024	1,18	46,7

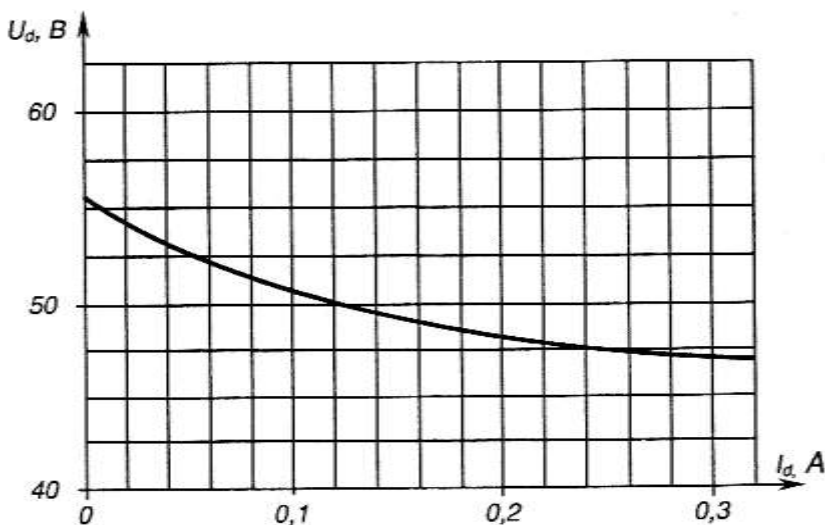


Рис. 1.7 - Навантажувальна характеристика випрямляча за $U_d = 48\text{В}$ та $I_d = 0,3\text{А}$.

За рис.1.7 можна зробити висновок, що параметри розрахованого випрямляча відповідають завданню, бо за $I_d = 0,3\text{А}$ маємо $U_d = 46,75\text{В}$, що відрізняється від заданого

значення $U_d = 48\text{В}$ на 2,7%. Це відповідає допустимій точності при інженерних розрахунках (5%).

1.4.3.19. Знаходимо значення напруги холостого ходу випрямляча:

$$U_{dX.X.} = U_{2m} = U_2 \sqrt{2} \quad (1.28)$$

$$U_{dX.X.} = 1,41 \cdot 39,6 = 55,8 \text{ В.}$$

1.4.3.20. Величина струму короткого замикання становить:

$$I_{dк.з.} = \frac{\sqrt{2}U_2}{r}; \quad (1.29)$$

$$I_{dк.з.} = \frac{1,41 \cdot 39,9}{6,41} = 8,7 \text{ А}$$

1.4.3.21. Величина внутрішнього опору випрямляча складає:

$$r_0 = \frac{U_{dX.X.} - U_d}{I_d}; \quad (1.30)$$

$$r_0 = \frac{55,8 - 48}{0,3} = 26 \text{ Ом.}$$

1.4.3.22. Знайдемо величину ККД розрахованого випрямляча:

$$\eta = \frac{U_d I_d}{U_d I_d + P_T + P_B}, \quad (1.31)$$

де P_T - втрати потужності в трансформаторі;

P_B - втрати потужності у одночасно працюючих діодах: $n_q = 2$ - див. формулу (1.13).

Втрати потужності в трансформаторі:

$$P_T = S_T (1 - \eta_T) = 21,6 (1 - 0,86) = 3,02 \text{ Вт} \quad (1.32)$$

Втрати потужності в діодах:

$$P_B = I_a U_{np} n_q = 0,15 \cdot 1 \cdot 2 = 0,3 \text{ Вт} \quad (1.33)$$

Тоді:

$$\eta = \frac{48 \cdot 0,3}{48 \cdot 0,3 + 3,02 + 0,3} = 0,81.$$

1.4.3.23. Електричну принципову схему розрахованого випрямляча наведено на рис 1.8.

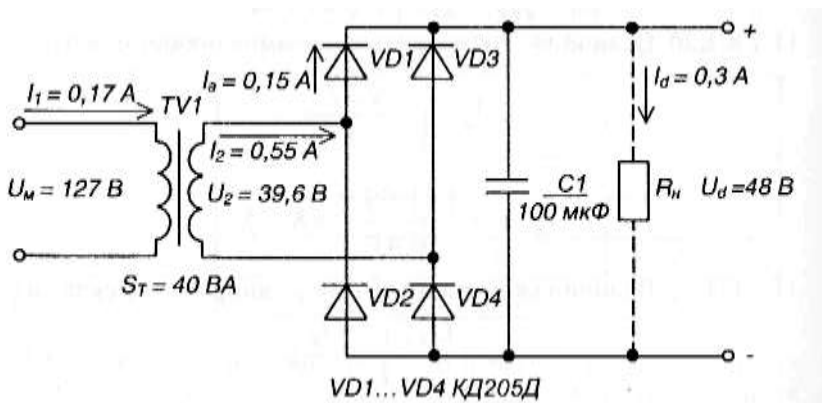


Рис. 1.8 - Однофазний мостовий випрямляч з ємнісним фільтром.
Схема електрична принципова.

1.5. Контрольні запитання

1. Які випрямні схеми Вам відомі? Які з них використовуються без трансформатора?
2. Назвіть основні параметри, що характеризують роботу випрямляча?
3. Сформулюйте основні умови обирання випрямного діода у випрямлячах?
4. Для чого використовують згладжуючі фільтри? Які елементи в них використовуються, як вмикаються?
5. Наведіть структурну схему випрямляча і поясніть призначення його функціональних вузлів.

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОЖИВЛЯЧОЇ УСТАНОВКИ ПІДПРИЄМСТВА ЗВ'ЯЗКУ

2.1. Мета розрахунку

Метою даної роботи є набуття навиків розрахунку установки електроживлення підприємства зв'язку (УЕЖЗ) і випрямних пристроїв типу ВБВ.

2.2. Вихідні дані

Вихідними даними для розрахунку є:

- 1) $U_m = 220B$ - діюче значення напруги мережі живлення;
- 2) U_H, B – номінальна напруга УЕЖЗ;
- 3) $f_m = 50 Гц$ - частота мережі живлення;
- 4) I_H, A – номінальний струм навантаження УЕЖЗ;
- 5) t^0, C - фактична температура електроліту;
- 6) категорія надійності електропостачання: I – перша; Iос. – перша особлива.

Варіанти вихідних даних наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	один.										
	I_H, A	80	100	70	120	60	85	110	75	90	115
	U_H, B	60	48	60	48	60	48	60	48	60	48
	t^0, C	22	23	24	25	26	22	23	24	25	26
Кат.ЕП		I	Iос.	I	Iос.	I	Iос.	I	Iос.	I	Iос.

Приклад вибору варіанта для номера залікової книжки 132:
 з колонки 3 маємо - $t^0 = 25C$; категорія надійності ЕП Iос. – перша особлива;
 з колонки 2- $I_H = 70A$; $U_H = 60B$.

Необхідно розрахувати електроживлення установки ЕЖУ-60 (ЕЖУ-48) за наступними пунктами:

1. Вибрати тип і кількість акумуляторів у батареї, необхідних для аварійного живлення навантаження. Розшифрувати позначення обраних акумуляторів.

2. Вибрати тип установки електроживлення підприємства зв'язку (УЕЖЗ) і кількість випрямних пристроїв типу ВБВ.

3. Розрахувати енергетичні параметри випрямно-акумуляторної установки.

4. Накреслити електричну функціональну схему ЕЖУ-60 (48) за даними отриманим в п. 1-3. Вказати будову і призначення основного обладнання ЕЖУ.

2.3. Теоретичні пояснення

Сучасна апаратура зв'язку висуває жорсткі вимоги до якості і надійності подачі електричної енергії, необхідної для її функціонування.

Усі електроприймачі підприємств і споруд залежно від вимог до надійності подачі електричної енергії поділяють на три категорії.

До першої категорії належать електроприймачі, для яких перерва у подачі електричної енергії (вихід за припустимі межі) може викликати переривання зв'язку та мовлення, тобто порушення передачі важливої інформації. Це технологічні електроприймачі центральних підсилювальних станцій радіотрансляційних вузлів, міських АТС ємністю від 500 до 3000 номерів включно, сільських АТС, районних вузлів зв'язку для сільськогосподарських районів (РВЗ-СГ).

У цій категорії електроприймачів виділяється особлива група, що потребує підвищених вимог надійності підведення електричної енергії. До групи першої категорії належать електроприймачі, перерва у подачі електроенергії яким може викликати порушення найважливіших зв'язків, особливо важливих оповіщень, а також порушення складного технологічного процесу, що може створити загрозу життю людей. До групи першої категорії входять технологічні електроприймачі міжміських телефонних станцій, телеграфних

станцій і вузлів, мережних вузлів і вузлів автоматичної комутації (обслуговуються у підсилювальних пунктах районних вузлів зв'язку для промислових районів, міських автоматичних станцій (АТС) ємністю понад 3000 номерів), а також апаратура аварійного й евакуаційного електроосвітлення.

До другої категорії належать технологічні електроприймачі підстанцій міських телефонних мереж, опорних підсилювальних підстанцій, блоків-станцій і станцій радіотрансляційних вузлів з ламповою апаратурою, перерва у подачі електроенергії яким може викликати перерву передач місцевого мовлення.

До третьої категорії віднесені всі інші електроприймачі.

Підприємства електрозв'язку підключаються до електричних мереж енергосистем, як правило, через лінії електропередач (ЛЕП) і власні трансформаторні підстанції, що перетворюють високу напругу 10 чи 6 кВ у напругу 0,4 кВ трифазного змінного струму з частотою 50 Гц. Однак надійність електричних мереж енергосистем не завжди достатня для забезпечення необхідної надійності подачі електроенергії електроприймачам. Тому електропостачання підприємств електрозв'язку здійснюється від кількох незалежних один від одного джерел електричної енергії, якими можуть бути як електричні мережі енергосистем (джерела зовнішнього електропостачання), так і власні автоматизовані електростанції, обладнані, як правило, дизель-генераторами. Крім того, на підприємствах електрозв'язку передбачається резервування електричної енергії за допомогою акумуляторних батарей (АБ).

Необхідна кількість незалежних джерел електропостачання (зовнішніх і власних), кількість дизель-генераторів власної електростанції, а також кількість груп акумуляторних батарей і розрахунковий час розряду однієї групи встановлюється відомчими нормами технологічного проектування ВНТП 332-81. Згідно з цим документом усі електроприймачі, що належать до особливої групи першої категорії, мають бути забезпечені електропостачанням від трьох незалежних джерел електроенергії трифазного змінного струму.

Для перетворення електричної енергії, одержуваної від джерел електропостачання, її регулювання і стабілізації в

заданих межах, резервування за допомогою АБ і апаратів безперебійного живлення (АБЖ), а також розподілу і захисту на підприємстві електрозв'язку обладнується установка електроживлення (ЕЖУ), що є частиною електроустановки (ЕУ). ЕУ - це весь комплекс енергоспоруд, що забезпечує електропостачання, електроживлення апаратури зв'язку, освітлення, а також роботу різних установок (наприклад, вентиляційних, кондиціонування), від яких залежить нормальна робота апаратури й обслуговуючого персоналу. У разі розміщення в одному будинку АТС, МТС, телеграфних станцій та інших об'єктів повинно передбачатися застосування загальних ЕУ, у тому числі загальних ЕЖУ, якщо це не призводить до підвищення капітальних і експлуатаційних витрат і якщо відсутні спеціальні вимоги на живлення апаратури.

Окремі ЕЖУ виробляють електричну енергію постійного струму номінальних напруг 60 і 24 В, а також електричну енергію три- й однофазного змінного струму з частотою 50 Гц номінальної напруги (фазної) 220В. Якісні показники електричної енергії, які виробляє ЕЖУ, встановлюються ДСТУ 5237-83. Електроживлення сучасної апаратури електрозв'язку, такої, наприклад, як цифрова система передачі, міська, міжміська і телеграфна станція із програмним керуванням, здійснюється або від ЕЖУ, або безпосередньо від джерел електропостачання через власні джерела вторинного електроживлення (ДВЕЖ), що встановлені в стійках апаратури. Ці ДВЕЖ розглядаються як елементи апаратури.

Система електроживлення - це сукупність системи електропостачання, пристроїв перетворення, регулювання, стабілізації, резервування і розподілу електричної енергії, необхідної для функціонування апаратури, а також пристроїв контролю, діагностики та захисту як самих пристроїв цієї сукупності, так і апаратури.

Згідно з відомчими нормами технологічного проектування ВНТП 332-81, залежно від складу обладнання ЕЖУ і способу експлуатації АБ, системи електроживлення класифікують у такий спосіб:

- буферна система електроживлення;

- двопроменева безакумуляторна система електроживлення;
- система електроживлення з відокремленою від навантаження резервною акумуляторною батареєю.

У даній роботі наведено методику розрахунку буферної системи живлення апаратури електрозв'язку. За такої системи при нормальному електропостачанні живлення апаратури електрозв'язку здійснюється від стабілізованих вирівнюючих пристроїв, які забезпечують одночасно безперервне підзаряджання АБ (основних груп АБ), що підключені паралельно до навантаження. При перервах в електропостачанні живлення апаратури здійснюється від АБ. Оскільки напруга АБ в міру її розряду зменшується, то для її підтримки в заданих межах застосовуються спеціальні пристрої регулювання або стабілізації. У разі, коли апаратура допускає зміну напруги в межах $\pm 10\%$ встановленого значення, застосовується регулювання або комутація груп додаткових елементів, або комутація груп кремнієвих вентилів.

Детальніший опис роботи даної системи наведений нижче.

2.4. Порядок розрахунку

2.4.1. Розрахунок і вибір акумуляторної батареї

2.4.1.1 Розрахунок ємності акумуляторної батареї.

Акумуляторна батарея забезпечує електроживлення навантаження в аварійному режимі. Необхідна ємність свинцево-кислотного батареї OPzS (з рідким електролітом), приведена до нормальних умов розряду, визначається за формулою, А · год:

$$C_{AB} = \frac{I_H \cdot t_p}{\eta_Q \left[1 + 0,008(t^0 - 20) \right]}; \quad (2.1)$$

де C_{AB} - розрахункова ємність батареї в ампер-годинах, приведена до нормальної температури електроліту (20^0C), А·год;
 I_H - струм навантаження, вказаний у вихідних даних, А;
 t_p - час розряду батареї в годинах, залежить від категорії

електропостачання: для споживачів особливої групи першої категорії – 2 години, для споживачів першої категорії - 8 годин;
 η_Q - коефіцієнт відбору ємності, що залежить від часу розряду:
за $t_P = 2\text{год}$, $\eta_Q = 0,94$; за $t_P = 8\text{год}$, $\eta_Q = 0,64$.

t^0 - фактична температура електроліту, зазначена у вихідних даних.

2.4.1.2 Вибір типу акумулятора

Оскільки акумуляторна батарея складається з двох паралельних груп, то знайдену величину ємності необхідно розділити на два. Вибирається акумулятор, номінальна ємність $C_{AB.H}$ якого перевищує розрахункову $C_{AB} / 2$.

Вибір типу акумулятора проводиться за таблицею Д4.

Наприклад, розрахункову ємність батареї $C_{AB} = 800\text{А}\cdot\text{год}$ ділимо на два і вибираємо акумулятор типу 6 OPzS 420 з номінальною ємністю $C_{AB.H} = 420\text{А}\cdot\text{год}$.

В обраному типі акумулятора перше число коду відповідає кількості позитивних пластин, буквене позначення розшифровується як «стаціонарний, не обслуговуються з трубчастими позитивними пластинами», останнє число показує номінальну ємність $C_{AB.H}$ акумулятора при 10-годинному розряді номінальним струмом.

Кількість елементів в одній групі акумуляторної батареї:

$$n = \frac{U_H}{2}, \quad (2.2)$$

де U_H, B – номінальна напруга на навантаженні;
 $2B$ – номінальна напруга одного акумулятора.

2.4.2 Розрахунок і вибір установки електроживлення підприємства зв'язку (УЕЖЗ)

2.4.2.1 Розрахунок струму навантаження УЕЖЗ.

Випрямна установка повинна забезпечити живлення навантаження і заряд акумуляторної батареї після її розряду при відключенні електроенергії. Тому сумарний струм випрямлювальної ($I_{ВУ}$) повинен складатися з суми струму навантаження (I_H) і струму заряду батареї ($I_{ЗАР}$).

Струм заряду двох груп батареї розраховується за формулою, А

$$I_{ЗАР} = 0,1 \cdot C_{АБ.Н} \cdot 2 \quad (2.3)$$

де $C_{АБ.Н}$ - номінальна ємність вибраного акумулятора, А·год.

Струм навантаження випрямлювальної установки, А:

$$I_{ВУ} = I_H + I_{ЗАР} \quad (2.4)$$

2.4.2.2 Вибір установки електроживлення підприємства зв'язку (УЕЖЗ).

З таблиці 2.2 слід вибрати пристрій типу УЕЖЗ-3 або УЕЖЗ-3К на $U_H = 60В$ або $48В$ і величину $I_{ВУ}$ з випрямлячами ВБВ (випрямні пристрою з безтрансформаторним входом).

Таблиця 2.2 – Технічні параметри пристрою типу УЕЖЗ.

Тип пристрою	Випрямлячі ВБВ	
	Тип	Кількість
УЕЖЗ-3 60/150-0606-М	ВБВ 60/25-3К	6
УЕЖЗ-3 60/300-1212-М	ВБВ 60/25-3К	12
УЕЖЗ-3К 60/80-44	ВБВ 60/20-3К	4
УЕЖЗ-3 48/180-0606-М	ВБВ 48/30-3К	6
УЕЖЗ-3 48/360-1212-М	ВБВ 48/30-3К	12
УЕЖЗ-3 48/100-44-М	ВБВ 48/25-3К	4

Наприклад, за розрахункового струму $I_{ВУ} = 120А$, і номін. напрузі $U_H = 60В$ вибираємо УЕЖЗ-3 60/150-0606-М.

В обраному типі УЕЖЗ-3 прийняті такі позначення:

- цифра 60 означає - номінальну напругу, В;
- цифра 150 максимальний вихідний струм за повної комплектації випрямлячами, А;
- цифри 06 - максимальну кількість випрямлячів, що встановлюються в пристрої;
- цифри 06 - кількість випрямлячів, встановлених в пристрої;
- індекс М - модернізований.

2.4.2.3. Вибір числа випрямлячів для комплектації УЕЖЗ.

Кількість випрямлячів (модулів), що необхідні для комплектації УЕЖЗ, вибирається за умови:

$$N_{BV} \geq \frac{I_{BV}}{I_{BBB}} \quad (2.5)$$

де N_{BV} - число паралельно включених випрямлювальних модулів;

I_{BBB} - максимальний струм одного випрямляча, А

Типи і основні електричні характеристики випрямлячів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Основні електричні характеристики випрямлячів типу ВБВ.

Тип випрямляча	Основні електричні характеристики				
	Діапазон регулювання вихідної напруги, В	Діапазон зміни вихідного струму, А	Максимальна вихідна потужність, P_{max} , Вт	ККД η_{BBB}	Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi_{BBB}$
ВБВ 60/25-3К	54 ÷ 72	0 ÷ 25	1800	0,92	0,99
ВБВ 60/20-3К	54 ÷ 72	0 ÷ 20	1200	0,92	0,99
ВБВ 60/30-3К	40,5 ÷ 72	0 ÷ 30	1800	0,92	0,99
ВБВ 48/30-3К	43 ÷ 56	0 ÷ 30	1680	0,92	0,99
ВБВ 48/25-3К	43 ÷ 56	0 ÷ 25	1200	0,92	0,98

Примітка: умовне позначення типу випрямляча, наведеного в таблиці 2.3, розшифровується так:

- ВБВ - випрямні пристрої з безтрансформаторним входом;
- цифра в чисельнику - номінальна вихідна напруга, В;
- цифра в знаменнику - максимальний струм навантаження, А;
- цифра 3 (2 або 5) - номер виконання;
- буква *K* наявність коректора коефіцієнта потужності.

До вибраного робочого комплексу ВБВ слід додати один резервний того ж типу.

2.4.3 Розрахунок енергетичних параметрів випрямно-аккумуляторної установки

Максимальна споживана потужність УЕПЗ-3 від мережі змінного струму, з урахуванням ККД випрямного пристрою, розраховується за формулою, кВт:

$$P_{max} = \frac{I_{BY} \cdot U_H}{\eta_{ВБВ}} \quad (2.6)$$

де $\eta_{ВБВ}$ - ККД випрямлювального пристрою.

Повна потужність, що споживається установкою від мережі змінного струму, розраховується за формулою, кВт·А:

$$S_{max} = \frac{P_{max}}{\cos \varphi_{ВБВ}}, \quad (2.7)$$

де $\cos \varphi_{ВБВ}$ - коефіцієнт потужності вибраного типу ВБВ.

2.4.4. Побудова електричної функціональної схеми ЕЖУ

Типова схема ЕЖУ-60 наведена на рис. 2.1.

На схемі слід зобразити ту кількість випрямних модулів (ВБВ), які отримали в результаті Вашого розрахунку.

Типова схема ЕЖУ-48 будується аналогічно.

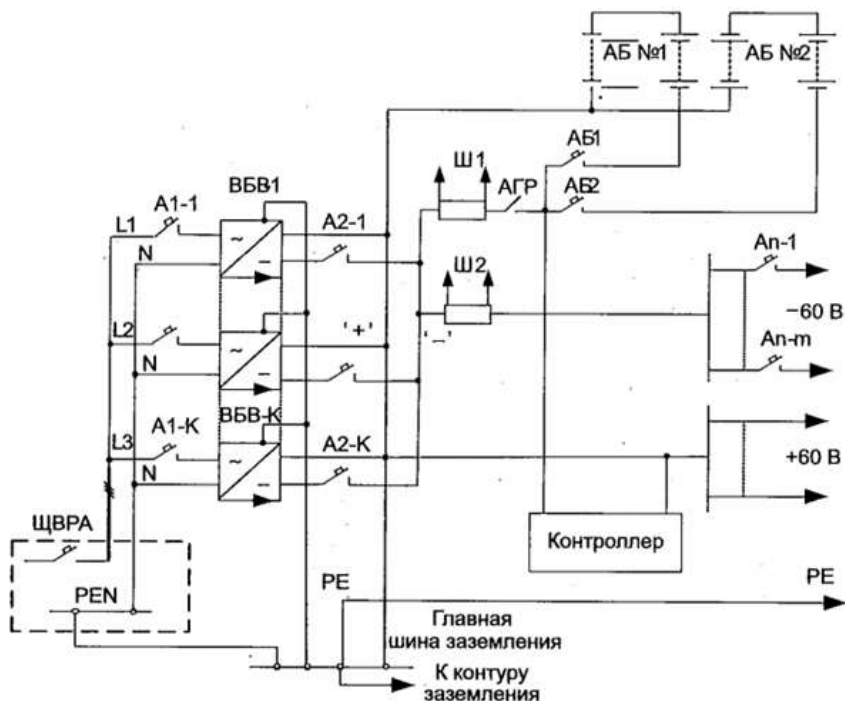


Рис. 2.1 - Структурна схема ЕЖУ-60 з буферною модульною системою електроживлення

Представлена структурна схема ЕЖУ-60 називається буферною модульною системою електроживлення. Особливістю таких систем є паралельне підключення акумуляторної батареї до виходу випрямлячів і живлячого навантаження.

До складу ЕЖУ-60 (48) входять:

- комплект випрямних пристроїв типу ВБВ, що складається з К модулів для електроживлення апаратури зв'язку, заряду і підзарядки акумуляторної батареї;
- автоматичні вимикачі A1-1 ... A1-K для підключення випрямлячів до ввідної шафи змінного струму ЩВРА;
- автоматичні вимикачі A2-1 ... A2-K для підключення виходу випрямлячів до акумуляторної батареї і навантаження;

- двогрупова акумуляторна батарея АБ№1 і АБ№2;
- автомат (контактор) глибоко розряду АГР для відключення акумуляторної батареї від апаратури при глибокому розряді;
- батарейні автоматичні вимикачі АБ1, АБ2 для підключення акумуляторної батареї до навантаження;
- струмові шунти для вимірювання струму в колі акумуляторних батарей Ш1 і в колі навантажень Ш2;
- автоматичні вимикачі Аn-1 ... Аn-m для підключення навантаження;
- контролер для контролю за станом випрямлячів, автоматичних вимикачів, запобіжників; для контролю за напругою і струмом акумуляторної батареї і навантаження; її відключенням при глибокому розряді; температурою навколишнього середовища; за ємністю акумуляторної батареї, наявністю всіх трьох фаз мережі живлення. При відключенні будь-якого з автоматів або спрацьовуванні захисту на дисплеї контролера з'являється відповідна інформація.

Робота ЕЖУ. У нормальному режимі електроживлення апаратури зв'язку та безперервний підзаряд акумуляторної батареї здійснюється від робочих ВБВ. Автоматичні вимикачі А1-1 ... А1-К і А2-1 ... А2-К замкнуті.

В аварійному режимі живлення апаратури здійснюється від акумуляторних батарей АБ. Для того, щоб не допустити сульфатації акумуляторів в результаті недопустимого їх глибоко розряду, в систему електроживлення вводиться контактор АГР, що відключає батарею від апаратури.

За відновлення електропостачання випрямні пристрої забезпечують живлення апаратури і заряд акумуляторної батареї без відключення її від навантаження.

Переваги такої буферної модульної системи електроживлення:

- висока якість виробленої енергії, так як використовуються згладжувальні стабілізуючі властивості акумуляторної батареї, підключеної паралельно до навантаження;
- мінімальна кількість пристроїв, що входять до складу

ЕЖУ, що забезпечує низьку вартість і високу надійність;
- високий ККД, практично рівний ККД ВБВ;
- високий коефіцієнт потужності (в разі застосування випрямлячів з коректором коефіцієнта потужності).

2.5. Контрольні питання

- 1. Поясніть, як класифікують електроприймачів залежно від категорії надійності електропостачання?*
- 2. Поясніть, як підключаються підприємства електрозв'язку до електричних мереж енергосистеми?*
- 3. Поясніть особливість підключення електроприймачів першої категорії надійності електропостачання і першої особливої?*
- 4. Що таке система електроживлення?*
- 5. Як класифікують системи електроживлення підприємств зв'язку залежно від складу обладнання і способу його експлуатації.*
- 6. Наведіть формулу для розрахунку ємності акумуляторної батареї і дайте характеристику її складових?*
- 7. Розшифруйте умовне позначення акумуляторної батареї, заданої викладачем?*
- 8. Розшифруйте умовне позначення установки електроживлення підприємства зв'язку типу УЕЖЗ, заданого викладачем?*
- 9. Розшифруйте умовне позначення випрямного пристрою типу ВБВ, заданого викладачем?*
- 10. Поясніть принцип роботи електричної функціональної схеми ЕЖУ, розрахованої Вами?*

ЛІТЕРАТУРА

1. Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков. Промислова електроніка та мікросхемотехніка. Теорія і практикум.- Київ: Каравела, 2003р.
2. Електроживлення систем зв'язку [текст]: методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» денної і заочної форм навчання / М.М. Євсюк,— Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 66с.
3. Електроживлення систем зв'язку [текст]: курс лекцій для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» денної і заочної форм навчання / М.М. Євсюк,— Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 190с.

ДОДАТКИ

Таблиця Д1 - Ряди номінальних значень

Індекс ряду	Позиції ряду	Допустиме відхилення від номінальної величини, %
E6	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8	± 20
E 12	1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2	± 10
E24	1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1	± 5

Числу в індексі знаменника ряду відповідає кількість позицій ряду: так ряд E24 має 24 номінальних значення у проміжку від 1 до 10 (більша кількість при допустимому відхиленні $\pm 5\%$ не потрібна).

Будь-яке номінальне значення ряду може бути помножене на множник 10^T . Множники та їх позначення наведені в табл. Д2 (може бути, наприклад, 6,8 Ом; 680 Ом; 6,8 кОм; 68 кОм; 6,8 мкФ; 0,68 нФ; 6800 пФ та ін.).

Таблиця Д2 - Множники для утворення десяткових часткових та кратних одиниць

Множник 10^T	Приставка	Параметр елемента			
		Опір		Ємність	
		Назва	Позначення	Назва	Позначення
10^9	гіга	гігаом	ГОм	фарада	Ф
10^6	мега	мегаом	МОм		
10^3	кіло	кілоом	КОм		
1		ом	Ом		
10^{-3}	мілі	міліом	МОм	мікрофарада нанофарада пікофарада	мкФ нФ пФ
10^{-6}	мікро				
10^{-9}	нано				
10^{-12}	піко				

Таблиця ДЗ - Конденсатори сталої ємності

Номинальна напруга, В	Номинальна ємність, мкФ			
	К50-12	К 50-18	К 50-27	К 50-35
6,3	10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 5000	100000; 220000		20; 30; 50; 100; 200; 500
10		100000		10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000
16		22000; 68000; 100000		5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 1000; 2000; 5000
25	2; 10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2000	15000; 33000; 100000		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000
50	1; 2,2; 4,7; 22; 47; 100; 200	4700; 10000; 15000; 22000		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000
63				
100	1; 2,2; 4,7; 22; 47	2200; 4700; 10000		0,5; 1; 2,5; 10; 20; 30; 50
160	1; 2,2; 4,7; 22; 47; 100; 200		470; 1000	1; 2; 5; 10; 20
250		1000; 4700	10; 22; 47; 100; 220; 470	
300			10; 22; 47; 100; 220; 470	
350			4,7; 10; 22; 47; 100; 220	
450			2,2; 4,7; 10; 22; 47; 100; 220	

Таблиця Д.4 – Технічні дані свинцево-кислотного акумулятора

Тип елемента	Ємність $C_{AB.H}$, Агод					Розрядний струм, А				
	години					години				
	10	5	3	1	0,5	10	5	3	1	0,5
3 OP _Z S 150	150	129	113	76,5	59,2	15	25,8	37,7	76,5	108,5
4 OP _Z S 200	200	172	150	102	79	20	34,4	50	102	158
5 OP _Z S 250	250	215	188	127	98,7	25	43	62,7	127	195,5
6 OP _Z S 300	300	258	225	153	118,5	30	51,6	75	153	237
5 OP _Z S 350	345	303	268	172	130	34,5	60,5	89,3	172	230
6 OP _Z S 420	404	363	321	207	156	41,4	72,6	107	207	312
7 OP _Z S 490	483	424	375	241	182	48,3	84,8	125	241	364
6 OP _Z S 600	588	519	450	296	214,2	58,8	108,8	150	286	428,4
8 OP _Z S 800	784	692	600	381	285,6	78,4	138,4	200	381	571,2
10 OP _Z S 1000	980	865	750	477	357	98	173	250	477	714
12 OP _Z S 1200	1170	1038	900	573	428,4	117	207,6	300	572	586,8
12 OP _Z S 1500	1500	1350	1188	726	516	150	270	396	725	1032
15 OP _Z S 1875	1870	1688	1485	907	645	187	337,6	495	907	1290
16 OP _Z S 2000	2000	1800	1584	968	688	200	360	528	968	1376
20 OP _Z S 2500	2500	2250	1980	1210	860	250	450	660	1210	1720
24 OP _Z S 3000	3000	2700	2376	1452	1032	300	540	792	1452	2064

Е 50 **Електроживлення систем зв'язку** [текст]: методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», напряму підготовки 6.050903 «Телекомунікації» денної і заочної форм навчання / М.М. Євсюк,– Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 35с.

Комп'ютерний набір

М. Євсюк

Редактор

М. Євсюк

Підп. до друку 2017.
Формат 60×84/16. Папір офс., Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк. 2,04. Обл. - вид. арк. 2,5.
Тираж 25 прим. Зам. ____.

Інформаційно–видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
4318. м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ІВВ Луцького НТУ