#### Міністерство освіти і науки України КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРССИТЕТ

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю Група ПМ-11

#### ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### ЗВІТ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №2

# Розробка та складання схем електричних принципових керування промисловими двигунами

Керівник	(підпис)	д.т.н., проф.	Черепанська І. Ю. (дата)
Виконавець	(підпис)		Погорелов Б. Ю. (дата)

## Лабораторна робота №2

## Тема роботи

Розробка та складання схем електричних принципових керування промисловими двигунами

## Мета роботи

Вивчити будову та принцип дії промислових двигунів різних типів, як складових систем автоматичного керування / регулювання / контролю. Навчитися складати схеми електричні принципові для керування промисловими двигунами різних типів.

# Вихідні дані (Варіант 09)

Для варіанту 9:

- Номінальна потужність на валу,  $P_{\text{ном.мех}} = 125 \, \text{кBT}$
- ullet Коефіцієнт потужності,  $\cos arphi_{ ext{ном}} = 0.95$
- ullet Номінальна швидкість обертання,  $n_{ ext{hom}} = 1460\, ext{об/xb}$
- $\bullet$  Коефіцієнт перенавантажної здатності,  $\gamma=2.3$
- ККД,  $\eta = 91\%$
- $\bullet$  Коефіцієнт кратності пускового струму,  $\alpha=5.1$
- $\bullet$  Коефіцієнт кратності пускового моменту,  $\beta=2.35$

					$\Pi M1109.04.00.02\ ЛР$				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	The state of the s				
Роз	роб.	Погорелов Б.Ю					Піт.	Аркуш	Аркушів
Пер	рев.	Черепанська І.Ю.			Розробка та складання схем			2	9
					електричних принципових керування				
H. I	Контр.				промисловими двигунами	ΚI	II ім.	І. Сікорськ	ого, ПБФ
Зат	В.	Черепанська І.Ю.							

## Завдання

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором має такі параметри:

- 1. напруга живлення: 380/220 В;
- 2. номінальна потужність на валу:  $P_{\text{ном.мех}}$ ;
- 3. номінальна швидкість:  $n_{\text{ном}}$ ;
- 4. коефіцієнт корисної дії:  $\eta$ ;
- 5. коефіцієнт потужності:  $\cos \varphi_{\text{ном}}$ ;
- 6. коефіцієнт кратності пускового струму:  $\alpha$ ;
- 7. коефіцієнт кратності пускового моменту:  $\beta = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{H}}};$
- 8. коефіцієнт перенавантажної здатності:  $\gamma = \frac{M_{\max}}{M_{\scriptscriptstyle H}}$ .

Двигун увімкнено за схемою "зірка" до мережі з лінійною напругою  $U_{\text{лін}} = 380 \text{ B}$ , частотою f = 50 Гц.

З врахуванням даних таблиці визначити:

- 1. споживану потужність: активну, реактивну, повну;
- 2. споживаний струм;
- 3. пусковий струм;
- 4. ємність конденсаторів для підвищення  $\cos \varphi$  до 0,95 при вмиканні їх за схемами "зірка"та "трикутник побудувати векторні діаграми напруги і струмів та трикутник потужностей;
- 5. обертаючі моменти двигуна: номінальний, пусковий, критичний;
- 6. номінальне і критичне значення ковзання;
- 7. обертаючий момент двигуна при значеннях ковзання:  $S=0;\,S_{\text{ном}};\,0,8S_{\text{кр}};\,S_{\text{кр}};\,1,2S_{\text{кр}};\,0,2;\,0,4;\,0,6;\,0,8;\,1.$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Схеми

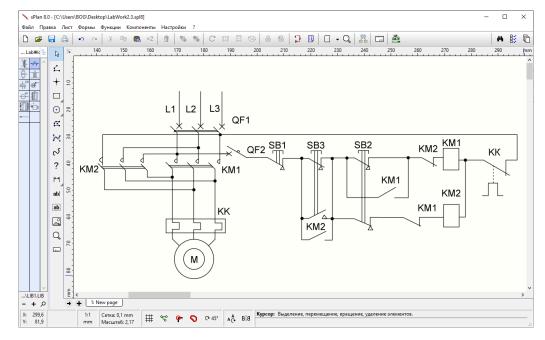


Рис. 2.1: Схема електрична принципова реверсивного керування асинхронним електродвигуном

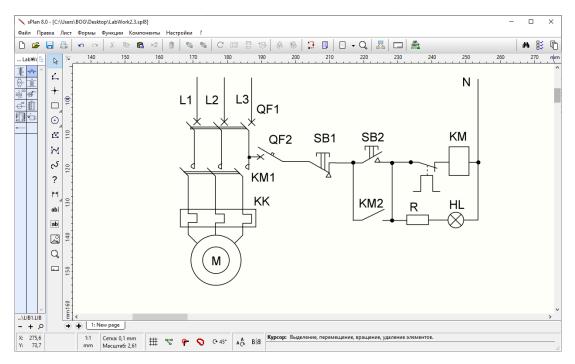


Рис. 2.2: Схема електрична принципова нереверсивного керування асинхронним електродвигуном

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

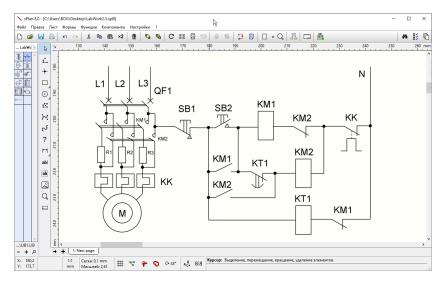


Рис. 2.3: Схема електрична принципова керування трифазним асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором з обмеженням пускового струму і моменту активними опорами

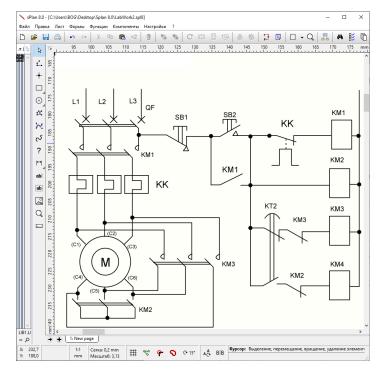


Рис. 2.4: Схема електрична принципова керування трифазним асинхронним електродвигуном з перемиканням обмотки статора із «зірки» на «трикутник» при пуску

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

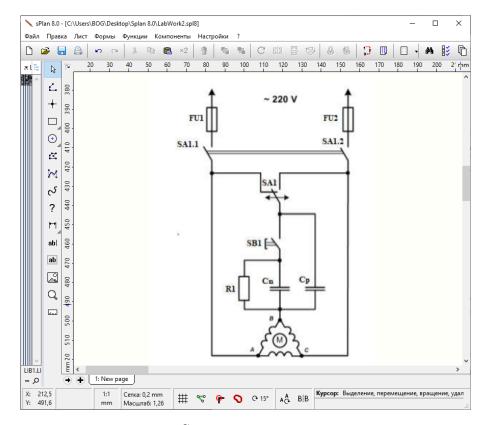


Рис. 2.5: Схема електрична принципова

# Розрахунки

## 1. Споживана потужність

#### Активна потужність:

$$P_{ ext{hom.em}} = rac{P_{ ext{hom.mex}}}{n} = rac{125}{0.91} pprox 137.36\, ext{кBt}$$

Повна потужність:

$$S_{ ext{hom}} = rac{P_{ ext{hom.ept}}}{\cos arphi_{ ext{hom}}} = rac{137.36}{0.95} pprox 144.59 \, {
m kBA}$$

Реактивна потужність:

$$Q_{\text{ном}} = \sqrt{S_{\text{ном}}^2 - P_{\text{ном.ел}}^2} = \sqrt{144.59^2 - 137.36^2} \approx 45.16\,\mathrm{кBAp}$$

2. Споживаний струм

$$I = \frac{S_{\text{\tiny HOM}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{\tiny JIH}}} = \frac{144.59 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} \approx 219.6 \,\text{A}$$

3. Пусковий струм

$$I_{\text{пуск}} = \alpha \cdot I_{\text{ном}} = 5.1 \times 219.6 \approx 1120 \,\text{A}$$

					T15//00 0/ 00 00 TD	Арк.
					$\Pi M1109.04.00.02 J\!IP$	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

4. Ємність конденсаторів для підвищення  $\cos \varphi$  до 0.95

Для схеми "зірка":

$$C_Y = \frac{Q_{\text{конд}}}{2\pi f \cdot 3U^2} = \frac{45.16 \times 10^3}{2\pi \cdot 50 \cdot 3 \cdot (220)^2} \approx 49.5 \,\mu\text{F}$$

Для схеми "трикутник":

$$C_{\Delta} = \frac{Q_{\text{конд}}}{2\pi f \cdot 3U_{\text{лін}}^2} = \frac{45.16 \times 10^3}{2\pi \cdot 50 \cdot 3 \cdot (380)^2} \approx 16.5 \,\mu\text{F}$$

5. Обертові моменти

Номінальний момент:

$$M_{ ext{hom}} = rac{P_{ ext{hom.mex}}}{\Omega} = rac{125 imes 10^3}{2\pi \cdot rac{1460}{60}} pprox 818.5 \, ext{Hm}$$

Пусковий момент:

$$M_{
m Hyck} = eta \cdot M_{
m Hom} = 2.35 imes 818.5 pprox 1923.5 \, {
m Hm}$$

Критичний момент:

$$M_{\text{KD}} = \gamma \cdot M_{\text{HOM}} = 2.3 \times 818.5 \approx 1882.6 \, \text{H}\,\text{M}$$

6. Ковзання

Номінальне ковзання:

$$s_{\text{HOM}} = \frac{n_1 - n_{\text{HOM}}}{n_1} = \frac{1500 - 1460}{1500} \approx 0.0267$$

Критичне ковзання:

$$s_{\text{kp}} = s_{\text{hom}} \cdot \left( \gamma + \sqrt{\gamma^2 - 1} \right) = 0.0267 \cdot \left( 2.3 + \sqrt{2.3^2 - 1} \right) \approx 0.12$$

7. Потужність втрат

Втрати в обмотках:

$$P_{ ext{втр}} = P_{ ext{ном.ел}} - P_{ ext{ном.мех}} = 137.36 - 125 = 12.36 \, \mathrm{кBr}$$

# Обчислення обертаючого моменту

Обертаючий момент асинхронного двигуна визначається за формулою:

$$M = \frac{M_{\rm Kp}}{\frac{S_{\rm Kp}}{S} + \frac{S}{S_{\rm Kp}}} \tag{1}$$

де:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- M обертаючий момент двигуна при ковзанні S,  $H \cdot M$ ;
- $M_{\rm kp}$  критичний момент (максимальний обертаючий момент), Н·м;
- S значення ковзання:
- $S_{\rm kp}$  критичне ковзання (значення ковзання, при якому досягається максимальний момент).

Ця формула дозволяє обчислити момент для різних значень ковзання:

- при S = 0 момент теоретично дорівнює нулю;
- при  $S = S_{\text{кр}}$  двигун розвиває максимальний момент  $M_{\text{кр}}$ ;
- ullet при великих значеннях S момент зменшується.

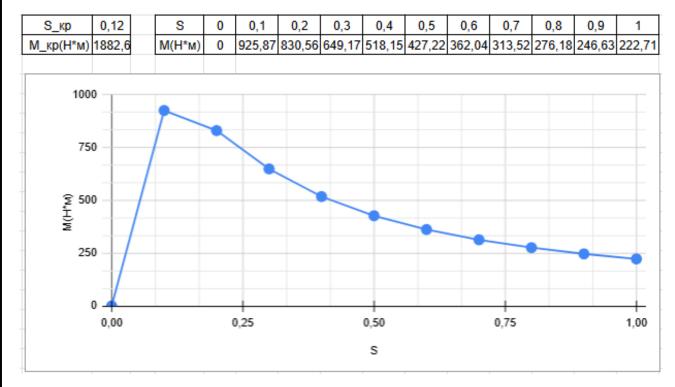


Рис. 2.6: Розрахунок крутного моменту

#### Висновки

Отримані результати дозволяють оцінити параметри роботи трифазного асинхронного двигуна, його енергетичні характеристики та вибір необхідних ємностей для підвищення коефіцієнта потужності.

# Контрольні питання

1. Чому асинхронний двигун так називається? Асинхронний двигун називається так тому, що частота обертання його ротора не співпадає з частотою обертання магнітного поля статора (яка

						Арк.
					$\Pi M1109.04.00.02~\Pi P$	_
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

визначається частотою змінного струму). Різниця між цими частотами називається ковзанням.

- 2. Чому є небажаною велика сила пускового струму? Велика сила пускового струму небажана, оскільки вона може призвести до значних механічних та електричних навантажень на двигун і мережу, викликати пошкодження ізоляції проводів, зменшити термін служби обладнання, а також викликати перевантаження трансформаторів і підстанцій.
- 3. Що використовують для зниження сили пускового струму? Для зниження сили пускового струму використовують спеціальні пристрої, такі як стартери з обмеженням струму, трансформатори з регульованим напругою або пристрої плавного пуску, що забезпечують поступове збільшення напруги на двигуні.

I					
I					
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата