

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно - енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Основи електротехнології в АПК

методичні рекомендації

для виконання самостійних робіт з використанням 3D моделей
здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2022

Рекомендовано до друку методичною радою Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 23 травня 2022 р., протокол № 9.

Укладачі:

- Бацуровська І. В. – доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, доктор педагогічних наук, Миколаївського національного аграрного університету;
- Тима О. Ю. – майстер виробничого навчання, кафедра тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

- Гавриш В. І. – д-р. ек. наук професор кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу;
- Самойленко О. О. – д-р. пед. наук доцент кафедри інформаційної безпеки держави Навчально- науковий інститут інформаційної безпеки та стратегічних комунікацій Національної академії Служби безпеки України.

Зміст

Передмова.....	4
Самостійна робота № 1. <i>Електричний нагрів провідників, діелектриків та напівпровідників</i>	6
Самостійна робота № 2. <i>Електричний нагрів. Способи електронагріву і класифікація електронагрівальних пристроїв</i>	8
Самостійна робота № 3. <i>Ознайомлення та вивчення принципу роботи та характеристик асинхронного електродвигуна</i>	10
Самостійна робота № 4. <i>Особливості конструкції та режими роботи малих автономних вітроелектроустановок (ВЕУ)</i>	12
Самостійна робота № 5. <i>Петльовий індуктор для нагрівання плоских поверхонь деталей</i>	16
Самостійна робота № 6. <i>Дослідження конструкції низьковольтних контактних комутаційних апаратів</i>	19
Рекомендована література	23

Передмова

Методичні рекомендації для виконання самостійних робіт з використанням 3D моделей передбачають теоретичні завдання на основі вивчення 3D-моделей. У рекомендаціях представлено теорію для самостійного опрацювання, яка передбачає роботу з просторовими елементами, що досить є актуальним в контексті цифровізації освіти.

Для опрацювання представлено шість самостійних робіт на такі теми: «Електричний нагрів провідників, діелектриків та напівпровідників», «Електричний нагрів. Способи електронагріву і класифікація електронагрівальних пристроїв», «Ознайомлення та вивчення принципу роботи та характеристик асинхронного електродвигуна», «Особливості конструкції та режими роботи малих автономних вітроелектроустановок (ВЕУ)», «Петльовий індуктор для нагрівання плоских поверхонь деталей», «Дослідження конструкції низьковольтних контактних комутаційних апаратів».

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Електротехнології» здобувачі вищої освіти вивчають фізичні основи перетворення електричної енергії в теплову, закони та закономірності, які описують ці перетворення; основні способи електронагрівання і безпосереднього їх використання в технологічних процесах; особливості експлуатації електронагрівачів при нагріванні різних середовищ, засоби автоматизації електронагрівальних систем; сучасне електротермічне і електротехнологічне обладнання, конструктивні особливості та галузь їх використання.

Сучасні електротехнології на основі використання віртуалізації та 3D-моделей здатні формувати у здобувачів вищої освіти просторово-візуальні системи сприйняття науково-технічних основ використання електричної енергії у технологічних процесах. Це забезпечує можливість вирішення електроенергетичних питань

у сільськогосподарському виробництві на цифровому рівні в контексті сучасних підходів до навчання.

Данні рекомендації виступає засобом навчання та можуть бути використані для самостійних робіт здобувачів вищих навчальних закладів і викладачів технічних дисциплін.

Самостійна робота № 1.

Електричний нагрів провідників, діелектриків та напівпровідників

Мета: Ознайомлення з електрофізичними властивостями провідників, діелектриків та напівпровідників.

Теоретичні відомості:

Відомо, що всі речові об'єкти матеріального світу з точки зору їх електрофізичних властивостей прийнято розмежовувати на три великих самостійних класу - провідники, діелектрики і напівпровідники.

Провідники - тіла, в яких можуть бути створені електричні струми провідності. У провідниках існують вільні електричні заряди, що рухаються під дією електричного поля. Впорядкований рух електричних зарядів є електричний струм провідності.

Заряди при своєму русі стикаються з іншими частинками речовини і віддають останнім енергію, отриману від електричного поля. Для підтримки руху зарядів в провідниках повинно існувати електричне поле, яке при русі зарядів робить роботу. Внаслідок цього всі провідники мають опором електричному струму. Енергія, що віддається рухомими зарядами частинкам тіла, перетворюється в теплоту. При цьому провідник нагрівається протікає по ньому електричним струмом.

Діелектрики - матеріали, що не проводять електричний струм, т. Е. Є ізоляторами. Відсутність електричної провідності у них обумовлено тим, що електричні заряди різних знаків пов'язані між собою і внаслідок цього не можуть рухатися незалежно навіть при впливі зовнішнього електричного поля. В цьому випадку в діелектрику відбувається лише деяка зміна положення або зміщення зарядів пов'язаних між собою, зване поляризацією діелектрика

Електричне поле поляризованих зарядів спрямований назустріч полю, який викликав поляризацію, і послаблює

його. Тому якщо в діелектрик помістити заряд, то його електричне поле зменшується. Чим сильніше поляризується діелектрик, тим більше послаблюються в ньому поле електричного заряду діелектрична проникність даного речовини. Відносна діелектрична проникність.

Напівпровідники - речовини, що займають проміжне положення між провідниками з електронною провідністю і діелектриками, як за значенням питомого опору, так і за характером дії їх іонів на електрони, рух яких під дією зовнішнього електричного поля створює електричний струм.

У напівпровідниках електрони пов'язані з іонами речовини досить сильно, але все ж слабкіше, ніж в діелектриках. Тому тепловий рух порушує зв'язок частини електронів з іонами і ці електрони стають вільними, тобто під впливом електричного поля вони здатні створювати електричний струм. Чим інтенсивніше тепловий рух (чим вище температура напівпровідника), тим більше число електронів втрачає свій зв'язок з іонами і бере участь в утворенні електричного струму. При цьому опір напівпровідника зменшується.

У напівпровідниках поряд з електронною є і діркова провідність. Переважання провідності того чи іншого типу залежить від наявності в провідниках різних домішок.

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделлю ТЕНу 2500w:



<https://onedrive.live.com/?id=1DFDEFED1DCA7B19%21119&cid=1DFDEFED1DCA7B19>

Контрольні питання

1. Дайте визначення що таке провідники , напівпровідники та діелектрики?
2. Охарактеризуйте провідність матеріалів?
3. Яким чином тепловий рух пов'язаний зі зміною температури?

Самостійна робота № 2.

Електричний нагрів. Способи електронагріву і класифікація електронагрівальних пристроїв

Мета: Вивчення та розрахунок найбільш оптимального рішення при проектуванні електротермічного обладнання

Теоретичні відомості:

Відомо кілька способів перетворення електричної енергії в теплову - опором, індукційний, дугового, діелектричний, термоелектричний, електронний і світловий

У сільськогосподарському виробництві найбільш поширений електричний нагрів методом опору, фізична сутність якого полягає в тому, що при проходженні електричного струму по провіднику в ньому виділяється теплота, Дж, відповідно до закону Ленца – Джоуля:

$$Q = \frac{I^2}{R} \tau ,$$

де I - діюче значення струму, що протікає по провіднику, А; R - опір провідника, Ом; τ - час, с.

Виділилася теплова енергія витрачається на підвищення внутрішньої енергії провідника. При цьому матеріал, який підлягає нагріванню, повинен володіти електропровідними властивостями. До провідників відносять метали, які мають електрону провідність , та електроліти з іонною провідністю.

Способи нагрівання:

- метод опору(реалізується стосовно матеріалу не залежно від фізичних властивостей)

- індукційний метод(виконується шляхом нагрівання провідника, який розміщується в середині індукційної котушки)

- дугове нагрівання(якості перетворювача електричної енергії в теплову використовують електричну дугу, що представляє собою плазму)

- термоелектричний нагрів (полягає в тому, що при протіканні постійного електричного струму від зовнішнього джерела).

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделлю ТЕНу:



<https://onedrive.live.com/?id=1DFDEFED1DCA7B19%21114&cid=1DFDEFED1DCA7B19>

Контрольні питання

1. На які класи по електрофізичних властивостях прийнято розділяти речовини?

2. Чим визначається енергія, що виділяється в провіднику при протіканні по ньому електричного струму?

3. Чим відрізняється електричний нагрів діелектриків від електричного нагріву провідників?

4. Як впливають параметри електричного поля на нагрів діелектриків?

5. Перелічіть особливості електричного нагріву напівпровідників.

Самостійна робота № 3.

Ознайомлення та вивчення принципу роботи та характеристик асинхронного електродвигуна

Мета: Вивчення конструкції та принципу дії асинхронного електродвигуна

Теоретичні відомості:

Конструкція асинхронного електродвигуна

Трифазний асинхронний електродвигун, як і будь-який електродвигун, складається з двох основних частин - статора і ротора. Статор - нерухома частина, ротор - обертається частина. Ротор розміщується всередині статора. Між ротором і статором є невелика відстань, зване повітряним зазором, зазвичай 0,5-2 мм.

Статор складається з корпусу і сердечника з обмоткою. Сердечник статора збирається з тонколистової технічної сталі товщиною зазвичай 0,5 мм, покритою ізоляційним лаком. Шіхтованого конструкція сердечника сприяє значному зниженню вихрових струмів, що виникають в процесі перемагнічування сердечника обертовим магнітним полем. Обмотки статора розташовуються в пазах сердечника.

Ротор складається з сердечника з короткозамкненою обмоткою і вала. Сердечник ротора теж має шіхтованого конструкцію. При цьому листи ротора не покриті лаком, так як струм має невелику частоту і оксидної плівки досить для обмеження вихрових струмів.

Принцип роботи. Обертове магнітне поле

Принцип дії трифазного асинхронного електродвигуна заснований на здатності трифазної обмотки при включенні її в мережу трифазного струму створювати обертове магнітне поле.

Частота обертання цього поля, або синхронна частота обертання прямо пропорційна частоті змінного струму f_1 і обернено пропорційна числу пар полюсів p трифазної обмотки.

$$n_1 = f_1 \cdot 60 / p,$$

де n_1 - частота обертання магнітного поля статора, об / хв,

f_1 - частота змінного струму, Гц,

p - число пар полюсів

Асинхронний двигун перетворює електричну енергію подається на обмотки статора, в механічну (обертання валу ротора). Але вхідні і вихідна потужність не рівні один одному так як під час перетворення відбуваються втрати енергії: на тертя, нагрівання, вихрові струми і втрати на гістерезис. Це енергія розсіюється як тепло. Тому асинхронний електродвигун має вентилятор для охолодження.

Підключення асинхронного двигуна

- Трифазний змінний струм

Електрична мережа трифазного змінного струму отримала найбільш широке поширення серед електричних систем передачі енергії. Головною перевагою трифазної системи в порівнянні з однофазної і двофазної системами є її економічність. В трифазного ланцюга енергія передається по трьох проводах, а струми течуть у різних проводах зрушені відносно один одного по фазі на 120° , при цьому синусоїдальні ЕРС на різних фазах мають однакову частоту і амплітуду.

- Зірка і трикутник

Трифазна обмотка статора електродвигуна з'єднується за схемою "зірка" або "трикутник" в залежності від напруги живлення мережі. Кінці трифазної обмотки можуть бути: з'єднані всередині електродвигуна (з двигуна виходить три дроти), виведені назовні (виходить шість проводів), виведені в розподільну коробку (в коробку виходить шість проводів, з коробки три).

Фазна напруга - різниця потенціалів між початком і кінцем однієї фази. Інше визначення для з'єднання "зірка": фазна напруга це різниця потенціалів між лінійним проводом і нейтраллю (зверніть увагу, що у схеми "трикутник" відсутня нейтраль).

Лінійна напруга - різниця потенціалів між двома лінійними проводами (між фазами).

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделями:



<https://onedrive.live.com/?id=1DFDEFED1DCA7B19%21126&cid=1DFDEFED1DCA7B19>

Для дослідження пропонуються 3D-моделі електродвигуна АІР 71-280.

Контрольні питання

1. Пояснити будову та принцип дії асинхронного двигуна.
2. Від чого залежить частота обертання магнітного поля статора?
3. Пояснити визначення фазна та лінійна напруги?
4. Порівняти способи підключення асинхронного двигуна за схемою зірка або трикутник.

Самостійна робота № 4.

Особливості конструкції та режими роботи малих автономних вітроелектроустановок (ВЕУ)

Мета: Вивчення нових ефективних систем керування автономним и вітроустановками малої потужності .

Теоретичні відомості:

На відміну від потужних ВЕУ, які споруджують у місцях з високим вітровим ресурсом, малопотужні автономні ВЕУ встановлюють окремі споживачі, зазвичай, на присадибних ділянках безпосередньо біля місць споживання генерованої енергії. Окремим підтипом малих ВЕУ є будинкові, які встановлюють на дахах будинків, у тому числі й у містах.

Цей напрям вітроенергетики отримав назву urban wind turbine. На теренах України, як і в більшості країн світу, міські території

характеризують переважно невисокі середньорічні швидкості вітру. Головним знаряддям ви добування електроенергії став вітрогенератор.

Вітрогенератор -пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітряної турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання.

У місцях, де ВЕУ на присадибних ділянках розміщені порівняно невисоко, дерева та навколишні забудови призводять до частих змін напрямку та сили вітру, що зумовлює його турбулентний характер і вимагає кардинально інших підходів до побудови ефективних конструкцій.

Серед мікропотужних ВЕУ (до 0,5 кВт) трапляється ще багато ВЕУ з горизонтальною віссю обертання які завдяки малим розмірам легко закріплювати, наприклад, на електричних опорах чи рекламних щитах, забезпечуючи електроенергією локальне освітлення. Такі мікроВЕУ легко самоналаштовуються на напрям вітру завдяки хвостовому стабілізатору та практично не створюють шумів.

Для малих ВЕУ потужністю понад 2 кВт для налаштування на напрям вітру необхідна вже система електроприводу зі своєю системою керування. В умовах швидкозмінного за напрямком вітру такі ВЕУ втрачатимуть значну частину енергії вітру, а також генерованої електроенергії на перелаштування.

Окрім цього, ВЕУ з ГВО через змінну по довжині лопаті 16 лінійну швидкість руху створюють значні, шкідливі для живих організмів шуми, а також розпочинають роботу лише за середніх швидкостей вітру

Основні переваги малопотужних ВЕУ

- сприймання вітру з будь-якого напрямку, що виключає потребу в механізмах і пристроях орієнтації на вітер;
- краща робота на вітрах невеликої швидкості та високої турбулентності;
- низька стартова швидкість вітру;

- можливість розміщення електричного генератора за межами ВР, у тому числі й безпосередньо на площадці встановлення ВЕУ, що зменшує навантаження на щоглу та дає змогу збільшити розміри генератора, застосувавши при цьому безредукторну трансмісію (прямий привід) між ВР і генератором;

- нижчі аеродинамічні вимоги до конструкції ВР, що спрощує його виготовлення та знижує вартість;

- практична відсутність шумів під час роботи.

Конструкція промислової вітряної установки:

1. фундамент,
2. силова шафа, що включає силові контактори й ланцюги керування,
3. вежа,
4. сходи,
5. поворотний механізм,
6. гондола,
7. електричний генератор,
8. система спостереження за напрямком і швидкістю вітру (анемометр),
9. гальмівна система,
10. трансмісія,
11. лопаті,
12. система зміни кута атаки,
13. ковпак ротора,

Різновиди конструкцій ВЕУ

- за можливістю керування аеродинамічними характеристиками – пасивні (некеровані з незмінними аеродинамічними характеристиками), самоналагоджувальні (із змінними, залежними від кутової швидкості ВР аеродинамічними характеристиками) й активні (з поворотними лопатями зі зміною профіля лопатей);

- за кількістю ВР – однороторні, двороторні (контроторні з роторами, що обертаються в різних напрямках) і багатороторні

- за впливом на вітровий потік – з вільним омиванням ВР і з концентрацією вітропотoku (стаціонарні та поворотні до вітру концентратори);
- за видом механічної трансмісії – з мультиплікатором і з прямим приводом генератора;
- за типом електричного генератора (асинхронний короткозамкнений, асинхронний з фазним ротором, синхронний з електромагнітним збудженням, СГПМ, асинхронно-синхронний та ін.);
- за способом регулювання електричного навантаження генератора – для кожного з типів генератора декілька варіантів;
- за характером роботи – автономні та підключені до централізованої електричної мережі;
- за способом регулювання робочої точки – з пасивним регулюванням, з активним аеродинамічним регулюванням, з активним електричним регулюванням, з комбінованим регулюванням;
- за способом оптимального керування неповного навантаження ВЕУ – давачеві (з анемометром) і бездавачеві з автоматичним регулюванням різними методами;
- за способом обмеження максимальних значень кутової швидкості ВР і потужності ВЕУ – аеромеханічне обмеження, зменшення або збільшення швидкохідності ВР електричним навантаженням задля зменшення відбору потужності, додаткове електричне навантаження з можливістю генерування теплової енергії, комбіноване обмеження.

Відповідно до запропонованої класифікації можливі різні комбінації з вказаних у кожній з ознак варіантів. Доцільність застосування того чи іншого типу вітроустановки оцінюємо за таким показником, як термін окупності. Цей інтегральний економічний показник, який сприяє поширенню малої вітроенергетики, містить два інші, які безпосередньо на нього

впливають – максимальну енергетичну ефективність і мінімальну вартість.

Оптимальне поєднання цих показників, на нашу думку, варто покласти в основу концепції побудови малопотужних ВЕУ з ВВО, яка дасть змогу обґрунтувати перспективні конструкції ВЕУ та розробити ефективні способи керування ними відповідно до особливостей перебігу взаємопов'язаних процесів різної природи – аеродинамічних, електромеханічних, електронних, теплових, що відбуваються під час роботи ВЕУ.

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделлю вітрогенератора з вертикальною віссю:



<https://vmasshtabe.ru/inzhenernye-sistemy/vetrogenerator-s-vertikalnoy-osyu-3d-model.html>

Контрольні питання

1. Дати визначення поняття – вітрогенератор?
2. Класифікація ВЕУ?
3. Охарактеризувати та порівняти (на вибір) основні види конструкції ВЕУ
4. Назвати які елементи включає в себе конструкція вітрогенератора?
5. Назвати різновиди конструкції ВЕУ?

Самостійна робота № 5.

Петльовий індуктор для нагрівання плоских поверхонь деталей

Мета: Ознайомлення з будовою та принципом дії індуктора

Теоретичні відомості:

Індуктор нагрівач являє собою один або кілька витків провідника, в якому за допомогою потужного генератора змінного струму створюються електричні коливання високої частоти (від декількох кГц до 5 МГц). Всередину витків поміщають заготовку з електропровідного матеріалу.

При включенні генератора навколо індуктора виникає інтенсивне електромагнітне випромінювання, яке поглинається заготівлею і розігріває її.

Система індуктор-заготовка являє собою бессердечниковий трансформатор, в якому індуктор є первинною обмоткою. Заготівля є вторинною обмоткою, замкнутої накоротко. Магнітний потік між обмотками замикається по повітрю (або по вакууму, по захисному газу, по рідині і т. Д.)

Трубчасті заготовки можуть вдягатися на спіраль індуктора зовні, плоскі - розміщуватися біля торця. Також індуктор може виконуватися у вигляді "змійки" для нагріву плоских поверхонь, трилистого конюшини для нагріву куточків, вісімки для нагріву зубів зубчастих коліс, мати іншу химерну форму.

Індуктори діляться на два класи:

- низькочастотні (велике число витків і великий діаметр) - призначені для розігріву як правило великих заготовок або плавлення металу в індукційних печах. Мають велику індуктивність, на них не подають напругу з частотою вище декількох десятків кГц.

- високочастотні (один виток невеликого діаметра) - в основному призначені для розігріву дрібних деталей. Мають невелику індуктивність, живляться напругою від сотень кГц до 5 МГц.

Індуктор сильно нагрівається під час роботи, так як сам поглинає власне випромінювання. До того ж він поглинає теплове випромінювання від розпеченої заготовки. З цієї причини індуктори потужних установок виготовляються з мідних трубок, охолоджуваних проточною водою. Іноді в таких трубках з боку підводиться заготовки свердлять невеликі отвори - вода

розбризується на заготівлю і одночасно з нагріванням відбувається поверхнєве загартування.

Індуктори малопотужних установок або установок, що працюють в короткочасному режимі (секунди) не встигають сильно нагріватися. Їх досить виготовити з досить масивного мідного дроту (можливо звичайного ізолюваного).

Безпека

Так як в індукторі наводиться висока напруга, яке в потужних установках може досягати сотень вольт, індуктор становить небезпеку для персоналу. Небезпечні ТВЧ-опіки - високочастотний струм тече тільки по поверхні шкіри (скін-ефект), яка представляє собою практично електроліт. Внутрішні органи не ушкоджуються, але шкіра може отримати сильний опік. Також не до кінця вивчено вплив на людський організм потужного електромагнітного випромінювання.

Індуктор може прогоріти від спека розпеченій заготовки, пошкодитися від удару заготовки про індуктор, неприпустимо змінити свою індуктивність від закорочення витків розплавленим металом в разі многовиткової конструкції. У зв'язку з вищесказаним індуктори захищають заливкою вогнетривким цементом, обмоткою кварцовою або фторопластовою стрічкою, вставкою в індуктор тиглів і трубок із кераміки або кварцового скла. Охолоджуюча вода подається відсмоктування - цим забезпечується безпека в разі розгерметизації індуктора. Для охолодження індуктора приєднується або до місцевого охолоджувального агрегату - чиллеру, або до водопровідної мережі пхв-трубками настільки довгими, щоб опір «стовпа» води в трубці було високим і забезпечило «ізоляцію» водопровідної мережі від високої напруги індуктора.

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделлю петльового індуктора:



<https://onedrive.live.com/?id=1DFDEFED1DCA7B19%21127&cid=1DFDEFED1DCA7B19>

Контрольні питання

1. Дати визначення індуктивний нагрівач?
2. Будова індуктивного нагрівача?
3. Класифікація індуктивних нагрівачів
4. Принципи захисту індуктивного нагрівача?

Самостійна робота № 6.

Дослідження конструкції низьковольтних контактних комутаційних апаратів

Мета: Вивчити принцип дії та елементи конструкції найбільш розповсюджених контактних комутаційних апаратів та електричні схеми їх увімкнення.

Теоретичні відомості:

Комутаційна апаратура є невід'ємною частиною у всіх електричних силових ланцюгах і ланцюгах керування різних систем та пристроїв. Для комутації силових ланцюгів напругою до 1000 В широко використовуються рубильники, пакетні вимикачі (перемикачі), автоматичні вимикачі, контактори, силові контролери і т.д. Комутація ланцюгів керування для вмикання й вимикання релейно-контакторної апаратури здійснюється кнопками керування, кінцевими вимикачами. У ланцюгах автоматики та захисту застосовуються різні електромагнітні й інші реле, а також безконтактні електричні апарати. Розглянемо принцип дії та будову деяких силових комутаційних апаратів і контактних апаратів ланцюгів керування й автоматики.

Основними видами комутаційними апаратами є:

- ***Рубильники***

Рубильники призначені для ручного вмикання та вимикання електричних ланцюгів з постійною та змінною напругою. Вони розраховані на вимикання незначних струмів і за наявності відповідних дугогасильних пристроїв допускають вимикання струму до (1..1,25)Іном.

Головною частиною рубильника є контакти. Майже виняткове застосування в цих апаратах знаходять врубні контакти. У рубильниках на малі струми контактне натискання забезпечується за рахунок пружних властивостей матеріалу губок, а на струми від 100 А і вище – сталевими пружинами чи іншими додатковими елементами. Зі збільшенням натискання зменшується перехідний опір, але збільшується зношення контактів шляхом тертя.

- ***Пакетні вимикачі***

Пакетні вимикачі та перемикачі є найбільш простими комутаційними апаратами та призначені для вмикання та вимикання окремих струмоприймачів та ділянок ланцюгів у нормальних режимах, а також для від'єднання під час виконання ремонтних робіт. Гасіння дуги постійного струму забезпечується за рахунок її горіння в просторі між фібровими щічками. При зіткненні дуги з фібровими стінками з них виділяється газ. Оскільки внутрішня порожнина пакета досить герметична, усередині пакета підвищується тиск. Це веде до підйому вольт-амперної характеристики та гасіння дуги. Однофазні ланцюги повинні вимикатися двополюсним вимикачем.

- ***Кнопки керування***

Кнопки керування – це апарати, рухомі контакти яких переміщуються й спрацьовують під час натискання на штовхач кнопки. Вони застосовуються, головним чином, для дистанційного керування електромагнітними апаратами постійного та змінного струму. Комплект кнопок, змонтованих на загальній панелі (чи в блоці), являє собою кнопкову станцію (пульт). Усі кнопки керування, що використовуються в схемах автоматики, розрізняють

за кількістю та типом контактів (від 1 до кількох, що замикаються й розмикаються), формою штовхача (циліндричний, прямокутний, грибоподібний), написом та кольором штовхача, а також за способом захисту від впливів навколишнього середовища (відкриті, закриті, герметичні й т.д.). Вимикачі УГП вимикачів на електричних схемах будують на основі символів замикаючих і розмикаючих контактів. При цьому мається на увазі, що контакти фіксуються в обох положеннях, тобто не мають самоповернення. Якщо у вимикачі кілька контактів, символи їх рухомих частин на електричних схемах розташовують паралельно і з'єднують лінією механічного зв'язку, наприклад вимикач трьохполюсний. При зображенні контактів у різних ділянках схеми приналежність їх до одного комутаційного виробу традиційно відображають в буквено-цифровому позиційному позначенні (SA)

Основними завданнями електричних апаратів, є комутація, керування, контроль, обмеження та захист технічних об'єктів. Кінцевою дією будь-якого електричного апарата, є вмикання або вимикання струму в електричному колі за допомогою комутаційного елемента, яким може бути контакт, що замикається або розмикається, або напівпровідниковий пристрій, що змінює свій опір під дією зовнішнього впливу.

Електричні апарати використовуються у системах захисту електричних мереж, у пуско-регулювальних пристроях, що застосовуються в різних виробничих процесах (особливо швидкоплинних), транспортних засобах, системах автоматики і телемеханіки, зв'язку тощо. Вимоги, що ставляться до електричних апаратів визначаються областю їх застосування, призначенням, режимами роботи та іншими чинниками.

Комутаційні апарати поділяються:

За призначенням

- апарати керування
- апарати захисту
- апарати контролю

- вимірювальні апарати

За номінативною напругою

- апарати низької напруги
- апарати середньої напруги
- апарати високої напруги

За типом комутаційного елемента

- електромеханічні електричні апарати;
- напівпровідникові електричні апарати;
- гібридні електричні апарати.

Пропонуємо для дослідження роботу з 3D-моделлю:



<https://onedrive.live.com/?id=1DFDEFED1DCA7B19%21130&cid=1DFDEFED1DCA7B19>

Контрольні питання

1. Комутаційний апарат –це?
2. Основні завдання комутаційних апаратів?
3. Класифікація комутаційних апаратів?
4. Будова комутаційних апаратів?

Рекомендована література

1. Електротехнології в АПК : лабораторний практикум / В. Б. Гулевський та ін. Мелітополь : Тавр. держ. агротехнол. ун-т ім. Дмитра Мотор. Ф-т енергетики і комп'ютер. технологій, 2021. 49 с.
2. Blinov K., Kachanov B., Blinov Y. Advanced high frequency electrotechnologies. *International ural conference on electrical power engineering*. 2020. P. 421–425.
3. Davidovits P. Electrical technology. *Physics in biology and medicine*. 2019. P. 213–229.
4. Electric technologies applied to probiotic and prebiotic food / A. B. Soro et al. *Probiotics and prebiotics in foods*. 2021. P. 283–292.
5. Improvement of multifunctional electromagnetic systems for electrical technologies / I. V. Bozhko et al. *Праці ІЕД НАН України*. 2019. P. 103–115.
6. King W. J. The development of electrical technology in the 19-th century. *IEA world energy outlook*. 2021. P. 50–60.
7. Komatsu M. Learning through esports in innovation practice on electrical technology. *Procedia computer science*. 2021. Vol. 192, № 11. P. 2550–2557.
8. Perlow S. *The poem electric: technology and the american lyric*. University of Minnesota Press, 2018. 288 p.
9. Schröder A., Hegelund A., Baylin-Stern A. Frontier electric technologies in industry. *IEA world energy outlook*. 2019. URL: <https://www.iea.org/commentaries/frontier-electric-technologies-in-industry>.
10. Shirobokova O., Kisel Y., Bezik D. Application of electrical technologies for the restoration of agricultural machinery parts. *Bulletin of Bryansk state technical university*, 2021. Vol. 10 (107). P. 22-26.
11. Smith K. Seth perlow, the poem electric: technology and the american lyric. *Somatechnics*. 2021. Vol. 11, № 2. P. 305–311.

Навчальне видання

Основи електротехнології в АПК

Методичні рекомендації

Укладачі: **Бацуровська Ілона Вікторівна**

Тима Олег Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 5,75.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.10.2013 р.