МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРІВ ВЕС та міні-ГЕС

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ, РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ
І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ З ДИСЦИПЛІНИ
«Електричні генератори ВЕС та міні-ГЕС»

для студентів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини»

Харків – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРІВ ВЕС та міні-ГЕС

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ, РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ
І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ З ДИСЦИПЛІНИ
«Електричні генератори ВЕС та міні-ГЕС»

для студентів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини»

Затверджено
редакційно - видавницькою
радою університету,
протокол № __ від __ ____ 2020 р.

Харків – 2020

Особливості роботи генераторів ВЕС та міні-ГЕС. Контрольні питання, розрахункове завдання і методичні вказівки з дисципліни «Електричні генератори ВЕС та міні-ГЕС» для магістрантів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини» / Укладачі: Шевченко В. В., Єгоров А. В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 28 с.

Укладачі: В. В. Шевченко, А. В. Єгоров

Рецензент: К.В. Махотило

Кафедра електричних машин

ВСТУП

Методичне видання присвячено виконанню розрахункового завдання з дисципліни «Електричні генератори ВЕС та міні-ГЕС» для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини». Метою роботи є закріплення теоретичних знань з сучасної відновлюваємої енергетики і відпрацювання практичних навичок виконання порівняльного аналізу генераторів різного типу за умови їх використання для вітрових електростанцій (ВЕС) та міні-гідроелектростанцій (міні-ГЕС). Об’єктами дослідження є генератори різних типів.

В результаті виконання цих завдань студент повинен знати сучасний рівень розвитку електроенергетики і напрямки вдосконалення установок, які використовують для малої електроенергетики; досягнення світової науки і практики в створенні генеруючих систем для малої електроенергетики; різні типи електричних машин, вміти порівнювати їхні характеристики при роботі в генераторному режимі; основні конструктивні рішення і особливості генераторів з урахуванням номінальної потужності; існуючи технології виготовлення постійних магнітів і їхні характеристики; недоліки і перспективи розвитку електричних машин з використанням сучасних постійних магнітів; особливості експлуатації та виконання пуско - налагоджувальних робіт для електричних генераторів різних типів і різної потужності.

В кожному розділі методичного видання сформульовані контрольні питання та варіанти вихідних даних до задач, а також методичні вказівки щодо їх розв’язання. Конкретний обсяг робіт уточнює викладач, який веде курс лекцій з дисципліни.

Розрахункові завдання є підсумковим документом роботи студента. До екзамену звіт повинен бути повністю оформлений і захищений. У кінці звіту наводиться список джерел інформації, які студент використовував в процесі роботи. Звіт про розрахункову роботу починається з титульного листа, зразок оформлення якого наведено в додатку. При оформленні звіту треба наводити постановку завдання, вказувати вхідні числові дані, порядок проведення розрахунків в літерному, а потім в числовому вигляді, додавати необхідні схеми і графіки.

В даному виданні застосована сучасна оновлена система позначень електричних, магнітних, енергетичних, механічних величин, яка відповідає державним стандартам.

1 ЗАВДАННЯ

1.1 Скласти відповіді на питання

1) Назвіть типи електричних генераторів (ЕГ) з вказанням їх можливих конструктивних рішень та систем збудження.

2) Переваги і недоліки генераторів з постійними магнітами.

3) Порівняння загальних характеристик постійних магнітів різних типів. Використання постійних магнітів для ЕГ малої потужності..

4) Засоби намагнічування постійних магнітів.

1.2 Виконати дослідження згідно запропонованої в табл. 1.

Таблиця 1 – Данні для виконання завдання 1.2.

Варіант	Тип для виконання завдання
1, 11	Електроенергетичний комплекс України як частина Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) Європи
2, 12	Вітроенергетика як спосіб зменшення техногенного впливу на навколишнє середовище
3, 13	Вибір конструктивних рішень вітроенергетичних комплексів малої і середньої потужності. Вкажіть їх переваги і недоліки
4, 14	Вибір та проведення порівняльного аналізу конструктивних рішень генераторів для міні-ГЕС. Вкажіть їх переваги і недоліки
5, 15	Виконати класифікацію вітроенергетичних установок згідно особливостей їх конструктивних рішень. Вкажіть їх переваги і недоліки
6, 16	Розвиток та опис комплектування компаундних варіантів вітроустановок
7, 17	Вертикально-осьові вітроенергетичні вітроустановки
8, 18	Порівняльний аналіз основних енергетичних параметрів АГ з к.з. ротором і СГПМ потужністю 10 кВт
9, 19	Використання синхронних генераторів з магнітоелектричним та електромагнітним збудженням для вітроенергетичних установок та міні-ГЕС
10, 20	Сценарії розвитку електроенергетики України та роль ВЕС та міні-ГЕС в вітчизняній енергетиці

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

2.1 Проблеми та основні напрямки розвитку електроенергетики України

В даний час в нашій країні є значні невирішені проблеми, які є загальною причиною для всіх країн світу: забруднення навколишнього середовища; обмеженість копалин паливних і мінеральних ресурсів; безперервне зростання населення; значні втрати

електроенергії. Поганий технічний стан електромереж, які недосконалі системи обліку викликають збільшення рівня втрат електроенергії: втрати в усіх мережах України складають близько 15-18%, а в деяких регіонах втрати через зношеності електромереж досягають і більш істотних значень. Крім того, проблеми виникають через недоробки в сучасних технологіях отримання енергії.

Основою силового енергетичного комплексу України є Об'єднана енергетична система (ОЕС), яка забезпечує централізоване енергопостачання власних споживачів і взаємодіє з енергосистемами сусідніх країн. В ОЕС входять електростанції енергогенеруючих компаній (14 ТЕС, 4 АЕС, 7 ГЕС і 1 ГАЕС, 97 ТЕЦ, 8 ВЕС, міні- і мікро-ГЕС, тощо), магістральні електричні мережі національної енергетичної компанії (НЕК) «Укренерго» і розподільні електромережі регіональних енергопостачальних компаній.

Середні показники за світовими енергосистем наступні: електростанції, які працюють на нафті - 38%, на природному газі - 20%, на вугіллі - 27%, що становить 85% від загального вироблення електроенергії. Решта 15% припадають на АЕС і на електростанції, працюють від поновлюваних джерел енергії. В Україні АЕС виробляють до 70 %. Загальна встановлена потужність енергосистеми України за різними джерелами оцінюється в 52900 МВт (за даними українських статистичних управлінь) або в 48000 МВт (за даними Європейського Банку Реконструкції та Розвитку). Загальна потужність 15 встановлених енергетичних блоків на 4 АЕС України становить 11800 МВт.

В даний час більшість віддалених споживачів, які не мають централізованого електропостачання, отримують електроенергію від дизельних електростанцій. Дорожнеча дизельного палива призводить до збоїв в електропостачанні, простою підприємств, дискомфортним умов існування населення. У той же час енергозабезпечення об'єктів, розташованих в районах з хорошим вітровим потенціалом доцільно здійснювати від вітроелектричних установок (ВЕУ) з високонадійними магнітоелектричними синхронними генераторами (СГ) при безпосередньому приводі від вітротурбін.

Генератор приводиться в обертання вітродвигунами безпосередньо без мультиплікатора. Стабілізація параметрів електроенергії здійснюється за допомогою перетворювача типу випрямляч - інвертор напруги. Споживачі, які не вимогливі до якості електропостачання, підключаються безпосередньо до затискачів СГ. З огляду на можливість одиничного або дрібносерійного виробництва, з метою зниження вартості обладнання було прийнято рішення вивчити можливість виготовлення генератора ВЕУ на базі освоєних промисловістю машин суміжного класу. Тоді існуюча технологічне оснащення і налагоджене виробництво дозволять значно скоротити терміни і вартість його виготовлення. Разом з тим, через низьку швидкості валу вітротурбіни в оптимальному варіанті електрична машина повинна мати відносно великий зовнішній діаметр D при малій довжині. Орієнтація на серійно випускається змушує трохи відійти від бажаних співвідношень D/l, проектуючи вітрогенератор на заданому діаметрі. Згідно з

проведеними розрахунками, в якості генераторів ВЕУ слід вибирати синхронні генератори (на потужність до 5 кВт) або АД (на великі потужності).

Техніко-економічні показники магнітоелектричної синхронної машини залежать як від властивостей постійних магнітів, так і від виконання магнітних систем статора і ротора. При виборі конструкції генератора зіставлені два типи компонування ротора: з радіальним і тангенціальним намагнічуванням постійних магнітів. Порівняльні розрахунки показали, що в даному випадку перевагу слід віддати другому варіанту з традиційною пазової структурою статора і масивними полюсами на роторі.

Коли СГ працює на напівпровідниковий перетворювач, номінальні значення частоти і напруги на його затисках можуть бути обрані з міркувань економічності та експлуатаційної надійності. Енергетично доцільно встановлювати машини з частотою напруги не менше 400 Гц. Це положення, зокрема, відкриває можливості вибору числа полюсів $2p$ з умови мінімізації витрат постійних магнітів і побудови раціональної схеми обмотки статора при заданому числі пазів серійного прототипу.

2.2 **Види постійних магнітів та засоби їх стабілізації**

2.2.1 Види постійних магнітів

Магніт – тіло, що володіє власним магнітним полем. Слово походить від грецького magnítis líthos – магнетитовий камінь. Існують три основні види магнітів: постійні магніти; тимчасові магніти; електромагніти.

Постійні магніти - найбільш звичний вигляд магнітів. Вони постійні в тому сенсі, що, будучи якось намагнічені, зберігають певний рівень залишкової намагніченості. Різні види постійних магнітів мають різні характеристики або властивості, що відносяться до того, як легко вони розмагнічуються, наскільки вони сильні, як їх сила змінюється з температурою і т.п.

Тимчасові магніти - це магніти, які діють як постійні магніти тільки тоді, коли знаходяться в сильному магнітному полі, і втрачають свій магнетизм, коли магнітне поле зникає.

Електромагніти - це намотані на каркас витки проводу, зазвичай зі сталевим осердям, який діє як постійний магніт тільки тоді, коли по дроту тече струм. Сила і полярність магнітного поля, створюваного електромагнітом, обумовлені зміною величини і напряму електричного струму, поточного по дроту.

Для забезпечення сталості напруги в широкому зміні навантаження і частоти обертання генераторів змінного струму з електромагнітним збудженням необхідно його стабілізувати додатковими засобами. Для стабілізації та регулювання напруги цих

генераторів застосовуються спеціальні методи, властиві тільки даному класу електричних машин, різні за принципом дії та ефективності.

Стабілізацію і регулювання напруги можна здійснювати наступними основними способами:

– вибором і зміною внутрішніх параметрів генератора (параметричної стабілізацією), застосуванням магнітних шунтів, додаткових насиченням частин муздрамтеатру, застосуванням спеціальних стабілізуючих обмоток, механічним переміщенням частин муздрамтеатру відносно один одного;

– включенням зовнішніх стабілізуючих і регулюючих елементів (конденсаторів і дроселів насичення);

– включенням на виході генератора напівпровідникових ключів, періодично розривають зовнішню ланцюг генератора або періодично закорочуючих його якірну обмотку;

– комбінованим збудженням від постійних магнітів і додаткових обмоток збудження (в цьому випадку класичний електромагнітний генератор перероджується в новий клас електричних машин - генератори комбінованого збудження

– включенням на виході генератора стабілізованого по напрузі напівпровідникового статичного перетворювача.

2.2.2 Використання постійних магнітів

В магнітних носіях інформації: кредитні, дебетові, і АТМ карти – всі ці картки мають магнітну смугу на одному боці. Ця смуга кодує інформацію, необхідну для з'єднання з фінансовою установою та зв'язку з їх рахунками. Звичайні телевізори та комп'ютерні монітори: телевізори та комп'ютерні монітори, які містять електронно-променеву трубку, використовують електромагніт для управління пучком електронів і формування зображення на екрані. Плазмові панелі та РК - дисплеї використовують інші технології. Гучномовці і мікрофони: більшість гучномовців використовують постійний магніт і струмовий котушку для перетворення електричної енергії (сигналу) в механічну енергію (рух, яке створює звук). Обмотка намотана на котушку, прикріплюється до дифузора і по ній протікає змінний струм, який взаємодіє з полем постійного магніту. Деякі електричні двигуни ґрунтуються на комбінації електромагніту і постійного магніту. Вони перетворюють електричну енергію в механічну енергію. Генератор, навпаки, перетворює механічну енергію в електричну енергію шляхом переміщення провідника через магнітне поле. Магніти використовуються в поляризованих реле та в компасах, в мистецтві та в іграшках із забавними ефектами. Магніти можуть використовуватися для виробництва ювелірних виробів та в викрутках, при обробці металобрухту для відділення магнітних металів (заліза, сталі та нікелю) від немагнітних

(алюмінію, кольорових сплавів і т.п.). Магнітоплан або Маглев (від англ. Magnetic levitation) – це потяг на магнітному підвісі, який рухається і керований магнітними силами. Такий склад, на відміну від традиційних поїздів, в процесі руху не торкається поверхні рейки. Так як між поїздом і поверхнею руху існує зазор, тертя виключається, і єдиною гальмує силою є сила аеродинамічного опору. Відноситься до монорейковому транспорту. Швидкість, досяжна маглеву, порівнянна зі швидкістю літака і дозволяє скласти конкуренцію повітряним повідомленнями на малих (для авіації) відстанях (до 1000 км). Хоча сама ідея такого транспорту не нова, економічні та технічні обмеження не дозволили їй розвернутися в повній мірі, для публічного використання технологія втілювалася лише кілька разів. В даний час, маглев не може використовувати існуючу транспортну інфраструктуру, хоча є проекти з розташуванням елементів магнітної дороги між рейок звичайної залізниці або під полотном автотраси. Магніти спільно з датчиком Холла використовують для визначення кутового положення або кутової швидкості вала.

До відкриття закону збереження енергії, було багато спроб використовувати магніти для побудови «вічного двигуна». Людей приваблювала, здавалося би невичерпна енергія магнітного поля постійного магніту, які були відомі дуже давно. Але робочий макет так і не був побудований.

Магніти застосовуються в конструкціях безконтактних гальм що складаються з двох пластин, одна – магніт, а інша з алюмінію. Одна з них жорстко закріплена на рамі, інша обертається з валом. Гальмування регулюється зазором між ними.

Магніти Nd-Fe-B. даний час постійні магніти Nd-Fe-B є найбільш комерційно вигідними у виробництві. При цьому магніти Nd-Fe-B випускаються з великою кількістю градацій, щоб охопити широкий діапазон властивостей і областей застосування.

Магніти Nd-Fe-B діляться на два види: спечені і магнітопласти. Спечені магніти виготовляються за технологією порошкової металургії, володіють високими магнітними властивостями, але дороги у виробництві і тендітні. Магнітопласти використовують полімерний наповнювач для утримання часток магнітного сплаву, мають більш слабкими магнітними властивостями, але дешеві, пластичні і легко обробляються.

Для запобігання корозії і захисту від інших несприятливих умов зовнішнього середовища магніти Nd-Fe-B, в разі необхідності, покриваються різними матеріалами. Неодимові магніти, третє покоління рідкісноземельних магнітів, мають найбільш високі значення залишкової магнітної індукції, коерцитивної сили, максимальної енергії та співвідношення продуктивність/ціна. Їх легко виробляти різних форм і розмірів, тому магніти неодим-залізо-бор широко використовуються в авіації, електроніці, метрології, медичних інструментах і т. ін. Вони особливо підходять для розробки високопродуктивних, компактних і легких пристроїв.

Литі магнітопласти – при цьому способі виробництва порошок Nd-Fe-B змішується з полімерним матеріалом і видавлюється в форму.

Ферити (або кераміка, керамічні магніти, ceramic) – найпопулярніші постійні магніти, існуючі в даний час. Вони виробляються з комбінації фериту барію або стронцію і оксиду заліза і демонструють високу коерцитивної силу, що говорить про хорошу опірності до розмагнічування. Ферити мають найменшої вартістю, що забезпечує їм успіх в тих магнітних додатках, де не потрібно видатних результатів за величиною магнітного поля. Ферити мають дуже хорошу корозійну стійкість і стійко працюють в діапазоні температур від -40 до +250 ºС.

Альніко. З'явившись вперше в 40-х роках минулого століття, постійні магніти на основі сплаву Al-Ni-Co-Fe, часто звані альнико (ЮНДК – в Росії) і в даний час впевнено займають свою нішу на ринку магнітних матеріалів. Багато в чому це пов'язано з тим, що володіючи рядом цінних властивостей як то велике значення B_r, корозійна стійкість і стабільність при високих температурах (до 550 °С) ці магніти значно дешевше магнітів SmCo. Дана обставина робить магніти з альніко як і раніше хорошим вибором для магнітних систем, де ці якості є суттєвими і, при цьому, відсутні великі повітряні зазори і сильні розмагнічуючі поля.

Магніти альніко демонструють високе значення залишкової магнітної індукції, відмінно працюють при підвищених температурах, мають досить високе значення максимальної енергії, проте основним їх недоліком є низька значення коерцитивної сили, що означає, що їх відносно легко розмагнітити. Вони виробляються зі сплавів алюмінію, нікелю і кобальту з додаванням різних хімічних елементів і можуть бути як литі, так і спечені. Литі магніти альніко можуть бути зроблені настільки хитромудрих форм, які не можуть бути здійснені з іншими матеріалами. Спечені магніти альніко зазвичай обмежені невеликими розмірами. Магніти альніко самі термостабільні серед всіх видів магнітів і можуть бути використані без значної втрати властивостей до 500-600 ˚С.

Самарій - кобальтові магніти на основі рідкоземельних інтерметалічних сплавів мають максимальну анізотропією. Їх отримують за стандартною технологією порошкової металургії, але через високу хімічну активність *Sm* виготовлення сплаву, порошку, пресування брикетів і високотемпературне спікання проводиться в атмосфері інертного газу. Після пресування в магнітному полі для отримання великої щільності і близькою до 100 % магнітної текстури і спікання проводиться термообробка, потім необхідне шліфування алмазним інструментом.

При високих цінах на самарій і кобальт їх застосування виправдане лише високою температурною стабільністю. Самарій-кобальтові магніти мають унікальне поєднання сильних магнітних властивостей, корозійної стійкості та стабільності при високих температурах (до 350 °С). Це робить самарій-кобальтові магніти ідеальними для

використання в таких пристроях як серводвігателі, сенсори та інші пристрої, в яких магнітні деталі повинні функціонувати при підвищених температурах або в середовищі, що викликає корозію.

2.2.3 Технологія виготовлення постійних магнітів

Магніти бувають природні з залізної руди магнітного залізняку і штучні, отримані намагнічуванням заліза при внесенні його в магнітне поле.

Виробництво магнітів NdFeB. Магнітний матеріал на основі $Nd_2Fe_{14}B$ був вперше розроблений в Японії в 1982 році компанією *General Motors* за сприяння найбільшого банку Сумітомо. У 1986 році під керівництвом цієї ж корпорації була відкрита фірма Magnequench, що спеціалізується на виробництві магнітів і продажу порошку для виготовлення магнітів складу неодим-залізо-бор. Пізніше з'явилося безліч компаній в США, Китаї і Японії по виготовленню неодімових магнітів. Невисока вартість, високі магнітні характеристики - цим параметрам повинен був відповідати новий магнітний матеріал, який міг би скласти конкуренцію вже існуючим дорогим магнітів *SmCo* і екзотичним платиновим магнітів Fe-Pt.

Виробництво магнітів на основі порошку неодим-залізо-бор дозволило зробити великий стрибок у розвитку електроніки, нафтогазової промисловості, магнітної сепарації, будіндустрії, автомобілебудуванні та інших галузях. До теперішнього часу масовість виготовлення неодімових магнітів практично повністю витіснили інші різновиди постійних магнітів, крім феритових, які є величезними партіями типових розмірів. Виготовлення магнітів включає в себе безліч виробничо - технологічних циклів. Технологи постійно працюють над удосконаленням процесів і різноманітністю магнітних характеристик, що обумовлює різновид марок магнітного матеріалу. Магнітні властивості неодімових магнітів залежать від складу сплаву, мікроструктури, і використовуваної технології виробництва магнітів.

Магнітопласти. Порошкова технологія виробництва магнітів дозволяє зробити магніти в трьох основних формах: пресовані магнітопласти, литі магнітопласти і самі спечені магніти. Пресовані магнітопласти - це магніти, отримані шляхом змішування спеціального виду порошку NdFeB з полімерними зв'язуючими матеріалами. Потім ця маса пресується в форму і нагрівається. Магніти, одержувані таким способом, можуть бути складних форм, і звичайно не вимагають додаткової обробки. Вони мають більш низьку енергію, ніж спечені магніти. Ізотропні магнітопласти NdFeB можуть бути намагнічені в будь-якому напрямку. При використанні спеціальних соленоїдів можна отримати багатополюсні магніти або магніти зі спеціальною формою магнітного поля. Зрозуміло, такі складні соленоїди можуть коштувати дуже дорого в залежності від складності конструкції і необхідної продуктивності.

Литі магнітопласти Виробництво магнітів на основі порошку неодим-залізо-бор при цьому способі виробництва магнітів порошок NdFeB змішується з полімерним матеріалом і видавлюється в форму.

Спечені магніти - дрібний порошок NdFeB запресовується в форму, потім спікається і обробляється до потрібного розміру (шліфується). Виробництво неодімових магнітів – складний високотехнологічний процес, що вимагає дотримання складу, змісту домішок. Всі операції, крім шліфування в розмір, проводяться без доступу кисню в вакуумі або атмосфері інертних газів. Напрямок намагніченості задається текстурою магнітного поля під час пресування.

Виробництво магнітів неодим-залізо-бор включає кілька стадій обробки магнітного матеріалу.

1) Виплавка магнітного матеріалу. На цій стадії виготовлення магніту вихідні компоненти магнітного матеріалу сплавляються у вакуумній індукційній печі. У цей момент задаються магнітні властивості матеріалу.

2) Дроблення і тонке подрібнення. Частинки магнітного матеріалу піддаються дробленню і помелу на кульових млинах.

3) Пресування в магнітному полі. З отриманого порошку, методами ізостатичного або лінійного пресування в магнітному полі, роблять заготовки. На цій стадії задається напрямок магнітного поля, відбувається вибудовування доменів.

4) Спікання. Магнітні заготовки спікають при температурі 1000-1100 °С, вони проходять термообробку в інертному середовищі.

5) Механічна обробка. Вироби проходять механічну шліфування, потім для підвищення коерцитивної сили матеріалу проводиться їх отжиг. У загальному випадку, спечені магніти NdFeB повинні оброблятися на верстатах спеціальним інструментом. При обробці, як правило, використовується охолоджуюча мастило, для того щоб уникнути перегріву і раптового займання порошку.

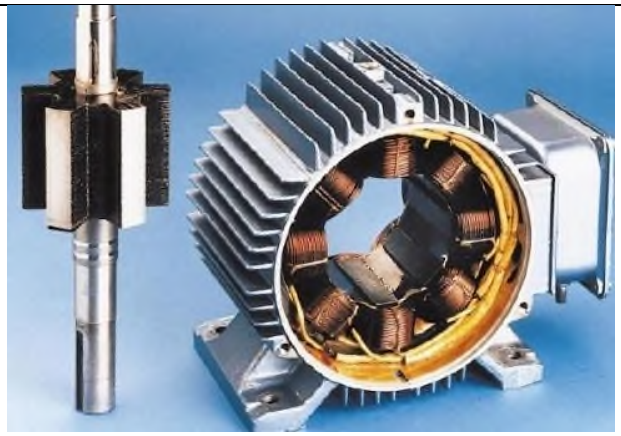
6) Намагнічення в установці імпульсного магнітного поля. Отримані магніти поміщають в намагнічує установку з індукцією магнітного поля ~ 3-4 Тл. Чим більше відстань між полюсами магніту, тим більшу магнітну індукцію необхідно створити для його повного намагнічування. Це є однією з перешкод для виготовлення дуже великих магнітів. Як правило, магнітна установка дозволяє якісно «намагнітить» магніти з текстурованим розміром до 50 см.

7) Нанесення захисного покриття. Цей етап є завершальним. Для запобігання корозії і захисту від інших несприятливих умов зовнішнього середовища після виготовлення магнітів *NdFeB*, вони покриваються різними матеріалами, в основному, це гальванічне покриття нікель, мідь, цинк. Для особливо агресивного оточення

використовують комбінацію різних видів покриттів, в ряді випадків їх доповнюють шаром епоксидної смоли, спеціального стійкого полімерного матеріалу або обробляють фосфатами.

2.2.4 Машини малої потужності з постійними магнітами

Двигун на постійних магнітах використовують рідше, ніж асинхронний варіант виконання. Для того, щоб оцінити можливості цього варіанту виконання, слід розглянути особливості конструкції, експлуатаційні якості і багато іншого.



Синхронна машина з постійними магнітами на роторі

Колекторна машина зі збудженням від постійних магнітів

Електрична машина на постійних магнітах не сильно відрізняється по виду конструкції. При цьому, можна виділити наступні основні елементи: Зовні використовується електротехнічна сталь, з якої виготовляється осердя статора. Потім йде стрижнева обмотка, хрестовина ротора і за нею спеціальна пластина. Потім, виготовлені з електротехнічної сталі, секції осердя ротора. Постійні магніти є частиною ротора. Конструкцію завершує опорний підшипник.

До основних моментів можна віднести:

– Створюване магнітне поле ротора вступає у взаємодію з подаються струмом на обмотку статора. Закон Ампера визначає створення крутного моменту, який і змушує вихідний вал обертатися разом з ротором.

– Магнітне поле створюється встановленими магнітами.

– Синхронна швидкість обертання ротора зі створюваним полем статора визначає зчеплення полюса магнітного поля статора з ротором. З цієї причини, що розглядається двигун не можна використовувати в трифазній мережі безпосередньо. В даному випадку, потрібно в обов'язковому порядку встановлювати спеціальний блок управління.

2.2.5 Модернізований генератор для ВЕУ на базі асинхронної машині з постійними магнітами

Переробка АД – досить популярний метод виготовлення генератора для вітрогенератора. АД з малою кількістю полюсів розраховані на високі обороти, наприклад двохполюсні на 3000 об/хв, але для вітрогенераторів потрібні низькі обороти, з цього потрібно вибирати самі низько-спритні двигуни. Зараз в доступності самі низько-спритні на 750 і 1000 об/хв, відповідно на 8 і 6 полюсів.

Двигуни на 2-4 полюса доводиться перемотувати щоб зробити більше кількість полюсів, це досить складно і витратно, а двигуни на 6-8 полюсів годі й перемотувати і використовувати як є. Вся переробка двигуна в генератор полягає в переробці ротора на неодимові магніти. Робиться це досить просто, рідний ротор просто проточується на товщину магнітів (до прикладу 5 мм), далі ротор ділиться на кількість полюсів (наприклад 8) і на полюса наклеюються магніти.

Магніти підбираються невеликих розмірів і з них набираються полюса. Наприклад двигун AIP112MB8 3 кВт має ротор діаметром 131 мм, а довжина 130 мм. Значить довжина окружності ротора (130 мм*3,14 = 408,2 мм), але ми проточуємо ротор на 5 мм, значить ((130-10) мм*3,14 = 376,8 мм) ділимо на кількість полюсів (376,8/8 = 47,1 мм) і отримуємо ширину полюса 47,1 мм. Магніти візьмемо 300*10*5 мм, їх поміститься 4 ряди в полюсі і залишиться зазор в 7 мм між полюсами. По довжині ротора, що дорівнює 130 мм, встановлюють 4 магніти довжиною 120 мм. На ротор потрібно по 16 магнітів на полюс, а всього знадобиться 128 магнітів.

Можна використовувати магніти будь-яких інших зручних розмірів для набору полюсів. Магніти клеять на супер-клей і інші клеї, а після наклейки обертається ротор скотчем і заливається епоксидною смолою. Щоб найбільш ефективно використовувати магніти потрібно робити мінімальний зазор між магнітами і статором, тоді діаметр ротора з магнітами роблять по діаметру статора, щоб він на міліметр не заходив в статор. Після наклейки і заливки магнітів ротор підганяють в статорі шліфуючи магніти, сточують по немалу і пробують вставляти в статор, домагаються того щоб магніти були якомога ближче до зубів статора і при цьому ротор обертався вільно без зачепів статора. При шліфуванні дуже важливо не перегріти магніти, можна шліфувати на болгарки поливаючи водою, або на токарному верстаті.

Малопотужні асинхронні двигуни від 0,18 до 1 кВт без перемотування статора не підходять для вітрогенераторів, енергію звичайно давати будуть, але через великий опір обмоток струм зарядки буде дуже маленький. Наприклад 6-ти полюсний двигун потужністю 0,55 кВт має опір фази 22 Ом, і при 600 об/хв потужність буде всього 69 Вт на АКБ 12 В, а на 48 В – близько 180 Вт.

2.3 **Електричні генератори для ВЕС та міні-ГЕС**

Гідроелектростанція – це електростанція, яка використовує енергію води. Найчастіше, вона будується на річках. Для цього будують водосховища і греблі. Щоб ГЕС ефективно виробляла електроенергію, повинні бути дотримані 2 головні чинники: величезні ухили річки і забезпеченість водою на протязі цілого року. Зрозуміло, що мінігідроелектростанція використовує енергію маленьких водойм. В цілому ідея гідроенергетики в світі є не новою і досить випробуваною. Але, скажімо, якщо взяти за приклад Австрію - там робота над розробкою та будівництвом ГЕС триває 6-10 років, будівництву передують роки розрахунків та досліджень, щоб максимально вписатися в природні умови, зменшити вплив на навколишнє середовище, врахувати всі можливості. Будівництво дамб і гребель, відбір значної кількості води в деріваційних ГЕС та те, що потім цю воду скидають під тиском в іншому місці, - все це може привести до

порушення рівноваги і до того, що русло річки зміниться і почнуться зсувні і ерозійні процеси, які вже сьогодні є однією з найбільших проблем Карпат.

В Україні, де чітко виражені години пікового споживання електроенергії, крім великих проблем з базовими потужностями, варто істотне питання про їхній брак. Відсутність розвинених ліній електропередачі, досить великі відстані роблять можливим забезпечення електроенергією цих споживачів тільки за рахунок автономних джерел енергії – дизельних електроустановок, сонце- і ВЕУ. Сонячна енергетика для України можлива для дуже невеликого географічного регіону і не весь календарний рік, а інші нетрадиційні способи отримання енергії: приливні станції, гейзерні, геотермальні і т.п., – або не існують, або знаходяться в стадії перших розробок. Таким чином, на сьогоднішній день для України має сенс розглядати тільки вітроенергетику та малі ГЕС. В даний час в нашій країні в області електроенергетики, як вказувалось, є значні невирішені проблеми, які є загальними для всіх країн:

1) наростаюче забруднення навколишнього середовища, безперервне зростання населення;

2) обмеженість паливних і мінеральних ресурсів;

3) значні втрати електроенергії в процесі отримання, розподілу та споживання. Збільшення рівня втрат електроенергії визначається також поганим технічним станом електромереж, недосконалими системи обліку викликають. За оцінками фахівців втрати електроенергії у всіх мережах України складають 15-18%.

Електричні машини традиційного виконання не мають перспектив радикального поліпшення силових і економічних показників шляхом підвищення електромагнітних навантажень, принаймні, в діапазоні малих і середніх одиничних потужностей. Найбільшою мірою в даний час необхідні машини наступних значень потужності:

1) від 1 до 5 кВт для енергетичних установок індивідуального користування, що працюють від енергії вітру, сонця, і інших поновлюваних джерел енергії;

2) від 1 до 1000 кВт для мікро- і міні-ГЕС;

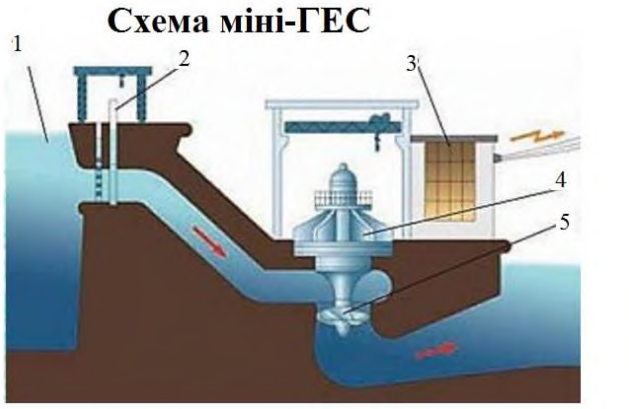
3) від 300 до 2000 кВт для автономних електростанцій для невеликих населених пунктів і для роботи в складі електроприводів з високими швидкостями;

4) від 500 до 10 тис. кВт - генератори для роботи з паровими і газовими турбінами для вирішення проблем міст з населенням в 20 - 100 тис. жителів;

5) від 16 до 320 МВт (турбогенератори з повітряним охолодженням) – для технічного переозброєння ТЕС і ТЕЦ.

Зростаючий попит на енергоносії і боротьба за екологічну безпеку змусили вчених шукати нові підходи до перетворення відновлюваної енергії води в електрику. Як вдалий варіант застосування міні-ГЕС для використання на річках зі швидкістю течії від 1 м/с пропонується конструкція малогабаритної плаваючою на міні-понтоні малої електростанції. Ефективність міні-ГЕС вище, ніж ефективність інших альтернативних джерел, але виникає питання: наскільки вона буде відчутна при використанні міні-ГЕС на рівнинних річках без споруди додаткових гідротехнічних споруд?

Для міні-ГЕС гідрогенератор складається з регульованого безколекторного генератора з постійними магнітами. Вони мають більший ККД у порівнянні з іншими міні-ГЕС - гідрогенераторами і здатна виробляти більше 1 кВт електроенергії. Гідрогенератори міні-ГЕС оснащають робочим колесом з шорсткою міді, універсальними гідравлічними насадками (настроюються розміри - від 3 мм до 25 мм). У комплект входить цифровий мультиметр для вимірювання сили струму на виході. Вся система міні-ГЕС - гідрогенератора виготовлена з нержавіючих сплавів.



1 -водосховище; 2 - затвор; 3 - трансформаторна підстанція з розподільчим пристроїм; 4- гідрогенератор; 5 - гідротурбина

У Закарпатті прийняли програму з будівництва 330 міні-ГЕС. Побудувавши сотні ГЕС в гірських районах Закарпаття можна зменшити енергозалежність України. Але якщо ці плани все-таки виконають, це нашкодить туристичному потенціалу, рідкісним річковим зоо-видам та карпатським річкам. Будівництво міні-ГЕС, безсумнівно, буде мати вплив на біорізноманіття. Постраждають і червонокнижні веснянка, і лосось дунайський, який знаходиться в Червону книгу, і струмкова форель, що входять до переліку зникаючих видів, і харіус європейський, вид, що вписаний не лише в Червону книгу України, а й визначено як уразливий у всій Європі.

Більшість із запланованих для будівництва ГЕС належать до так званим «деривацийних» (їх ще називають« прируслові). Принцип їх роботи такий: воду з гірської річки скидають в трубу, через яку вона тече від кількох сотень метрів до кількох кілометрів, потім потрапляє на агрегат, розташований нижче за течією, крутить турбіну, і потім її скидають назад в русло річки. При проектуванні цих гідроспоруд не надто зважають на рекреаційної привабливістю і навіть із заповідним статусом території. Вважається, що жодного негативного впливу ці споруди ні навколишньому середовищу, ні на рекреаційного потенціалу не принесуть.

Міні-ГЕС привабливі для підприємців-власників міні-ГЕС: якщо порахувати витрати на виробництво одного кіловата і не враховувати вище перелічених наслідків для природи і регіону, то гідроенергетика та дійсно є одним з найдешевших способів виробництва енергії. А продавати цю енергію в мережу не по ринкової ціні, а за зеленим тарифом, який в кілька разів перевищує вартість одного кіловата для споживача.

Міні-ГЕС вважаються прекрасною альтернативою для централізованого енергопостачання в важкодоступних і віддалених районах, а також районах, де обмежена передавальна потужність ЛЕП. Під час використання мікро-ГЕС, набагато легше вирішити проблему з перебоями електрики, а також зафіксувати ціну енергоресурсів на доступному для користувача рівні. Головними джерелами мікро-ГЕС є маленькі річки та струмки. Але є й інші джерела енергії для гідроелектростанції. Це системи водопідготовки, технологічні водостоки (наприклад, каналізаційні або промислові скиди), справжні перепади висот на зрошувальних каналах.

Ефективність міні-ГЕС вище, ніж ефективність інших альтернативних джерел, але на скільки вона буде відчутна при використанні міні ГЕС на рівнинних річках без споруди додаткових гідротехнічних споруд не відомо. Для отримання великої кількості енергії потрібен суттєвий потік, як повітря, так і води. В умовах центральної України з цим погано. Але, тим не менше, розроблені міні-ГЕС, які здатні працювати на потоках води швидкістю (1,5-2) м/с.

Серйозною перешкодою для продуктивної експлуатації обладнання може стати недостатня сила течії. В цьому випадку доведеться будувати допоміжні споруди, що буде пов'язано з додатковими витратами. Відзначимо відразу, будівництво міні-ГЕС суто індивідуально. Тому, не дивлячись на те, що в Україні освоєно виробництво турбін різної потужності, необхідно проектування і прийняття до уваги всіх особливостей конкретного водоймища.

2.4 **Економічні аспекти втілення ВЕС та міні-ГЕС**

В останні роки в багатьох країнах досягли значних успіхів у підвищенні економічності будівництва ВЕС, надійності, терміну служби і в зниженні собівартості електроенергії. Якщо брати до уваги ще й екологічні фактори, то ВЕС вже сьогодні виявляється більш економічною, ніж електростанції на вугіллі і АЕС. Широкий спектр використання характерний для сучасних автономних вітроенергетичних установок (ВЕУ). Крім забезпечення електроенергією різних автономних споживачів, вони застосовуються для вироблення тепла і механічної енергії, необхідних в різних сферах промисловості, сільського господарства і життя суспільства. Для заохочення розробок і впровадження ВЕУ, уряди низки країн (Швеція, Данія, Норвегія, Великобританія, Австрія) видають приватним фірмам великі субсидії, які доходять часом до 35-50% капітальних вкладень

Темпи створення ВЕУ в Україні відстають від темпів розвитку цього напрямку в інших розвинених країн. Це відбувається, перш за все, через відсутність дієвого господарського механізму, стимулюючого розвиток децентралізованої енергетики, непідготовленості машинобудування до серійного випуску сучасного ефективного обладнання для таких установок. Негативний вплив справила також стратегія розвитку

енергетики в 60-ті – 80-ті роки - орієнтація на будівництво великих електростанцій у зв'язку зі значним зростанням видобутку нафти і природного газу.

Вітроенергетична техніка в порівнянні з іншими джерелами енергії володіє очевидними перевагами. Серед них:

– відсутність витрат на видобуток і транспортування палива;

– низькі питомі трудовитрати на спорудження ВЕУ - ці витрати на порядок менше, ніж для теплових і атомних станції;

– широкий технологічний діапазон прямого використання енергії ВЕУ (зокрема, автономність і робота в централізованих мережах, сумісність з іншими джерелами енергії);

– короткі терміни введення потужностей в експлуатацію;

– відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище (в цьому відношенні вітротехніка поступається лише геліосистемам).

2.5 **Роторні (ортогональні) вітроустановки**

Відмінні експлуатаційні та технічні характеристики ортогональних (роторних) вітроустановок, оригінальний зовнішній вигляд, плавне безшумне обертання ротора, цікавий дизайн, екологічність і сучасність - все це свідчить про перспективність цього напрямку.

На вітроустановках "Махаон" з вертикальною віссю обертання використовуються низькообертовий генератори з збудженням від постійних магнітів $NdFeB$. На відміну від генераторів, що застосовуються на класичних гвинтових установках, номінальна швидкість обертання становить 200-300 об/хв. Тому при малих і середніх вітрах (від 3 до 7 м/с) ККД роторних установок "Махаон" значно вище, ніж гвинтових .

Вітродвигун (ротор) вітроустановок "Махаон" виготовляється з двома або трьома вертикальними крилами на кожному ярусі, і різними екранами. Генератор з мультиплікатором встановлюється вертикально на столі-опорі під ротором. Обертання передається від ротора на генератор безпосередньо або за допомогою мультиплікатора.

Генератор однофазний, змінного струму зі збудженням від постійних магнітів, розташованих на роторі. Практично не вимагає обслуговування в процесі всього часу експлуатації. Розрахунковий термін експлуатації 15 років. Номінальна швидкість обертання генератора – 200-300 об/хв в залежності від потужності генератора. Генератор має низький момент страгування, практично рівний нулю, що дозволяє почати вироблення електроенергії при швидкості вітру 2,2 м/с. Опорно-монтажний стіл роторної вітроустановки дозволяє встановити її на даху будівлі, будь-який інший щоглі або стовпі без комплектування штатної щоглою.

Роторні установки абсолютно безшумні, мають порівняно малу швидкість обертання ротора (до 200 об/хв), працюють в широкому діапазоні вітрів (від 2 до 50 м/с), не бояться штормових вітрів, не вимагають орієнтації на вітер, здатні добре працювати при низовому або протяжному вітрі, тому не вимагають високого підйому ротора над землею.

Переваги роторних вітроустановок: не бояться різких короткочасних поривів вітру; не бояться снігопадів, обмерзання, відмінно працюють в умовах сніжної зими, навіть за умови налипання снігу на ротор і ефективне працює при малих швидкостях вітру (3-4 м/с); легко трогається з місця при вітрі менше 1 м/с; ротор не стоїть на місці (в одній площині, як повітряний гвинт), а постійно йде від вітер, тому установки не бояться штормових вітрів і легко, без додаткових заходів безпеки, в тому числі конструктивних, використовуються в більш широкому діапазоні вітрів (від 2 до 50 м/с). З підвищенням швидкості вітру тільки збільшується стійкість (ефект дзиґи або гіроскопа); модульність конструкції ротора дозволяє нарощувати необхідну потужність установки за рахунок кількості модулів; можливість монтажу установки на різних площах (дахи будівель, платформи, вишки, мобільні споруди (вагончики та ін.); повна безшумність при всіх режимах роботи; відсутність необхідності флюгерної системи, яка орієнтує гвинт на вітер, що дозволяє установці працювати при нестійких у напрямку вітрах, при різкій зміні напряму вітру; порівняно мала швидкість обертання ротора (до 200 об/хв.) збільшує ресурс роботи підшипників, інтервал між мастилом рухомих поверхонь, загальний ресурс роботи; нерухомий, розміщений нижче ротора генератор доступний для огляду і обслуговування практично завжди без зупинки і демонтажу установки; можливість "підстроювання" системи під конкретну місцевість з певною середньою швидкістю вітру, оскільки передача обертання від ротора на генератор здійснюється через мультиплікатор; можливість використання приземного низового вітру, а також протяжного - уздовж вулиць, будівель, враховуючи рельєф місцевості.

Серійна одноярусна роторна установка
потужністю 1 кВт. на секційній щоглі

2.6 **Порівняльна характеристика конструкції вітроелектростанцій**

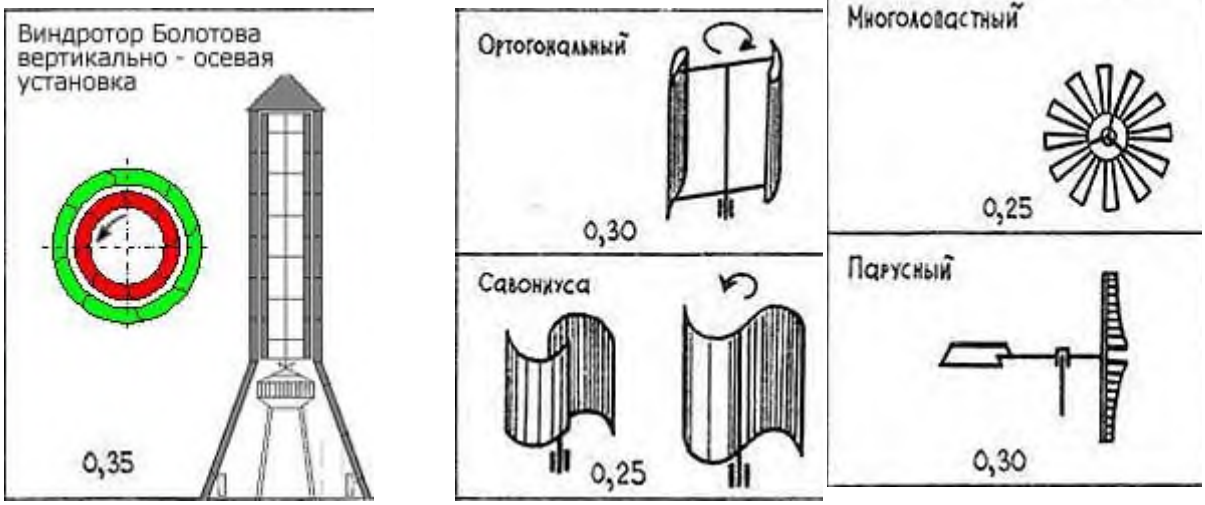
ВЕУ працюють спільно з акумуляторною батареєю. Батарея повинна складатися з акумуляторів (від 4 до 16-і – в залежності від потужності генератора і напруги на акумуляторної батареї) ємністю 190-215 А/годину кожен і загальним напругою 24 або 48 В. Для з'єднання акумуляторів в акумуляторної батареї використовуються спеціальні акумуляторні дроти великого перерізу з мідним дротом.

У роторних вітроприймальних конструкціях, як лопатей застосовують різні криволінійні поверхні. При деяких перевагах (низький рівень шуму, широкий діапазон робочих вітрів, мала площа установки) дана конструкція має істотний недолік – низькі обороти (не більше 400 об/хв), тому поступається крильчатим вітроустановки.

Існуючі вітроелектростанції можна розділити на дві основні групи в залежності від розташування осі обертання валу генератора:

Горизонтально розташованим валом генератора (HAWT – Horizontal Axis Wind Turbines) – пропелерні. Вертикально розташованим валом генератора (VAWT – Vertical Axis Wind Turbines) – віндроторні.

Історично склалося так, що пропелерні (HAWT) набули широкого поширення. Віндроторні станції (VAWT), теоретично перевершуючи по ряду економічних і технічних характеристик пропелерні ВЕС, до теперішнього часу просто не мали достатньо простого і економічно виправданого рішення конструкції. В даний час існують різні типи ВЕС з різними технічними і енергетичними характеристиками (вказані коефіцієнти використання енергії вітру).



Пропелерні вітростанції мають 1,2 або 3 лопаті складної конструкції, дорогий редуктор, систему контролю і гальма. Відомо, що з вітру максимально можна отримати 59% кінетичної енергії, після чого рух повітря припиниться.

Перетворення кінетичної енергії вітру пропелерними станціями в механічну широко варіюється з ККД в межах від 10 до 30%, залежно від типу станції. Можна уточнити, що ці результати вірні тільки в тому випадку, якщо напрямок вітру перпендикулярно робочого профілю лопатей станції. При поривчастим і мінливому вітрі результати добування енергії вітру більш гнітючі, оскільки системи "наведення на вітер" є примітивними у вигляді хвоста і розташовані за робочою поверхнею пропелера, в "відпрацьованому" потоці повітря, а не у вступнику. Через неефективність навіть такого наведення на вітер багато сучасних вітростанції випускаються без системи "наведення" (у великих станціях "наведення на вітер" здійснюється за рахунок повороту лопатей пропелера спеціальним механізмом).

Механічна енергія пропелерних станцій перетворюється в електричну за ККД 50-69%, але пропелерні станції часто виходять з ладу через високо розташованого вітроагрегата, оскільки не проводиться щорічне обслуговування і заміна оливи. Як результат – відносно висока вартість кВт·год електроенергії.

ВРТБ – вітроелектростанція з вертикально розташованим валом генератора (VAWT). Основною перевагою конструкції вітростанції є її незалежне «наведення на вітер». Необмежена швидкість обертання ротора дозволяє працювати з усіма зустрічаються вітрами, включаючи штормові. Незалежно від розмірів станції генератор, система управління та інше обладнання встановлюються на рівні землі.

Протягом року бувають періоди затишшя вітрової активності, особливо це характерно для літніх місяців. В цей час вітер з'являється короткочасно або може взагалі бути відсутнім кілька днів поспіль. Вирішення питання енергопостачання об'єкта знаходиться в залежності від добового, тижневого і місячного графіків вітрової активності. Якщо затишшя короткочасні, в межах до 6-8 годин, з подальшим появою вітру силою понад 5-6 м/с, резервним джерелом живлення може служити акумуляторна батарея. При тривалих періодах зниження швидкості вітру до 3-4 м/с або затишшя, коли за рахунок енергії вітру може бути забезпечене електропостачання тільки частини споживачів (потреби першої категорії), до складу системи електропостачання повинна вводитися дизельна/бензинова електростанція або проводитися включення в місцеву електромережу.

Біля берегів Великобританії в Ірландському морі запустили найбільшу в світі плавучу вітряну електростанцію. Про це повідомляється на офіційному сайті датської компанії Orsted. Станція має 87 вітрогенераторів. Загальна площа станції складає приблизно 20 тисяч футбольних полів. Її потужність становить 659 МВт, що достатньо для

забезпечення електроенергією майже 600 тисяч британських будинків. BEC використовує два типи вітрогенераторів: 40 Siemens Gamesa висотою 188 м, кожен з яких дозволяє генерувати 7 МВт, а також 47 генераторів MHI Vestas висотою 195 метрів, які генерують 8 МВт кожен.

Перша в світі плавуча електростанція запрацювала в жовтні 2017 року 25 км від берегів Шотландії. Електростанція Hywind потужністю 30 МВт використовується для подачі енергії в місто Пітерхед.

2.7 **Перспективи сучасної вітчизняної електроенергетики**

Внесок вугілля в світову генерацію електрики за тридцять років скоротиться з нинішніх 37% до 12%, а нафта практично перестане використовуватися для цих цілей. Частка природного газу, а також атомної та гідроенергетики зміниться мало.

Швидше за все процес переходу на ВДЕ буде йти в Європі. Завдяки жорсткій політиці до 2050 року 92% електрики в ЄС будуть вироблятися на основі чистих джерел. У США і Китаї декарбонізація займе більше часу.

За прогнозом BNEF, до 2050 року попит на електроенергію зросте на 62%. Будівництво нових генеруючих потужностей потребує інвестицій в розмірі $ 13,3 трлн. З них на енергію вітру доведеться $ 5,3 трлн., а на енергію Сонця - $ 4,2 трлн. Крім того, $ 840 млрд. буде витрачено на розгортання систем зберігання енергії.

Незважаючи на бурхливе зростання ВДЕ, перспективи утримати глобальне зростання температур на рівні 2 ºС залишаються неясними. З одного боку, траєкторія декарбонізації багатьох країн сумісна з цілями Паризької угоди, щонайменше, до 2030 року. Однак потім буде потрібно набагато більше зусиль по скороченню викидів парникових газів, включаючи розвиток атомної і водневої енергетики, а також систем уловлювання вуглекислого газу.

Напрямки розвитку електроенергетики носять явно виражений національний характер. Постає питання: чи розвивати теплову енергетику на органічному паливі, віддати перевагу атомній енергетиці, вкладати сили і кошти в розвиток екологічно чистої електроенергетики від поновлюваних джерел ... Аналогічні проблеми є і в виборі напрямків розвитку генеруючого обладнання: підвищувати одиничну потужність генераторів, наприклад, до 1500 МВт, або віддати перевагу малим джерел енергії з метою їх безпосереднього наближення до споживача, проводити технічну реконструкцію встановленого на ТЕС зношених ого електрообладнання з використанням прийомів діагностики та подальшої реабілітації. І такі питання виникають в кожному секторі, пов'язаному з виробленням, розподілом і споживанням електроенергії. Єдине, що не викликає питання - це необхідність впровадження енергоресурсозбереження.

Енергоресурсозбереження - одна з найбільш серйозних проблем для національного виробника. Сьогодні на виробництво одиниці ВВП в Україні в середньому витрачається майже в 3 рази більше енергоресурсів, ніж в європейських країнах. Особливо це стосується енергоємних підприємств промислового комплексу. Інвестиції в енергоефективність повинні вести до скорочення витрат на енергію, зростання конкурентоспроможності, поліпшенню надійності постачання і зниження впливу на екологію. Незважаючи на явні переваги, програма енергоефективності в промисловості впроваджується досить важко через існування численних бар'єрів. Експерти виділяють наступні перешкоди для впровадження сучасного енергозберігаючого обладнання:

1) відсутність механізмів фінансування для заміни або ремонту (реабілітації) електрообладнання;

2) відсутність механізмів підготовки кадрів, здатних не тільки експлуатувати нову техніку, але і вносити певний внесок в її створення і розвиток;

3) відсутність інформації про принципи підбору енергоефективного обладнання і про можливості його сервісного обслуговування.

Впровадження енергоефективних технологій на виробництві може дати до 30% скорочення втрат, забезпечити різке підвищення економічності галузі, забезпечити зниження шкідливих викидів і т.п. Але досягнення відчутного ефекту від політики енергозбереження можливо лише при істотних структурних зрушеннях в створенні і використанні енергозберігаючих технологій по всьому ланцюжку «вироблення - передача - споживання електроенергії» у всіх галузях економіки і соціальній сфері.

Необхідно переглянути енергетичну політику, спираючись на зниження питомого енергоспоживання і на збільшення відрахувань на охорону навколишнього середовища. Питання сталого і безпечного розвитку енергетики нерозривно пов'язані з загальносвітовими, глобальними проблемами, такими, як зміна клімату, стійке або кризовий розвиток економіки, забезпечення нормальної життєдіяльності населення. Необхідне посилення політики енергозбереження, оскільки майже третина всіх видобуваються енергоресурсів в даний час не використовується (втрачається), що призводить не тільки до економічного, а й до екологічного збитку.

Спільними і багато в чому стійкими є тільки два головних аспекти прогнозування розвитку енергетики, які визначають початкові умови прогнозування – це неодмінна збереження попит на довгострокові стійкі джерела енергії та необхідність екологічної безпеки при її використанні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Шевченко В. В. Основы электроэнергетики: учебное пособие для студентов электротехнического профиля спец. 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика». – Харьков: ФОП Панов А. М., 2019. – 338 с.

2. Мілих В. І., Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. / За ред. В. І. Мілих. – Київ: «Каравела», 2007. – 688 с.

3. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине. // Харків: Енергетика та електрифікація. – 2007– № 7(287). – С. 11-16.

4. Шевченко В.В., Баженов А.С., Лаврененко Т.А. Конструкции ветроэнергетических установок при решении проблем промышленной энергетики. // Харків: ХУПС. – Системи обробки інформації. Зб. наукових праць. – 2008. – Вып. 3(70). – С. 151-156.

5. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэлектрогенераторы: учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. Под ред. А.И. Яковлева – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т, 2003. – 400 с.

6. Мілих В.І. Літерні позначення величин та параметрів електричних машин. Методичні вказівки до використання в навчальному процесі кафедри «Електричні машини».– Харків: НТУ «ХПІ», 2007.– 31 с.

7. Шевченко В.В., Кныш С.Ю., Заныхайло Е.А. Економічне порівняння вітроенергетичних установок з різними типами електричних генераторів змінного струму. // Харків: ХУПС. – Системи обробки інформації. Зб. наукових праць. – 2011. – Вип. 4(94). – С. 94 - 98.

8. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения. – Москва: Журнал «Энергетика и ТЭК». – 2013. – № 1.

9. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Гаврина О.А. Гидроэнергетика: учебное пособие. – Владикавказ: Северо-Кавказский горнометаллургический институт. – Изд-во «Терек», 2018. – 132 с.

10. Виссарионов В.И. Водно-энергетические и водохозяйственные расчёты: учебное пособие для студентов вузов. – Москва: Издательство МЭИ, 2001. – 56 с.

11. Липкин В.И., Богомбаев Э.С. Микрогидроэлектростанции: Пособие по применению. – Бишкек: 2007 г. – 30 с.

12. Лукутин Б.В. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций. - Томск: ТПУ, 2001. – 104 с.

13. Михайлов Л.П., Фельдман Б.Н., Марканова Т.К. и др. Малая гидроэнергетика - Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.

14. Чекараш И. Малая нетрадиционная и возобновляемая энергетика. Энергия из реки. Сверхмощные универсальные микро-ГЭС. – Москва: Aegitas, 2018. – 21 с. – ISBN 978-1-77313-987-6.

15. Ясинский В.А., Мироненков А.П., Сарсембеков Т.Т. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. – Алматы: Евразийский банк развития, 2011. – 36 с.

16. Davis S. (Editor). Serious Microhydro: Water Power Solutions from the Experts Publisher: New Society Publishers. 2010. – 336 p. URL: https://www.twirpx.com/file/1023003/

17. Davis S. Microhydro. Clean Power from Water. – Publisher: New Society Publishers. 2003. – 176 p.

18. Elliott R. Colin Eisenring Markus. Micro Pelton Turbines. – SKAT - Swiss Center for Appropriate Technology (Vol. 9), 1991. - 353 p.

19. Inversin R. Allen. Micro-hydropower Sourcebook. – NRECA International Foundation, 1986. 295 p.

20. Leyland B. Small Hydroelectric Engineering Practice. – Balkema: CRC Press, 2014. – 254 p.

21. McKinney J.D., Warnick C.C. Microhydropower Handbook: volume 1. – US Department of Commerce - NTIS, 1983. – 430 p.

22. Tiemersma J.J., Heeren N.A. Small Scale Hydropower Technologies. – TOOL Foundation – Technical Development with Developing Countries, 1980. – 113 p.

Електронні ресурси

1. Малая гидроэнергетика. https://www.twirpx.com/files/science/tek/hysro_small/

2. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. Автор: В. Родионов. URL: http://vetrogenerator.com.ua/base/book/

ДОДАТОК

Приклад оформлення титульного листа розрахункових завдань

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Кафедра електричних машин

ЗАВДАННЯ ПО ДИСЦИПЛІНІ

«ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРІВ ВЕС та міні-ГЕС»

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ, РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ
І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ З ДИСЦИПЛІНИ
«ЕЛЕКТРИЧНІ ГЕНЕРАТОРИ ВЕС та міні-ГЕС»

для студентів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини»

студента 6 курсу групи _____

_____

(прізвище, ім’я, по-батькові студента)

Назва розділу	Дата виконання, оцінка, підпис викладача
1 Скласти відповіді на питання	
2 Виконати дослідження	

Харків 20___ р.

ЗМІСТ

ВСТУП ……..…….. 3
1 ЗАВДАННЯ ……..……..…… 4
1.1 Скласти відповіді на питання ……..…….. 4
1.2 Виконати дослідження ……..…… 4
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ …….. 4
2.1 Проблеми та основні напрямки розвитку електроенергетики України … 4
2.2 Види постійних магнітів та засоби їх стабілізації …….. 6
2.3 Електричні генератори для ВЕС та міні-ГЕС ……..…… 14
2.4 Економічні аспекти втілення ВЕС та міні-ГЕС …….. 17
2.5 Роторні (ортогональні) вітроустановки ……..…… 18
2.6 Порівняльна характеристика конструкції вітроелектростанцій …… 20
2.7 Перспективи сучасної вітчизняної електроенергетики ……. 22
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ …… 24
ДОДАТОК Приклад оформлення титульного листа розрахункового завдання …….…….... 25

Навчальне видання

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРІВ ВЕС та міні-ГЕС

Контрольні питання, розрахункові завдання
методичні вказівки з дисципліни
«ЕЛЕКТРИЧНІ ГЕНЕРАТОРИ ВЕС та міні-ГЕС»

для студентів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка
і електромеханіка» за спеціалізацією Електричні машини

У к л а д а ч і :
ШЕВЧЕНКО Валентина Володимирівна
ЄГОРОВ Андрій Володимирович

Відповідальний за випуск *В.І. Мілих*

Роботу до видання рекомендував *Б.Г. Любарський*

План 2020 р., поз.
Підп. до друку Формат 60×84 1/16. Папір офісний. *Riso* – друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 1,7. Обл.- вид. Арк. 2,0. Наклад 50 прим.
Зам. № . Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2