

# **Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу**

**Виконав: ст. гр. ЕПА-19м**

**Чорноіваник Олександр Юрійович**

**Керівник роботи: к.т.н., доц.**

**Бабій С. М.**

## Мета та задачі дослідження

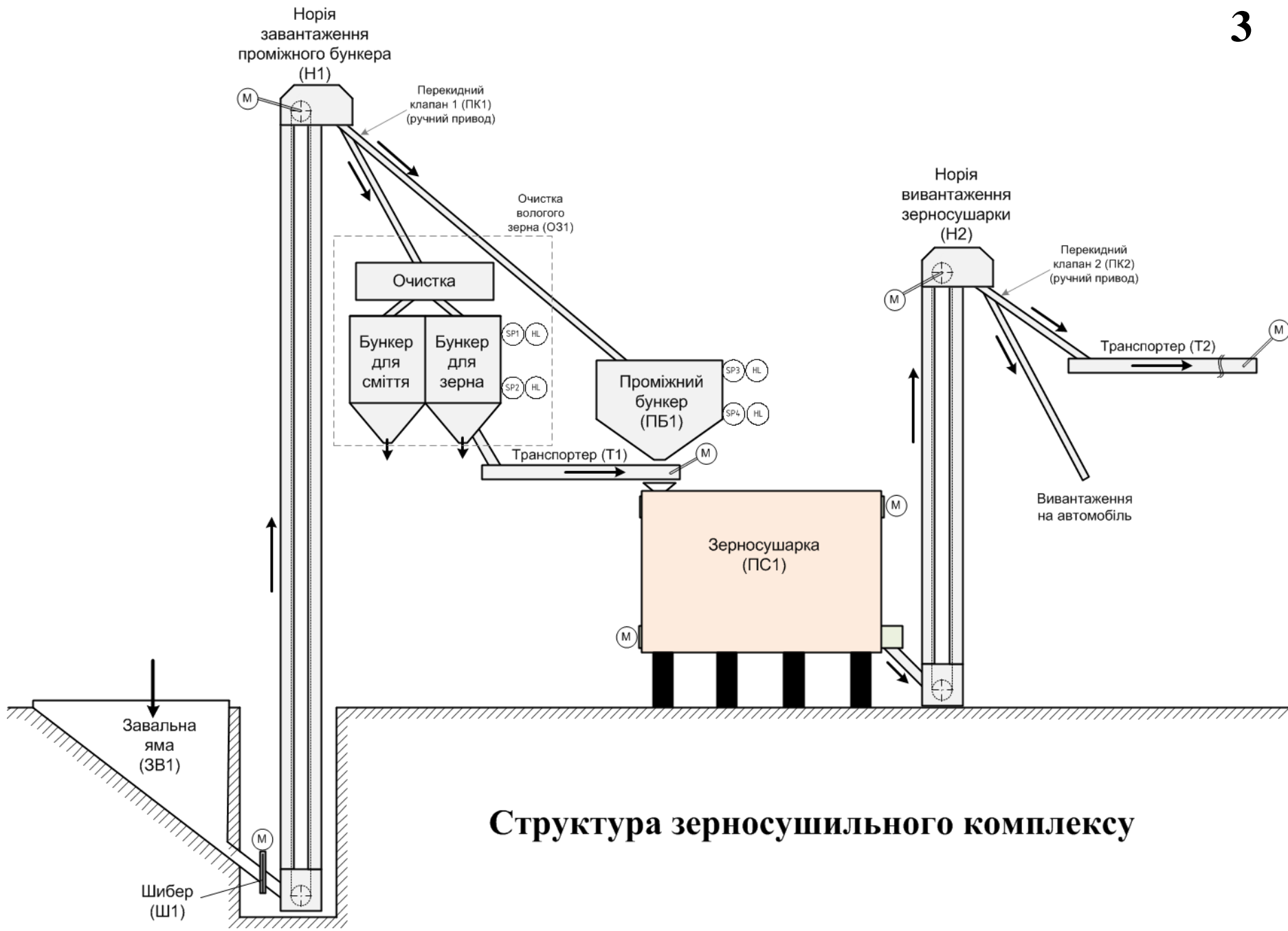
**Метою роботи** є підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу за рахунок використання сучасної елементної бази з високими енергетичними показниками.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Здійснити коротку характеристику технологічного процесу сушіння зернових культур та виділити в ньому роль та місце об'єкта проектування.
2. Розрахувати електропривод норії, вибрати елементи силового привода з врахуванням результатів техніко-економічного обґрунтування.
3. Перевірити правильність отриманих проектних рішень шляхом комп'ютерного моделювання.
4. Розробити систему автоматизації електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу та вибрати її елементи.
5. Провести економічні розрахунки.
6. Розробити ряд заходів з охорони праці та описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

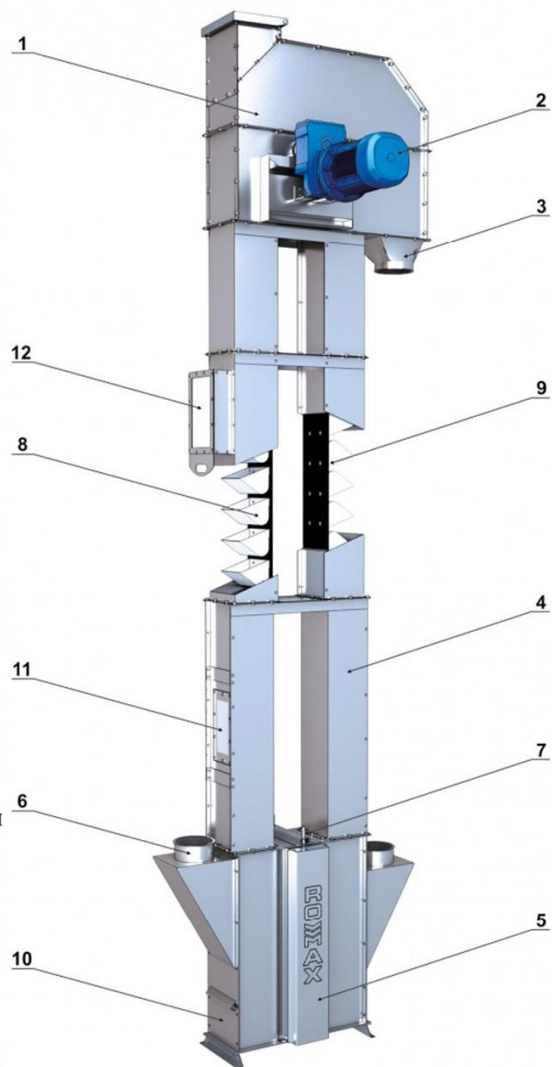
**Об'єкт дослідження** – процес сушки зернових культур.

**Предметом дослідження** є система автоматизованого електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу.



**Структура зерносушильного комплексу**

## Характеристики об'єкта проектування



- 1 – голова норії
- 2 – мотор-редуктор
- 3 – вивантаження
- 4 – шахта
- 5 – башмак норії
- 6 – засипний лоток
- 7 – натяжна шпилька
- 8 – ковші норії
- 9 – стрічка
- 10 – люк для очищення
- 11 – люк обслуговування
- 12 – вибухо-розрядний пристрій

Конструкція норії

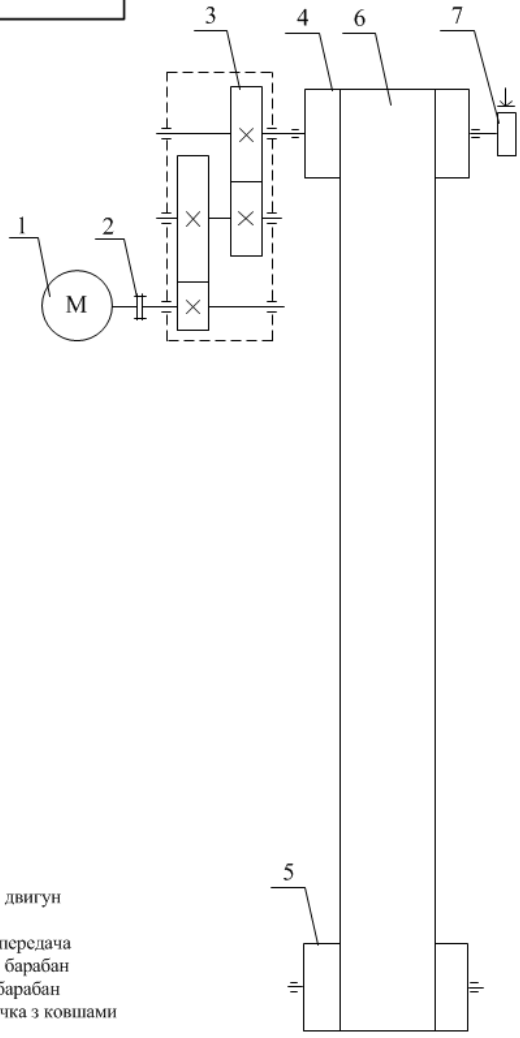
### Технічні характеристики норії завальної ями

Характеристики	Значення
Продуктивність, т/год	50
Максимальна висота підйому, м	20
Швидкість стрічки, м/с	2,5
Ширина стрічки, мм	200
Ширина ковшів, мм	180
Діаметр барабана головки і башмака, мм	400
ККД норії	0,75

### Вимоги до електропривода:

- електропривод є нереверсивним і розрахованим на роботу в тривалому режимі S1;
- для регулювання продуктивності норії передбачено неглибоке регулювання швидкості;
- електропривод повинен забезпечувати достатній пусковий момент для запуску норії під повним навантаженням;
- пуск повинен бути плавним з метою зменшення навантажень на стрічку норії.

08-16.МКР.012.00.000 К



- 1 – приводний двигун
- 2 – муфта
- 3 – механічна передача
- 4 – приводний барабан
- 5 – натяжний барабан
- 6 – тягова стрічка з ковшами
- 7 – останов

Інв. № дубл.	Підпис і дата									
Зам. інв. №	Підпис і дата									
Інв. № ориг.	Підпис і дата									
						08-16.МКР.012.00.000 К				
		Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб	
				Розробив: Черноіваник О.						
				Перевірив: Бабій С.М.						
				Т. контр.						
		Норм.кон.		Паянок О.А						
		Затверд.		Кутін В.М.						
							Аркуш 1	Аркушів 1		
							гр. ЕПА-19м			

Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушального комплексу.  
Схема кінематична норії

## Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД з ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	16222,5	12978	16222,5	6489
<p>Приведені витрати, грн/рік</p> <p>Системи електричного привода</p>	11401,6	29318,4	32576	
	24379,6	45540,9	39065	
	4144,53	7741,95	6641,05	
	2437,96	4554,09	3906,50	
	487,59	910,82	781,30	
	18084,02	7660,24	6463,63	
	1050,48	656,26	557,57	
	22060,05	13781,40	11709,00	
Приведені витрати Z, грн/рік	39679,98	26204,58	21523,36	18350,05

## Вибір елементів силового привода норії



Приводний двигун AIP132S6

Параметри двигуна	Значення
Тип	AIP132S6
Номинальна потужність $P_{дв.н.}$ кВт	5,5
Номинальна напруга $U_{дв.н.}$ В	380 / 660 $\Delta / Y$
Номинальна швидкість обертання $n_{дв.н.}$ об/хв	960
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_n$	0,77
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н.}$	0,84
Номинальний струм статора $I_{дв.н.}$ А	12,9
Кратність пускового струму $I_{дв.п.} / I_{дв.н.}$	6,5
Кратність пускового моменту $M_{дв.п.} / M_{дв.н.}$	2,1
Кратність критичного моменту $M_{дв.к.} / M_{дв.н.}$	2,1
Момент інерції ротора $J_{рот.}$ кг·м <sup>2</sup>	0,005
Висота вісі вала, мм	132
Діаметр вала, мм	38
Конструктивне виконання	IM 2081



Перетворювач частоти Schneider Electric ATV28HD12N4, 7,5kW

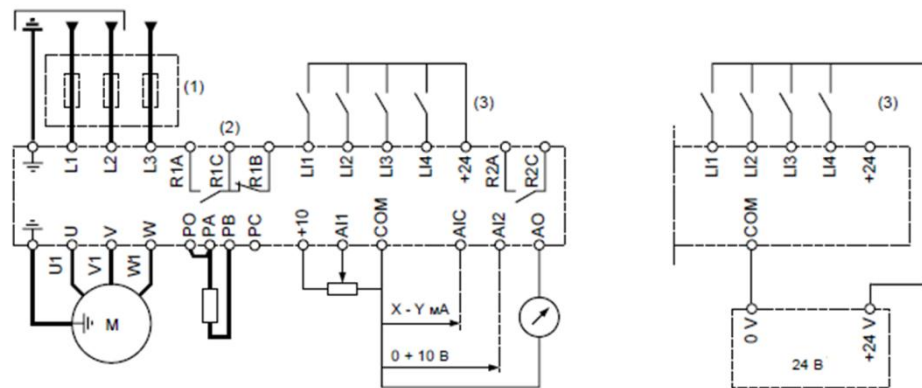
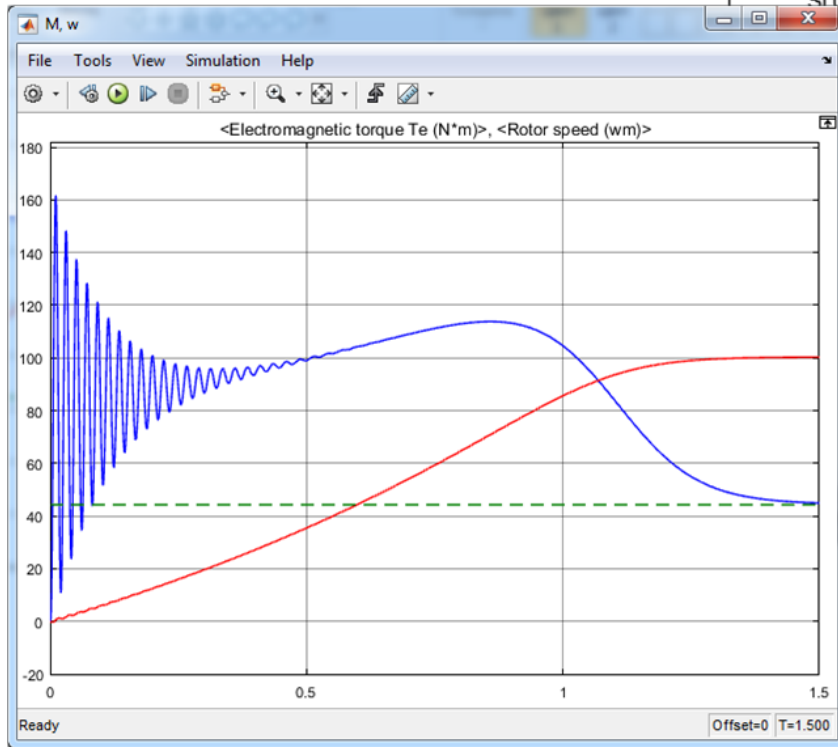
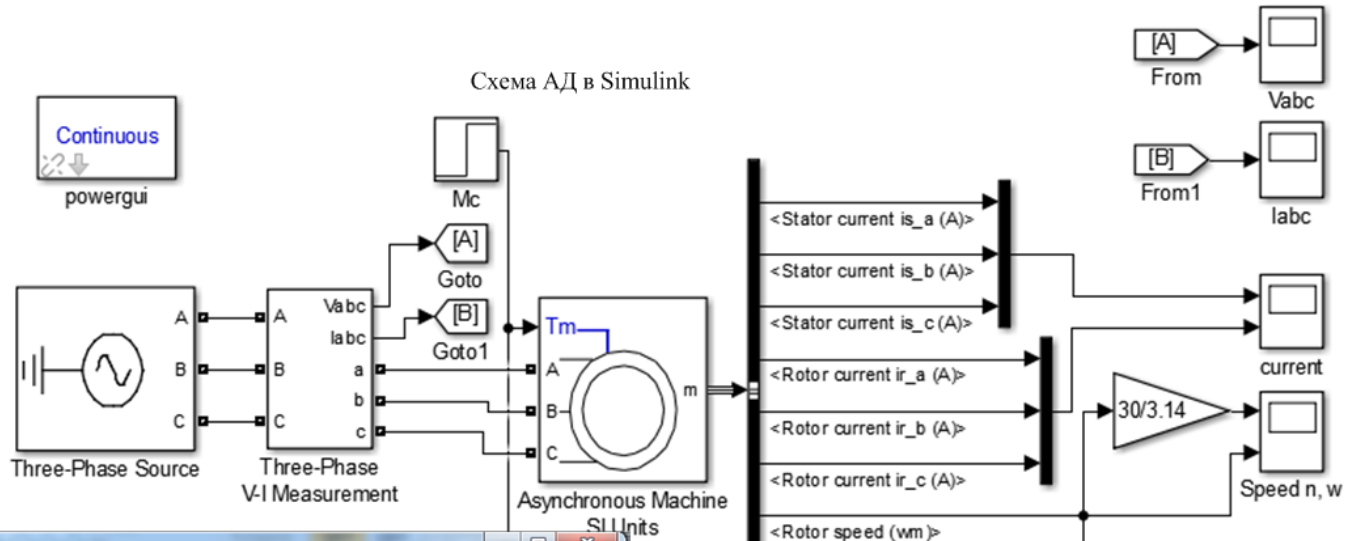
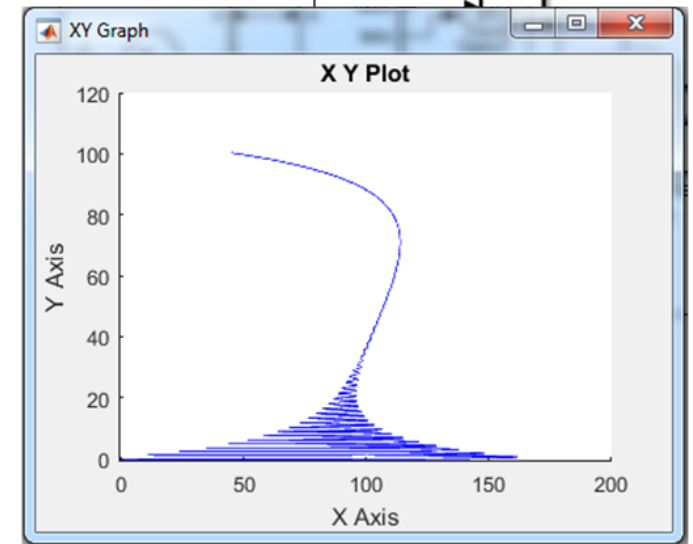


Схема підключення перетворювача частоти



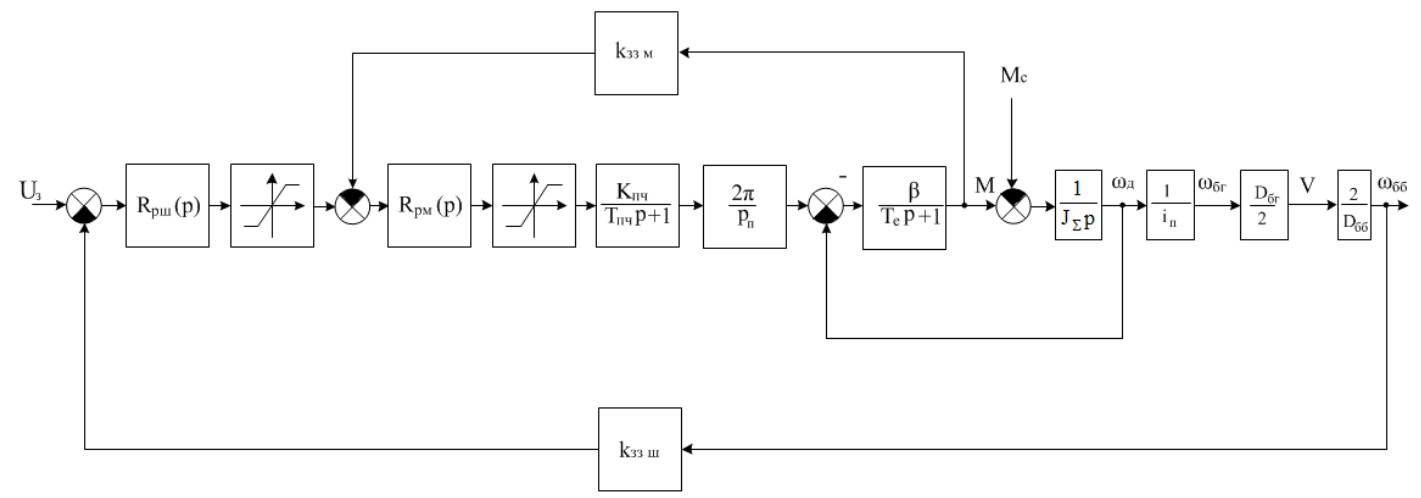
Перехідні процеси зміни моменту та швидкості АД при прямому пуску



Динамічна механічна характеристика АД

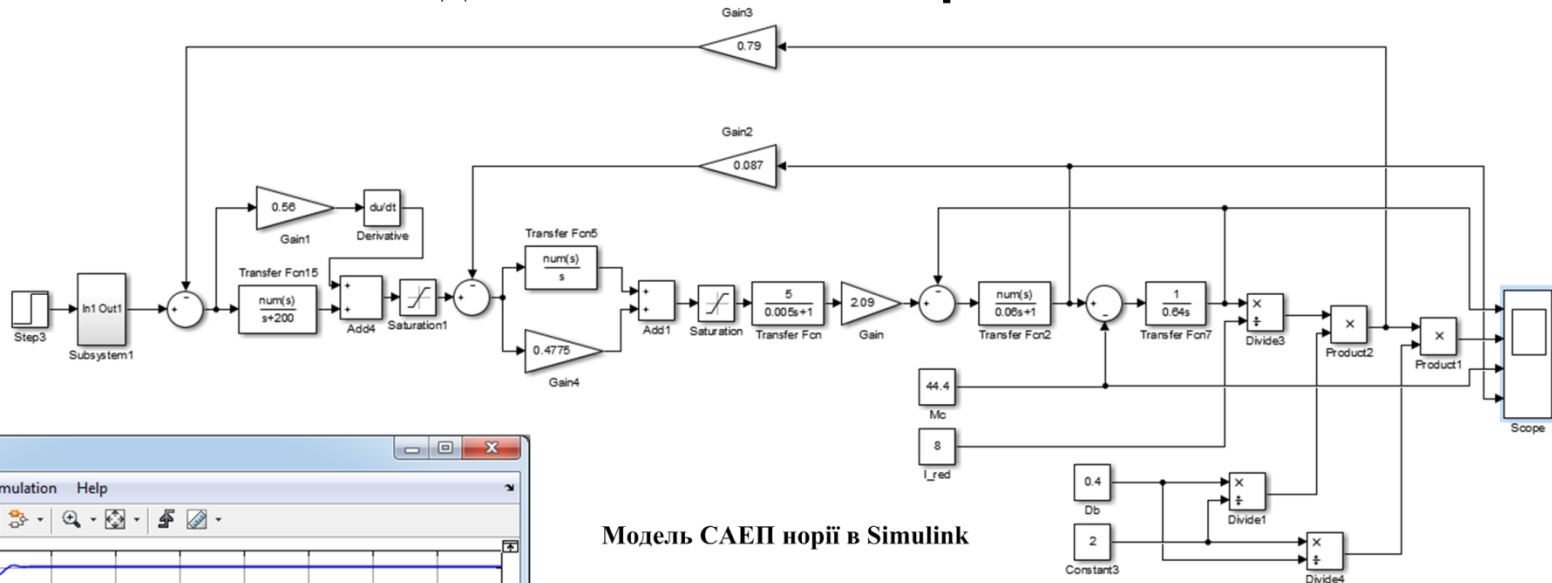


08-16.МКР.012.00.000 Е1

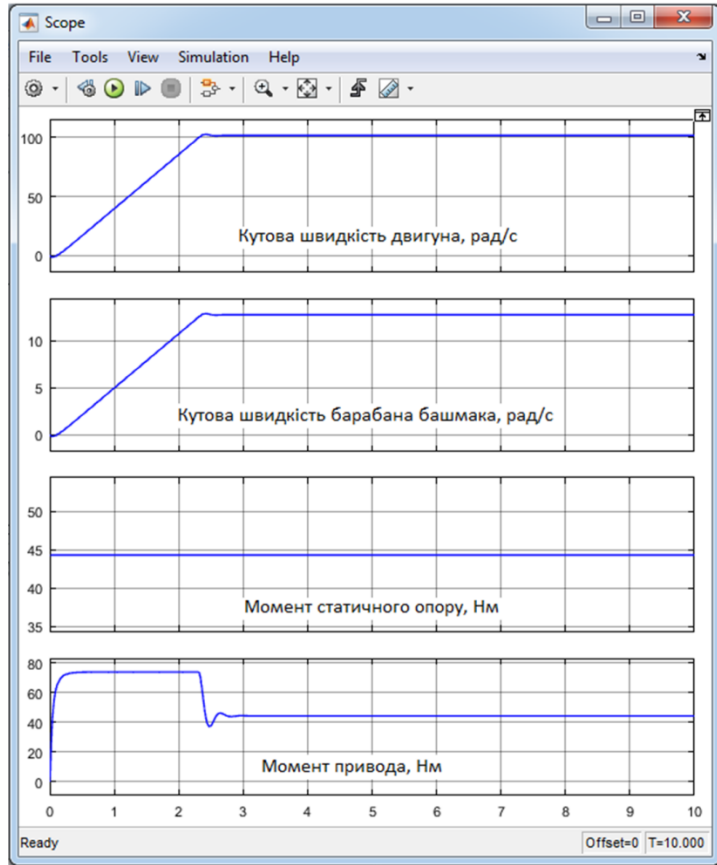


Ім'я, № ориг.	Підпис і дата	Зовн. ім'я, №	Ім'я, № дубл.	Підпис і дата

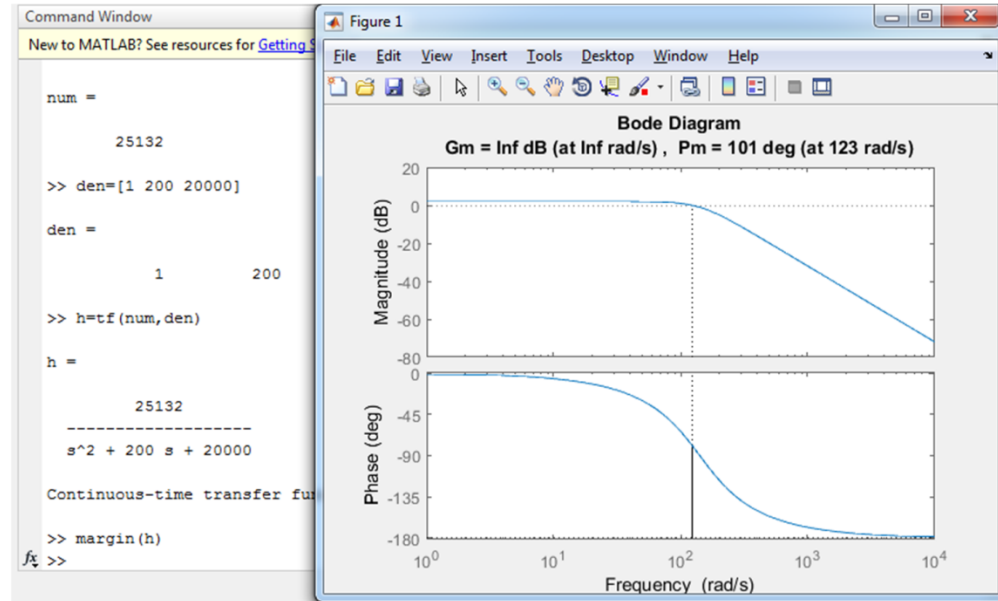
08-16.МКР.012.00.000 Е1				
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:	Чорноіваник О.			
Перевірив:	Бабій С.М.			
Т. контр.				
Норм.кон.	Паянок О.А.			
Затверд.	Кутін В.М.			
Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу. Схема електрична структурна САЕП норії				
Аркуш 1		Аркушів 1		
гр. ЕПА-19М				



Модель САЕП норії в Simulink

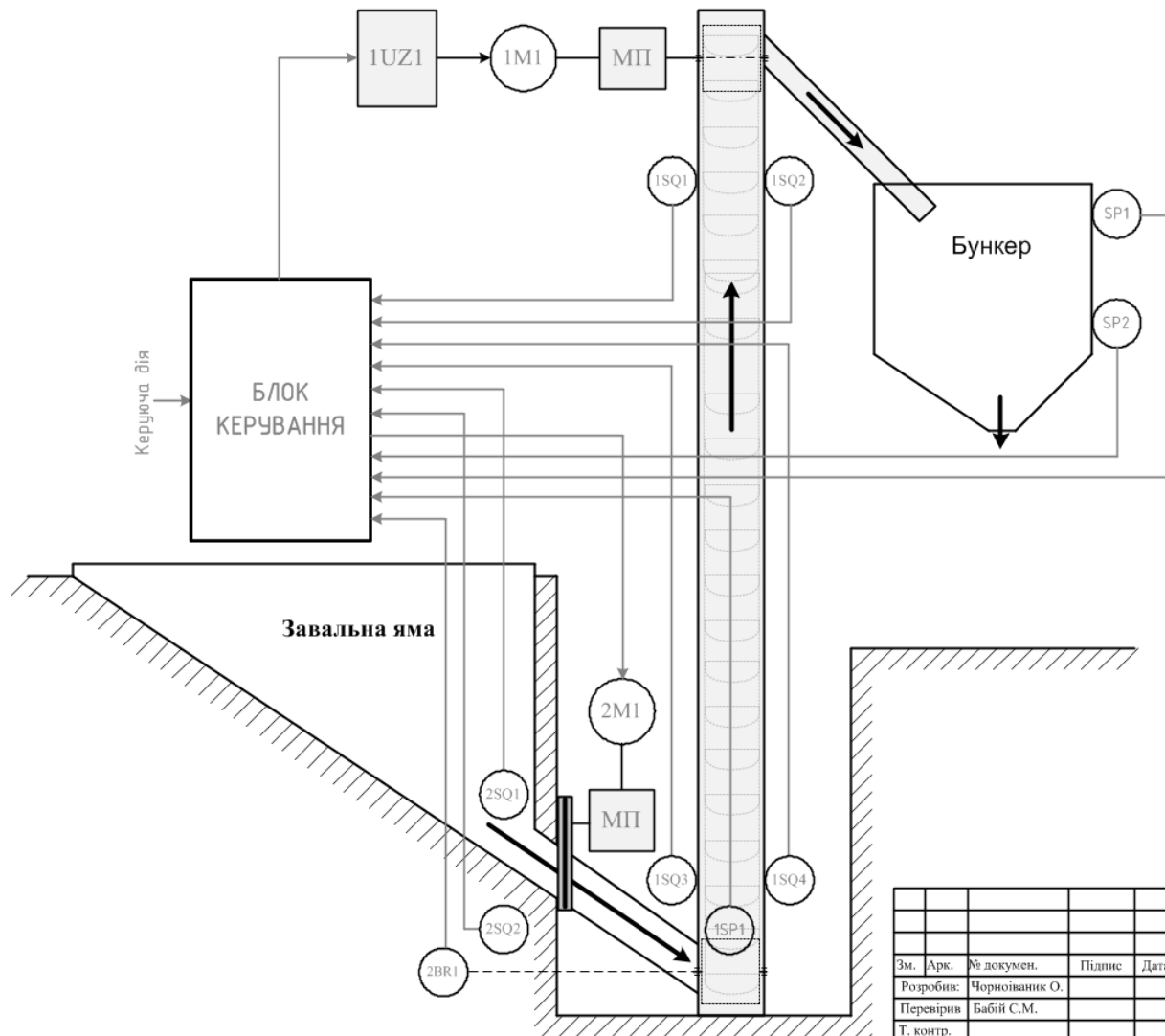


Графіки перехідних процесів



Вікно команд в Matlab та графіки ЛАЧХ та ЛФЧХ

08-16.МКР.012.00.000 Е2



Лист № ориг.	
Листів у даній частині	
Зовн. № арх.	
Внутр. № арх.	
Листів у даній частині	

					08-16.МКР.012.00.000 Е2			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу. Схема функціональна системи автоматизації норії	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Чорноіваник О.						
Перевішив:		Бабій С.М.						
Т. контр.								
Норм. коп.		Паянок О.А.			гр. ЕПА-19м			
Затверд.		Кутін В.М.						

## Вибір елементної бази системи автоматизації норії



Сенсор сходу стрічки (ME-9101, АСКО-УКРЕМ)

### Технічні характеристики

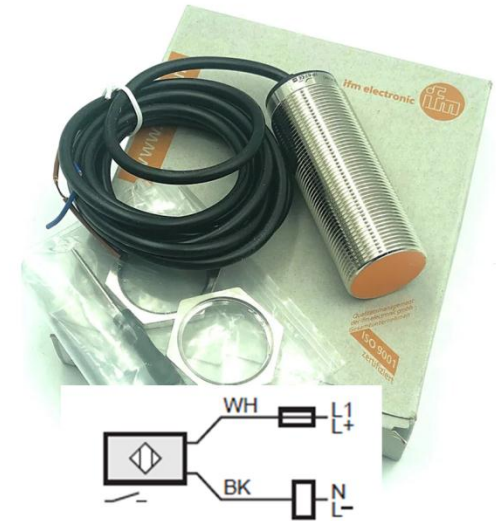
Параметри	Значення
Номинальна напруга	220В (AC) 110В (DC)
Номинальна напруга ізоляції	380В
Номинальна імпульсна напруга	4кВ
Номинальний струм	5А (AC) 0,4А (DC)
Тип контакта	1NO+1NC
Частота комутацій	до 30 циклів/хв.
Механічна зносостійкість	10 <sup>7</sup> циклів
Електрична зносостійкість	5×10 <sup>5</sup> циклів
Внутрішній діаметр сальника	6мм
Робочий хід	30мм
Ступінь захисту	IP65
Робочий діапазон температур	-15...+70°C



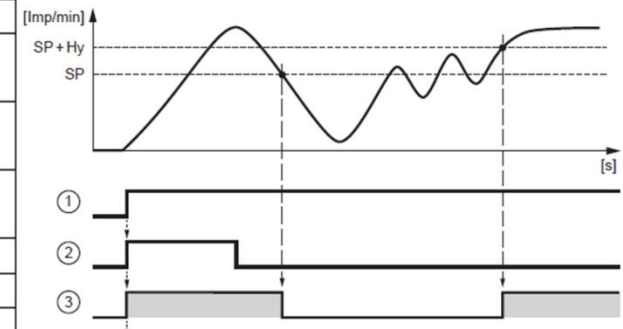
Мембранний сенсор рівня СУМ-1

### Технічні характеристики

Параметри	Значення
Струм комутації виходу при 220В	2А
Гарантоване зусилля спрацювання	0,5Н±10%
Гарантована кількість спрацювань	30000
Середній строк служби	12 років
Ступінь захисту	IP65
Робочий діапазон температур	-20...+50°C
Відносно вологість повітря	30-90%
Внутрішній розмір установочного фланця	88мм
Маса	0,4кг
Габаритні розміри	130×115×77мм

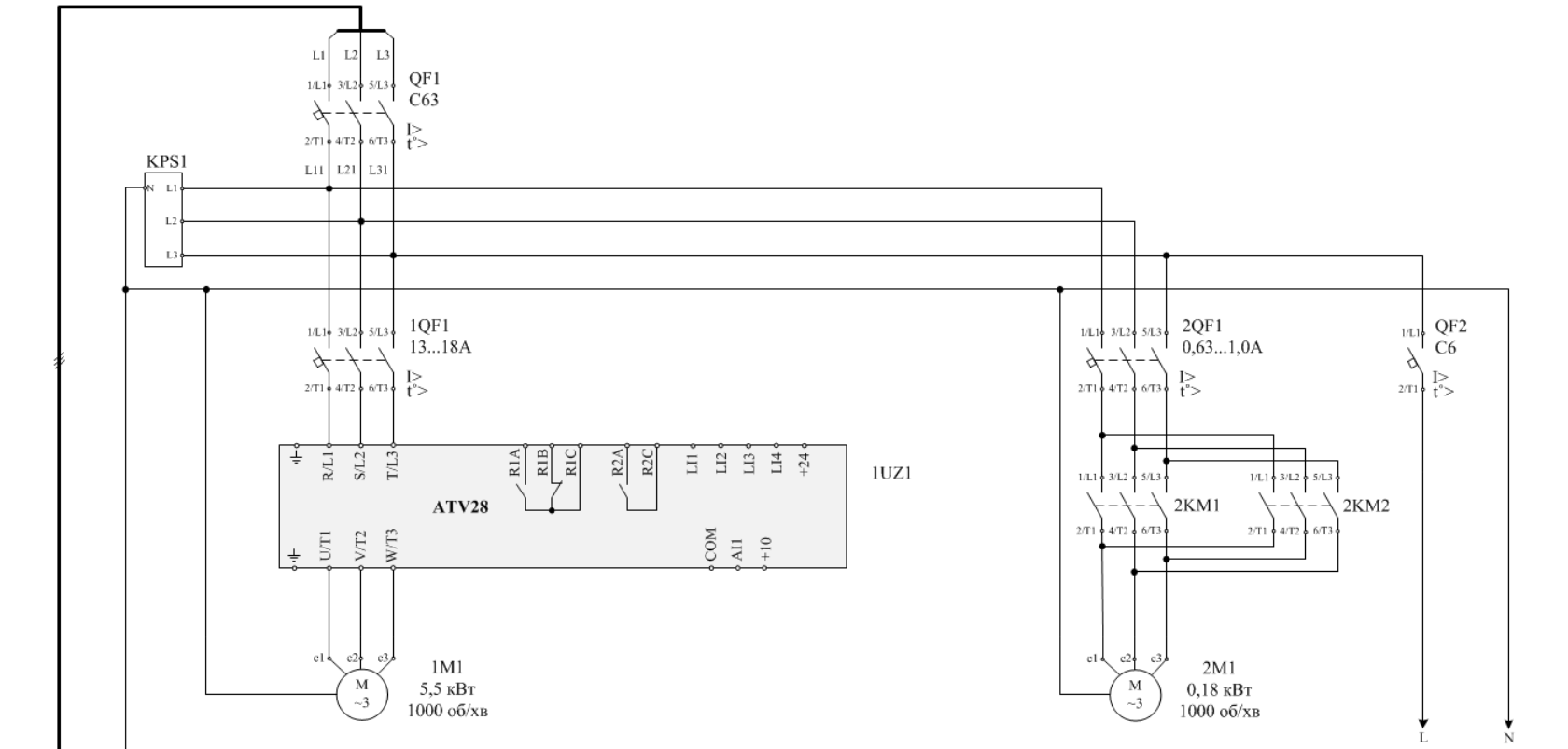


Датчик частоти обертання  
IFM Electronic DI0101

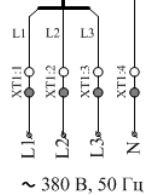


Принцип роботи датчика DI0101:

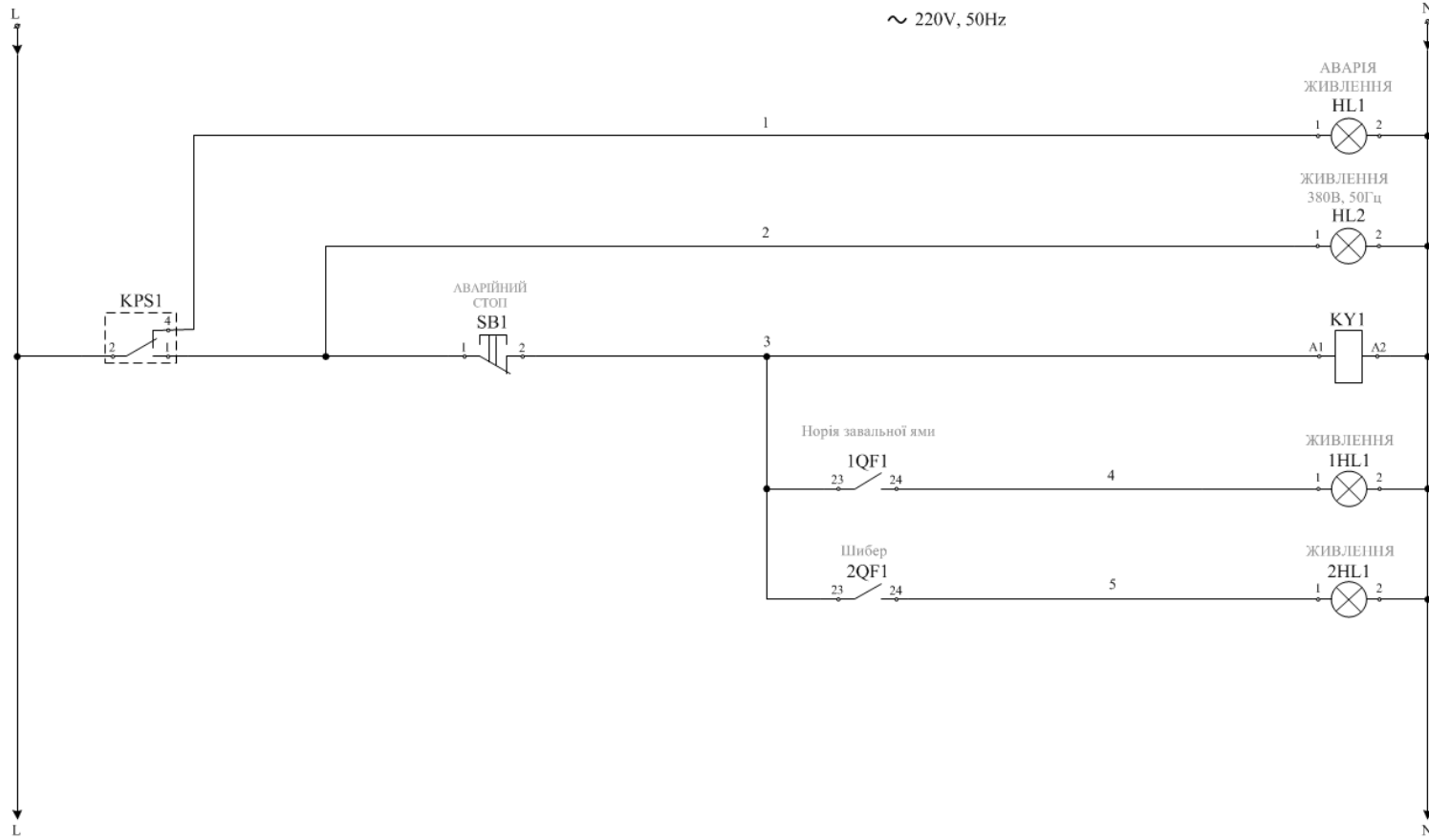
- 1 – напруга живлення
- 2 – затримка включення
- 3 – транзисторний вихід
- SP – точка налаштування (переключення)
- Hy – гістерезис



Ім'я, № ориг.	Підпис і дата	Зам. ім'я, №	Ім'я, № рубл.	Підпис і дата

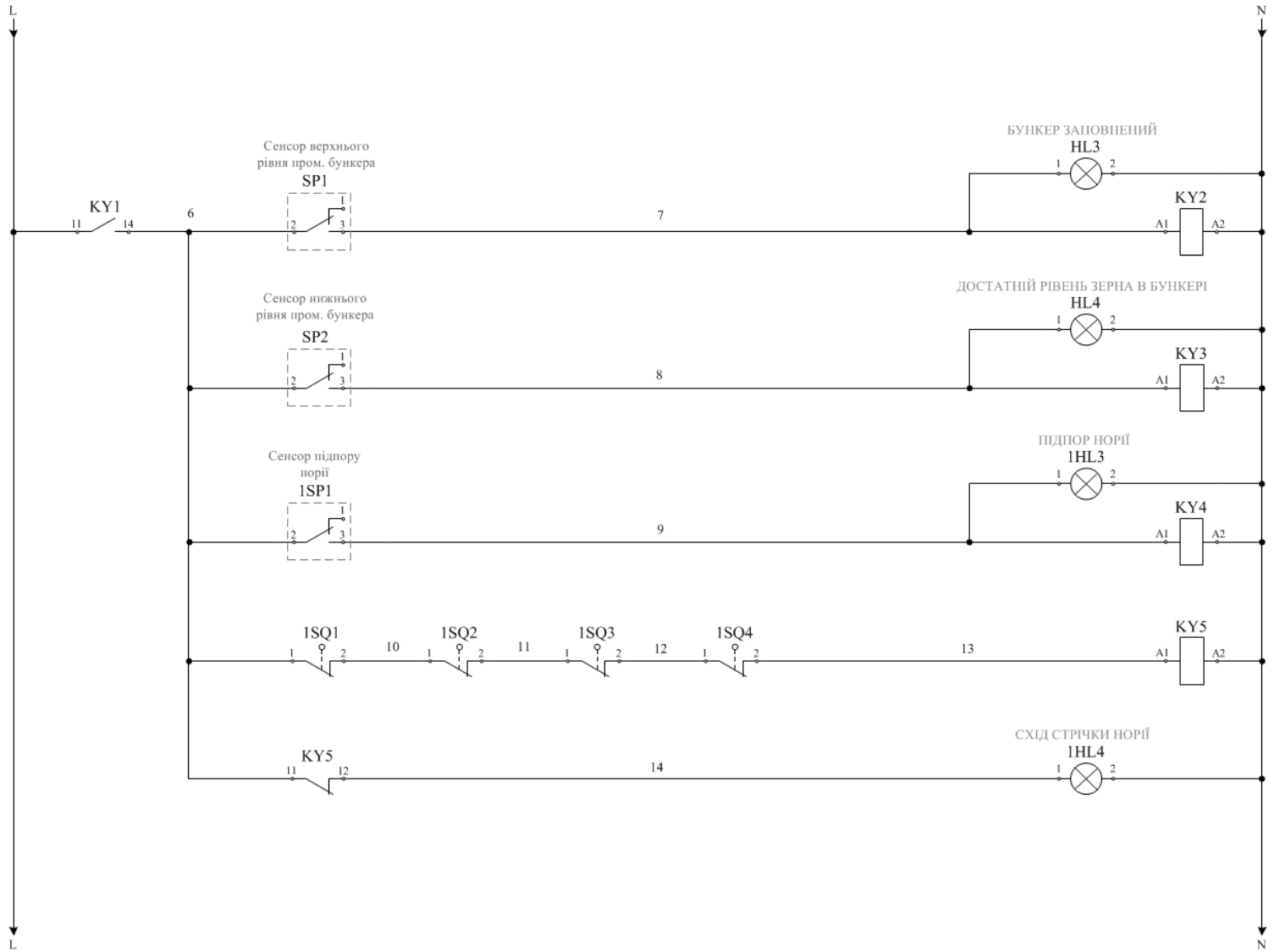


08-16.МКР.012.00.000 Е3					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушального комплексу. Схема електрична принципова системи автоматизації норії. Силкові кола	Аркуші 1	Аркуші 1
Розробив:	Чорноіваник О.			гр. ЕПА-19м			
Перевірів:	Бабій С.М.						
Т. контр.							
Норм.кон.	Паянок О.А.			Затверд.	Кутін В.М.		



Планик і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Планик і дата	
Інв. № ориг.	

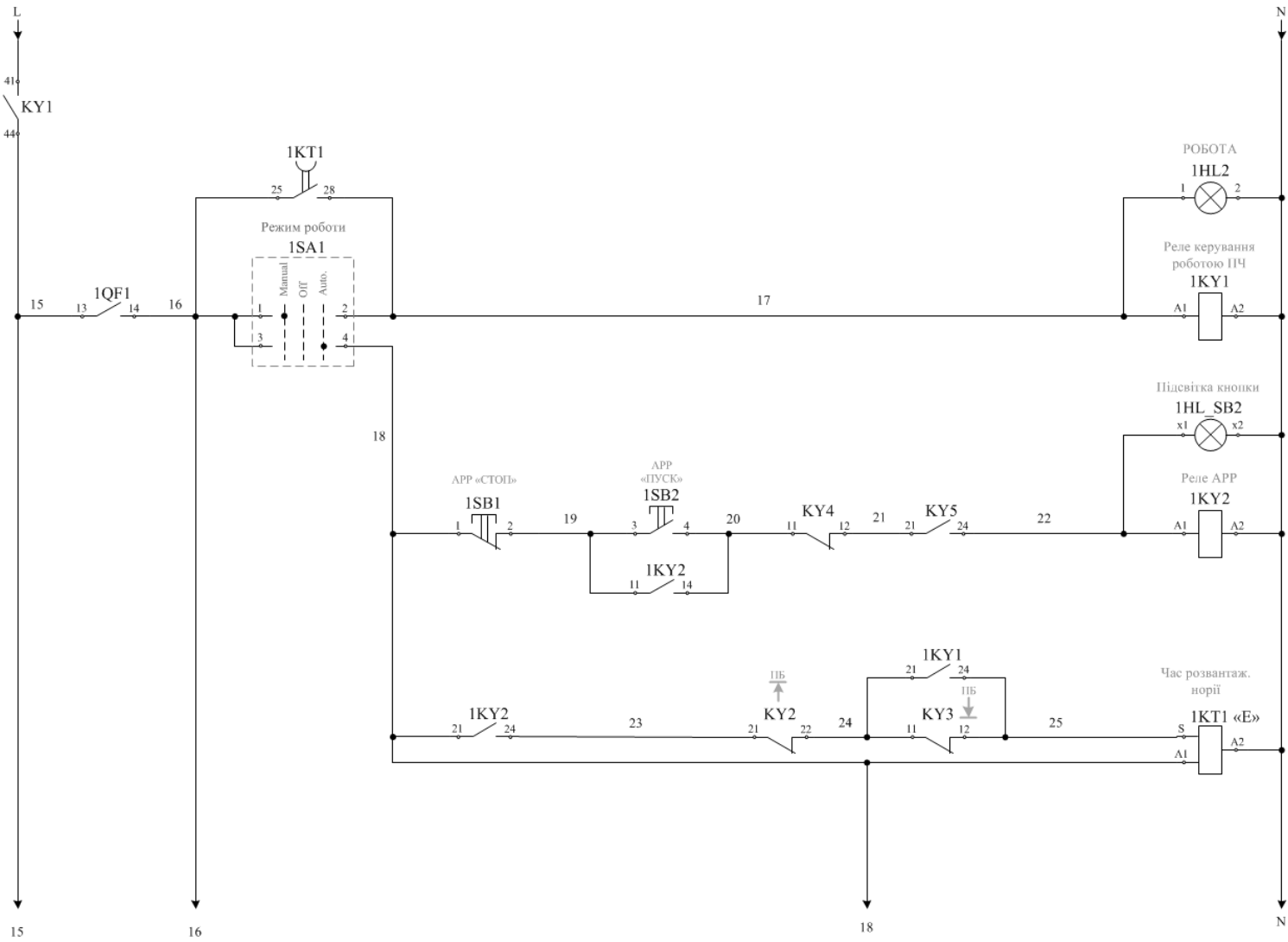
					08-16.МКР.012.00.000 ЕЗ					
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завальної ями в умовах зерносушильного комплексу. Схема електрична принципова системи автоматизації норії. Релейно-контакторна система керування			Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Чорноіваник О.								
Перевірив:		Бабій С.М.								
Т. контр.										
Норм. кон.		Паянок О.А						Аркуш 1    Аркушів 5		
Затверд.		Кутів В.М.						гр. ЕПА-19м		



Сенсори рівнів та аварійних станів	бункер, верхній рівень
	бункер, нижній рівень
	підпор норії
	схід стрічки норії

Ім. № орг.	Підпис і дата
Зов. ім. №	Ім. № дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата
----	------	-------------	--------	------

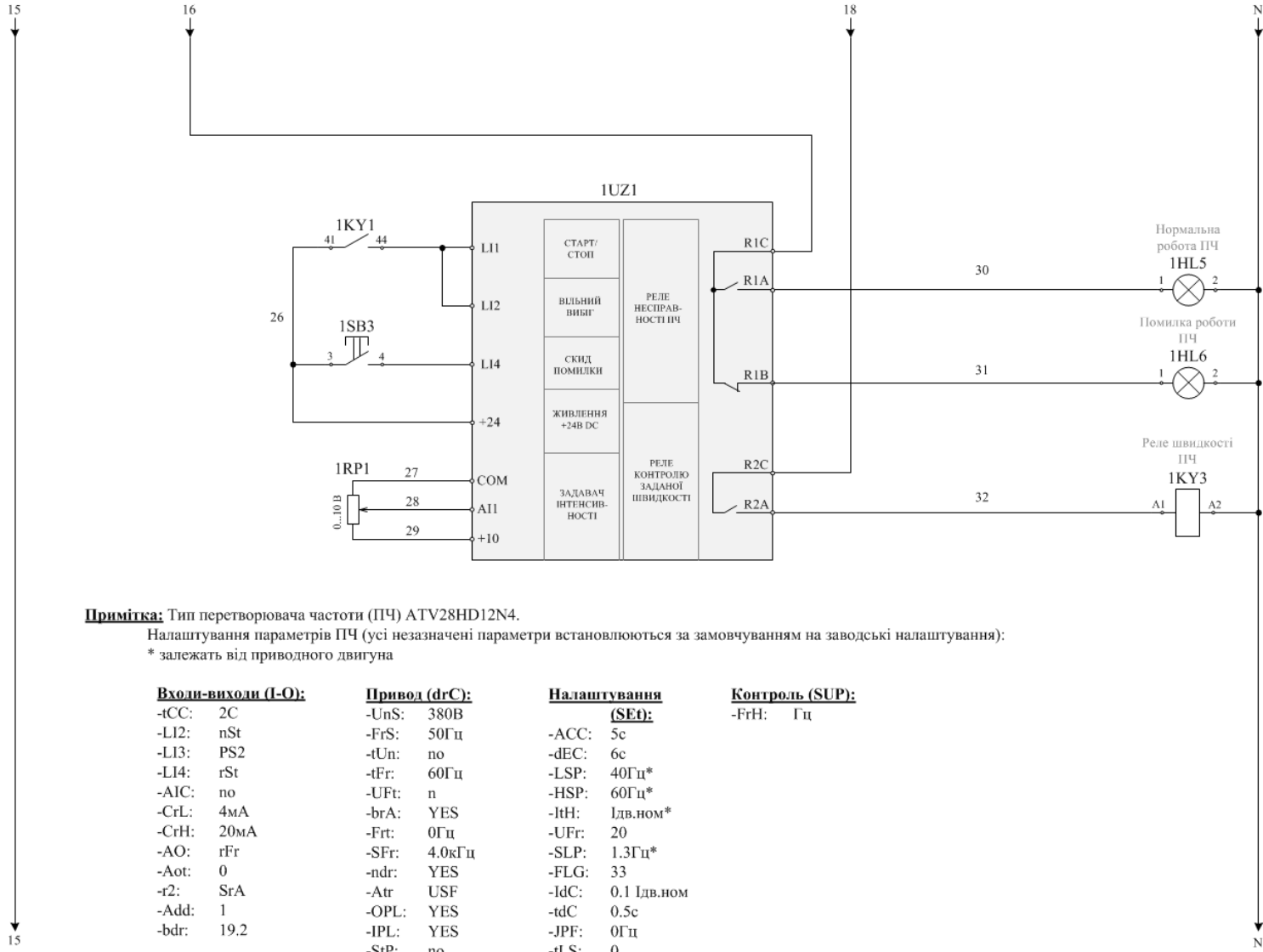


Керування роботою норії завальної ями	режим роботи норії
ПУСК / СТОП роботи в автоматичному режимі	
автоматичне керування роботою норії	

Ім. № ориг.	Підпис і дата	Звоє. ім. №	Ім. № дубл.	Підпис і дата

Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата





**Примітка:** Тип перетворювача частоти (ПЧ) ATV28HD12N4.

Налаштування параметрів ПЧ (усі незазначені параметри встановлюються за замовчуванням на заводські налаштування):

\* залежать від приводного двигуна

**Входи-виходи (I-O):**

- tCC: 2C
- LI2: nSt
- LI3: PS2
- LI4: rSt
- AIC: no
- CrL: 4mA
- CrH: 20mA
- AO: rFr
- Aot: 0
- r2: SrA
- Add: 1
- bdr: 19,2

**Привод (drC):**

- UnS: 380В
- FrS: 50Гц
- UIn: no
- tFr: 60Гц
- UFt: n
- brA: YES
- Frt: 0Гц
- SFr: 4,0кГц
- ndr: YES
- OPL: YES
- IPL: YES
- StP: no
- FLr: YES
- drn: no
- SdS: 30

**Налаштування (SEt):**

- ACC: 5с
- dEC: 6с
- LSP: 40Гц\*
- HSP: 60Гц\*
- ItH: Idв.ном\*
- UFR: 20
- SLP: 1.3Гц\*
- FLG: 33
- IdC: 0.1 Idв.ном
- tdC: 0.5с
- JPF: 0Гц
- tLS: 0

**Контроль (SUP):**

- FrH: Гц

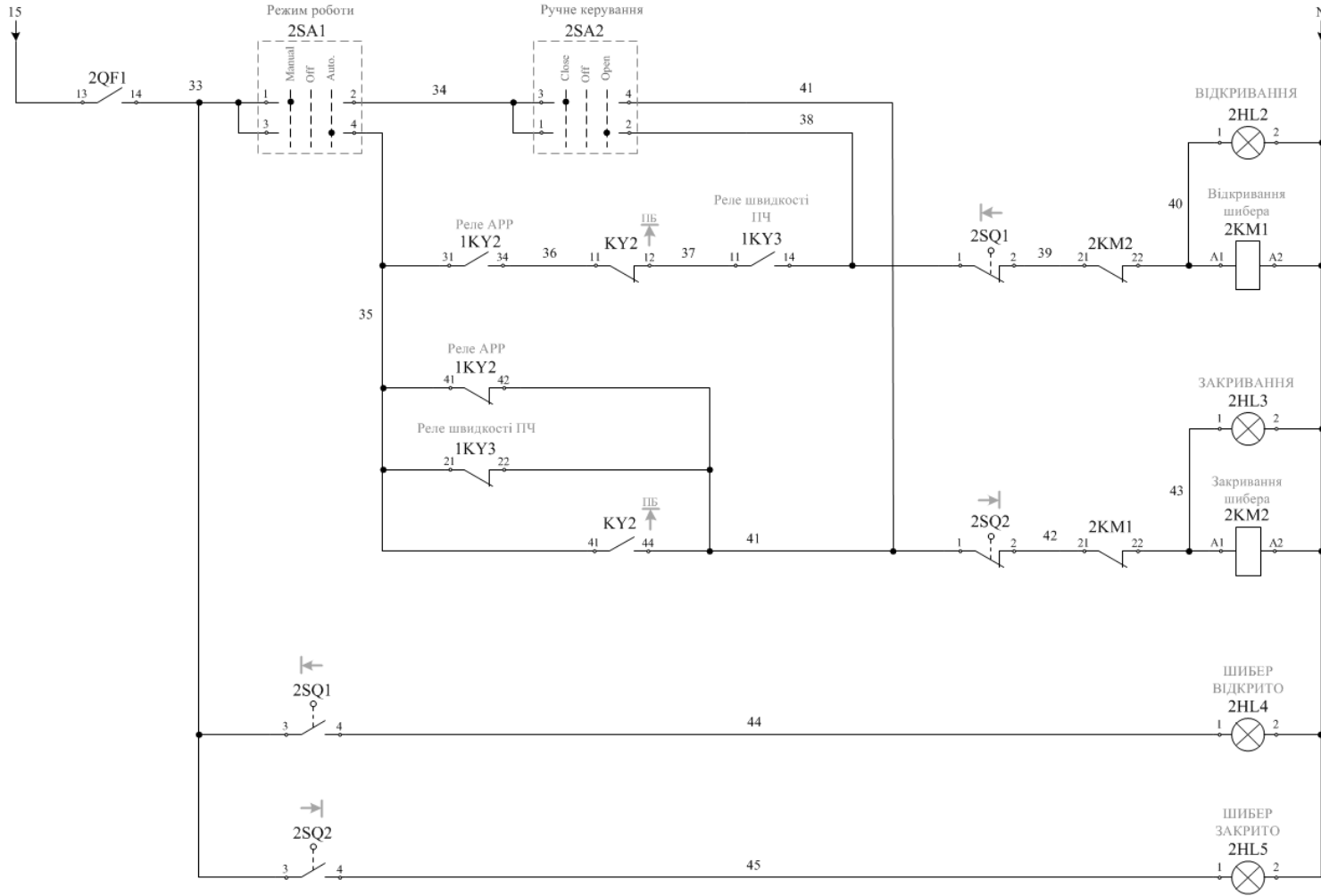
Керування роботою порті завантаження бункера сушарки

керування роботою перетворювача частоти

налаштування параметрів перетворювача частоти

Ім'я, № дубл.	Підпис і дата
Зов. ім'я, №	
Підпис і дата	
Ім'я, № опит.	

Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата
----	------	-------------	--------	------



Керування роботою шибера порті завантаження бункера сушарки	режим роботи шибера
	відкриття шибера
	закривання шибера
індикація положення шибера	

Інв. № орг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

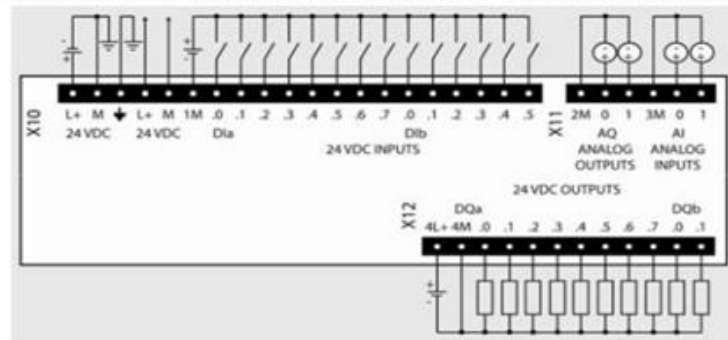
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата

## Вибір контролера для реалізації мікропроцесорної системи автоматизації норії



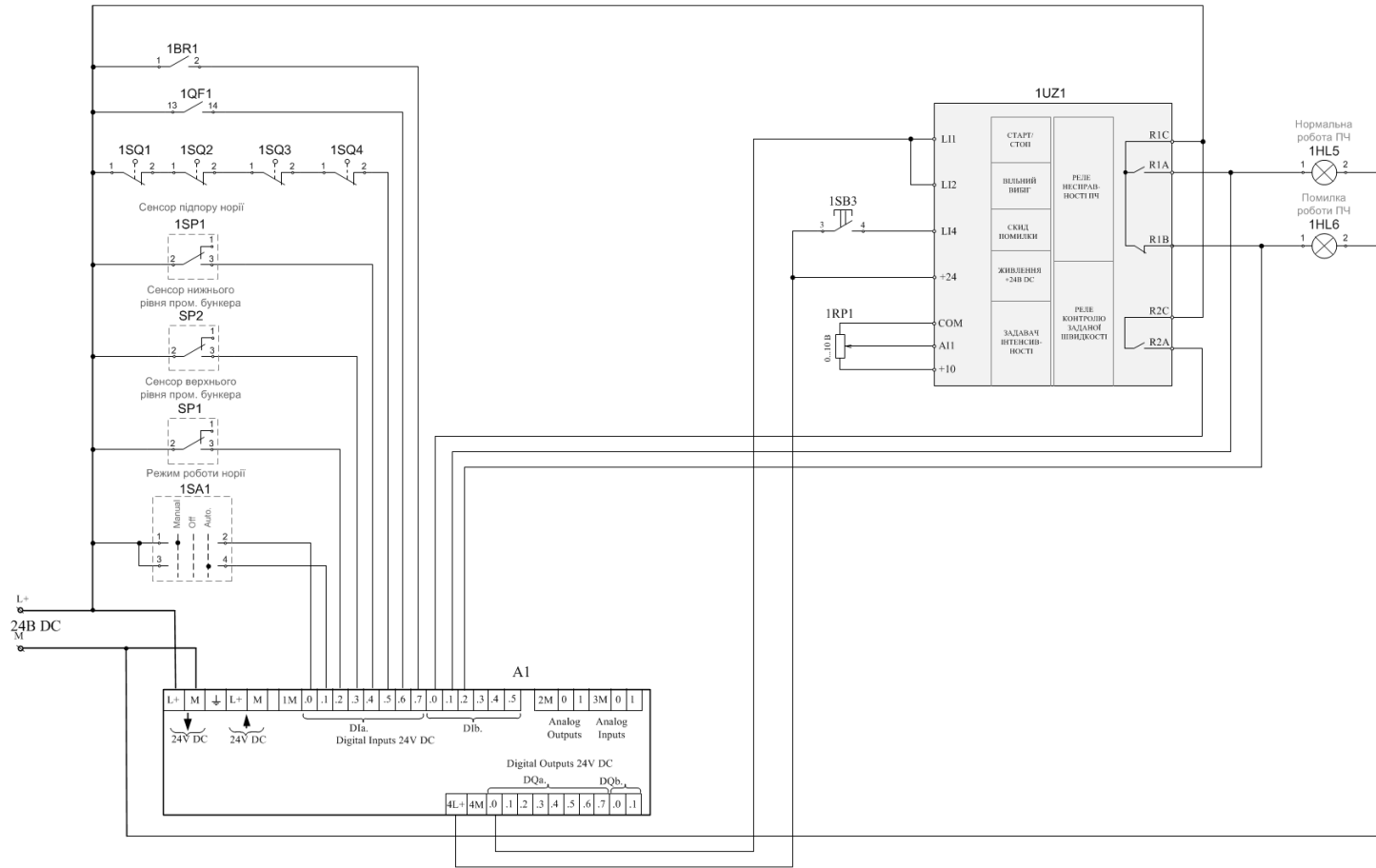
ПЛК SIMATIC S7-1200

Підключення зовнішніх кіл ПЛК S7-1215C DC/DC/DC



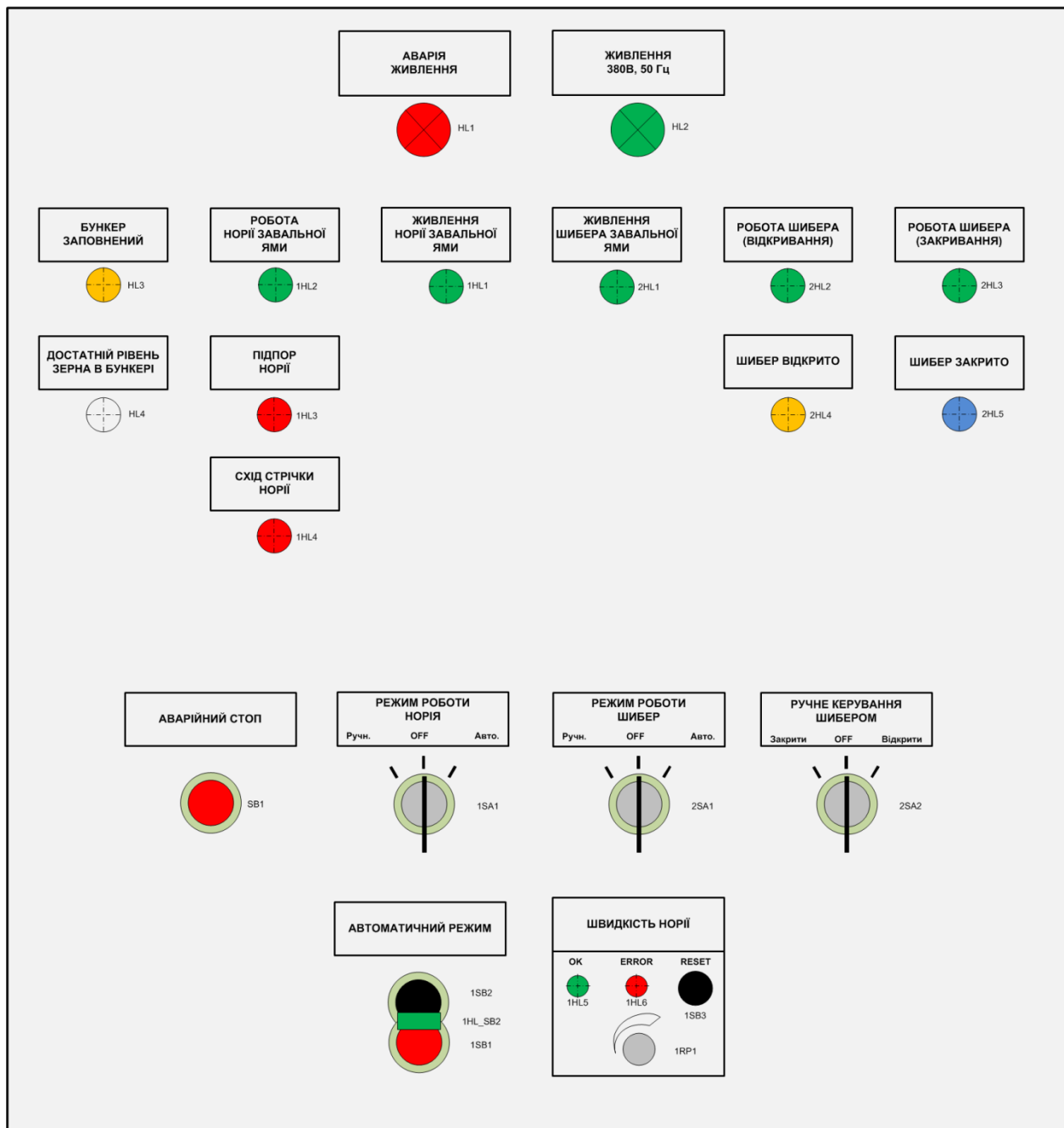
Технічні дані SIMATIC S7-1215C DC/DC/DC

Характеристика	Дані
Номер для замовлення	6ES7-215-1AG40-0XB0
Вбудована робоча пам'ять	125 kbyte
Вбудована пам'ять для завантаження	4 Mbyte
Можливість розширення пам'яті для завантаження	картою пам'яті Memory Card
Інтерфейс	2 PROFINET PORT
Вбудовані входи і виходи	14 DI 24V DC 10 DO 24V DC 0.5A 2 AI 0-10V DC 2 AO 0-20MA DC
Вбудоване джерело живлення	DC 20.4 - 28.8 V DC
Температура навколишнього середовища при експлуатації	-20...60°C



				08-16.MKP.012.00.000 E3				
Зм.	Друк.	№ докумен.	Піліс	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода норії завдяки їмї в умовах зерносушального комплексу. Схема електрична принципова системи автоматизації норії. Мікропроцесорна система керування	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Чорновик	О.						
Перевірив	Бабій	С.М.						
Т. контр.								
Норм. кон.	Павлов	О.А.						
Затверд.	Кутин	В.М.						
						Аркуш 1	Аркушів 1	
						гр. ЕПА-19м		

Ім'я, № аркуш.	Піліс, дата
Ім'я, № аркуш.	Піліс, дата
Ім'я, № аркуш.	Піліс, дата
Ім'я, № аркуш.	Піліс, дата





Зовнішній вигляд шибера норії завальної ями

Математична модель має вигляд:

$$\begin{cases} \text{if } \omega(t) > 0 \text{ and } t_f > t_z \text{ then } m = m_1, \\ \text{if } \omega(t) < 0 \text{ and } t_f > t_z \text{ then } m = m_2, \\ \text{if } \omega(t) \neq 0 \text{ and } t_f < t_z \text{ then } m = m_3. \end{cases}$$

де  $t_f$  – фактичний час роботи привода;

$t_z$  – зразковий час роботи привода;

$m_1$  – вийшов з ладу верхній кінцевий перемикач;

$m_2$  – вийшов з ладу нижній кінцевий перемикач;

$m_3$  – система працює коректно.



## ВИСНОВКИ

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Запропоновано математичну модель контролю спрацювання кінцевих перемикачів шибера завальної ями, яка на відміну від існуючих контролює стан перемикача шляхом вимірювання часових інтервалів роботи електропривода шибера.

**Практичне значення одержаних у роботі результатів** полягає в розробці схем релейної та мікропроцесорної систем автоматизації норії та шибера завальної ями.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи отримано автором самостійно.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати досліджень представлені на 1 науковій конференції.

**Публікації.** За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференції.