

## ЛЕКЦІЯ 6

# ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ І МОДУЛІ

## ПЛАН

- 6.1 Модульні системи електромехатронних комплексів
- 6.2 Сучасне керування в електромехатронних модулях і  
комплексах
- 6.3 Сучасна інтелектуальна система електропостачання та  
електроживлення  
Контрольні запитання

## 6.1 Модульні системи електромехатронних комплексів

Модульні системи електромехатронних комплексів складаються з механічної частини, приводної (переважно електромеханічної) частини, а також системи керування.

Елементами механічної частини є:

- робочий орган (лебідка крана, робоче колесо насоса, фреза металорізального верстата), що виконує корисну механічну роботу (переміщення вантажу, механічна обробка деталі і т.п.);
- механічна передача, яка передає швидкість руху або його характер (поступальний замість обертового) іншій системі.

Завданням приводної частини (електроприводу) є перетворення електричної енергії в механічну і приведення в рух робочих органів електромеханічних елементів.

Електромеханічна приводна частина складається з електричного двигуна і електронного силового перетворювача, що перетворює електроенергію, яка споживається зі джерела (системи електропостачання) до вигляду, придатного для живлення обмоток двигуна. Саме через цей перетворювач і здійснюється керування швидкістю, зусиллями і положенням вала двигуна і, врешті-решт, робочого органу.

Останнім часом у побудові електромеханічних комплексів нового покоління спостерігається тенденція передачі все більшої кількості функцій від механічних вузлів до інтелектуальних (електронних, комп'ютерних, інформаційних). З інтелектуальних функцій складається система керування мехатронних комплексом.

Інтелектуальні вузли комплексу легко перепрограмуються під нове завдання, що розширює його функціональні можливості. Разом з розвитком техніки вузли елементів комплексу мають різну фізичну природу (механічні, електричні, електромеханічні, електронні, інформаційні). Але це не заважає їм поступово об'єднуватися в єдине конструктивне коло.

Розширене сучасне поняття мехатроніка є галузь науки і техніки, в залежності від області застосування. Це сприяє створенню комплексів і їх експлуатації з комп'ютерним керуванням руху та використанням ІТ-технологій (рис. 6.1).

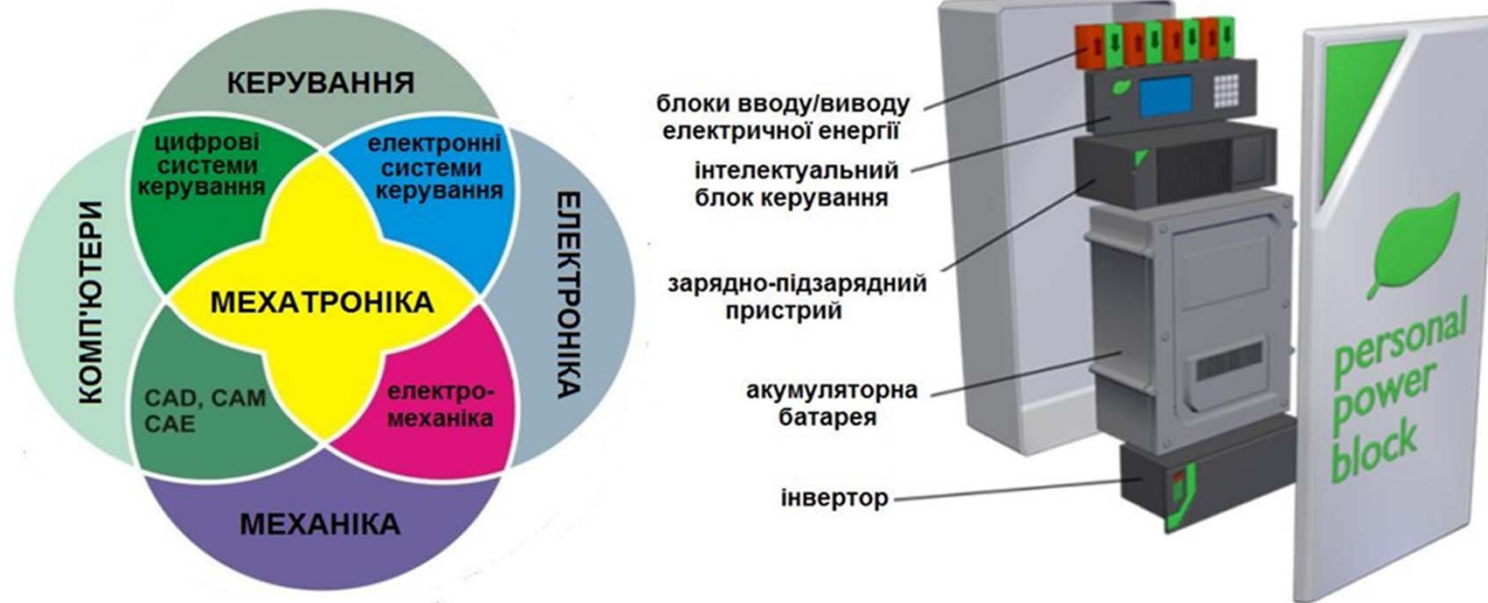


Рисунок 6.1 – Суміжні галузі знань мехатроніки та застосування

- У зовнішньому колі показані основні сфери застосування мехатроніки. У основі ключового елемента мехатронних систем є модуль руху, наприклад, який об'єднує в одному комплексі приводний електричний двигун і індустриальний редуктор (рис. 6.2). Це підвищило надійність роботи електричних машин та спростило їх розробку.



Рисунок 6.2 – Мотор-редуктори

Мініатюризація засобів силової і керуючої електроніки дала можливість конструктивно об'єднати з електромеханічними вузлами ще й електронні. З'явилися інтелектуальні мехатронні модулі (ІММ) у вигляді двигунів і мотор-редукторів з силовими перетворювачами (перетворювачами частоти) на борту (рис. 6.3).

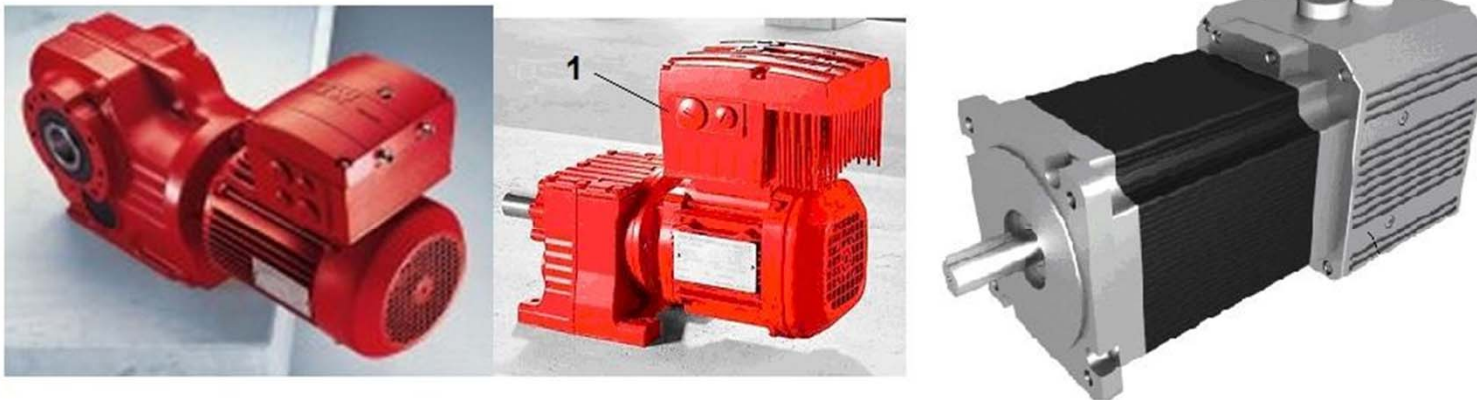


Рисунок 6.3 – Двигуни і мотор-редуктори з вбудованими перетворювачами частоти

Подібні пристрої завдяки наявності в їх складі обчислювальних пристроїв здатні автономно виконувати переміщення робочих органів машин без постійного контролю з боку системи автоматизації верхнього рівня.

Значного спрощення механічної частини можна досягти шляхом використання лінійних двигунів замість звичайних двигунів обертального руху (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Лінійний двигун і основні елементи

Лінійний двигун не має обертливих частин. Його рухома частина має обмотку, яка створює магнітне поле. Це магнітне поле відштовхується від нерухомої частини з постійними магнітами, яка грає роль напрямних, і забезпечує поступальне переміщення рухомої частини двигуна.

Для реалізації точних рухів мехатронні модулі також комплектуються датчиком положення (енкодером, рис. 6.5, а). Електропривод, обладнаний таким датчиком, називають сервоприводом. До складу систем керування рухом, які об'єднують кілька сервоприводів входять контролери керування рухом (сервоконтролери, рис. 6.5, б).



Рисунок 6.5 – Зовнішній вигляд еncoderів (а) і сервоконтролерів (б)



До основних функцій сервоконтролерів відносяться координація рухів окремих сервоприводів (мехатронних модулів) і формування для них завдань на переміщення з метою реалізації складних просторових траєкторій руху.

Основні переваги використання інтелектуальних мехатронних модулів у електромеханічних комплексах є:

- здатність виконувати складні рухи самотійно, без звернення до контролера верхнього рівня керування, що підвищує автономність модулів, гнучкість і живучість мехатронних систем;

- спрощення комунікації між модулями і центральним пристроєм керування;

- підвищення надійності і безпеки мехатронних систем завдяки комп'ютерній діагностиці пошкоджень автоматичного захисту при аварійних ситуаціях;

- створення на основі ІММ розподілених систем автоматизації, для яких характерне делегування функцій управління «зверху»/«вниз», а також широке використання мережевих технологій обміну інформацією;

- використання інтелектуальних сенсорів в ІММ призводить до підвищення точності вимірювань завдяки первинній обробці інформації, фільтрації шумів і тощо.

## **6.1 Сучасне керування в електромехатронних модулях і комплексах**

Сучасне керування системами та комплексами базується на роботі мікропроцесорів та мікроконтролерів, які широко застосовуються в енергетиці, транспорті, промисловому виробництві та інших галузях.

Будь-який комп'ютер – це машина для обробки інформації, незалежно від того яке конкретно завдання він виконує. Центральним елементом комп'ютера є мікропроцесор.

Мікропроцесор – це мікроелектронний програмований пристрій, призначений для обробки інформації та керування процесами обміну цією інформацією в складі мікропроцесорної системи (комп'ютера).

Мікропроцесори виробляються за допомогою технологій сучасної мікроелектроніки на основі напівпровідникового кристалу. Інформація у мікропроцесорні системи передається завдяки електричним імпульсам.

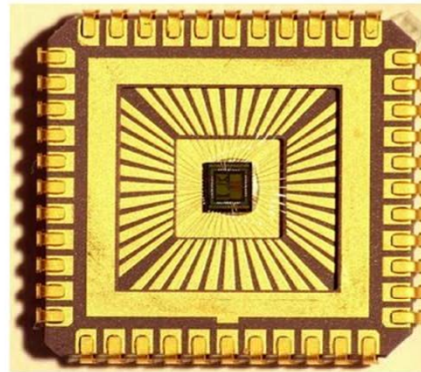
Конструктивно мікропроцесор виконується у вигляді мікросхем які мають пластиковий або керамічний корпус. В середині корпусу розміщується мініатюрна напівпровідникова підкладка (рис. 6.6).

На цій підкладці лазером «накреслені» всі електронні схеми мікропроцесора. Входи і виходи схеми на підкладці з'єднані з металевими висновками, розташованими з боків або знизу корпусу мікросхеми.

Мікропроцесорні системи в загальному випадку універсальні. Вони здатні виконувати широке коло завдань по обробці інформації. А на виконання конкретного завдання мікропроцесор «налаштовують» за допомогою програми (послідовного переліку машинних команд).



а



б

Рисунок 6.6 – Інтегральна мікросхема (а) і її внутрішня будова (б)

Обов'язковими компонентами мікропроцесора є регістри, арифметико-логічний пристрій (АЛП) і блок керування.

Мікропроцесор не може працювати сам по собі. Він є центральною ланкою мікропроцесорної системи, в яку також входять пристрої постійної і оперативної пам'яті, пристрої введення і виведення інформації, накопичувачі на жорстких магнітних дисках (так звані «вінчестери»), і тощо.

Мікроконтролер – це спеціалізований мікроелектронний програмований пристрій. Він призначений для керування системами передачі даних і технологічними процесами.

Мікроконтролери застосовують у різноманітних комплексах та системах, а також в системах транспорту, електропостачання і електроживлення (рис. 6.7).



Побутова техніка



Медична техніка



Засоби зв'язку та електронної техніки



Роботи та обладнання



Транспортні засоби



Системи електропостачання та електроживлення

Рисунок 6.7 – Сфери застосування мікроконтролерів

Мікроконтролер, на відміну від мікропроцесора, зазвичай має невелику розрядність (8-16 біт) і багатий набір команд маніпулювання окремими бітами. Ще одне з основних відмінностей мікроконтролера від мікропроцесора полягає в тому, що в складі мікросхеми контролера присутні всі необхідні елементи для побудови системи керування. Всередині мікроконтролера є пам'ять даних (оперативна пам'ять), пам'ять програм (постійна пам'ять), генератор тактових імпульсів, таймери, лічильники, паралельні і послідовні порти. Тому система мінімальної конфігурації на основі мікроконтролера може складатися з блоку живлення, безпосередньої мікросхеми контролера і декількох пасивних елементів (резисторів, конденсаторів і кварцового резонатора).

Типова архітектура мікроконтролера (рис. 6.8) містить систему синхронізації і керування (1), арифметико-логічний пристрій (2), регістри загального призначення (3), пам'ять даних (4) і пам'ять програм (5), порти (6), функціональні пристрої (таймери, лічильники, широтно-імпульсні модулятори, інтерфейси) і регістри для їх налаштування (7).

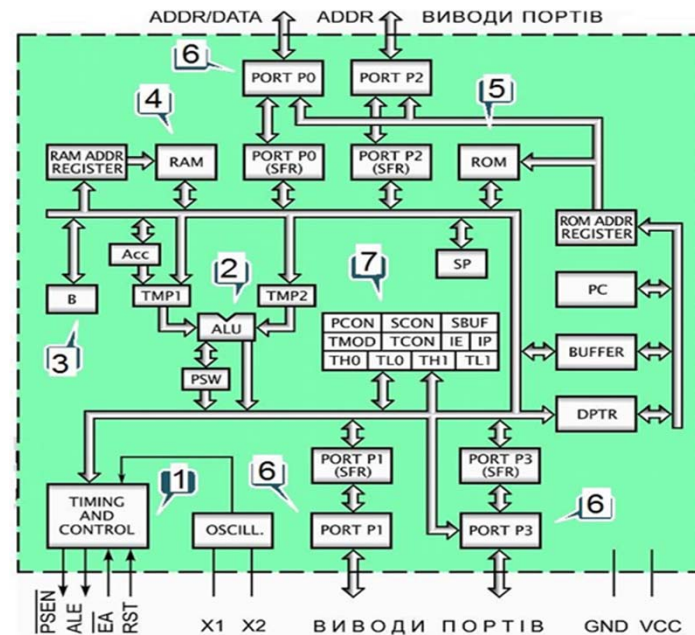
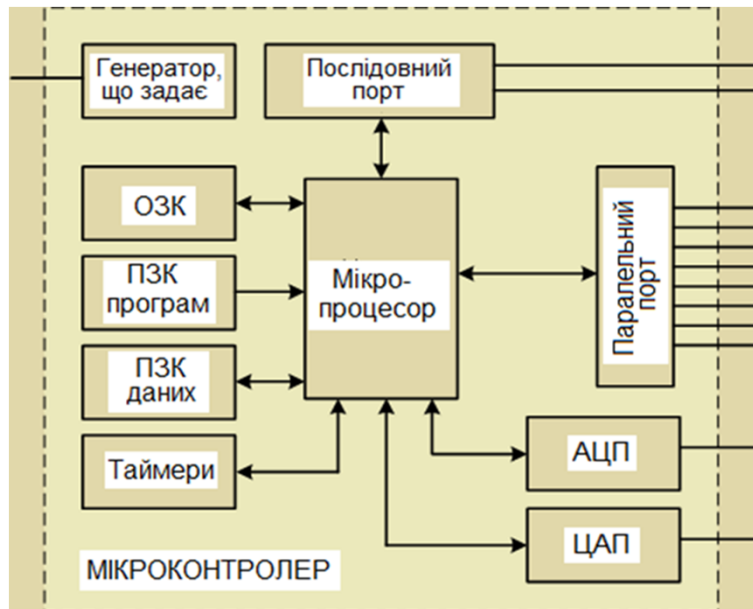


Рисунок 6.8 – Архітектура сучасного типового мікроконтролера

*Сигнальні процесори* представляють велику групу приладів цифрової обробки звукового сигналу (DSP); розташовані на різних етапах обробки.

Основними перевагами використання мікроконтролерів і сигнальних процесорів у цифрових системах керування електротехнічними комплексами є виключення дрейфу і необхідності регулярного настроювання.

Це пов'язано з тим, що більшість функцій виконується в цифровій формі і мають простоту оновлення системи за рахунок зміни тільки лише програмного забезпечення. Вони використовуються в системах електропостачання, вимірювальних приладах, засобах зв'язку, передачі і відтворення аудіо- і відеопотоків, системах локації та інших.



## **6.1 Сучасна інтелектуальна система електропостачання та електроживлення**

Робота сучасних систем електропостачання та електроживлення, а також комплексів і елементів транспортної галузі побудована на використанні інноваційного обладнання.

Розглянемо структуру (рис. 6.10) та основне обладнання сучасної інтелектуальної системи електроживлення підстанції.

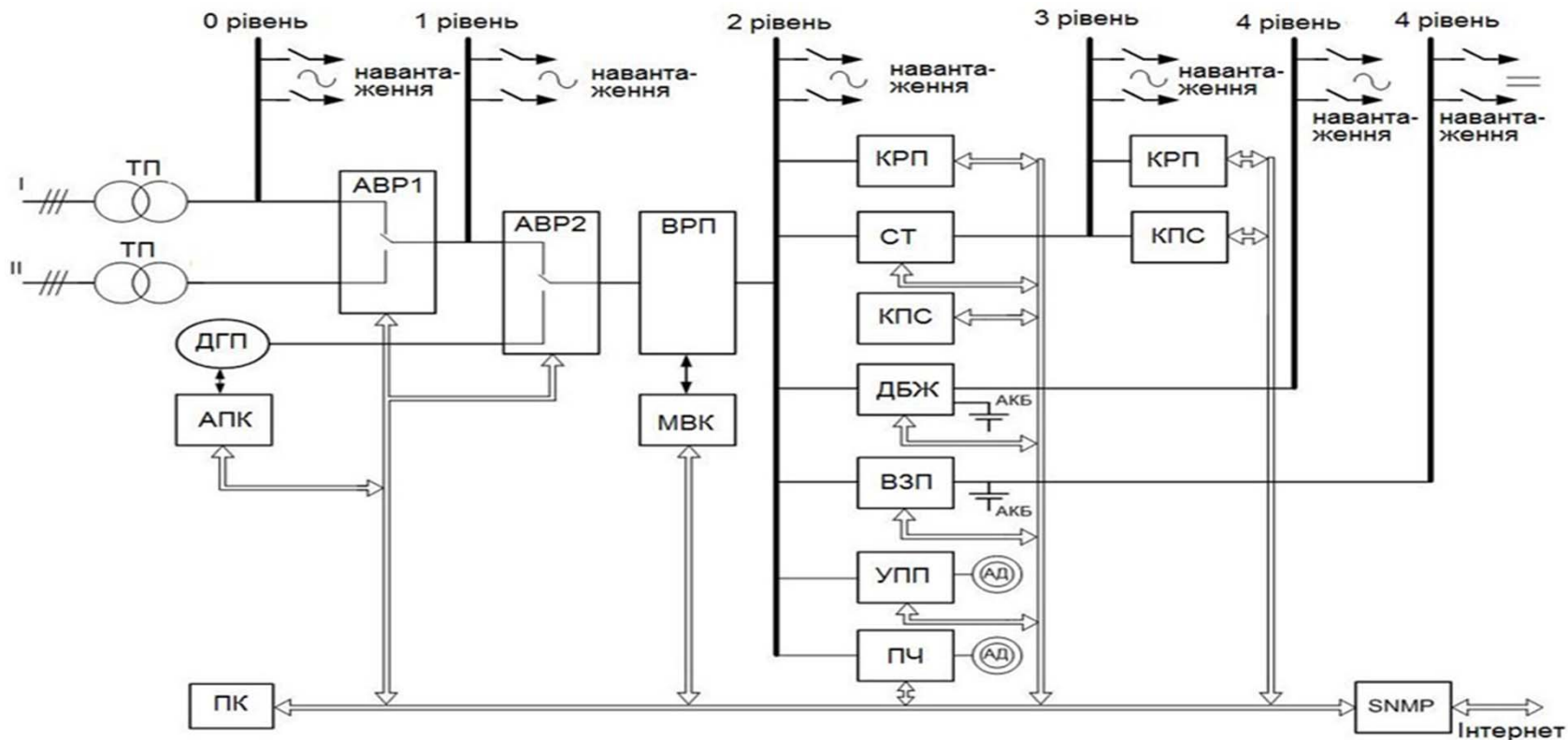


Рисунок 6.10 – Структура інтелектуальної системи електропостачання (ІСЕЛ): ТП – тягова (або трансформаторна) підстанція, ДГП - дизель-генераторний пристрій, АПК – автоматична панель керування, АВР – пристрій автоматичного вводу резерву, ВРП – ввідно-розподільний пристрій, МВК – багатофункціональний вимірювальний контролер, СТ – стабілізатор напруги, ДБЖ – джерело безперебійного живлення, АКБ – акумуляторні батареї, ВЗП – випрямний зарядний пристрій, КРП – компенсатор реактивної потужності, КПС – компенсатор потужності спотворень, УПП – устройство плавного пуску, ПЧ – перетворювач частоти, ПК – персональний комп’ютер

*Вводно-розподільний пристрій* (ВРП) містить засоби захисту, комутації та розподілу електроенергії мережі. Для забезпечення електромагнітної сумісності з мережею необхідно подолати такі перешкоди, як короточасні викиди, перехідні перенапруги, високочастотний шум, гармонійні спотворення. Вони можуть бути усунені шляхом застосування спеціальних фільтруючих і захисних пристроїв:

- мережевих автоматичних вимикачів;
- мережевих фільтрів високо частотних шумів;
- фільтрів вищих гармонік (250, 350, 550 Гц);
- варисторних блоків пристроїв захисту від перенапруг;
- пристрої диференціального захисту від струмів витоку;
- швидкодіючих запобіжників;
- лічильників обліку електроенергії.

Зазначені блоки можуть бути додатково встановлені в ввідно-розподільному пристрої (ВРП), формуючи шину трифазної напруги другого рівня гарантії. До складу ВРП входять також багатофункціональний вимірювальний контролер (МВК), аналізатор стану ізоляції кабелю (АІД), аналізатор якості заземлення (АЯЗ).

*Ступінчасті компенсатори реактивної потужності (КРП)* перемикають секції конденсаторних батарей, забезпечуючи оптимальну компенсацію реактивної потужності. Залежно від використовуваних комутаторів КРП діляться на: контакторні і тиристорні [4]. Діапазон потужностей від 10 до 1 600 кВАр.

*Пристрої компенсації потужності спотворення (КПС).*

Гармоніки струму, що створюються нелінійними навантаженнями, можуть являти собою серйозні проблеми для систем електроживлення.

Гармонійні складові струму з частотами, кратними основній частоті джерела живлення, викликають появу потужності спотворення. Вищі гармоніки струму, що накладаються на основну гармоніку, призводять до спотворення форми струму. У свою чергу спотворення струму впливає на форму напруги у системі електроживлення, викликаючи неприпустимі дії на навантаження системи. Збільшення загального діючого значення струму при наявності вищих гармонійних в системі призводить до перегріву всього обладнання розподіленої мережі електроживлення, зниженню коефіцієнта потужності, зниженню електричного і механічного ККД навантажень, погіршенню характеристик захисних автоматів і завищенню необхідної потужності автономних електроенергетичних установок [5].

*Стабілізатори напруги змінного струму* призначені для підтримки стабільної напруги живлення навантажень побутового і промислового призначення при відхиленнях напруги в широкому діапазоні.

Стабілізатор напруги компенсує коливання (зниження або підвищення) напруги, формуючи шину стабільної напруги для споживачів.

Розрізняють такі типи стабілізаторів:

СТС – стабілізатор з підмагнічуванням;

СДТ – стабілізатор дискретний тиристорний;

СПП – стабілізатор подвійного перетворення;

СТЕМ – стабілізатор електромеханічний.

*Джерела безперебійного живлення (ДБЖ)* призначені для захисту електрообладнання користувача від неполадок в мережі, включаючи спотворення або зникнення напруги мережі, а також зниження високовольтних імпульсів і високочастотних перешкод, що надходять з неї. У структурі ІСЕЛ використовуються ДБЖ з подвійним перетворенням енергії.

*Випрямно-зарядні пристрої (ВЗП)* входять до складу джерел безперебійного живлення постійного струму і щитів оперативного струму (ШОС), які формують шину гарантованого живлення постійного струму четвертого рівня.

Електричні параметри ВЗП: напруга шини – 24, 48, 60, 120, 220 В; струм навантаження 10–100 А.

Пристрої плавного пуску (УПП) використовуються для зменшення ряду навантажень з високими пусковими струмами, такі як асинхронні двигуни. Підвищений струм у моменти пуску двигуна викликає перегрів обмоток двигуна, перевантажує кабелі живлення, може призвести до спрацьовування захисту, скорочує термін служби обладнання. Крім цього при прямому пуску потужних двигунів має місце просідання напруги на мережевий шині, що може негативно позначатися на роботі іншого електричного обладнання.

*Перетворювачі частоти (ПЧ)* рекомендуються до використання при керуванні асинхронними електроприводами.

- *Пристрій автоматичного введення резерву (АВР) призначене для підключення одного з двох мережових фідерів до шини першого рівня (АВР1) та для підключення автономної дизель-генераторного пристрою (ДГП) до ввідно-розподільного пристрою (ВРП) при тривалій відсутності мережової напруги (АВР2).*

*Програмно-апаратні засоби керування та моніторингу параметрів системи (ІСЕЛ) використовують відкриті протоколи обміну даними між різними елементами через мережові контролери, дозволяючи створити розподільну інфраструктуру, яка має високий ступінь відкритості для нарощування і модернізації.*

*Щоденні операції по вимірюванню, отримання даних і планування енергоспоживання виконуються за допомогою високоякісних і ергономічних машинних інтерфейсів і систем спостереження і контролю.*

- *Багатофункціональний вимірювальний контролер (МВК) і серія регуляторів коефіцієнта потужності (КРП) підтримують протокол при використанні портів. Використання цих функцій дозволяє отримати свідчення приладів і керувати ними за допомогою програмного забезпечення віддаленого контролю.*

## Контрольні запитання

1. Що є елементами модульної системи електромехатронних комплексів?
2. З яких елементів складається електромеханічна приводна частина мехатронного комплексу?
3. Проаналізувати роботу інтелектуальних складових мехатронних комплексів.
4. Яким чином можливо досягти спрощення механічної частини мехатронних комплексів. Навести приклади.
5. Перелічити переваги використання інтелектуальних мехатронних модулів у електромеханічних комплексах.
6. На чому базується керування системами та комплексами мехатронних модулів і комплексів?
7. Що являють собою мікропроцесорні системи в мехатронних модулях і комплексах?
8. Особливості роботи мікроконтролера в мехатронних модулях і комплексах?
9. З чого складається типова архітектура мікроконтролера?
10. На чому заснована робота інтелектуальна система електропостачання та електроживлення комплексів?
11. Перелічити основні елементи структури інтелектуальної системи електропостачання.
12. Яким способом можливо уникнути пошкодження при аварійному режимі роботи систем електропостачання. Проаналізувати приклади.