Лабораторна робота № 5

Вітроенергетика:

Загальні відомості. Енергетична характеристика енергії вітру. Типи вітроустановок та їх характеристики. Переваги та недоліки використання вітроенергетики

Короткі теоретичні відомості

Енергія вітру є вічно поновлювальною й невичерпною, поки гріє Сонце. Вітер утворюється на Землі в результаті нерівномірного нагрівання її поверхні Сонцем. Розрізняють види вітрів: пасати, мусони, бризи.

Пасати утворюються в результаті нагрівання екваторіальної частини Землі. Нагріте повітря піднімається вверх, захоплюючи за собою повітряні маси з півночі і півдня. Обертання Землі відхиляє потоки повітря, в результаті чого утворюються рухомі цілорічні потоки повітря з постійною силою – північно-східний пасат у Північній півкулі і південно-східний пасат у Південній півкулі.

Пасати дують у приекваторній зоні, що знаходиться між 25° і 30° північної і південної широти відповідно. По-англійському пасати називаються trade winds, що буквально означає "торгівельні вітри" (тобто вітри, які допомагають торгівлі). Ця назва виникла в часи, коли міжнародна торгівля відбувалася в основному за допомогою парусних суден.

Мусони – це вітри, які дують в Індійському океані та пов'язані з сезонними змінами температури материка і океану. Літом сонячні промені сильніше нагрівають сушу і вітер дує з моря на сушу, зимою мусон дує з суші на море. Обертання Землі викликає відхилення мусонів вправо, в результаті чого влітку дують південно-західні мусони, а взимку – північно-східні.

Утворення місцевих вітрів на границі морів і великих островів, які отримали назву бризів, пояснюється так. Повітря над водною поверхнею впродовж світлої частини доби залишається порівняно холодним, оскільки енергія сонячного випромінювання витрачається на випаровування води та поглинається нею. Над сушею повітря нагрівається завдяки тому, що вона поглинає сонячну енергію менше, ніж поверхня води. Нагріте повітря розширюється і піднімається вгору, а його заміняє холодне повітря від поверхні води. Вночі суша охолоджується швидше, ніж вода, і температура над водою буде вища, ніж над сушею. Тому вітри міняють свій напрямок, і холодне повітря суші витісняє нагріте повітря водної поверхні.

Аналогічно місцеві вітри утворюються в гірській місцевості, де протягом дня тепле повітря піднімається вздовж схилів, а вночі холодне повітря спускається в долини.

В деяких країнах існують свої місцеві вітри. Так, на півдні Франції в березні-квітні холодний північний вітер – містраль – часто дує декілька днів підряд. У Північній Америці, на східних схилах Скалистих гір, дує теплий сухий вітер чинук.

Сила вітру – це одне з найдавніших використовуваних людством джерел енергії, яке, безперечно, є одним із найбільш економічних. Мореплавці використовували силу вітру для морських подорожей під вітрилами ще за 3500 років до нової ери. Прості вітряки були значно поширені в Китаї 2200 років тому. На Середньому Сході, в Персії близько у 200 р. до н. е. почали використовуватися вітряки з вертикальною віссю для перемелювання зерна. Перші персидські вітряки виготовлялися з в'язанок очерету, які прикріплялися до дерев'яної рами, що оберталася, коли дув вітер; стіна навколо вітряка спрямовувала потік вітру проти лопатей.

В XI ст. в Європі почали поширюватися вітряки, що завозилися мандрівними купцями та лицарями з хрестових походів. Ці перші млини постійно вдосконалювалися, спочатку голландцями, потім англійцями, і врешті набули конструкції з горизонтальною віссю. Жителі Голландії виявили, що вітром дуже зручно користуватися для відкачування води, щоб осушити землю, що для цієї країни, яка розташована в низинах і тому потерпає від повеней, є дуже актуальним. Найбільш активно в допромисловій Європі вітряки використовувалися у XVIII ст., коли лише в одній Голландії їх було понад сто тисяч. З їхньою допомогою мололи зерно, качали воду й пиляли дрова. Згодом більшість вітряків, нездатних конкурувати з

дешевим і надійним викопним паливом, було замінено паровими двигунами. Однак і сьогодні вітряки використовуються досить широко.

В історії Сполучених Штатів вітряки відіграли дуже важливу роль в освоєнні Заходу Америки наприкінці XIX ст. Вони були життєво необхідні першим поселенцям Великих рівнин. Вітряки поставляли воду на залізницю та пасовища, в місця, віддалені від рік і джерел води. Пізніше вітряки стали використовувати у віддалених від населених пунктів господарствах для вироблення електричної енергії. За останні 100 років американці створили понад 8 млн вітрових установок для водопідняття, призначених у більшості випадків для пасовищ і худоби.

У старих вітряків лопаті були дерев'яними і могли використовувати близько 7 % енергії вітру. Завдяки новаторській праці Т. Перрі, який наприкінці XIX ст. провів близько 5000 експериментів із різними видами „колеса" (тобто ротора), дерев'яні лопаті поступилися місцем лопатям з вигнутого металу, що збільшило ефективність установок вдвічі – до 15 %.

Використовували енергію вітру з давніх часів і в Україні. В 1917 р. тут було близько 30 тис. вітряків, потужність яких становила близько 200 тис. кВт. З початком колективізації кількість вітряків значно зменшилася, а прагнення до гігантизму в радянські часи практично витіснило їх із використання. Лише, починаючи з 1990-х років, ситуація з вітроенергетикою в Україні змінилася на користь її розвитку.

Метеорологія користується шкалою швидкості вітру – її називають шкалою Бофорта. Перший варіант шкали характеризує швидкості вітру в балах від 0 (штиль) до 12 (ураган). Пізніше для оцінки швидкості дуже сильних вітрів добавили показники від 13 до 17 балів.

Метою практичного заняття є: засвоєння теоретичних знань з дисципліни «Нетрадиційні джерела електроенергії» і практичних навичок щодо розрахунку експлуатаційних витрат вітро – дизельної установки.

Вітрові електростанції доцільно сполучати і з гідроелектростанціями, що утворюють штучні водосховища. В кожному водосховищі має місце мілководна частина, в якій доцільно було б розташовувати вітрову електростанцію, не використовуючи ділянки земельних угідь. До плюсів такої комбінації можна віднести можливість використання підвищувальної підстанції гідравлічної електростанції і ліній електричних мереж, що відходять від підстанції. Збільшення потужності існуючої підстанції і пропускної здатності мереж електропостачання значно дешевше, ніж споруда нової підстанції і ліній електропередач.
Оскільки робота ВЕС має ймовірний характер, їх потрібно використовувати паралельно з певним акумулятором енергії або з іншим джерелом електроенергії (ГЕС, ТЕС, дизельна електростанція) для економії палива, що приведе до поліпшення екологічної обстановки.
Сумісну роботу вітроенергетичних установок і малих ГЕС можна застосувати як для одночасного вироблення електричної енергії, так і для використання енергії вітроустановки для підйому води у водосховищі. В останньому випадку використання енергії вітру буде нижче за рахунок втрат у насосах і турбінах ГЕС, однак буде мати місце регулювання вироблення електричної енергії.

В місцевостях, де відсутнє централізоване електропостачання (окремі фермерські господарства, лісгоспи, мисливські господарства тощо) доцільно використовувати комбінацію ВЕУ з дизель-генераторною установкою.

Задача

Для економічних розрахунків береться регіон із середньорічною швидкістю вітру 6 м/с, потужність дизель-генератора – 8 кВт, ВЕУ з установленою потужністю 8 кВт при розрахунковій швидкості вітру – 7,8 м/с. При роботі дизеля протягом року при номінальній потужності витрата дизельного палива становить приблизно 23 т, а при сумісній роботі з ВЕУ – 8 т. При вартості зекономленого палива приблизно 4 тис. дол. США і вартості ВЕУ 20-24 тис. дол. США тільки за

Розрахунок економії палива термін окупності ВЕУ дорівнюватиме 5-6 років.

Для більш глибокої економічної оцінки враховуємо всі експлуатаційні витрати за час експлуатації 25 років.

Вартість ВЕУ – приблизно 20 тис. дол. США, річні витрати на обслуговування ВЕУ полягатимуть у заміні масла в мультиплікаторі двічі на рік, при вартості однієї заміни приблизно 10 дол. США з врахуванням вартості масла. До того ж, за 25 років ймовірно доведеться змінити комплект лопатей вітроколеса, що коштує близько 5 тис. дол. США При врахуванні додаткових витрат у розмірі 3 % вартості ВЕУ повні сумарні витрати по ВЕУ за 25 років становитимуть

$C_{пВВ} = 1{,}3 \times 20\,000 + 5000 + 10 \times 2 \times 25 = 26\,100$ дол. США

Вартість дизель-генераторної установки – 5600 дол. США, кількість робочих годин за 25 років – 150000 тис. год, ресурс дизеля до капітального ремонту – 16000 год. Таким чином, за 25 років треба провести не менше 8 капітальних ремонтів. Умовно вважається, що після капітального ремонту ресурс дизеля повністю відновлюється; вартість капітального ремонту – приблизно 3000 дол. США. Двигуни внутрішнього згоряння витримують не більше 3-4 капітальних ремонтів, тому за 25 років потрібна повна заміна дизель-генератора. При експлуатації через кожні 50 год роботи потрібна зупинка дизеля, заміна

масла і змащення вузлів; річне обслуговування становитиме близько 1200 дол. США. Таким чином, сумарні витрати на дизель-генераторну установку за 25 років:

$C_{пДД} = 5600 \times 2 + 3000 \times 6 + 1200 \times 25 = 59\,200$ дол. США

За той же термін буде спалено палива (вартість 1 кг палива становитиме 0,326 дол. США) на суму:

$C_{паа} = 2{,}64 \times 15000 \times 0{,}326 = 12\,909$ дол. США

Економія коштів при експлуатації ВЕУ сумісно з дизель-генератором досягається за рахунок економії палива і збільшення терміну служби дизеля. Загальний час роботи дизель-генератора становитиме 45 % загального часу роботи, з них тільки 15 % на повній потужності; тому в придбанні другої установки немає потреби.

Висновок: таким чином, рентабельність ВЕУ з розрахунковою швидкістю 7,8 м/с і дизель-генераторною установкою вже буде при середньорічній швидкості вітру вище 3,5 м/с. До недоліків цього способу комбінування можна віднести обмеження використання вітрового потенціалу ВЕУ при швидкостях вітру більше 8 м/с. Тому в цьому випадку, можливо, доцільнішою буде комбінація ВЕУ з акумуляторними батареями.

Питання для самоконтролю:

1. Енергетична характеристика енергії вітру.
2. Дайте визначення поняттю – епюра швидкостей вітру над місцевістю.
3. Типи вітроустановок та їх характеристики.
4. Потенціал і перспективи розвитку вітроенергетики в Україні.
5. Переваги та недоліки використання вітроенергетики.

Список літератури

1. Мхитарян Н.М. Енергетика нетрадиційних і відновлювальних джерел. Київ, видавництво «Наукова думка». – 1999. – 320 с.Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. – СПб.: Наука, 2002. – 314 с.
2. Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии / Д.Твайделл, А.Уэйр. – М.: Эиергоатомиздат, 1990. – 390 с.
3. Соловей О.І. та ін.. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернянський, Г.В. Курбака; За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 490 с.
4. Розрахунок експлуатаційних витрат вітро-дизельної установки: Методичні вказівки до практичного заняття №8 з дисципліни „Нетрадиційні джерела електроенергії" для студентів базового напряму 6.05070101 „Електротехніка та електротехнології" усіх форм навчання / Укл. Дудурич О.Б. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012.