

**Вказівки щодо виконання розділу**  
**«Розрахунок та вибір обладнання автоматизованої електромеханічної**  
**системи»**

**1.1 Розрахунок і вибір обладнання автоматизованої електромеханічної системи**

Основою для побудови розділу «Розрахунок і вибір обладнання автоматизованої електромеханічної системи» дипломної роботи (проекту) є перший, технологічний параграф, у якому повинно бути виконано:

– розрахунок параметрів механічної системи, приведення моментів інерції і моментів до вала двигуна, визначення коефіцієнтів жорсткості та коефіцієнтів передачі механічних передач, визначення ККД елементів механічної системи, визначення втрат енергії в пусковому режимі, енергії гальмування обґрунтування необхідності рекуперації енергії гальмування в мережу;

– попередній розрахунок потужності двигуна, вибір типу двигуна за потужністю і частотою обертання з урахуванням тривалості увімкнення і зміни умов охолодження при зміні швидкості обертання;

– обґрунтування і вибір системи електропривода (ЕП), виходячи з вимог до діапазону і точності регулювання, необхідності керованого пуску і гальмування, попереднє визначення структури силових електричних перетворювачів, виходячи із технологічних вимог і вимог електромагнітної сумісності з мережею і двигуном.

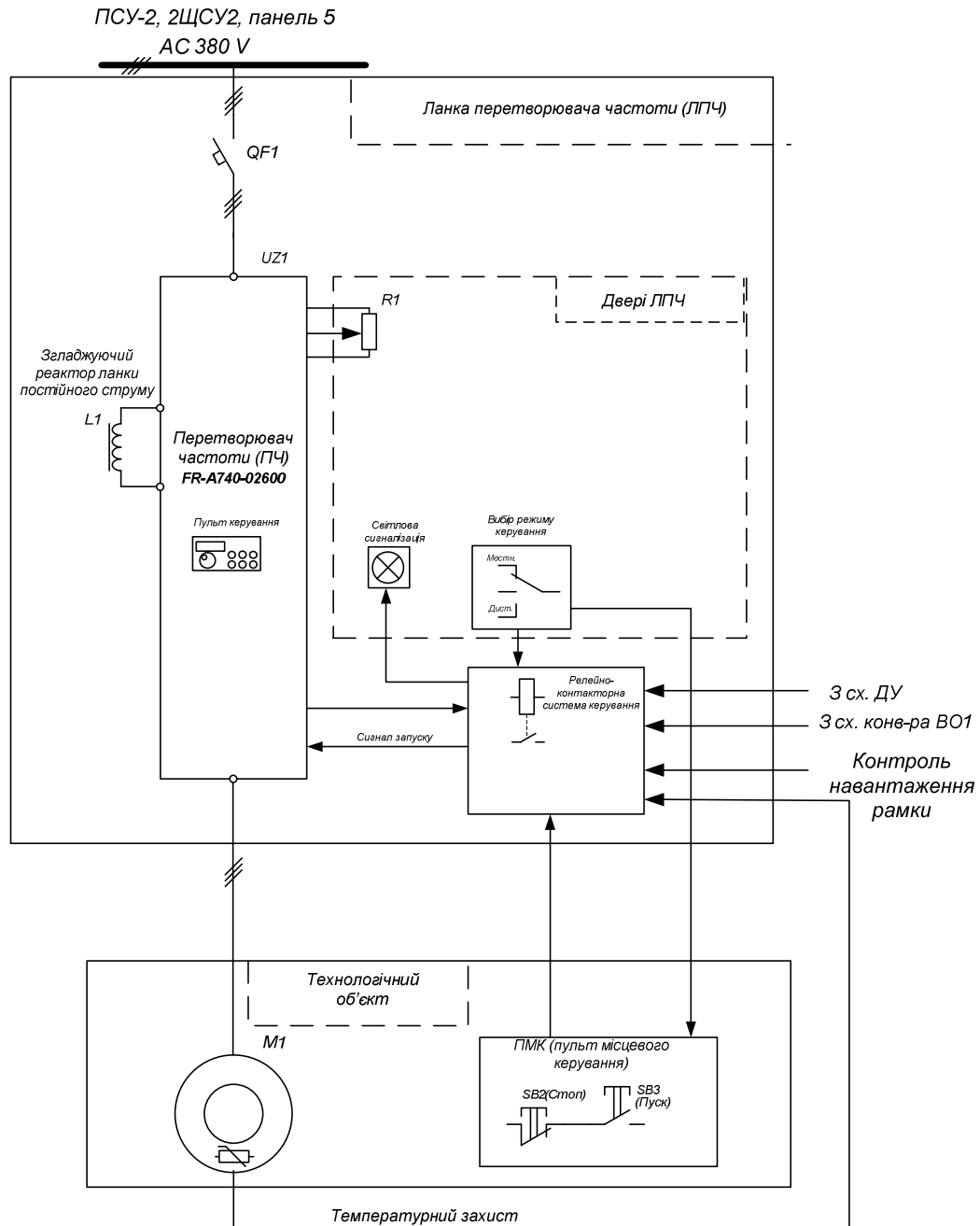
**1.1.1 Послідовність виконання розділу**

На підставі виконаного обґрунтування і вибору системи ЕП необхідно:

– скласти функціональну (або структурну) схему системи ЕП, з якої повинно чітко простежуватись: тип силового перетворювача (тиристорний, транзисторний, електромашинний та ін.); функціональні можливості ЕП (одно - , двох - або чотириквADRANTний ЕП); пристрої утилізації або рекуперації енергії

гальмування (гальмівні ключі та резистори, рекуператори, тощо); розташування у силових колах комутаційної та захисної апаратури (автоматичні вимикачі, запобіжники, магнітні пускачі, контактори, тощо), пристроїв та апаратів, які забезпечують електромагнітну сумісність мережі, перетворювача та двигуна (дроселі, фільтри, трансформатори і таке інше); наявність датчиків зворотних зв'язків, структура системи регулювання координат ЕП, джерела формування сигналів задання та зворотних зв'язків, спосіб формування або тип інтерфейсів сигналів задання та зворотних зв'язків, необхідність за технологічними умовами використання дискретних входів/виходів для реалізації команд, сигналізації та блокувань.

## Приклад 1



– вибрати перетворювач системи ЕП. Перерахувати основні необхідні характеристики та функціональні можливості системи ЕП (потужність, діапазон і точність регулювання, вимоги до динамічних режимів ЕП, вимоги до реалізації гальмівних режимів, наявність стандартних або специфічних систем захисту, особливості умов експлуатації, тощо), описати автоматизовані та неавтоматизовані функції перетворювача;

– виконати обґрунтований вибір типу керування перетворювачем (скалярне із зазначенням закону частотного керування, векторне керування частотою обертання або моментом для ЕП змінного струму; роздільне або узгоджене для тиристорних перетворювачів т. ін.), виконати розрахунок струму перетворювача у робочому режимі та вибрати конкретний перетворювач із зазначенням його типу та технічних характеристик.

## **Приклад 2**

Застосування результатів проектування дозволить:

– забезпечити вимоги безпечної та надійної експлуатації електромеханічного та технологічного обладнання;

– забезпечити раціональні режими роботи електропривода (ЕП) пластинчастого живильника вагоперекидача з урахуванням реальної технологічного навантаження в пускових і сталих режимах роботи;

– забезпечити пуск під навантаженням в умовах підвищених моментів зрушення з урахуванням зміни фізико-хімічних властивостей матеріалу, що транспортується;

– забезпечити можливість регулювання частоти обертання ЕП;

– знизити щорічні витрати і збитки при експлуатації електроприводів за рахунок зниження витрат на обслуговування і ремонт електрообладнання в результаті застосування сучасних програмно-технічних засобів високої надійності.

В умовах функціонування ЧРЕП передбачено виконання автоматизованих і неавтоматизованих функцій, спрямованих на досягнення встановлених цілей.

Неавтоматизовані функції обслуговуючого персоналу:

– увімкнення / відключення ЧРЕП за допомогою комутаційної апаратури для вибору необхідних режимів роботи;

– вибір і завдання необхідної частоти обертання АД;

– контроль основних параметрів і режимів роботи ЧРЕП за допомогою контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв сигналізації.

Автоматизовані функції обслуговуючого персоналу:

- плавний розгін АД до заданої частоти обертання;
- контроль за аварійними і аномальними режимами електромеханічного обладнання з використанням убудованих функцій захисту перетворювача.

Перетворювач частоти (ПЧ) фірми «Mitsubishi» серії FR-A740 є перетворювачем інверторного типу, який має ланка постійного струму.

ПЧ – силовий прилад, який живиться від мережі змінного струму, перетворює частоту і напругу живильної мережі та керує підключеним до перетворювача двигуном змінного струму. ПЧ має широку сферу застосування, завдяки розвиненому функціональному оснащенню:

- убудований ПД-регулятор з прямою і зворотною характеристиками;
- вибір способу зупину: контрольованим гальмуванням або вільним вибігом;
- гнучкість налагодження кіл керування: ступеневе задання швидкості з можливістю установки 24 різних фіксованих швидкостей;
- убудоване джерело живлення (24 V DC / 0.1 A) для кіл керування;
- висока стабільність обертання при стрибкоподібних змінах навантаження на валу двигуна. Частотний пуск асинхронного двигуна забезпечує його плавний без підвищених пускових струмів і механічних ударів розгін, що знижує навантаження на двигун і пов'язані з ним передавальні механізми, збільшує термін їх експлуатації.

Таблиця 1.1 – Номінальні параметри перетворювача частоти FR-A741-02600

№ пор.	Характеристики	Значення параметра	
1	Номінальна потужність двигуна, кВт	SLD (120 %)	132
		LD (150 %)	110
		ND (200 %)	90
		HD (250 %)	75
2	Струм, А (ном./мах 60 с/ мах 3 с)	SLD (120 %)	260/286/312
		LD (150 %)	216/259/324
		ND (200 %)	180/270/360
		HD (250 %)	144/288/360

Продовження табл. 1.1.

3	Вихідна потужність, кВА	SLD (120 %)	198
		LD (150 %)	165
		ND (200 %)	137
		HD (250 %)	110
4	Вхідна потужність, кВА	SLD (120 %)	198
		LD (150 %)	165
		ND (200 %)	137
		HD (250 %)	110
5	Діапазон вихідної частоти, Гц	0,2–400	
6	Напруга живлення, В	325–550	
7	Частота напруги живлення, Гц	50–60	
8	Несуча частота, кГц	0,7–6	
9	Клас захисту	IP00	

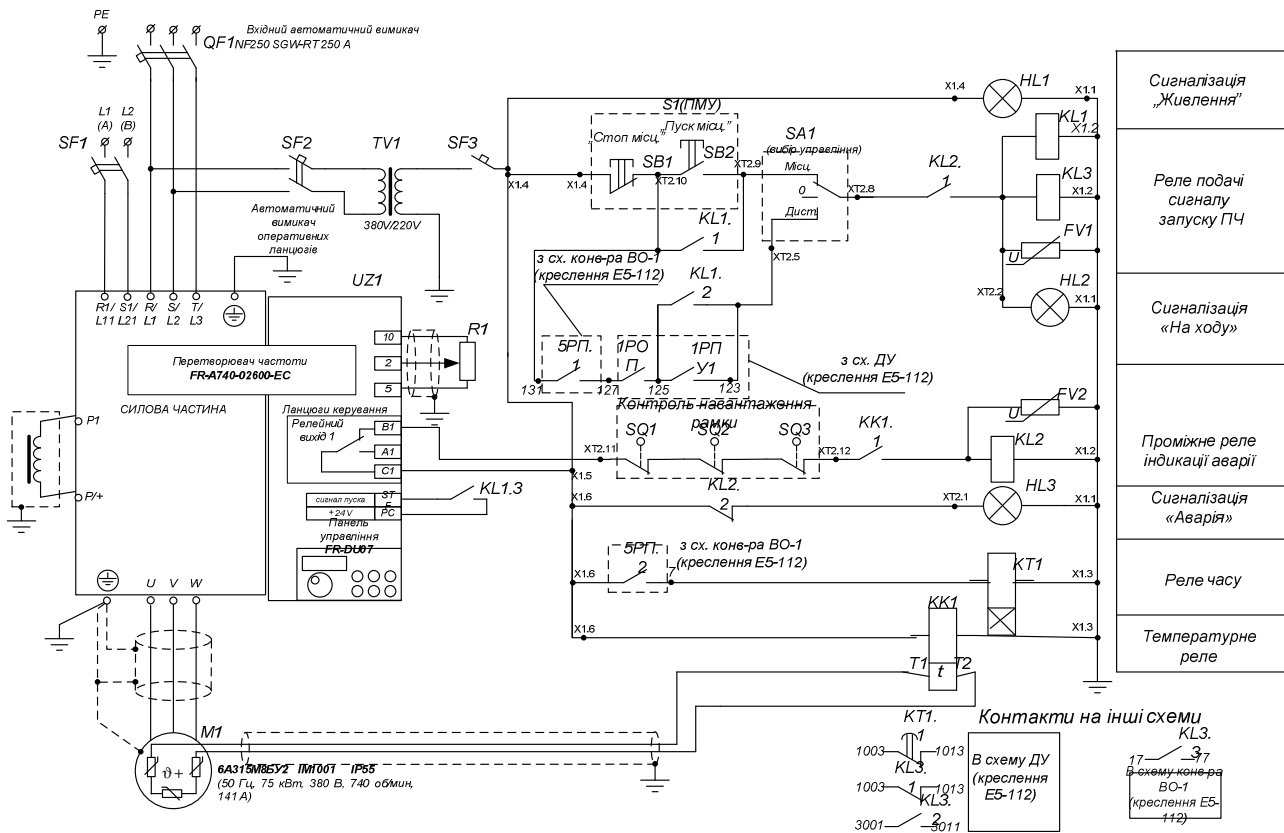
SLD (120 %) – перевантажувальна здатність 120 %; LD (150 %) – перевантажувальна здатність 150 %; ND (200 %) – перевантажувальна здатність 200 %; HD (250 %) – перевантажувальна здатність 250 %.

З метою забезпечення надійної експлуатації ПЧ і забезпечення безаварійних пускових режимів номінальна проектна перевантажувальна здатність перетворювача складає 250% від номінальної потужності двигуна при максимальній температурі навколишнього повітря 50 °С.

Розробка принципової схеми підключення силових і керуючих кіл системи електропривода. Зазвичай розробка принципових схем системи ЕП здійснюється із використанням настанови з монтажу, підключення та експлуатації вибраного перетворювача, методичних рекомендацій фірм-виробників перетворювачів щодо проектування систем ЕП, типових проектних рішень ЕП певних технологічних механізмів. Наприклад, настанова з експлуатації перетворювачів частоти зазвичай містить загальну схему

підключення силових та інформаційних кіл, яка може бути змінена проектувальником під конкретні задачі.

### Приклад 3



Перетворювач частоти має внутрішній перешкодопригнічувальний фільтр і реактивний опір нульової послідовності. Електромагнітна сумісність ПЧ типу FR-A740 з мережею живлення здійснюється вбудованим фільтром для промислових умов.

З метою зменшення наведень на мережу і компенсації коливань напруги застосовується згладжувальний реактор ланки постійного струму (замість мережевого дроселя). При установці реактора, що згладжує ланки постійного струму, перемичку між клемми P1 і P / + слід видалити. Згладжувальний реактор ланки постійного струму входить до стандартної комплектації ПЧ. На заводі-виробнику цей фільтр активований. Якщо перетворювач використовується в мережі з ізольованою нейтраллю, цей фільтр необхідно дезактивувати.

Захист оперативних кіл від перенапруг здійснюється пристроєм придушення перешкод, що кріпиться під контактними смужками клем реле KL1, KL3.

З метою збереження живлення при аварійному відключенні силового кола вступним автоматичним вимикачем живлення системи керування ПЧ забезпечується окремим автоматичним вимикачем SF1.

Перетворювач частоти необхідно заземлити. Заземлення повинно відповідати національним і місцевим приписам і правилам з техніки безпеки (Л5, ЕС розділ 250, / ЕС 536 клас 1 та інші стандарти). Заземлювальний кабель повинен бути якомога коротшим. Точка заземлення повинна бути розташована якомога ближче до перетворювача частоти.

Для покращання перешкодозахищеності кіл керування їх заземлення слід здійснювати окремими провідниками. Перетворювач частоти, а також його елементи (мережевий згладжує реактор ланки постійного струму) повинні бути надійно заземлені окремими провідниками. Переріз заземлювальних провідників має бути не менше 35 мм<sup>2</sup>.

Захисний провід повинен бути прокладений на якомога більшій відстані від чутливої до перешкод проводки входів і виходів. Проводка входів і виходів повинна бути прокладена паралельно, по можливості у вигляді єдиного джгута.

Вибір силового кабелю живлення здійснювався за умовами не перевищення осідання напруги на рівні 2 %.

Обґрунтування, розрахунок та вибір додаткового обладнання (та оформити його у вигляді переліку обладнання та специфікації):

- комутаційної (контактори, магнітні пускачі, тиристорні пускачі та ін.) і захисної (автоматичні вимикачі, реле струму й напруги) апаратури;
- пасивних елементів силових кіл (трансформатори, дроселі, ємності, додаткові опори та ін.);
- елементи системи керування (реле, датчики струму, напруги, швидкості, переміщення; АЦП, ЦАП, ПЛК, мікроконтролери та ін.).



## **1.1.2 Заходи щодо налагодження та пуску перетворювача та системи електропривода**

Заходи зводяться до переліку налаштувань параметрів, характеристик режимів роботи цифрових мікропроцесорних систем керування, або аналогових систем керування. У сучасних перетворювачах постійного та змінного струмів із мікропроцесорним керуванням налагодження здійснюється за допомогою меню користувача. В аналогових системах керування ЕП налаштування здійснюються підстроюванням змінних резисторів на платах керування та перемиканням так званих «джамперів».

### **Приклад 4**

При введенні в експлуатацію перетворювача частоти FR-A740-02600 для забезпечення безаварійної експлуатації обладнання в тяжких умовах роботи з частими пусками під навантаженням необхідно застосувати режим безсенсорного векторного керування (регулювання частоти обертання параметр). Це дозволить забезпечити високі пускові та крутний моменти двигуна в процесі розгону, мінімізувати коливання частоти обертання при значних діапазонах зміни навантаження.

Для вибору і налагодження режиму безсенсорного векторного керування необхідно:

- ретельно виконати всі роботи з електричного підключення;
- вибрати тип двигуна в параметрі 71;
- установити потужність двигуна в параметрі 80 і число полюсів у параметрі 81;
- вибрати тип керування (активувати регулювання частоти обертання, установивши параметр 800 на «10»);
- подати пробні команди запуску і задання частоти обертання за допомогою панелі керування;

– установити внутрішньо обмеження крутного моменту на рівні 250 % при регулюванні частоти обертання (параметр 22) і обмеження крутного моменту на рівні 300 % під час розгону (параметр 816);

– виконати автонастроювання даних двигуна за допомогою параметра 96 з підключеним кабелем між двигуном і перетворювачем (протяжність кабельної лінії 100 м);

– виконати пробний пуск;

– настроїти пропорціональне підсилення в пар. 820 «Пропорційне посилення 1 при регулюванні частоти обертання» з урахуванням великого значення моменту інерції багатополюсного двигуна відповідно до методики, викладеної в настанові з експлуатації ПЧ (табл. 6–15 – методи настроювання).

Для настроювання основних параметрів перетворювача частоти слід скористатися таблицею 2.2.

Таблиця 1.2 – Основні параметри перетворювача частоти FR-A740-02600

№ пор.	Назва параметра	Значення параметра	Од. виміру	Примітки
1	Максимальна вихідна частота	50	Гц	
2	Мінімальна вихідна частота	10	Гц	
3	Базова частота	50	Гц	
4	Час прискорення	5	с	
5	Час гальмування	5	с	
6	Настроювання струму для електронного захисту двигуна	141	А	
7	Опорна частота для часу прискорення та гальмування	50	Гц	
8	Обмеження струму (крутного моменту)	250	%	
9	Вибір електродвигуна	3	-	Двигун з самовентиляцією
10	Функція ШІМ	2		2 кГц
11	Вибір режиму керування	3		комб. реж. 1
12	Номінальна потужність двигуна	75	кВт	
13	Число полюсів двигуна	8	-	

Продовження табл. 1.2

14	Автонастроювання даних двигуна	1	-	Автонастроювання при нерухомому двигуні
15	Присвоєння функції клеммі ABC1	99		Аварійна сигналізація
16	Вибір керування	10	-	Sensorless (регулювання частоти обертання)
17	Завдання обмеження крутного моменту	0	-	Внутрішнє за допомогою параметра
18	Задання обмеження крутного моменту в період розгону	300	%	
09	Пропорціональне підсилення I при регулюванні частоти обертання	-	%	Параметр настроювати вручну