



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут автоматичної, кібернетики та
обчислювальної техніки
Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-
інтегрованих технологій

04-03-234

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Електротехніка та електропривод»
(частина 2)

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною
комісією зі спеціальності
274 «Автомобільний транспорт»
Протокол № 15 від 05.06.2019 р.

Рівне – 2019



Національний університет

водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Електротехніка та електропривод» (частина 2) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / Тарас Б. І. – Рівне : НУВГП, 2019. – 17 с.

Укладач: Тарас Б. І., старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск – Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

© Тарас Б. І., 2019 р.
© НУВГП, 2019 р.



ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
7. Підбір асинхронного двигуна для приводу механізму....	5
8. Розрахунок компенсаційної конденсаторної батареї	9
9. Розрахунок двопівперіодного випрямляча змінного струму	13
Література.....	17





Вступ

Грунтовне і осмислене засвоєння теоретичного курсу «Електротехніка та електропривод» неможливе без надбання практичних навичок щодо рішення задач по курсу в реальних величинах і параметрах електротехнічних пристроїв.

Виконання запропонованих практичних робіт охоплює основні розділи курсу: кола постійного, змінного та трифазного струмів; електромеханіку та основи електроприводу; силову електроніку. Кожне з завдань включає в себе умову задачі, вихідні дані і методичні вказівки до виконання завдання з прикладом розрахунку в реальних величинах. Опанувавши методику розрахунку, студент виконує аналогічний розрахунок, оформляючи його у вигляді домашнього завдання, на форматі А4 або у окремому зошиті.

Вибір вихідних даних, для виконання самостійних розрахунків, вказані в умові до кожного завдання і обираються студентом згідно з варіантом. Довідникові дані студент може знайти самостійно (у відповідній літературі або мережі Інтернет) або у таблицях, наведених у даних методичних вказівках.

Побудова графічних залежностей та графіків може здійснюватися на міліметровому папері у обраному масштабі або за допомогою прикладних програм (наприклад, Microsoft Excel). Побудова векторних діаграм може здійснюватися на міліметровому папері у обраному масштабі за допомогою лінійки та транспортира або у САПР (наприклад AutoCAD, Corel Draw, Компас).

Успішне, **самостійне** виконання запропонованих розрахунків сформує у студента інженерні навички у подальшій професійній діяльності, а також закріпить теоретичні знання з курсу «Електротехніка та електропривод».



"Підбір асинхронного двигуна для приводу механізму"

Завдання.

1. Вибрати електричний двигун з табл. 1 для приводу механізму, який працює в режимі зі змінним навантаженням. Діаграма навантаження на валу двигуна $M = f t$, наведена до ступінчастої форми і задана в вигляді таблиці 1 і 2. Частота обертання вала не регулюється і при холостому ході двигуна близька до синхронної швидкості $n_c = 1000 \text{ об/хв}$.

2. За технічними даними вибраного двигуна (з табл. 1) побудувати в масштабі його механічну характеристику $n = f M$.

3. З механічної характеристики $n = f M$ визначити швидкість обертання двигуна для його навантаженні найбільшим і найменшим моментом відповідно навантажувальній діаграмі $M = f t$.

4. Перевірити вибраний двигун на перевантажувальну здатність при зменшенні напруги в електричній мережі на 10%.

Вихідні дані:

M1	M2	M3	M4	t1	t2	t3	t4
80	40	60	60	60	200	90	0

Розв'язок.

1. Будуємо навантажувальну діаграму, згідно з вихідними даними:

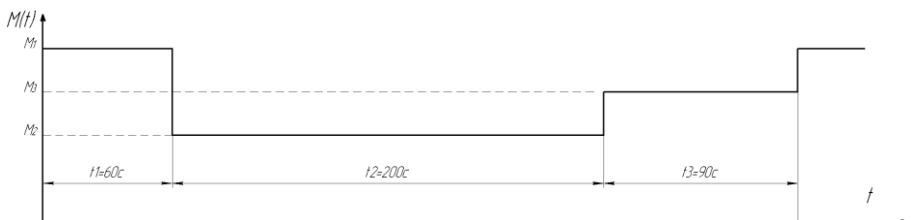


Рис. 7.1. Навантажувальна діаграма $M=f(t)$



2. Оскільки асинхронні двигуни в робочому режимі працюють з постійним магнітним потоком і їхній електромагнітний обертовий момент M можна приблизно вважати пропорційним струму статора і ротора, то допустимо вибрати двигун по величині еквівалентного моменту M_E за тривалість циклу його роботи для заданої навантажувальної діаграми $M = f \cdot t$ за формулою:

$$M_E = \sqrt{\frac{t_1 M_1^2 + t_2 M_2^2 + t_3 M_3^2 + t_4 M_4^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}} \cdot H \cdot M = 54,2 \text{ (н}\cdot\text{м)} .$$

Так, як синхронна швидкість двигуна задана $n_c = 1000 \text{ об/хв}$, що відповідає числу полюсів обмотки статора $2p = 6$ при частоті $f = 50 \text{ Гц}$, то еквівалентна потужність двигуна P_E , яка відповідає визначеному еквівалентному моменту, дорівнює:

$$P_E = \frac{M_E}{9,55} = 5,67 \text{ (кВт)} = 5670 \text{ (Вт)} .$$

3. Номінальна потужність двигуна P_H вибирається з додатку 6.1 з умови $P_H \geq P_E$ при $n_c = 1000 \text{ об/хв}$.

Обираємо двигун типорозміру 4A132M6У3 та виписуємо його вихідні дані з додатку 6.1

P <small>$P_{ном}$, кВ</small>	$\eta_{нв}$ <small>%</small>	$\cos \varphi$ <small>n</small>	$m_{П}$	m <small>M</small>	$m_{к}$	$S_{ном}$ <small>%</small>	$S_{к}$ <small>%</small>	$i_{П}$
7, 5	85, 5	0,81	2, 0	1, 8	2, 5	3,2	26, 0	6, 0

де:

P_H - номінальна потужність *квт*;

η_H - номінальний коефіцієнт корисної дії %;

$\cos \varphi_H$ - номінальний коефіцієнт потужності;



$$m_n = \frac{M_H}{M_{II}} - \text{кратність пускового моменту};$$

$$m_M = \frac{M_M}{M_H} - \text{кратність мінімального моменту};$$

$$m_K = \frac{M_K}{M_H} - \text{кратність критичного моменту};$$

s_H - номінальне ковзання;

s_K - критичне ковзання;

$$i_{II} = \frac{I_{II}}{I_H} - \text{кратність пускового струму}.$$

4. Для побудови механічної характеристики $n = f(M)$ знайдемо значення обертів та крутних моментів двигуна в характерних точках:

а) Номінальні:

Номінальна швидкість обертання двигуна:

$$n_H = n_c (1 - s_H) = 1000 (1 - s_H) = 100(1 - 3,2 \cdot 10^{-2}) = 968 \text{ (об/хв)};$$

$$\text{номінальний крутний момент: } M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H} = 74 \text{ (н}\cdot\text{м)}.$$

б) Критичні:

$$n_{kp} = 1000 (1 - s_K); \quad M_K = m_K M_H$$

$$n_{kp} = 1000(1 - 0,26) = 740 \text{ (об / хв)};$$

$$M_{kp} = 185 \text{ (н}\cdot\text{м)}.$$

в) Мінімальні:

$$n_m = 300 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; \quad M_m = M_H m_m = 133 \text{ (н}\cdot\text{м)}$$

г) Пускові:

$$n_{II} = 0; \quad M_{II} = M_H m_{II} = 148 \text{ (н}\cdot\text{м)}$$

За розрахованими даними будуюмо механічну характеристику:

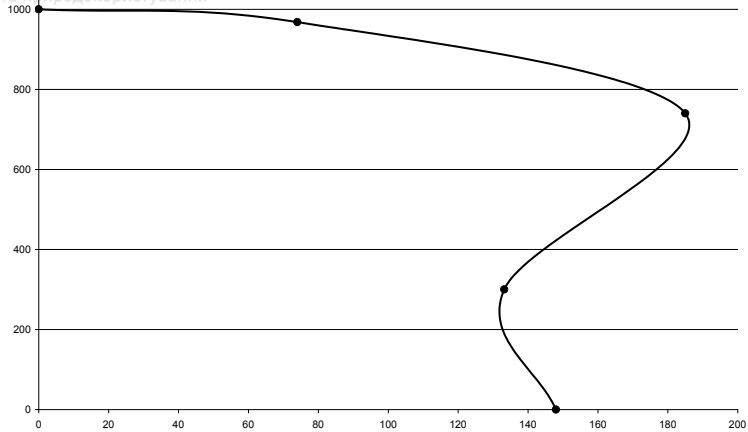


Рис.7.2. Механічна характеристика $n=f(M)$.

7. Перевантажувальна здатність двигуна перевіряється з умови додання двигуном максимального моменту сил опору на його валу при зниженні напруги живлення на 10% , тобто при $U = 0,9U_H$.

Так як обертовий момент двигуна M пропорційний U^2 , то при зниженні напруги на 10% критичний (максимальний) момент двигуна зменшується на 19% , тобто

$$M_{кр0,9} = 0,81M_{кр} = 150(n \cdot m)$$

Умова перевірки вибраного двигуна на перевантажувальну здатність визначають за формулою

$$0,81 \cdot M_{кр} \geq M_{\max} ,$$

де M_{\max} - максимальний гальмівний на валу двигуна із графіка

$M = f \ t$ рис.1.

$$M_{\max} = 80(n \cdot m)$$

Таким чином, обраний двигун задовольняє нас по перевантажувальній здатності.

Домашнє завдання. Підібрати асинхронний двигун та виконати розрахунки пунктів 1-6 і побудувати навантажувальну діаграму та механічну характеристику по вихідних даних таблиць 1,2.

Типорозмір електро- двигуна	$P_{2ном}$ кВт	η_H %	$\cos \varphi_H$	m_{II}	m_M	m_K	$S_{ном}, \%$	$S_K, \%$	i_{II}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4AA63A6Y3	0,18	56,0	0,62	2,2	1,5	2,2	11,5	55,5	3,0
4AA63B6Y3	0,25	59,0	0,62	2,2	1,5	2,2	10,8	62,5	3,0
4A71A6Y3	0,37	64,5	0,69	2,0	1,8	2,2	9,2	49,0	4,0
A;71B6Y3	0,55	67,5	0,71	2,0	1,8	2,2	10,0	49,0	4,0
4A80A6Y3	0,75	69,0	0,74	2,0	1,6	2,2	8,4	37,0	4,0
4A80B6Y3	1,1	74,0	0,74	2,0	1,6	2,2	8,0	38,0	4,0
4A90LY3	1,5	75,0	0,74	2,0	1,7	2,2	6,4	31,0	4,0
4A100L6Y3	2,2	81,0	0,73	2,0	1,6	2,2	5,1	25,5	5,0
4A112MA6Y3	3,0	81,0	0,76	2,0	1,8	2,5	4,7	37,0	6,0
4A112MB6Y3	4,0	82,0	0,81	2,0	1,8	2,5	5,1	38,0	6,0
4A132S6Y3	5,5	85,0	0,80	2,0	1,8	2,5	3,3	36,0	6,0
4A132M6Y3	7,5	85,5	0,81	2,0	1,8	2,5	3,2	26,0	6,0
4A160S6Y3	11,0	86,0	0,86	1,2	1,0	2,0	2,7	15,0	6,0
4A160M6Y3	15,0	87,5	0,87	1,2	1,0	2,0	2,6	14,0	6,0
4A180M6Y3	18,5	88,0	0,87	1,2	1,0	2,0	2,4	13,5	6,0
4A200M6Y3	22,0	90,0	0,90	1,3	1,0	2,4	2,3	13,5	6,5
4A200L6Y3	30,0	90,5	0,90	1,3	1,0	2,4	2,1	13,5	6,5
4A225M6Y3	37,0	91,0	0,89	1,2	1,0	2,3	1,8	11,5	6,5
4A250S6Y3	45,0	91,5	0,89	1,2	1,0	2,1	1,4	9,0	6,5
4A250M6Y3	55,0	91,5	0,89	1,2	1,0	2,1	1,3	9,5	6,5
4A280S6Y3	75,0	92,0	0,89	1,2	1,0	2,2	2,0	8,3	7,0

Домашнє завдання. Підібрати асинхронний двигун та виконати розрахунки пунктів 1-6 і побудувати навантажувальну діаграму та механічну характеристику по вихідних даних таблиць 7.1 та 7.2.

Таблиця 7.1.

Одиниці в шифрі Моменти, H_m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_1	20	100	150	200	240	60	220	180	40	80
M_2	70	60	90	130	150	110	160	90	90	40
M_3	100	80	120	160	110	130	90	150	70	60
M_4	50	40	60	70	80	40	60	80	100	60

Таблиця 7.2.

Десятки в шифрі Час, c	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1	0	40	50	60	70	80	0	30	50	40
t_2	200	180	160	200	0	120	200	0	180	140
t_3	150	0	120	90	140	0	60	180	0	50
t_4	90	210	0	0	80	160	70	90	120	0



Практичне заняття 8.

"Розрахунок компенсаційної конденсаторної батареї"

Найбільш поширеними видами компенсуючих пристроїв, які виконують роль місцевих генераторів реактивної потужності на підприємствах, є батареї статичних конденсаторів і синхронні двигуни. Конденсаторні батареї встановлюють на цехових загальнозаводських трансформаторних підстанціях - з боку низької або високої напруги.

Чим ближче компенсуючий пристрій до приймачів реактивної енергії, тим більше ланок системи електропостачання розвантажується від реактивних струмів. Однак при централізованій компенсації, тобто при установці конденсаторів на трансформаторних підстанціях, конденсаторна потужність використовується більш повно.

Потужність конденсаторних батарей може бути визначена по діаграмі рис. 8.1.

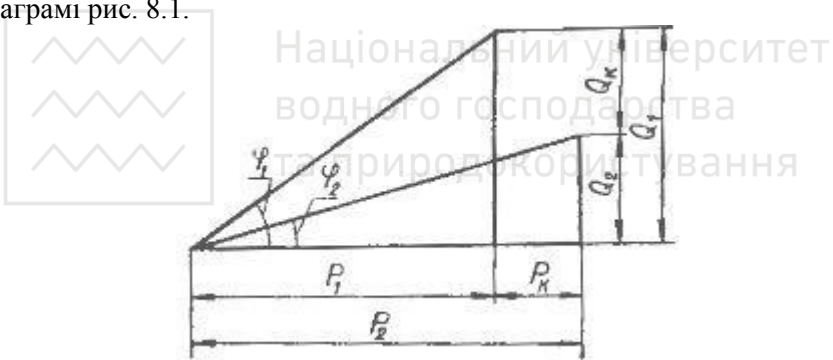


Рис.8.1. Діаграма потужностей

де P_1 і P_2 - навантаження до і після компенсації,

φ_1 і φ_2 - відповідні кути зсуву фаз.

Реактивна потужність, що віддається компенсуючою установкою:

$$Q = Q_1 - Q_2, \quad (8.1)$$

де Q_1 і Q_2 - реактивна потужність до і після компенсації.

Активна потужність, споживана з мережі компенсуючим пристроєм:

$$P_k = P_2 - P_1 \quad (8.2.).$$



Величину необхідної потужності конденсаторної батареї можна визначити наближено без врахування втрат в конденсаторах, які складають $0,003 - 0,0045 \text{ кВт} / \text{кВАр}$

$$Q_k = P (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (8.3.)$$

Завдання. Визначити номінальну потужність Q_k конденсаторної батареї (рис.8.2.), необхідної для підвищення коефіцієнта потужності до значення 0,95 на підприємстві з трьохзмінним рівномірним графіком навантаження. Середньодобова витрата електроенергії $A_a = 9200 \text{ кВт}\cdot\text{год}$; $A_p = 7400 \text{ кВАр}\cdot\text{год}$. Конденсатори встановлені на напругу 380 В.

Необхідно:

1. Нарисувати схему вмикнення конденсаторної батареї трикутником на напругу 380 В.;
2. Визначити середньодобове навантаження, кВт;
3. Розрахувати $tg\varphi_1$ та $tg\varphi_2$;
4. Розрахувати номінальну потужність Q_k конденсаторної батареї.
5. Вибрати з таблиці 8.1. трьохфазні конденсатори та порахувати їх число в конденсаторній батареї.

Розв'язок.

1. Схема вмикання компенсуючої конденсаторної батареї трикутником наведена на рис.8.2.

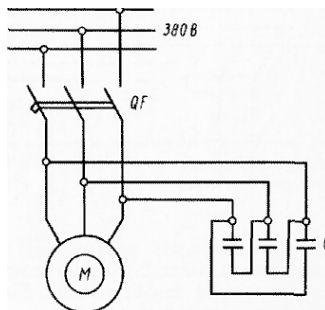


Рис.8.2. Схема вмикання компенсуючої конденсаторної батареї трикутником (380 В)

2. Розраховуємо середньодобове навантаження:

$$P_{cp} = \frac{A_a}{24} = \frac{9200}{24} = 384(\text{кВт}).$$

3. Розраховуємо $tg\varphi$:



$$а) \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{A_P}{A_A} = \frac{7400}{9200} = 0,8;$$

$$б) \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{(1 - \cos \varphi_2^2)}{\cos \varphi_2} = \frac{(1 - 0,95^2)}{0,95} = 0,32;$$

4. Розраховуємо потужність конденсаторних батарей:

$$Q_K = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 384(0,8 - 0,32) = 185(\text{кВАр}).$$

5. Вибираємо трифазні конденсатори типу КМ1-0,38-13 кожен номінальною потужністю 13 кВАр, на напругу 380 В. Число конденсаторів в батареї:

$$n = \frac{Q}{Q_H} = \frac{185}{13} = 14.$$

Таблиця 8.1. Технічні дані конденсаторних батарей

Тип батареї	$U_H, \text{кВ}$	$Q_H, \text{кВАр}$	$C, \text{мкФ}$	$I_H, \text{А}$
КМ1 – 0,22 – 4,5 – 343	0,22	4,5	296	20,5
КМ2 – 0,22 – 9 – 343	0,22	9	592	40,4
КС2 – 0,22 – 12 – 343	0,22	12	740	34,6
КС0 – 0,38 – 12,5 – 343	0,38	12,5	276	32,9
КМ1 – 0,38 – 13 – 343	0,38	13	286	34,1
КС1 – 0,38 – 14 – 343	0,38	14	309	31,9
КС1 – 0,38 – 16 – 343	0,38	16	353	42,1
КС1 – 0,38 – 20 – 343	0,38	20	441	52,6
КС2 – 0,38 – 28 – 343	0,38	28	618	73,6

Домашнє завдання. Виконати розрахунки пунктів 2-5 та підбір конденсаторної батареї для підвищення коефіцієнта потужності до 0,95 за вихідними даними таблиці 8.2. Числові значення A_A і A_P визначають, як середнє значення, що відповідають десяткам і одиницям шифру; номінальну напругу – по одиницях шифру. Наприклад, для шифру 05:

$$A_A = \frac{5000 + 10000}{2} = 7500(\text{кВт} \cdot \text{год});$$

$$A_P = \frac{1000 + 5000}{2} = 3000(\text{кВАр} \cdot \text{год});$$



$$U_H = 380(B).$$

Таблиця 8.2.

<i>Варіант</i>	<i>A_A, кВт·год</i>	<i>A_P, кВт·год</i>	<i>U_H, В</i>
0	5000	1000	220
1	6000	2000	380
2	7000	3000	220
3	8000	4000	380
4	9000	5000	220
5	10000	6000	380
6	11000	7000	220
7	12000	8000	380
8	13000	9000	220
9	14000	10000	380





"Розрахунок двопівперіодного випрямляча змінного струму"

Завдання. Для двопівперіодної місткової схеми випрямлення і заданих вихідних даних необхідно:

1. Накреслити електричну схему двопівперіодного місткового випрямляча.

2. Визначити величину струму навантаження I_H .

3. Визначити середнє значення випрямленої напруги U_d .

4. Визначити величину вторинної обмотки трансформатора U_2 .

5. Визначити величину зворотної напруги $U_{зв.}$.

6. Підібрати випрямні діоди VD1-VD4. Для вибраних діодів вказати:

- Тип діода;

- максимальний допустимий (середній) прямий струм $I_{пр.макс.}$, A;

- максимально допустиму зворотну напругу $U_{зв.макс.}$, B;

- постійну (середню) пряму напругу $U_{пр.}$, B.

7. Визначити величину коефіцієнта пульсацій k_p .

8. Визначити величину частоти пульсацій f_p .

Вихідні дані:

$U=30$ (B);

$P_H=13$ (Вт).

Розв'язок.

1. Схема двопівперіодного випрямляча змінного струму матиме наступний вигляд:

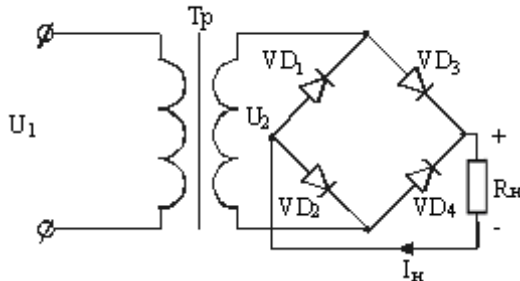


Рис.9.1. Принципова електрична схема двопівперіодного місткового випрямляча.



2. Струм навантаження визначається за формулою:

$$I_H = \frac{P_H}{U_H} = \frac{13}{30} = 0,434(A).$$

3. Для визначення середнього значення випрямленої напруги за формулою:

$$U_d = U_H + U_T + U_{VD} \quad , \quad \text{спочатку} \quad \text{необхідно}$$

розрахувати:

а. Опір навантаження: $R_H = \frac{P_H}{I_H^2} = \frac{13}{0,434^2} = 900(Ом);$

б. Активний опір вторинної обмотки:
 $R_T = 0,075R_H = 900 \cdot 0,075 = 67,5(Ом);$

в. Спад напруги на опорі вторинної обмотки трансформатора:
 $U_T = I_H \cdot R_T = 0,434 \cdot 67,5 = 29,3(B);$

г. Опір діода. Для цього необхідно виконати його попередній вибір. Оберемо діод марки Д229К з наступними паспортними даними:

- Середній прямий струм: $I_{np, макс} = 0,7(A);$
- максимально допустима зворотна напруга $U_{зв, макс} = 300(B);$
- середня пряма напруга $U_{np} = 1(B);$

Тоді опір діода буде рівний: $R_{VD} = \frac{U_{np}}{I_{np, макс}} = \frac{1}{0,7} = 1,43(Ом).$

А спад напруги на діоді:

$$U_{VD} = I_H \cdot R_{VD} = 0,434 \cdot 1,43 = 0,62(B).$$

Отже середнє значення випрямленої напруги буде рівним:

$$U_d = 30 + 29,3 + 0,62 = 59,9(B).$$

4. Для двопівперіодної місткової схеми випрямлення співвідношення між діючим значенням напруги та середнім значенням напруги становить:

$$U_d / U_2 = 0,9.$$

$$\text{Звідки } U_2 = \frac{U_d}{0,9} = \frac{59,9}{0,9} = 66,5(B).$$



5. Для двопівперіодної місткової схеми випрямлення зворотна напруга буде становити:

$$U_{зв} = \sqrt{2}U_2 = 94,1(B).$$

6. Таким чином, попередньо обраний діод марки Д229К нам підходить. Якщо попередньо обраний діод не підходить (не достатня зворотна напруга), то необхідно обрати інший діод і повторити розрахунки пунктів 3г-5.

7. В загальному випадку коефіцієнт пульсацій це - відношення амплітуди першої (основної) гармоніки змінної складової випрямленої напруги до її середнього значення:

$$p = U_{1m}/U_d .$$

Часові діаграми для вхідної та випрямленої напруг для двопівперіодного випрямляча наведені на рис.9.2.

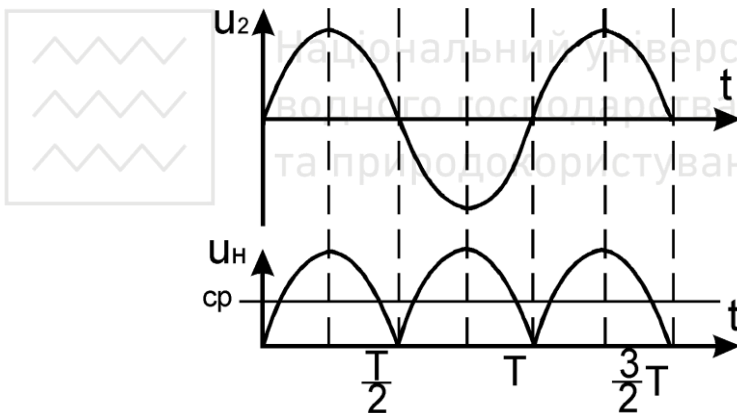


Рис.9.2. Часові діаграми для вхідної та випрямленої напруги для двопівперіодного випрямляча

Розкладання у ряд Фур'є імпульсів напруги при двопівперіодному випрямлянні приводить до виразу:

$$u = U_d(1 + 0.67 \cos 2\omega t - 0.14 \cos 4\omega t + \dots)$$

Звідси коефіцієнт пульсації $p = 0,67$.

8. Оскільки випрямлений струм через навантаження проходить двічі протягом кожного періоду (див. рис.2), то частота пульсацій буде рівна: $f_{\Pi} = 2 \cdot 2\pi = 4\pi$.



Домашнє завдання. Виконати розрахунки пунктів 1-8 згідно вихідних даних табл.9.1

Остання цифра	U, B	Передостання цифра	$P_{н}, Вт$
0	24	0	25
1	12	1	10
2	36	2	15
3	42	3	30
4	110	4	35
5	60	5	40
6	40	6	25
7	85	7	70
8	30	8	20
9	50	9	100

Додаток 9.1. Параметри випрямних діодів

Тип діода	Середній прямий струм $I_{пр.ср}, A$	Середня пряма напруга $U_{пр}, B$	Зворотна напруга $U_{зв}, B$
Д20	0,1	1,0	100
Д207	0,1	1,0	200
Д208	0,1	1,0	300
Д226	0,3	1,0	400
Д229	0,3	1,0	200
Д229	0,3	1,0	400
Д229	0,4	1,0	200
Д229	0,7	1,0	300
Д214	2,0	1,5	100
Д238	2,0	1,0	500
Д215	5,0	1,2	200
Д231	5,0	1,5	300
Д305	10,0	1,0	50
Д302	1,0	0,5	200
Д243	10,0	1,0	200



Література

1. Дмитрів В. Т., Шиманський В. М. Електроніка та мікросхемотехніка. Львів, 2007.
2. Коруд В. І., Гамола О. Є., Малинівський С. М. Електротехніка : підручник / За заг. ред. В. І. Коруда. 3-тє вид., переробл. і доп. Львів : "Магнолія плюс"; видавець СПД ФО В. М. Піча, 2005. 447 с.
3. Малинівський С. М. Загальна електротехніка. Львів: Бескид Біт, 2003р. 640 с.
4. Паначевний Б. І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка Підручник. К. : Каравела, 2018. 296 с. 2006.
5. Стахів П. Г., Коруд В. І., Гомола О. Е. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. Львів, 2004.

