

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Основи електропривода»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

***173 Авіоніка
(Авіоніка)***

за темою № 1 – Електромеханічні системи та їх основні елементи

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1.

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

Рецензенти:

1. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

План лекції:

1. Історія розвитку електромеханічних систем та автоматизованого електроприводу.
2. Основні положення роботи електромеханічних систем.
3. Структура електромеханічних комплексів і систем.
4. Класифікація загальнопромислових механізмів.

Рекомендована література:

Основна література:

1. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.
2. Харченко В.П. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К.: НАУ, 2013. – 272 с.
3. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т.П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.
4. Aircraft General Knowledge 2 - Electrics and Electronics – 2014.

Допоміжна література:

1. Introduction to Avionics Systems R.P.G. Collinson BScEng(Hons)., CEng., FIET., FRAeS Formerly Manager of the Flight Automation Research Laboratory of GEC Avionics, Rochester, Kent, UK (now part of BAE Systems) Third Edition - 2011. – 547 p.
2. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни "Теорія електропривода" (для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203 «Електричний транспорт») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. В. Донець, П. М. Пушков, М. І. Шпіка. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 39 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Avionics>
2. <https://www.geaerospace.com/systems/avionics>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=e9wZstVoP9s>

Текст лекції

1. Історія розвитку електромеханічних систем та автоматизованого електроприводу

В даний час є багато машин і механізмів, що виконують однакові чи аналогічні операції технологічних процесів різних галузей промисловості. Такі машини і механізми можна об'єднати в типові функціональні групи, наприклад різального, підйомно-транспортного та іншого обладнання.

Більшість виробничих робочих машин і механізмів приводиться в рух електричними двигунами. Двигун разом з механічними пристроями (редуктори, трансмісії, кривошипно-шатунні механізми та ін.), що служать для передачі руху робочого органу машини, а також з пристроями керування і контролю, утворює електромеханічну систему.

Електромеханічна система – це сукупність електричних двигунів, механічних кінематичних ланок (що передають рух від електродвигуна до робочого органу машини), напівпровідникових перетворювальних пристроїв контактних електричних апаратів керування та захисту, безконтактних пристроїв керування, мікропроцесорів.

Така система служить для автоматичного керування і приведення в дію робочих органів технологічної машини з застосуванням силового напівпровідникового перетворювача, механічного передавального пристрою, електричних і мікроелектронних пристроїв керування в відповідності з умовами технологічного процесу, що в цілому складає автоматизований електропривод.

Історія розвитку електропривода почалася з розвитком електромеханіки (XIX ст.) Перший електропривод був створений в 1838 р. академіком Б. С. Якобі (рис. 1), який вперше поєднав електродвигун на човні через механічну систему з валом двигуна гребного гвинта. Джерелом живлення електродвигуна була батарея, що складалася з сухих елементів. Такий «електрохід» розвивав швидкість 5 км/год і міг перевозити 12 пасажирів на борту, але створений електропривод не набув поширення внаслідок високої вартості і малої ємності батарей. Подальшого розвитку електроприводи набули з появою електрогенераторів різних потужностей та побутових пристроїв.

Наприклад, відомий електротехнік В. Н. Чиколев (рис.2) у 1882 р. розробив електропривод для швейних машин.

Широко застосовуватися електропривод почав у військовій техніці.

Наприклад, протягом 1890–1894 рр. електропривод використовувався на бойових кораблях морського флоту як підйомник зарядів із льохів до знарядь (рис. 3), а також для повороту збройових веж і рульових пристроїв.



Рисунок 1 – Перший електродвигун та електропривод для човна
Чиколев Владимир Николаевич
(1845 -1898 гг) - электротехник.

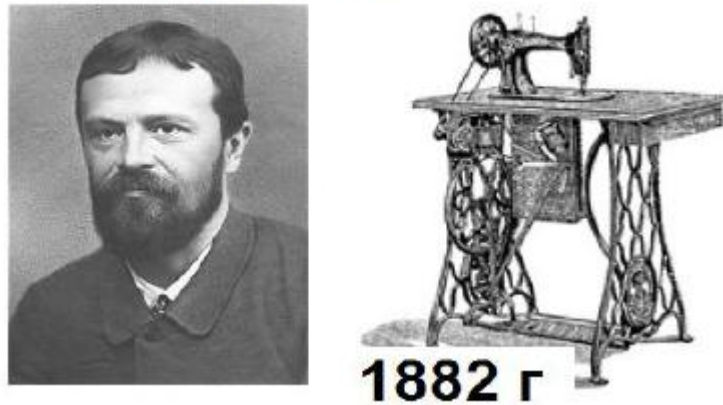


Рисунок 2 – Перший електропривод для швейної машини

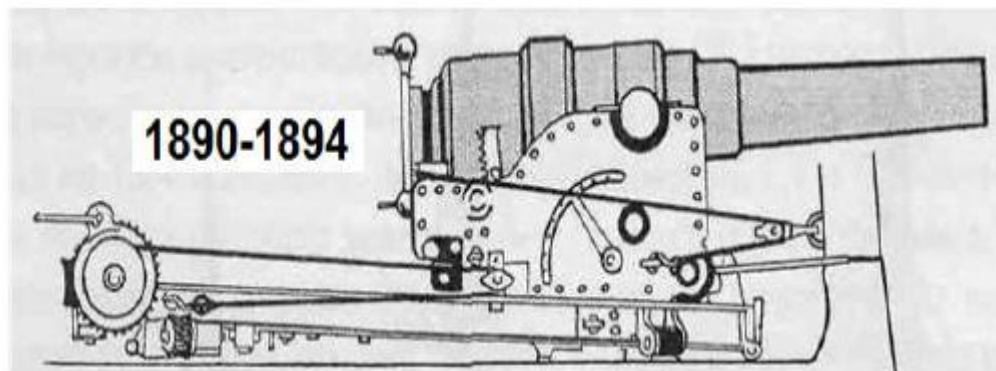


Рисунок 3 – Електропривод для пушок бойових кораблів

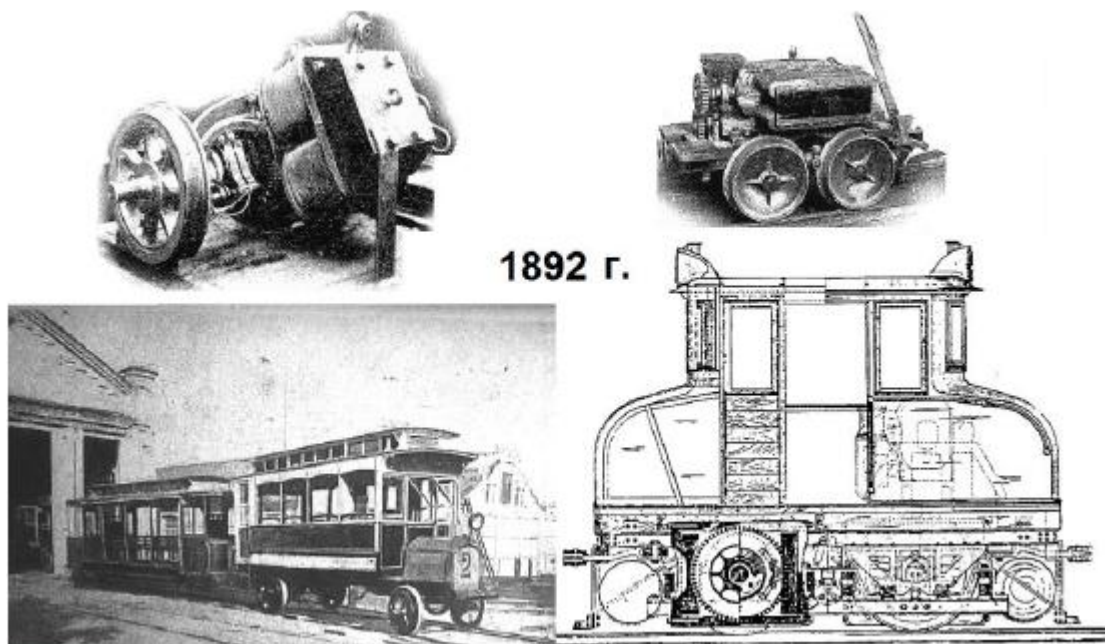


Рисунок4 – Перший Київський трамвай та його електропривод.

Застосування електроприводу знайшлося і в електротранспортних пристроях, наприклад, вперше він був використаний в трамваях у 1892 р. в Києві (рис. 4), а потім пізніше в Москві (1903) і інших місцях.

З появою трифазного змінного струму (Н. Тесла, 1887 р.) пов'язане використання електроприводу в системах змінного струму. Наприклад, М. О. Доліво-Добровольський вперше запропонував у 1889 р. систему електропривода трифазного електричного струму, що об'єднує декілька асинхронних двигунів з фазним і короткозамкненим ротором (рис.5).

У 1893 році побудовані перші електростанції (рис. 6), наприклад, у Шепетівці та інших місцях, які використовували 209 асинхронних електроприводів загальної потужності 1507 кВт, та у Харкові.

У процесі створення конструкцій електроприводних систем постійного і змінного струму, розроблялися і теорії електроприводу, які об'єднували питання живлення електродвигунів, генераторів, а також можливості покращення їх характеристик та ін.



Рисунок 5 – Видатні вчені та системи електроприводів змінного струму



Рисунок 6 – Зовнішній вигляд перших електростанцій з асинхронними електроприводами

В даний час дуже значно зросла роль автоматизованих систем, заснованих на теоріях частотного регулювання швидкості електроприводів, застосування напівпровідникової техніки, перетворювачів і досягнення суміжних наук: фізики, математики, електроніки, обчислювальної техніки. Широке застосування отримали аналогові і цифрові пристрої для систем електроприводів. Це призвело до розвитку швидкодіючих електроприводів на основі спеціальних електричних машин з високими динамічними характеристиками.

Подальший розвиток автоматизованих систем призвело до створення складних технологічних комплексів, де використовуються декілька робочих органів або технологічно пов'язаних робочих машин, які об'єднані загальною системою керування.

2. Основні положення роботи електромеханічних систем

Сучасне промислове виробництво характеризується використанням високопродуктивних технологічних машин і механізмів, оснащених електричним приводом та системами автоматичного керування. Практично всі транспортні, промислові, медичні та побутові установки, засновані на механічному русі і використовують електричну енергію як енергетичну основу для виконання технологічних операцій та процесів.

За даними економічно розвинених країн на електропривод витрачається більше 65 % вироблюваної електроенергії.

Насиченість технологічних машин і агрегатів електроустаткуванням і засобами автоматизації настільки велика, що по вартості, складності, кваліфікації обслуговування електрична частина перевершує механічну (рис. 7).

Досконалість електроприводу машин і агрегатів, ступінь їх автоматизації багато в чому визначають технічний рівень робочих машин в цілому.

Виходячи з цього, більшість сучасних робочих машин слід розглядати як електромеханічні системи. Наприклад, до автоматизованої електромеханічної системи відносяться пасажирські ліфти – добре всім знайомі пристрої вертикального транспорту (рис. 8).



Рисунок 7 – Автоматизовані системи технологічного процесу



Рисунок 8 – Пасажирський ліфт

Робочим органом ліфта є кабіна, яка обладнана дверима, що автоматично відкриваються і закриваються. Кабіна приводиться в рух електродвигуном через механічний редуктор і канатну передачу. Система керування двигуном забезпечує, у відповідності з отриманим наказом (натискання кнопки у кабіні) або викликом (натискання кнопки виклику на поверсі) вибір напрямку руху, плавний пуск, рух зі сталою швидкістю, гальмування і точну зупинку на необхідному поверсі, автоматичне відкривання і закривання двері кабіни і ліфтової шахти.

Електродвигун з пристроями регулювання швидкості руху і положенням кабіни, а також редуктор, канатноведучий шків, канатна передача, кабіна і противага, становлять головну електромеханічну систему ліфтової установки.

Другою електромеханічною системою є пристрій відкриття і закриття дверей, що складається з електродвигуна, кінематичних і механічних ланок і системи керування дверима.

Таким чином, електромеханічні системи в поєднанні з загальною системою автоматичного керування ліфтом, а за наявності декількох ліфтів також з системою оптимізації групової роботи, утворюють автоматизований електромеханічний комплекс ліфта.

Розглянемо електромеханічну систему побутового пристрою – автоматичну пральну машину (рис. 9).



Рисунок 9 – Зовнішній вигляд автоматичної пральної машини та її основні елементи: 1 – кришка; 2 – передня панель; 3 – задня панель; 4 – панель керування; 5 – бак; 6 – барабан; 7 – електронний модуль; 8 – впускний клапан; 9 – сливний насос; 10 – амортизатор; 11 – пресостат; 12 – емність для порошків; 13 – тен; 14 – ремень; 15 – електричний двигун

Машина являє собою електромеханічний пристрій, що містить багатошвидкісний електродвигун обертання барабана, електронасос, електричні клапани та апаратуру програмного керування. У відповідності з встановленою

програмою прання машина автоматично виробляє прання і віджимання білизни, налив і злив води. Робота різних електричних і механічних елементів функціонально об'єднана пристроєм програмного керування. Роботу окремих елементів не можна розглядати окремо, тому що спільно вони утворюють автоматичну електромеханічну систему, що виконує єдину технологічну операцію.

Таким чином, наведені приклади, а їх число може бути багаторазово збільшено, показують, що основним технічним змістом сучасних автоматизованих робочих машин є електромеханічні комплекси і системи. Це найбільш складні і дорогі частини робочих машин. Їх конструювання, виготовлення та експлуатація вимагають високої кваліфікації і різноманітних технічних знань.

Більшість понять і пов'язані з ними термінологія змінюються по мірі розвитку техніки. Раніше виготовлялася робоча машина, яка комплектувалася електродвигуном, пускачем, апаратами керування і захисту. По мірі збільшення ступеня автоматизації робочих машин, розширення їх функціональних можливостей з'явилася необхідність у більш складних електричних системах, які спеціально проектувалися для окремих видів транспорту, промислових установок, медичної техніки і ін. Тому з'явилося поняття «автоматизований електропривод».

Сформувався науковий напрямок з автоматизованого електроприводу, який вивчає загальні проблеми електромеханічного перетворення енергії, керування рухом робочих органів машин з електричним приводом, оптимізації електричних і електромеханічних процесів за критеріями продуктивності, точності, технологічними параметрами та економічності (рис. 10).

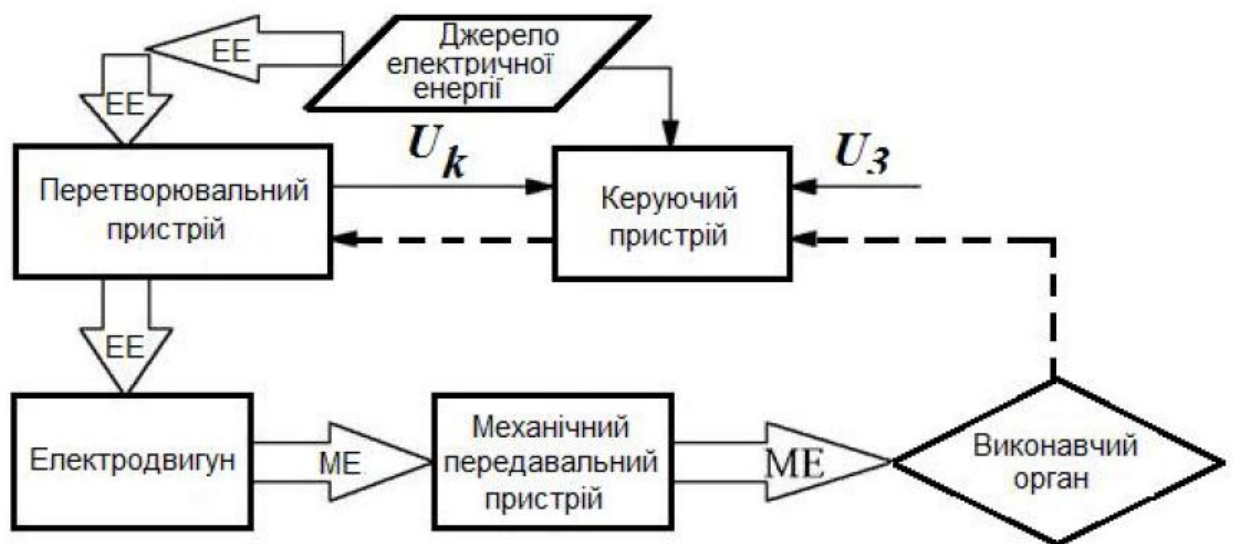
Подальший розвиток автоматизованого електроприводу пов'язано із винятком механічних передач, об'єднанням електромеханічних пристроїв з робочими органами машини. З'явилися інтегровані конструкції: наприклад, електрошпіндель, електронасос, мотор-колесо та інші.

Введення електромеханічних пристроїв, а потім і локальних систем керування безпосередньо в конструкцію робочих машин істотно спростило останні, підвищило їх функціональні можливості і технічні характеристики.

При цьому, були істотно підвищені вимоги до електроприводу, як за номінальними параметрами (висока швидкість обертання для високошвидкісних механізмів, великий момент для безредукторних приводів та інші), так і по їх керованості, що призвело до необхідності спільного конструювання як механічної, так і електричної частин робочих машин.



а)



б)

Рисунок 10 – Автоматизований електропривод механізмів (а), структурна схема (б)

Завдяки високим технологіям з'явився напрям «механотроніка», під яким розуміється створення інтегрованих конструкцій, функціонально закінчених модулів, що поєднують в собі механічні пристрої, електричний двигун з системою його регулювання та мікропроцесорний керуючий пристрій.

3. Структура електромеханічних комплексів і систем

В структуру сучасної автоматизованої електромеханічної системи входять:

- програмний пристрій;
- датчики електричних і механічних параметрів;

- механічна частина електропривода;
- система керування технологічним процесом;
- система керування електроприводом;
- електрична силова частина електропривода;
- робочий орган машини;
- технологічний процес;
- датчики технологічних параметрів.

Існує ряд положень, що характеризують роботу електропривода:

- керування технологічним процесом за допомогою регулювання параметрів руху робочого органу машини, що є однією з основних функцій автоматизованого електроприводу;
- виконання функцій керування та захисту, які забезпечуються в сучасному електроприводі, завдяки електронним пристроям (силових напівпровідникових перетворювачів електричної енергії, мікроелектронних засобів автоматики) і мікропроцесорам, а також контактним електричним апаратам (автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, реле та ін.)
- перетворення електричної енергії в механічну, яка необхідна для виконання конкретного технологічного процесу з найменшими витратами матеріальних і енергетичних ресурсів.

Зіставлення наведених положень визначає роботу автоматизованої електромеханічної системи та автоматизованого електроприводу, що дозволяє використовувати загальне поняття «автоматизований електропривод».

Якщо робоча машина або технологічний комплекс має в своєму складі декілька автоматизованих електромеханічних систем і (або) містить у своєму складі електричну систему підведення, розподілу і перетворення електричної енергії, то така сукупність електромеханічних та електричних систем називається електромеханічним комплексом.

Наприклад, розглянемо електромеханічний комплекс гірничого обладнання екскаватора (рис. 11).

Електричне живлення екскаватора, як рухомої машини, здійснюється при напрузі 6 (10) кВ по гнучкому кабелю. Кабель підключається до пункту живлення. Для підведення напруги на борт екскаватора служить кільцевий струмоприймач. Для комутації і захисту високовольтних кіл служить високовольтний розподільний пристрій, від якого живиться синхронний двигун електромашинного перетворювального агрегату і понижуючий трансформатор для живлення ланцюгів керування, допоміжних електроприводів та інших пристроїв.

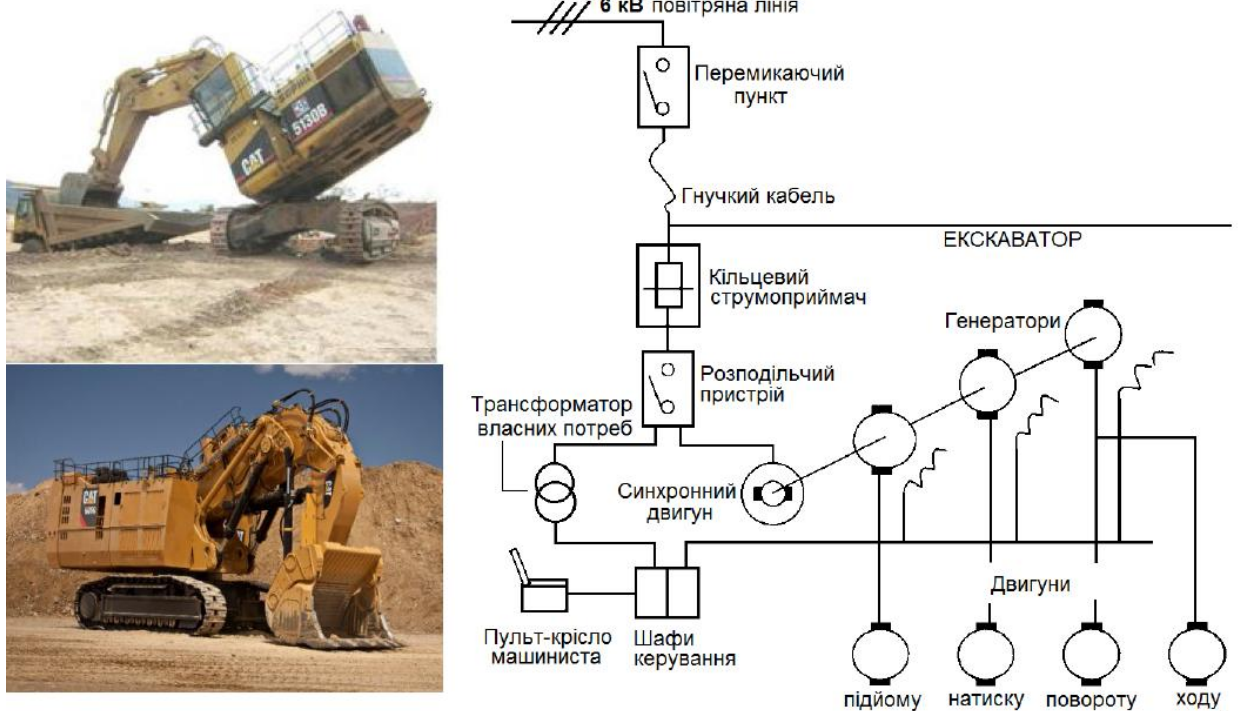


Рисунок 11 – Загальний вигляд та структура електромеханічного комплексу гірського екскаватора

Електропривод основних рухів екскаватора: підйому, натиску ковша, повороту і пересування – здійснюється двигунами постійного струму, які отримують живлення від індивідуальних генераторів постійного струму. Ці три генератори приводяться в обертання синхронним двигуном, який утворює з генераторами багатомашинний перетворювальний агрегат.

Для керування електроприводами служать пристрої (шафи) і пульт керування – крісло машиніста. Механічна частина електроприводів екскаватора включає в себе редуктори, барабанно-канатну передачу, зубчасту рейку приводу напору та інші елементи.

Всі різноманітні елементи електромеханічного комплексу екскаватора розглядаються і конструюються на основі єдиних вимог, що визначаються навантаженнями на ківш екскаватора і характером його руху. Загальна схема керування, що об'єднує електромеханічні та електричні системи, будується з умов технологічного процесу роботи екскаватора. Ці обставини визначають можливість і необхідність розглядати все різноманітне обладнання екскаватора як єдиний електромеханічний комплекс.

4. Класифікація загальнопромислових механізмів

До загальнопромислових установок відноситься велика група механізмів, в яких використовуються автоматизовані приводні системи. До них відносяться: конвеєри, ескалатори; багатокабінні підйомники, поточно-транспортні системи та інші, які беруть участь у механізації і автоматизації процесів.

Класифікація типових загальнопромислових механізмів наведена на рисунку 12. Узагальнена структура електропривода механізмів та основні елементи показані на рисунку 13.

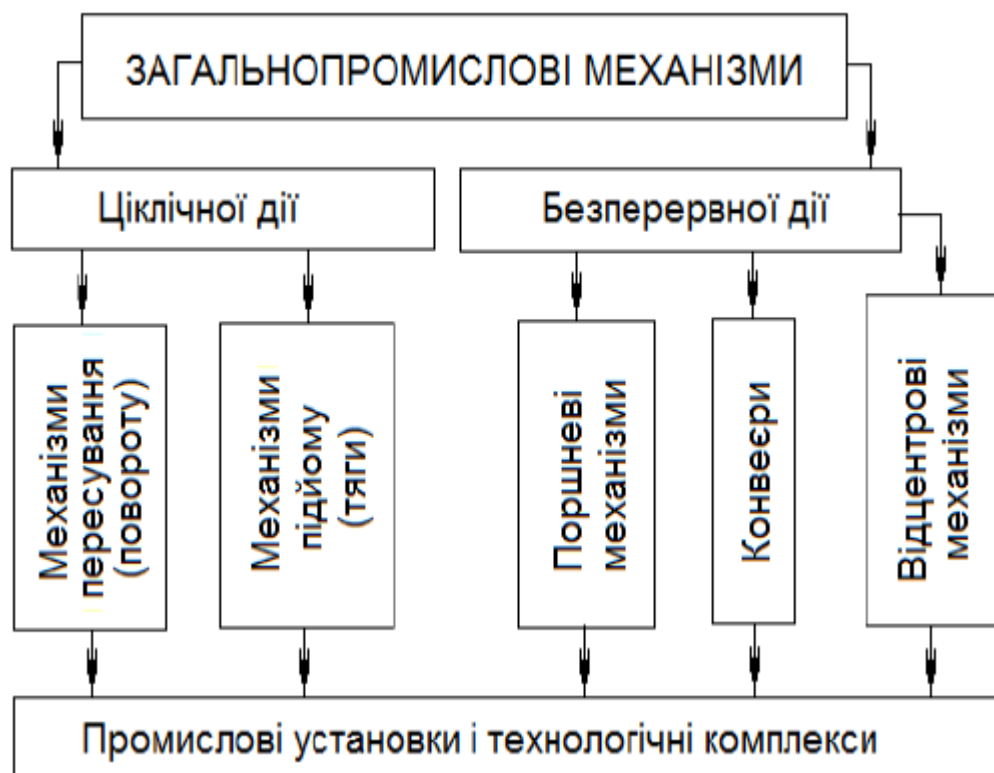


Рисунок 12 – Класифікація загальнопромислових механізмів

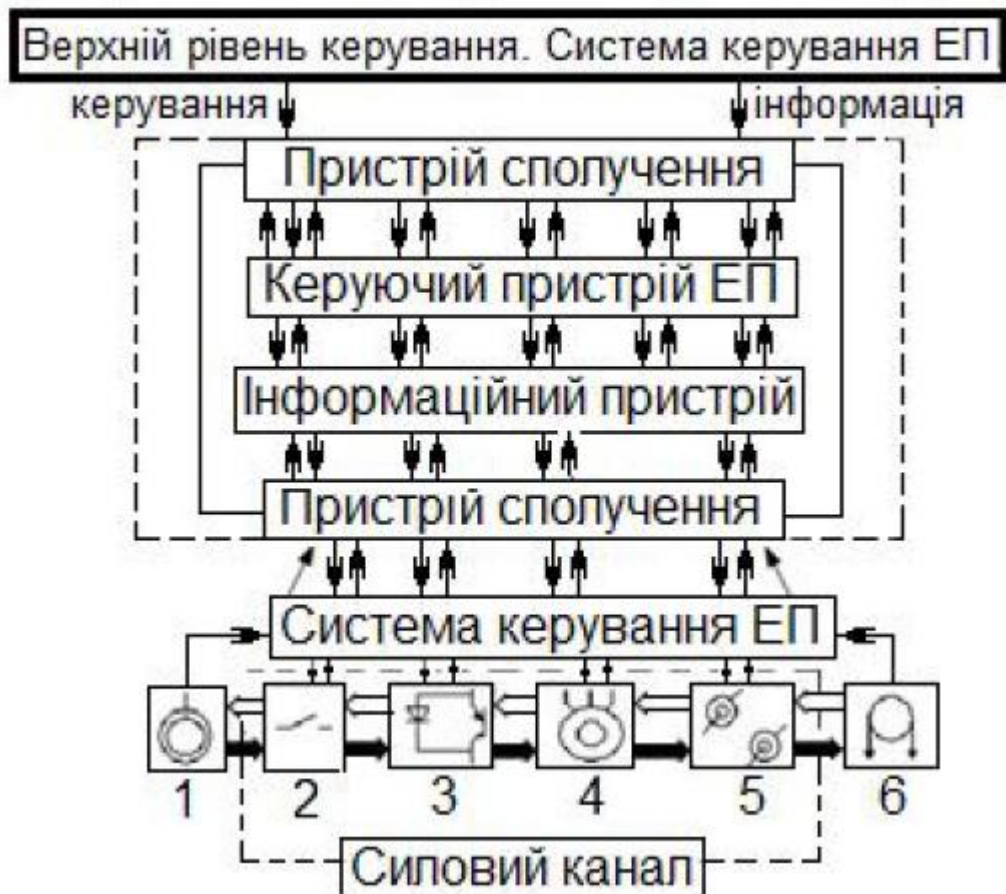


Рисунок 13 – Узагальнена структура електроприводу загальнопромислових механізмів:

- 1 – джерело електроенергії;
- 2 – комутаційна апаратура;
- 3 – перетворювач електричної енергії;
- 4 – електродвигун;
- 5 – механічна передача;
- 6 – робочий орган

Інформаційні пристрої – це пристрої, що призначені для отримання, перетворення, зберігання, розподілу та видачі інформації змінних ЕП технологічного процесу, а також для використання в системах керування ЕП і зовнішніх інформаційних системах.

Пристрої сполучення – це сукупність електричних і механічних елементів, що забезпечують взаємодію ЕП з суміжними системами та окремими його частинами.

Загальні вимоги, що пред'являються до електроприводу механізму:

- забезпечення заданого технологічного процесу і необхідної продуктивності;
- забезпечення необхідних умов пуску і гальмування (у тому числі завеличиною прискорення) виробничих механізмів, а при необхідності реверсування та регулювання швидкості;
- обмеження динамічних і ударних перевантажень;

- забезпечення принципу керування ЕП (ручне, автоматичне, програмне);
- забезпечення надійності ЕП;
- забезпечення конструктивної захищеності електрообладнання (ступінь захисту IP) за умовами навколишнього середовища, кліматичного виконання;
- забезпечення високих економічних показників, до яких слід віднести не тільки мінімальну вартість ЕП, але і витрати електроенергії на його роботу.
- забезпечення екологічних вимог.

Таким чином, створення автоматизованого електроприводу та комплексних систем сприяє подальшому розвитку промисловості та нових типів загальнопромислових механізмів.

Контрольні питання

1. Що називається електромеханічною системою?
2. Що являє собою автоматизований електропривод?
3. Хто стояв у джерела створення електроприводу?
4. Навести приклади електромеханічних систем.
5. Що є основними елементами автоматизованого електроприводу механізму?
6. З чого складається структура сучасної автоматизованої системи?
7. Що називається електромеханічним комплексом?
8. Як класифікуються загальнопромислові механізми?
9. Що являє собою узагальнена структура електроприводу загальнопромислових механізмів?
10. Які основні елементи входять до структури електроприводу загальнопромислових механізмів?