

**Підвищення енергетичної ефективності  
електропривода транспортера завантаження  
скіпа в умовах Приватного акціонерного  
товариства «Продовольча компанія  
«Поділля»**

Виконав: ст. гр. ЕПА-18м Тсаса Закаріаш Душ Анжуш Лембе

Керівник роботи: к.т.н., доц. Бабій С. М.

**Метою роботи** є підвищення енергетичної ефективності електропривода транспортера завантаження скіпа в умовах Приватного акціонерного товариства «Продовольча компанія «Поділля» 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 виробництва цукру-піску із цукрового буряка. Виділити в ньому роль та місце об'єкта проектування.
2. Розрахувати потужність привода стрічкового транспортера та вибрати приводний двигун.
3. Розробити систему автоматизованого електропривода стрічкового транспортера та вибрати його елементи.
4. Перевірити правильність отриманих проектних рішень шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Провести економічні розрахунки.
6. Розробити ряд заходів з охорони праці та описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

**Об'єкт дослідження** – процес виробництва цукру.

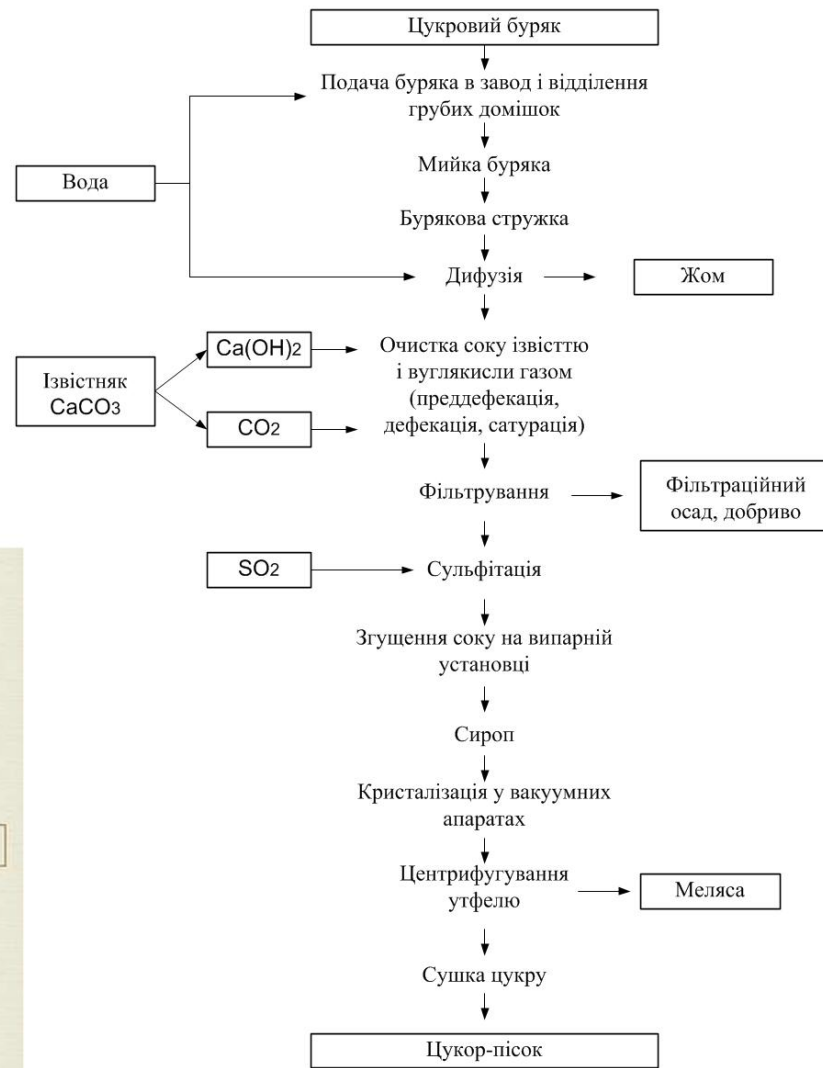
**Предметом дослідження** є система автоматизованого електропривода стрічкового транспортера завантаження скіпа вапнякової печі.

Процес отримання цукру-піску складається з таких стадій:

- подача буряків і очищення їх від домішок;
- отримання дифузійного соку з бурякової стружки;
- очищення дифузійного соку;
- згущення соку випаровуванням;
- варіння утфелю і отримання кристалічного цукру;
- сушка, охолодження і зберігання цукру-піску.



Схема одержання цукру із цукрового буряка



Принципова схема виробництва цукру із цукрового буряка

Технічні характеристики стрічкового транспортера завантаження скіпа вапнякової печі

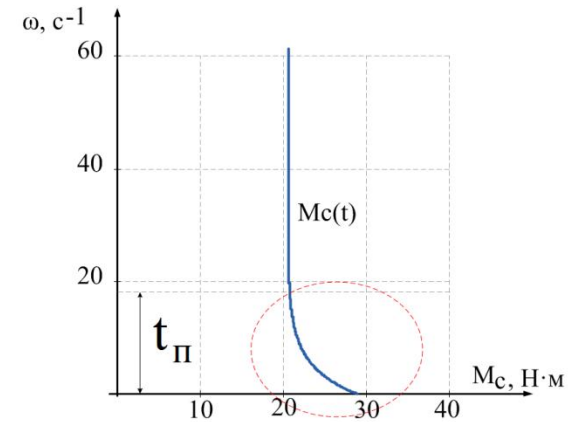


Подача вапняку до скіпового підйомника вапнякової печі



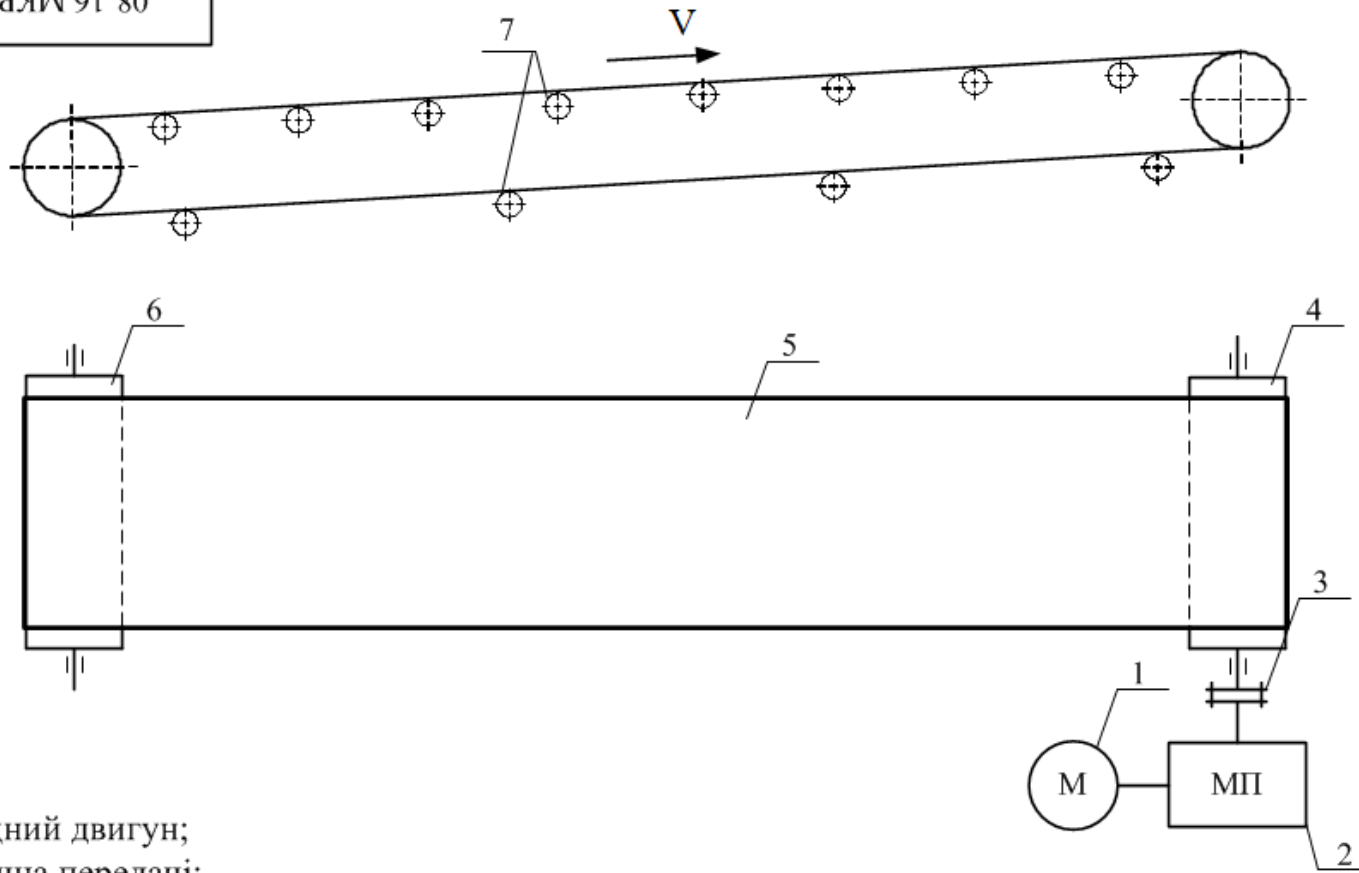
Завантаження скіпа

Параметри	Значення
Продуктивність	36 т/год
Діаметр приводного барабана	420 мм
Діаметр натяжного барабана	420 мм
Довжина транспортера	15 м
Опорні ролики:	
– кількість	12 шт.
– діаметр	120 мм
Ширина стрічки	600 мм
Кут нахилу транспортера	6 град.
Передаточне число механічної передачі	31,5
Швидкість стрічки	0,98 м/с



Механічна характеристика стрічкового транспортера

08-16.МКР.012.00.000 К



- 1 – приводний двигун;
- 2 – механічна передачі;
- 3 – муфта ;
- 4 – приводний барабан;
- 5 – стрічка;
- 6 – натяжний барабан;
- 7 – опорні ролики

Підпис і дата
Імв. № дубл.
Зам. імв. №
Підпис і дата
Імв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:		Тсаса Закаріаш		
Перевірив:		Бабій С.М.		
Т. контр.				
Норм.кон.		Паянок О.А.		
Затверд.		Кутін В.М.		

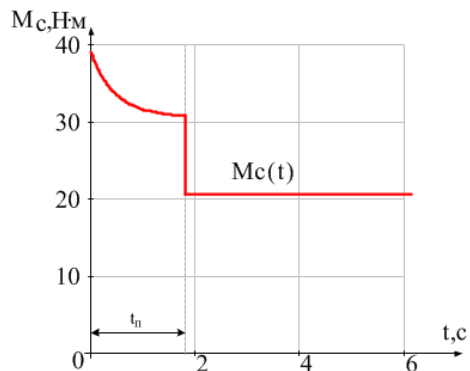
08-16.МКР.012.00.000 К						
Підвищення енергетичної ефективності електропривода транспортера завантаження скіпа в умовах Приватного акціонерного товариства «Продовольча компанія «Поділля». Схема кінематична стрічкового транспортера				Літ.	Маса	Масштаб
				Аркуш 1	Аркушів 1	
гр. ЕПА-18м						

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД з ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	8040	6432	3216	3216
Вартість системи керування СК, грн	3663	4273,5	9768	12210
Капітальні вкладення К, грн	11703	10705,5	12984	15426
Річні капітальні витрати $K_{річн}$ грн/рік	1989,51	1819,94	2207,28	2622,42
Амортизаційні відрахування $C_A$ , грн/рік	1170,30	1070,55	1298,40	1542,60
Відрахування на ремонт $C_p$ , грн/рік	234,06	214,11	259,68	308,52
Додаткові відрахування $C_d$ , грн/рік	8811,75	5225,57	3537,96	1858,96
Відрахування на обслуговування $C_o$ , грн/рік	510,81	325,51	254,80	185,50
Загальні відрахування $C$ , грн/рік	10726,91	6835,74	5350,84	3895,58
Приведені витрати З, грн/рік	12716,42	8655,68	7558,12	6518,00

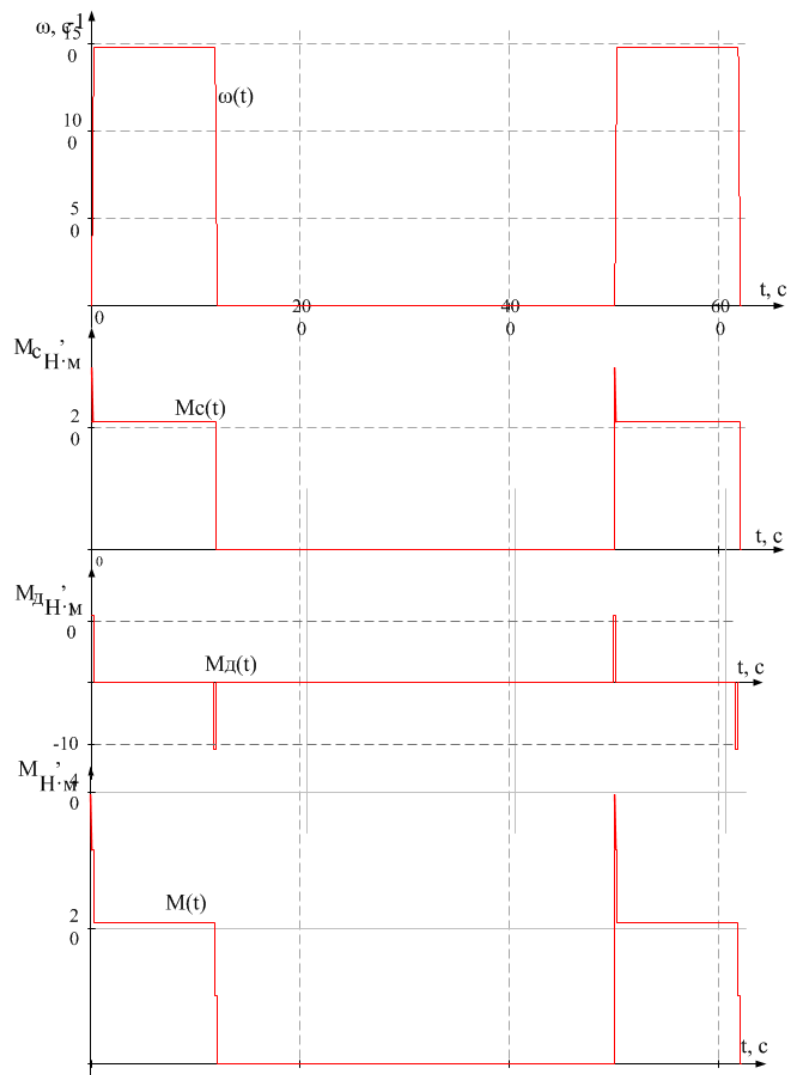
## Технічні характеристики приводного двигуна

### Технічні дані приводного двигуна 4A100L4

Параметри	Значення
Номінальна потужність $P_{дв.н.}$ , кВт	4,0
Номінальна напруга $U_{дв.н.}$ , В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{дв.н.}$ , об/хв	1431
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{ном}$	0,84
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н.}$ , %	0,84
Кратність пускового моменту $\lambda_{пуск}$	2,1
Кратність критичного моменту $\lambda_{к}$	2,4
Кратність мінімального моменту $\lambda_{min}$	1,6
Номінальний струм статора $I_{дв.н.}$ , А	8,59
Кратність пускового струму $\lambda_{I_{пуск}}$	6,0
Активний опір обмотки статора $R_1$ , Ом	1,72
Приведений активний опір обмотки ротора $R_2'$ , Ом	1,36
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора $X_1$ , Ом	2,0
Приведений індуктивний опір розсіювання	3,59

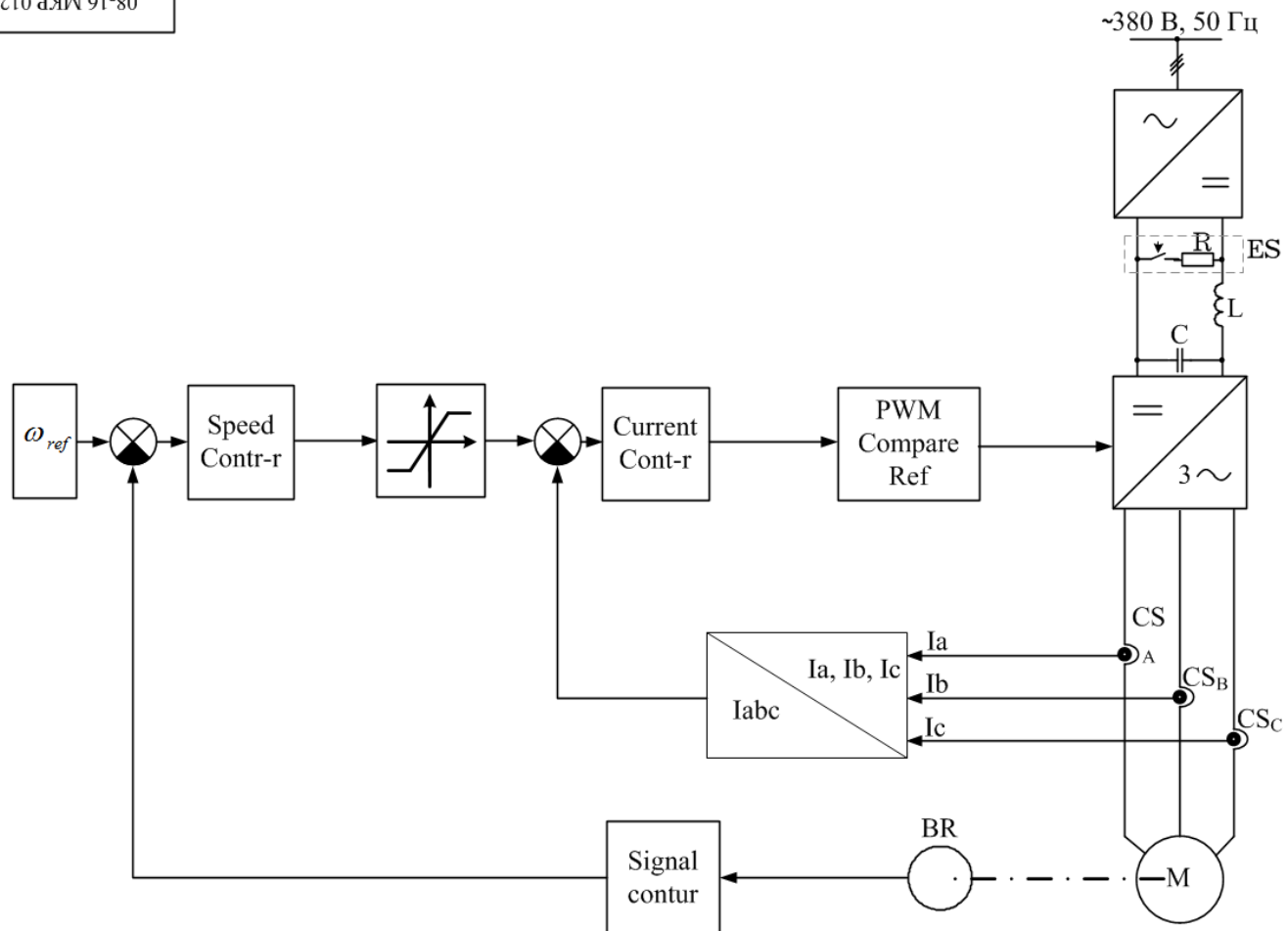


Фрагмент навантажувальної діаграми привода стрічкового транспортера при пуску під навантаженням



Навантажувальна діаграма електропривода стрічкового транспортера

08-16.MKP.012.00.000 E2

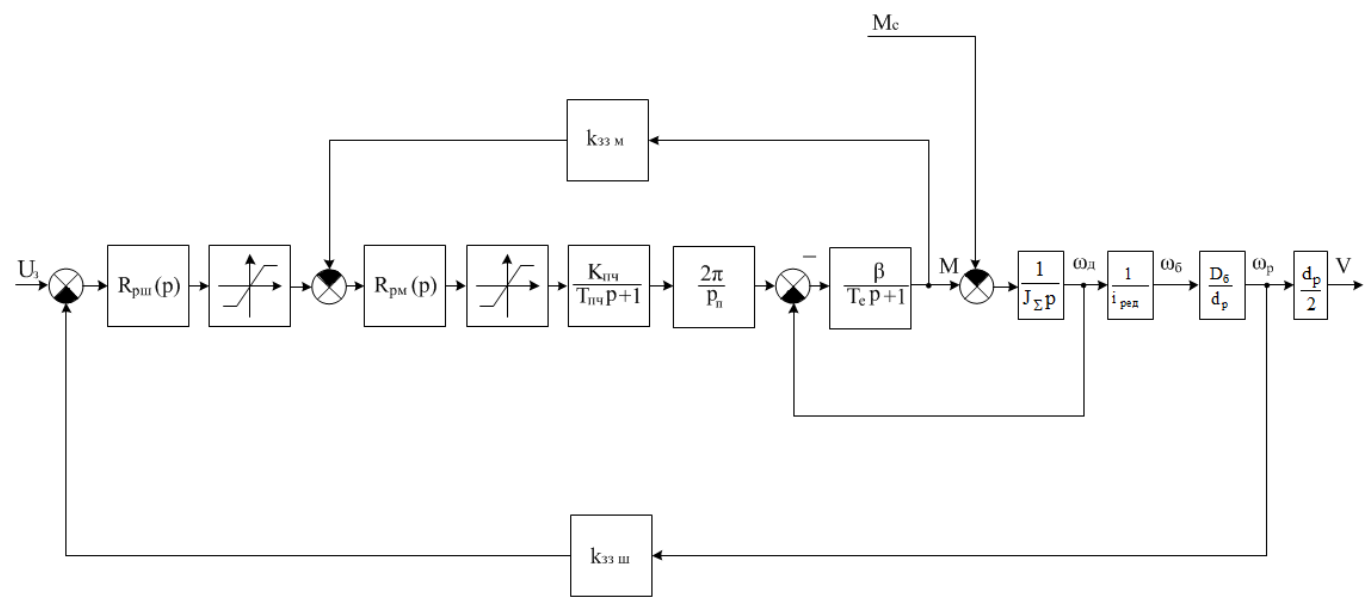


Ім'я, № ориг.	
Ім'я, № докум.	
Зав. ім. №	
Ім'я, № дубл.	
Ім'я, дата	
Ім'я, дата	

08-16.MKP.012.00.000 E2						Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода транспортера завантаження скіпа в умовах Приватного акціонерного товариства «Продовольча компанія «Поділля». Схема функціональна САЕП стрічкового транспортера			
Норм.кон.		Паянок О.А.				Аркуш 1	Аркушів 1	
Затверд.		Кутін В.М.				гр. ЕПА-18м		

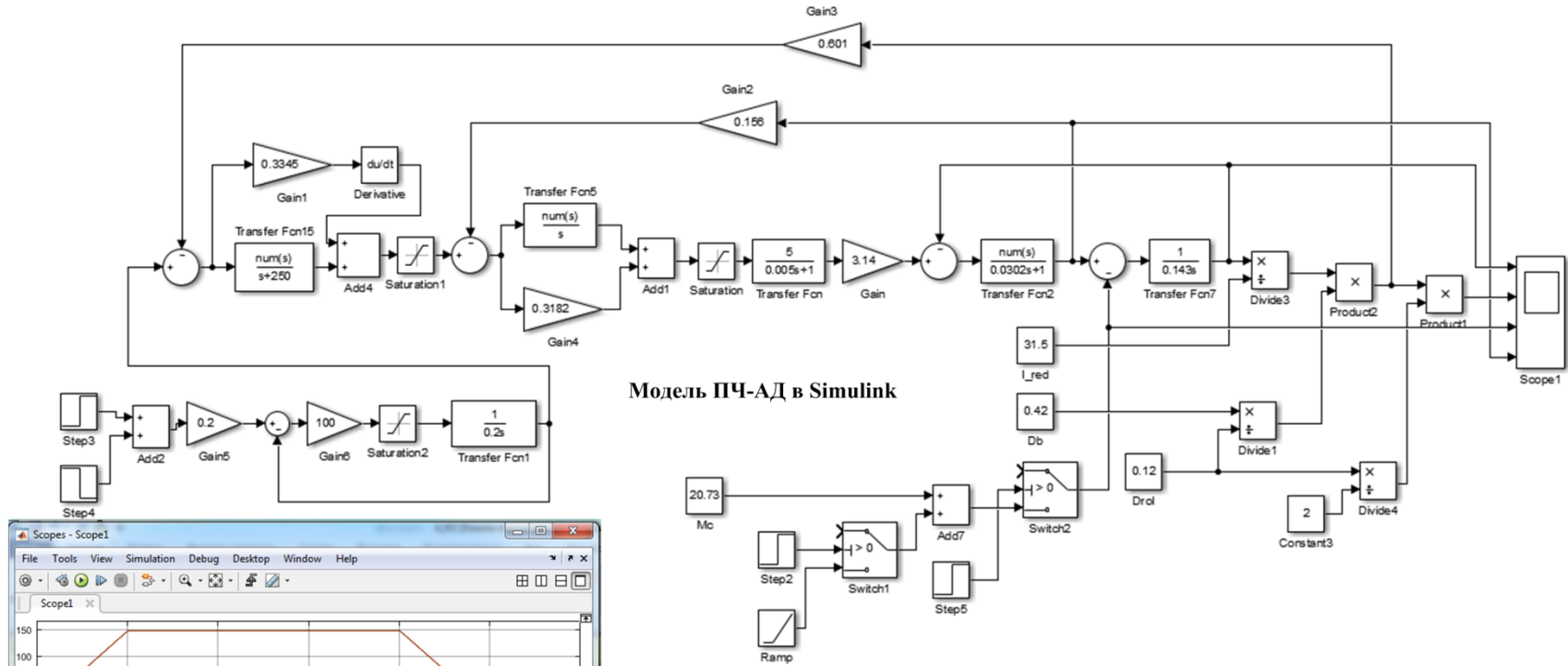


08-16.МКР.012.00.000 Е1

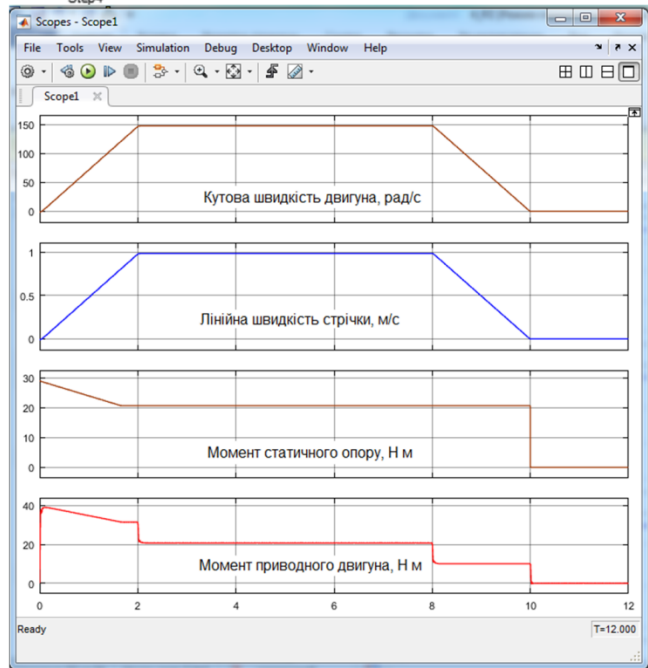


Підпис і дата	
Ім'я, № дубля	
Зам. ім'я, №	
Підпис і дата	
Ім'я, № ориг.	

					08-16.МКР.012.00.000 Е1			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електропривода транспортера завантаження скіпа в умовах Приватного акціонерного товариства «Продовольча компанія «Поділля». Схема структурна САЕП стрічкового транспортера	Літ.	Маса	Масштаб
		Тсаса Закаріаш						
		Бабій С.М.						
		Т. контр.						
						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.		Паянок О.А.				гр. ЕПА-18м		
Затверд.		Кутін В.М.						



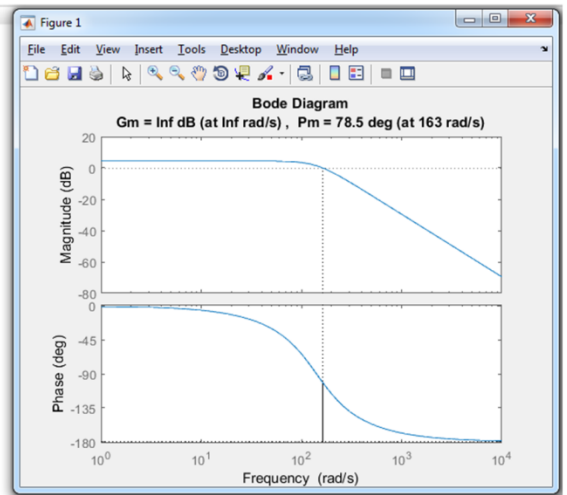
Модель ПЧ-АД в Simulink



Графіки перехідних процесів електропривода стрічкового транспортера

```

Command Window
>> num=[33300]
num =
    33300
>> den=[1 200 20000]
den =
     1     200    20000
>> h=tf(num,den)
h =
    33300
-----
    s^2 + 200 s + 20000
Continuous-time transfer function.
>> margin(h)
fs >>
    
```



Визначення запасу стійкості САЕП стрічкового транспортера

## Вибір елементної бази САЕП стрічкового транспортера



Програмоване реле типу LOGO! 240



Перетворювач частоти  
Danfoss VLT Micro Drive  
FC51

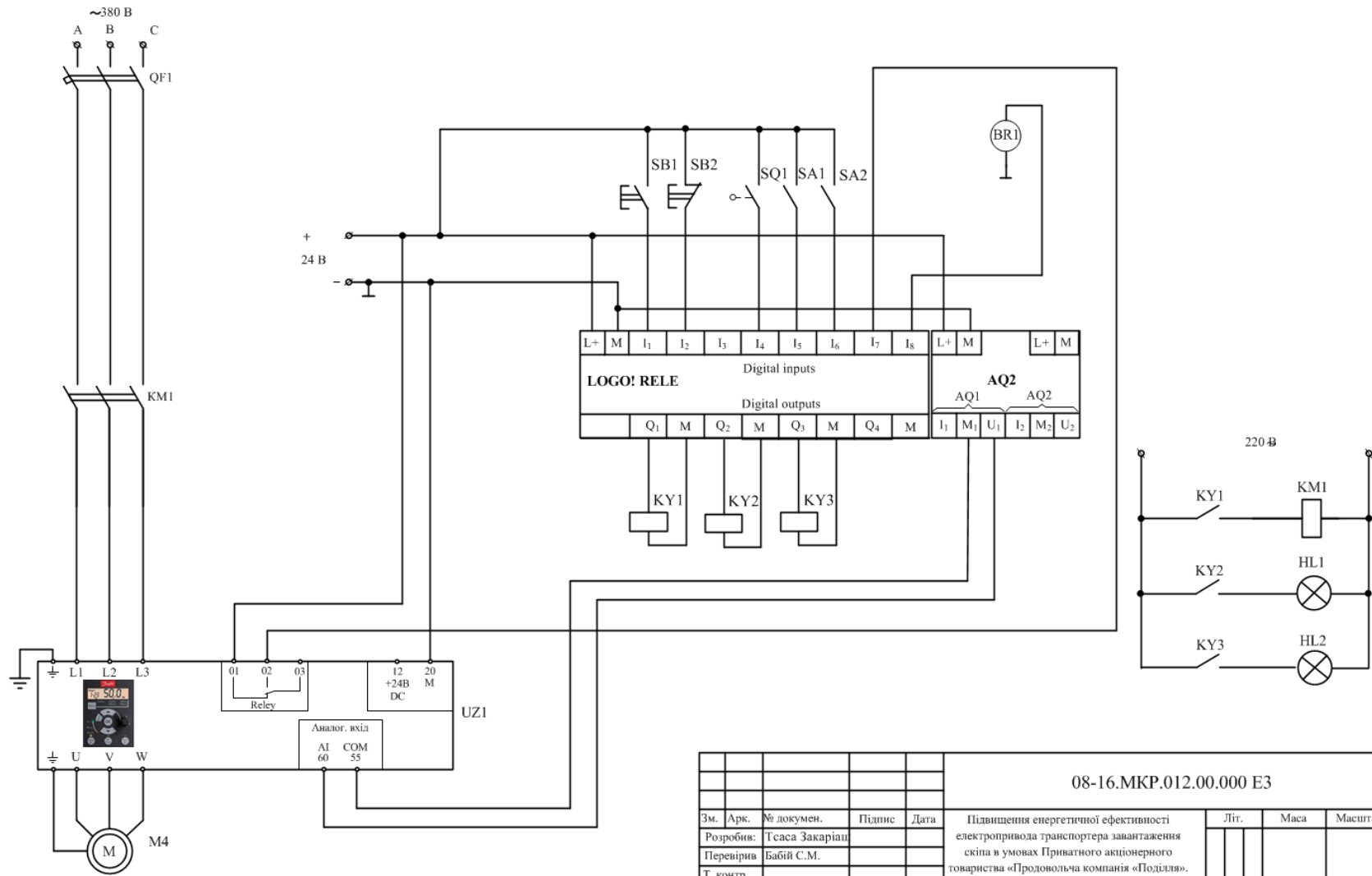
### Технічні характеристики ПЛК

Параметр	Значення
Джерело живлення: – напруга живлення – допустимий діапазон	24 В DC 20.4 ... 28,8 В DC
Цифрові входи: – швидкодіючі – логічні рівні – довжина лінії (неекранованої)	8 DI (I1...I8) I3...I6 «0» < 5 В DC «1» > 12 В DC 100 м
Аналогові входи: – діапазон – max вхідна напруга – довжина лінії (екранована вита) – межа точності	4 AI I1=AI3; I2=AI4 I7=AI1; I8=AI2 0 – 10 В DC 28,8 В DC 10 м ± 1.5 % при FS
Цифрові виходи: – тип – вихідна напруга – вихідний струм – захист – паралельне вкл. вих. (для підв. потужн.)	4 транзисторні = нагр. живлення max 0,3 А к.з. та перевантаж. не допускається
Ступінь захисту	IP20
Температура навколишнього середовища при експлуатації: – min – max	0 °C 55 °C

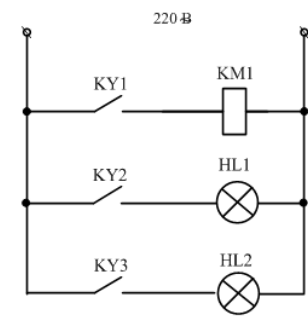
### Технічні характеристики перетворювача частоти

Характеристики	Значення
Номінальна потужність	5,5 кВт
Номінальний струм	12 А
Число фаз / напруга на вході	3-ф/380–480 В ±10%
Частота мережі	50/60 Гц ± 5%
Максимальна короткочасна асиметрія фаз	3% від номінальної напруги
Коефіцієнт активної потужності	> = 0,4 при номінальному навантаженні
Коефіцієнт реактивної потужності	> 0,98
Включень по входу L1 / L2, L3 / N	не більше 2 разів на хвилину
Перевантажувальна здатність	150% протягом 60 с
Керування	векторне і скалярне
Вихідна напруга	0–100% від вхідної номінальної
Вихідна частота	0-200 Гц (VVC+), 0-400 Гц (u/f)
Час розгону/гальмування	0,01...3600 с
Цифрові входи	5, 0-24 В DC
Імпульсні входи	1, 0-24 В
Аналогові входи	2 (1-струмовий, 1-струм/напруга) 0-10 В (масш табований) 0/4-20 мА (масш табований)
Аналогові виходи	1 0/4-20 мА 500 Ом (max навантаження)
Дискретні/частотні виходи	1, 0-24 В
Релейні виходи	1, 240 В, 2А
Комунікація з шинами передачі даних	FC Protocol, Modbus RTU
Корпу	IP20

08-16.МКР.012.00.000 Е3



Пилове і дата	
Ім. № дубл.	
Зам. ім. №	
Пилове і дата	
Ім. № ориг.	



08-16.МКР.012.00.000 Е3					Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Підвищення енергетичної ефективності електродвигуна транспортера завантаження скіпа в умовах Приватного акціонерного товариства «Продовольча компанія «Поділля».	Аркушів 1	Аркушів 1
Розробив:	Т.Сага	Закаріаш					
Перевірила:	Бабій	С.М.					
Т. контр.							
Норм.кон.	Паянок О.А.				гр. ЕПА-18М		
Затверд.	Кутин В.М.						

## До питання діагностування приводних двигунів

Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором зазвичай розраховані на 15...20 років експлуатації без капітального ремонту за умови їх правильної експлуатації.

Фактичне напрацювання на відмову приводного двигуна:

$$T_f = T_n \cdot k$$

де  $T_n$  – паспортне напрацювання на відмову приводного двигуна;

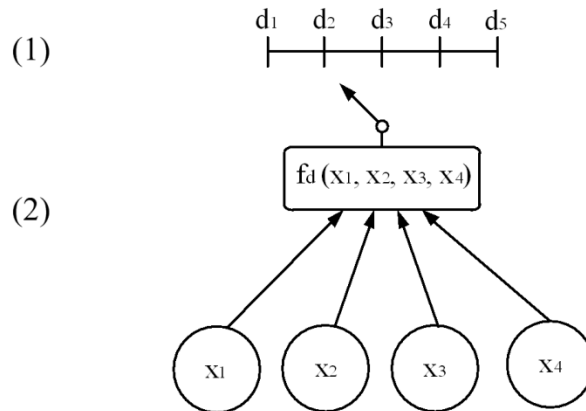
$k$  – експлуатаційний коефіцієнт:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$$

де  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – вагові коефіцієнти, що враховують реальні умови експлуатації.

### Лінгвістична оцінка змінних

Параметри	Назва	Діапазон значень	Терми
$x_1$	температура навколишнього середовища	0...100 С	низька (М), середня (С), висока (В)
$x_2$	вологість повітря	0...100%	низька (М), середня (С), висока (В)
$x_3$	умови пуску та гальмування	1...600	низька (М), середня (С), висока (В)
$x_4$	режим роботи	0...1	легкий (Л), помірний (П), важкий (В)
$d$	інтегральний експлуатаційний коефіцієнт	0...1	низький ( $d_1$ ), допустимий ( $d_2$ ), середній ( $d_3$ ), високий ( $d_4$ ), дуже високий ( $d_5$ )



Дерево логічного висновку

Для опису термів вхідних  $x_1, x_2, x_3$  та вихідних  $d$  змінних рекомендується використовувати лінгвістичну оцінку відповідно до функції належності виду

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2} \quad (3)$$

де  $b$  – координата максимуму функції належності;  
 $c$  – коефіцієнт концентрації-розтягування функції належності.

# ВИСНОВКИ

## **Наукова новизна одержаних результатів.**

Отримав подальшого розвитку метод діагностування приводних асинхронних двигунів, який дозволяє визначати фактичне напруження на відмову приводного двигуна з врахуванням експлуатаційного коефіцієнта, який відображає реальні умови експлуатації привода.

**Практичне значення одержаних у роботі результатів.** Використання одержаних результатів дозволить підвищити надійність роботи приводних двигунів, зменшити час простою технологічного обладнання через аварійні ситуації, обумовлені виходом з ладу приводних двигунів.

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

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на 1 всеукраїнській науково-практична інтернет-конференції.

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