

## **Тема 1. Загальні особливості електромеханічних систем автоматичного керування та електроприводів**

1. Електромеханічні системи автоматизації
2. Електропривод як складова електромеханічної системи автоматичного керування
3. Види електромеханічних систем автоматичного керування та електроприводів
4. Методичні питання вивчення та особливості термінології електромеханічних систем автоматичного керування й електропривода

*До основних чинників, які зумовлюють особливості електромеханічних систем автоматичного керування (ЕМСАК) та відповідних навчально-методичних питань, належать:*

- *необхідність застосування системного підходу, який полягає в тому, що головним предметом вивчення має бути електромеханічна система автоматичного керування зі своїми складовими — технологічним об'єктом (ТО) та електроприводом (ЕП);*
- *потреба в означенні електромеханічних систем автоматичного керування як окремого, достатньо специфічного й поширеного класу систем автоматичного керування;*
- *відсутність у спеціальній навчальній літературі розгляду типових технологічних об'єктів як основної складової електромеханічних систем автоматичного керування й визначення впливу їх особливостей на динамічні характеристики систем автоматичного керування,*
- *наявність низки неузгодженостей у термінології теорії автоматичного керування,*
- *необхідність розробки навчально-методичних рекомендацій для приведення у відповідність наявної термінології, принципів класифікації та інших актуальних питань розвитку спеціальності.*

## 1.1. Електромеханічні системи автоматизації

З розвитком автоматизованих технологічних установок як об'єктів автоматизації виникли різноманітні напрями вирішення вищезазначених питань залежно від функціонального призначення й конструктивних особливостей установки, умов її роботи тощо.

У найзагальнішому випадку технологічний об'єкт автоматизації разом із відповідними електромеханічними пристроями, необхідними для розв'язання поставленої задачі, становлять електромеханічну систему автоматизації (ЕМСА).

Загальні функції ЕМСА полягають у перетворенні електричної енергії на механічну й автоматичному виконанні поставленої задачі.

Під час деталізації питання щодо розробки ЕМСА слід визначити:

- об'єкт (процес), який підлягає автоматизації;
- вимоги та особливості технологічного об'єкта автоматизації;
- засоби автоматизації.

Залежно від функціонального призначення розрізняють такі основні ЕМСА:

- *контролю та сигналізації;*
- *захисту;*
- лічильно-розв'язувальні (переважно на основі електронних обчислювальних машин);
- блокування (не допускають виконання хибних команд, особливо поширені на транспорті);
- *керування.*

В електромеханічних системах автоматизації реалізація функціональних призначень ґрунтується на законах електромеханіки та автоматики.

Зазначимо, що в ході розробки технологічних установок із керованими електроприводами виникла потреба в системному підході на основі застосування методів теорії електропривода (ТЕП) і теорії автоматичного керування (ТАК).

Згідно з положеннями ТАК під керуванням розуміють дію, спрямовану на досягнення поставленої мети, що ґрунтується на використанні відповідної інформації.

Мета керування визначається вимогами та особливостями технологічного об'єкта, а її досягнення забезпечується відповідними системами автоматичного керування (САК).

Кожна САК містить об'єкт керування та інші складові (елементи), які забезпечують досягнення поставленої мети.

У теорії автоматичного керування визначаються два головних принципи автоматичного керування:

керування «за відхиленням» (дійсного значення керованої величини від заданого), що реалізується в замкнених системах за допомогою головного від'ємного зворотного зв'язку,

та керування «за збуренням», яке здійснюється залежно від зміни зовнішнього збурення в розімкнених САК.

Є також комбіноване керування, за якого в одній системі використовуються обидва вищеназвані принципи керування.

Функціональні схеми замкненої і розімкненої САК наведено на рис.1.1 а і б, відповідно. Керованою величиною в системі є вихідна величина  $X_{вих}$  об'єкта керування  $O$ , яка може змінюватися під дією зовнішнього збурення  $F(t)$ .

У замкненій системі  $X_{вих}$  подається за допомогою головного від'ємного зворотного зв'язку (ГЗЗ) на вхід вимірювального елемента ВЕ. Вихідна величина цього елемента надходить на вхід керуючого елемента КЕ, в якому вона зіставляється із заданою величиною  $X_з$ .

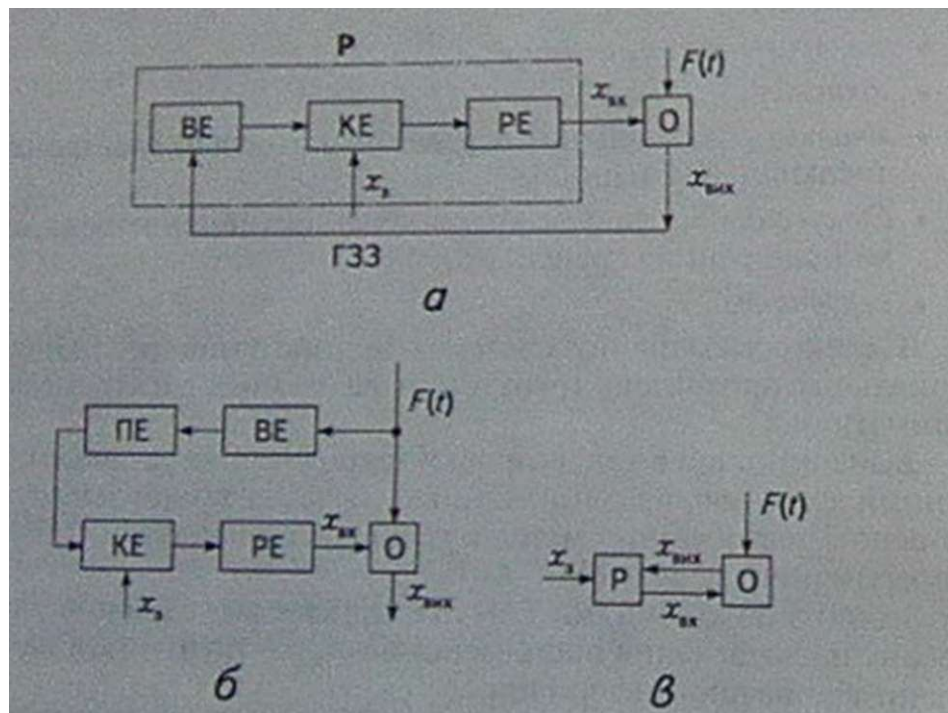


Рис. 1.1

Значення відхилення дійсної величини (або пропорційного йому значення) від заданого, за потреби (в системах непрямої дії) підсилюється і надходить на вхід регулювального елемента РЕ, який діє на об'єкт керування в напрямку, протилежному дії  $F(t)$ , зменшуючи відхилення (в ідеальному випадку – до нуля).

Зворотний зв'язок за вихідною величиною об'єкта на рис.1.1.б відсутній. ПЕ – підсилювальний елемент.

Усі елементи замкненої системи автоматичного керування, крім об'єкта, становлять регулятор системи Р

Замкнену САК називають також системою автоматичного регулювання (САР). У теорії автоматичного керування спрощену САР зображують у вигляді двох елементів — об'єкта керування О та регулятора Р (рис. 1.1, в).

## 1.2. Електропривод як складова електромеханічної системи автоматичного керування

Початок становлення електромеханічного науково-технічного напрямку пов'язують із 1880 р., коли в журналі «Злектрнчество» було надруковано статтю інженера Д. А. Лачинова «Злектромехани- чсская работа». Найбільш повним систематизованим виданням у галузі безпосередньо електропривода на теренах

колишнього СРСР вважають працю професора С. А. Ринкевича «Теория электропривода (Злектрическое распределение механической энергии)\* (1938).

Що ж до теорії електропривода як окремої дисципліни, то її викладання розпочалося з 30-х років ХХ ст.

Нині під електроприводом розуміють електромеханічну систему як сукупність (комплекс) пристроїв, що виконують дві основні функції: перетворення електричної енергії на механічну та передавання її для забезпечення руху робочих машин, механізмів або їхніх виконавчих органів (у цілому — технологічних об'єктів).

Електропривод має у своєму складі такі головні пристрої:

- електротехнічний перетворювач виду та параметрів електричної енергії (випрямлячі, перетворювачі напруги, частоти та ін.);
- *електромеханічний перетворювач* (електродвигуни різних видів);
- передавальний пристрій (редуктори, муфти та ін.).

Слід зауважити, що загальні функції ЕП полягають у забезпеченні виконання вимог технологічних об'єктів, які до складу електропривода не входять.

Вимоги технологічних об'єктів до ЕП можуть бути різними й зумовлюються функціональними особливостями об'єктів, зовнішніми впливами тощо.

У разі **керованого ЕП** в його функції входить також забезпечення потрібного характеру руху технологічних об'єктів.

До складу керованого ЕП входять керуючі пристрої (наприклад, найпростіші – керуючі резистори, складніші – мікропроцесорні пристрої).

**Некерований електропривод** зберіг своє значення и донині, коли значна кількість ЕП, що використовуються у світі, у тому числі в технічно розвинених країнах, залишаються некерованими.

Під поняттям «некерований електропривод» розуміють некерованість ЕП під час виконання ним основного робочого режиму. При цьому режим пуску можна здійснити як прямим вмиканням в електричну мережу, так і за допомогою різних схем автоматизованого пуску.

Водночас слід зазначити, що через ускладнення виконуваних ЕП функцій, а також зростання вимог до енергозбереження сфера використання керованого ЕП швидко розширюється.

Керований електропривод дедалі частіше втручається в традиційну сферу використання потужних ЕП на установках із відносно невеликими коливаннями робочих параметрів, якими нехтували раніше. Розрахунки показують, що заміна некерованого ЕП електроприводом із невеликим діапазоном керування може дати суттєве енергозбереження, враховуючи зростання вартості електричної енергії.

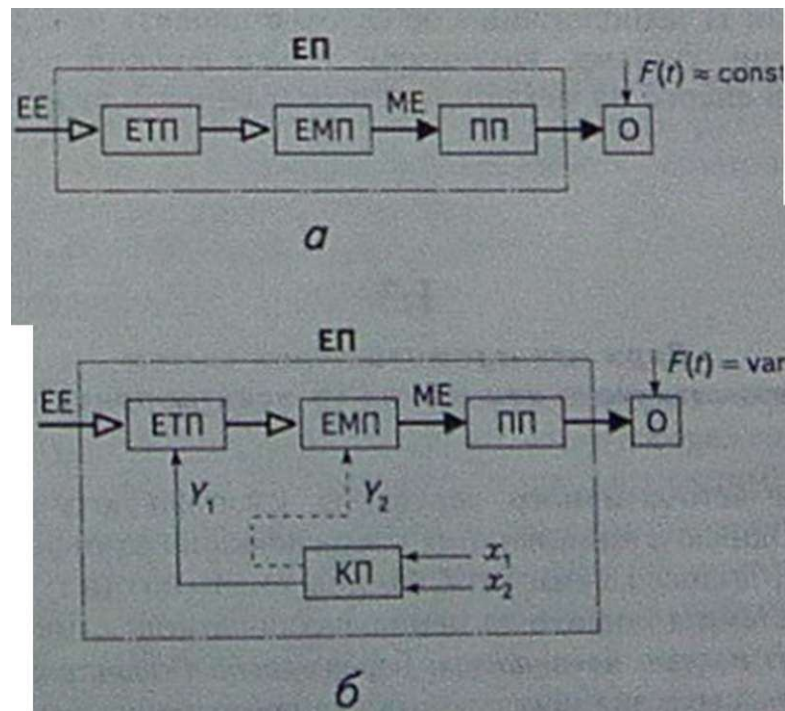
Функціональні схеми некерованого й керованого електроприводів для приведення в дію деякого технологічного об'єкта наведено на рис. 1.2. а. б відповідно, де ЕЕ, МЕ — потоки відповідно електричної та механічної енергії; ЕП - електропривод; ЕТП, ЕМП — відповідно електротехнічний та електромеханічний перетворювачі; ПП - передавальний пристрій; О - об'єкт (робоча машина);  $F(t)$  — зовнішнє збурення (зусилля, навантаження); КП - керуючий пристрій;  $X1, X2$  - вхідна інформація;  $У1, У2$  - команди керування.

Сучасний керований ЕП, як правило, автоматизований, коли зміна режимів його роботи відбувається без участі людини.

Зауважимо, що теорію автоматичного керування для енергетичних (електромеханічних) спеціальностей вищих навчальних закладів було введено пізніше, ніж теорію електропривода (в 50-ті роки ХХ ст), коли термінологія в галузі ТЕП н основному вже сформувалася. Цим насамперед і пояснюються деякі відмінності в окремих поняттях, які трапляються в галузі ТЕП і відповідній технічній літературі і ТАК. Зупинимося на деяких таких характерних відмінностях.

З означення електропривода, вигляду функціональних схем некерованого та керованого його виконання видно підпорядковану роль ЕП в електромеханічній системі автоматичного керування, яка полягає в приведенні в рух деякого технологічного об'єкта керування, що не входить до складу ЕП. Тому неправильним є ототожнення електропривода, точніше його електромеханічного пристрою, з об'єктом керування. Такий підхід зумовив поширення таких термінів. як «системи автоматичного керування електроприводом», «електропривод як об'єкт системи автоматичного керування» тощо.

Якщо систему автоматичного керування розглядати як систему керування електроприводом, де електропривод фактично перебирає на себе роль об'єкта керування, то це не відповідає його означенню як електромеханічної системи, що забезпечує перетворення електричної енергії на механічну й приводить у рух технологічний об'єкт - робочу машину або її виконавчі органи.



**Рис. 1.2**

У деяких випадках до складу ЕП вводять електромеханічну частину електропривода, що об'єднує ротор електродвигуна, передавальний пристрій та рухомі частини технологічного об'єкта керування. Таке об'єднання частин електропривода та технологічного об'єкта як частин системи ЕП не відповідає загальноприйнятому означенню електропривода й не узгоджується з відомими поняттями теорії автоматичного керування, положення якої обов'язкові для всіх науково-технічних напрямів, у тому числі для електромеханіки.

Розглядаючи керований електропривод як складову електромеханічної системи автоматичного керування, слід наголосити, що до її складу в цьому разі входять лише ті елементи електропривода, які беруть безпосередню участь у процесі керування. Наприклад, якщо електротехнічний перетворювач ЕТП (див. рис. 1.2) забезпечує перетворення електричної енергії змінного струму на енергію постійного струму, а електромеханічний перетворювач постійного струму ЕМП при керованому електроприводі (див. рис. 1.2, б) змінює свої параметри лише за рахунок сигналу що діє безпосередньо на обмотки збудження, то ЕТП не входить до складу ЕМСАК і не братиме безпосередньої участі в процесі керування.

У поширених установках із некерованим електроприводом останній разом із технологічним об'єктом становить некеровану електромеханічну систему, виконуючи тільки функції перетворення електричної енергії на механічну й передавання її до технологічного об'єкта.

### 1.3. Види електромеханічних систем автоматичного керування та електроприводів

Системи автоматичного керування класифікують за різними ознаками. Однією з найповніших є класифікація за інформаційним принципом, згідно з яким усі САК поділяють на два основних класи: системи з повною та неповною початковою інформацією.

У САК із повною початковою інформацією (звичайних) інформація є достатньою для проектування та роботи системи на номінальний термін експлуатації.

У САК із неповною початковою інформацією («Кібернетичних») початкова інформація не може забезпечити виконання поставленої задачі - виявлення найвигідніших (оптимальних) у певних умовах розв'язків за зміни зовнішніх умов, параметрів об'єкта та регулятора, необхідності розв'язання логічних задач, випадкових процесів. Тут оптимальні розв'язки знаходять на основі аналізу додаткової (робочої) інформації, то надходить у систему й зазвичай обробляється за допомогою засобів обчислювальної техніки. Звичайні САК розрізняють за:

- принципами керування {*\*за відхиленням\** значення дійсної величини від заданого, *\*за збуренням\**, комбіновані};
- виглядом функціональних і структурних схем (замкнені, розімкнені, з постійною чи змінною структурою та ін.).

За характером розв'язуваних задач є замкнені системи (системи зі зворотним зв'язком):

- стабілізації (електричної напруги, потужності, швидкості, температури тощо);
- програмні (виконують заздалегідь визначену програму, наприклад, руху піднімальних машин, верстатів із програмним керуванням тощо);
- слідкуючі (забезпечують виконання програм, які формуються під час роботи системи залежно від характеру руху об'єкта, наприклад, системи наведення ракет «земля—повітря» на об'єкт, характер руху якого невідомий).

Кібернетичні САК поділяються на:

- *самоналагоджувані* (адаптивні);
- *ігрові*.



Адаптивні системи бувають екстремальні (працюють на екстремумі деякої функції — продуктивності, енергозбереження тощо), з самоналагодженням коректувальних ланок, самооптимізовані.

Ігрові системи бувають з автоматичним пошуком оптимального розв'язку та з пошуком його на основі «перебору» заздалегідь обчислених варіантів для можливих ситуацій і вибору розв'язку, найбільш близького до нього.

Інформаційний принцип класифікації повною мірою придатний для електромеханічних систем автоматичного керування.

ЕМ САК можна класифікувати також за:

- особливостями ЕП, які входять до складу системи, наприклад, ЕМСАК з асинхронним векторно-керуваним ЕП. ЕМСАК з дводвигунним ЕП тощо);
- технологічним призначенням об'єктів {промислові, транспортні. сільськогосподарські. побутові та ін.);
- видом електроенергії, що використовується (постійного чи змінного струму, від автономних джерел, наприклад сонячних батарей, тощо).

Під час класифікації систем ЕП слід виходити з його загальноприйнятого означення й призначення як комплексного пристрою, що виконує в ЕМСАК дуже важливу, складну, але підпорядковану роль - забезпечення механічною енергією технологічного об'єкта керування, а в разі потреби — керування характером його руху. Тому «входом\* ЕП є (див. рис. 1.2, а) електрична енергія, що надходить до електротехнічного перетворювача ЕТП. а «виходом» — механічна енергія на валу електродвигуна (безредукторний ЕП) або на вихідному валу редуктора (редукторний ЕП).

Системи ЕП слід відрізнити лише за ознаками, які визначаються особливостями елементів самого ЕП або методів зміни його характеристик. Якщо особливості визначаються характеристиками або спільними вимогами до об'єкта та ЕП, то йдеться про електромеханічні системи автоматичного керування.

Головні класифікаційні ознаки систем ЕП:

- характер зміни параметрів руху (керовані та некеровані)\
- вид електричного струму (змінного та постійного);

- спосіб передавання механічної енергії від електромеханічного перетворювача (електродвигуна) до технологічного об'єкта (редукторні та безредукторні);
- вид електротехнічного перетворювача параметрів електричної енергії (*транзисторні та тиристорні перетворювачі ТП—Д, різні види стабілізованих джерел струму ДС-Д, мікропроцесорні пристрої та ін.*):
- Тип електромеханічних перетворювачів (електродвигунів) у системі ЕП (*асинхронні, з короткозамкненим чи фазним ротором, синхронні, крокові, лінійні дво- та трифазні, двигуни постійного струму з незалежним, паралельним, послідовним збудженням, багатодвигунні та ін.*).
- метод (спосіб) зміни характеристик електродвигунів (*за напругою на статорі, за допомогою резисторів у колах ротора, частотне векторне керування, двозонне керування двигунів постійного струму та ін.*).

#### **1.4. Методичні питання вивчення та особливості термінології електромеханічних систем автоматичного керування й електропривода**

При вивченні електромеханічних систем автоматизації та електропривода слід виходити з таких принципових положень.

1. Головним «предметом вивчення» є електромеханічна система автоматичного керування.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування становлять окремий специфічний, поширений практично в усіх технічних сферах діяльності людини клас САК.
3. Електропривод є складовою електромеханічної системи автоматичного керування, що виконує в ній дуже важливу, але підпорядковану вимогам технологічного об'єкта роль. До складу ЕМСАК входять елементи електропривода, які беруть безпосередню участь у процесі керування.
4. Властивості технологічних об'єктів, особливості керування режимами їхньої роботи визначають головні особливості ЕМСАК, її функціональної та структурної схем.
5. Вивчення різних електромеханічних систем при спрощених, ідеалізованих об'єктах керування потребує окремого обґрунтування. Одержані для ідеалізованих

об'єктів висновки не можуть розглядатись як загальні результати для всіх ЕМСАК з певною системою електропривода.

6. Врахування особливостей технологічних об'єктів ЕМСАК є необхідною умовою для одержання якісних характеристик ЕМСАК з різними видами керованого електропривода.

Специфічні ознаки ЕМСАК як окремою класу систем автоматичного керування визначаються:

- видом застосовуваної системи керованого електропривода, що характеризується особливостями одержання характеристик електродвигуна, який входить до складу електропривода, та специфікою перетворення електричної енергії на механічну;
- особливостями забезпечення необхідного процесу керування технологічним об'єктом на основі прийнятих методів керування електроприводом при врахуванні можливостей «технологічного» керування об'єктом (наприклад, зміною кута повороту робочих лопатей у деяких типів турбомеханізмів);
- можливостями досягнення оптимальних (чи близьких до них) режимів технологічного об'єкта з багатодвигунним електроприводом за рахунок підтримання доцільних співвідношень швидкостей окремих електродвигунів системи (наприклад, співвідношень швидкості подачі та різання в деяких видах гірничодобувних машин).

7. Слід приділити достатню увагу принциповій стороні впливу особливостей технологічних об'єктів на загальні динамічні характеристики ЕМСАК: врахувати характер зміни моменту сил опору під час роботи об'єкта, наявність зон від'ємного тертя, гнучких зв'язків у багатомасових об'єктах, нелінійностей тощо, які можуть справляти визначальний вплив на поведінку всієї системи.

Для ілюстрації визначального впливу зміни значення опору ( $M_c \neq \text{const}$ ), що зумовлюється властивостями самого об'єкта, розглянемо два приклади, які показують, до яких результатів може привести аналіз динамічних властивостей ЕМСАК при спрощеному підході ( $M_c = \text{const}$ ) і поширенні

одержаних результатів на загальний випадок під час оцінки відповідних видів систем автоматичного електропривода.

1. У деяких випадках лінеаризованний технологічний об'єкт разом із електродвигуном може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки першого порядку, рівняння якої у формі запису Стодола таке:

$$(T_p + K_c) \dot{x}_{вх} = x_{вх}$$

Тут  $T$  — електромеханічна стала часу ланки "Об'єкт-електродвигун»,  $K$  — коефіцієнт самовирівнювання.

$$K_c = \frac{\left( \frac{\partial M_o}{\partial \omega} - \frac{\partial M_{дв}}{\partial \omega} \right) \omega_n}{\frac{\partial M_{дв}}{\partial x} x_n}$$

де  $M_o$  — момент опору (визначається особливостями технологічного об'єкта);  $M_{дв}$  — рушійний момент двигуна;  $\omega$  — частота обертання об'єкта;  $\omega_n$ ,  $x_n$  — номінальні значення відповідних величин;  $x$  — положення керуючого органа, який визначає подавання енергії двигуна.

У зв'язку з тим, що  $\frac{\delta M_{ос}}{\delta x} > 0$  знак  $K_c$  визначається характером зміни  $M_o$  та  $M_{дв}$  залежно від швидкості. Так, у разі зменшення моменту опору при зростанні швидкості й збільшенні  $M_{дв}$  відповідні похідні по швидкості  $\frac{\delta M_o}{\delta x} < 0$ ,  $\frac{\delta M_{ос}}{\delta x} > 0$ . При цьому  $K_c < 0$ .

Розв'язок рівняння ланки «машина—двигун» такий:

$$x_{вх} = \frac{x_{вх}}{K_c} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$$

Аналіз рівняння показує, що при  $t \rightarrow \infty$ ,  $x_{\text{вих}} \rightarrow \infty$  і об'єкт є нестійким. Тому характеристичне рівняння відповідної замкненої ЕМСАК при інших стійких ланках зумовить наявність у ньому деяких від'ємних коефіцієнтів, що є ознакою нестійкості всієї САК. Наведене підтверджує необхідність аналізу різних видів електропривода з урахуванням особливостей об'єкта й неможливість робити загальні висновки, орієнтуючись лише на ідеальні технологічні об'єкти.

2. Ще один приклад — промислові й транспортні установки при наявності від'ємного в'язкого тертя в характеристиках технологічних об'єктів. Від'ємне в'язке тертя виникає в деяких машинах при проковзуванні (буксуванні, юзі), коли робоча точка знаходиться на «спадній» ділянці характеристики тертя, на якій зростання швидкості супроводжується зникненням моменту опору (навантаження). При цьому статично стійка ЕМСАК стає нестійкою. У реальних умовах виникають фрикційні автоколивання, параметри яких залежать від взаємовідношення параметрів навантаження та інших складових ЕМС. Поява автоколивань істотно погіршує виробничі показники відповідних машин, а іноді призводить до аварійних ситуацій.

Наведені взаємопов'язані приклади ще раз показують, до чого може призвести нехтування або недостатнє врахування особливостей впливу технологічного об'єкта на поведінку ЕМСАК. Цим підтверджується необхідність вивчення ЕМСАК з урахуванням особливостей об'єктів і некоректність низки досить поширених термінів.

У зв'язку із зазначеними особливостями формування термінології стосовно електропривода та термінології загальної теорії автоматичного керування деякі поняття й терміни цих науково технічних напрямів потребують узгодження.

Зазначимо, що головна причина появи окремих термінологічних відмінностей у технічній літературі полягає в нехтуванні визначальної ролі технологічного об'єкта в ЕМСАК і фактичному делегуванні, у термінологічному відношенні, окремих функцій технологічного об'єкта електроприводу.

**Розглянемо деякі характерні, досить поширені терміни, які потребують коректування й уточнення.**

**«Розімкнений електропривод».** Якщо виходити із загальноприйнятого означення електропривода як сукупності елементів, призначених для виконання функцій перетворення електричної енергії на енергію механічного руху, передавання їх до технологічного об'єкта й керування характером відповідного руху (в разі керованого електропривода), то розмикання зв'язків

між елементами електропривода зробить його непрацездатним. Цим підтверджується неправомірність використання вказаного терміна. Може йтися про систему автоматичного керування, розімкнену на виході деякого об'єкта, в якій використовується принцип керування «за збуренням» (зворотний зв'язок за вихідною величиною об'єкта відсутній).

**«Замкнений електропривод».** При використанні цього терміна передбачається, що замикання системи керування виконується за вихідною величиною електропривода, якою зазвичай є швидкість (момент) на виході редуктора або вала електродвигуна (при безредукторних системах електропривода). Такий технічний підхід можливий за одномасових об'єктів, відсутності пружних зв'язків тощо. У цьому разі вихідні величини електропривода й технологічного об'єкта будуть однаковими й замикання системи за вихідною величиною електропривода не призведе до появи будь-яких помилок.

Але за складних багатомасових технологічних об'єктів і наявності пружних зв'язків, нелінійностей тощо вихідна величина технологічного об'єкта може суттєво відрізнятись від вихідної величини електропривода. Замикання системи керування в цьому випадку має виконуватись тільки за вихідною величиною об'єкта. Цим визначається некоректність означення розглядуваного терміна як загального.

**«Слідкуючий електропривод».** Це досить поширений термін. Його недостатня коректність полягає в тому, що електропривод названо за його функціональним призначенням використання в слідкуючій ЕМСАК, а не за характерними ознаками самого електропривода. Точнішим терміном у цьому разі є «слідкуюча ЕМСАК» (можливо, з уточненнями щодо виду використовуваного електропривода, оскільки слідкуючу систему можна побудувати на основі електропривода постійного й змінного струму, з різними способами керування ТОЩО).

**«Система автоматичного керування електроприводом».** Некоректність цього терміна полягає в тому, що система автоматичного керування призначена для виконання необхідного закону керування технологічним об'єктом. В ЕМСАК таке завдання здійснюється з участю різних видів електроприводів, але вони виконують у

системі функції, підпорядковані вимогам технологічного об'єкта. Виходячи з принципів положень, застосування в загальному випадку терміна «САК електроприводом» мало б означати, що ЕП розглядається як об'єкт автоматичного керування, а не виконує в САК роль, підпорядковану технологічному об'єктові.

**«Технологічний об'єкт САК».** Це поняття передбачає що об'єкт визначається на початку розробки САК при побудові її функціональної схеми й іноді може відрізнитися від об'єкта подальшого дослідження САК залежно від її особливостей та прийнятого методу дослідження.

Так, у деяких випадках за простих одномасових технологічних об'єктів при побудові математичних моделей ланок системи технологічний об'єкт при подальших дослідженнях об'єднують в одну ланку з ротором електричного двигуна, визначаючи деякий спільний момент інерції. Таку ланку іноді називають «механічна частина електроприводу». Хоча, як уже було вказано, згідно з означенням електроприводу технологічний об'єкт до складу ЕП не входить.

Тому що новостворену ланку слід називати «механічна частина системи» або «робоча машина - двигун».

За деяких методів досліджень САК розглядають у вигляді двох частин – незмінної та змінної, нелінійної та лінійної. При цьому змінна частина стає об'єктом (предметом) подальших досліджень.

Трапляються неточності й при застосуванні понять «управління», «керування», «керування – регулювання». Слід мати на увазі, що термін «керування» належить до найзагальнішого випадку цілеспрямованої дії на основі використання інформації і є правильним щодо будь-якого виду технічних автоматичних систем із різними функціональними схемами та іншими особливостями. Водночас термін «регулювання» вузький – стосується лише систем автоматичного керування із замкненою функціональною (структурною) схемою (системи зі зворотним зв'язком). Що ж до терміна «управління», то його слід застосовувати в нетехнічних сферах.

У запільному випадку, вказуючи на некоректність терміна «система автоматичного керування електроприводом», слід урахувати, що система автоматичного керування може призначатися для безпосередньої дії тільки на електропривод (зазвичай — на електродвигун). Ця локальна САК може бути складовою більш складної системи автоматичного керування режимом роботи технологічного об'єкта. Приклад такої ЕМСАК — екстремальна енергозбережна система автоматичного керування потужної

насосної установки, в якій, залежно від зовнішніх збурень  $F(t)$  (потреб окремих споживачів), виникає необхідність у керуванні швидкістю руху технологічного об'єкта (насосного агрегата) за рахунок зміни частоти обертання  $\omega$  приводного електродвигуна.

У цьому разі при відхиленні швидкості електродвигуна (електромеханічного перетворювача) від номінального значення коефіцієнт корисної дії (ККД) електродвигуна може суттєво зменшитися, що спричинить погіршення підсумкового ККД всієї ЕМСАК. При потужних насосних установках (потужність електромеханічного перетворювача сягає кількох тисяч кіловат) істотно збільшуються непродуктивні витрати електроенергії.

В електроприводах із можливістю використання додаткового каналу керування (в разі електродвигунів змінного струму це можливо за частотного та векторного керування), можна забезпечити роботу електродвигуна на екстремумі енергетичної характеристики завдяки використанню замкненої екстремальної локальної системи автоматичного регулювання електродвигуном.

Приклад використання локальної САК електродвигуном указує на некоректність використання терміна «САК електроприводом\*» у загальному випадку.

**«Регулятор».** Цей термін у різних випадках також має особливості означення. Як відомо, в ТАК під регулятором розуміють усі елементи САК (крім об'єкта), за допомогою яких виконується процес керування в даній САК. В ЕМСАК до регулятора входять складові електропривода, які беруть безпосередню участь у процесі керування. При цьому до регулятора ЕМСАК не належать пристрої автоматичного пуску приводного електродвигуна, автоматичного контролю, захисту.

Залежно від призначення ЕМСАК і відповідного електропривода (силового або допоміжного — сервопривода) регулятор у даній конкретній системі може мати свої особливості. У більшості випадків він має незначну потужність, діючи на керуючі пристрої ТО, за допомогою яких змінюється режим роботи потужного об'єкта керування. Цю особливість окремих видів регуляторів досить часто трактують як загальні властивості регуляторів САК.

Водночас є досить відомі регулятори, що мають велику потужність і безпосередньо діють на силові елементи (об'єкти) САК. Прикладом таких регуляторів може слугувати регулятор ходу шахтних піднімальних машин, який забезпечує програмне керування



піднімальною машиною в режимі електродинамічного гальмування на завершальному етапі тахограми.

Розглядаючи питання розбіжностей у тлумаченнях терміна «регулятор» слід також зазначити його «історичну назву» – «відцентровий регулятор» (регулятор швидкості Джеймса Уатта). Ця назва не відповідає сучасній термінології ТАК, за якою цей «регулятор» у САК виконує функції вимірювального елемента і входить до складу відповідних регуляторів у системах автоматичного керування непрямої дії.

У деяких випадках термін «регулятор» неправильно використовують для означення виконавчих, а іноді керуючих елементів систем автоматичного керування.