

**ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛОПАТЕЙ ТА РОТОРІВ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНИХ
УСТАНОВОК**

Сиротюк С. В., к.т.н.

Сиротюк В. М., к.т.н.

Чижевський Н.В., магістрант

Царюк С.В., магістрант

Візний В.М., студент

Львівський національний аграрний університет, Дубляни

ssyr@ukr.net

valsyr@ukr.net

naz380968636151@gmail.com

svatoslavcaruk@gmail.com

viva.viznyy@gmail.com

Актуальність та постановка проблеми. Вітроенергетика – є однією із ключових галузей відновлюваної енергетики, яка забезпечує 15% частки загального обсягу генерування електричної енергії. В Україні вітроенергетика також стрімко розвивається, і представлена великою кількістю встановлених вітропарків, сумарна потужність яких становить майже 794 МВт. Тому, в навчальних планах підготовки фахівців напряму електрична інженерія виділяються щораз більше часу для вивчення спеціальних дисциплін, які пов'язані із відновлюваною енергетикою. Підготовка фахівців даної спеціальності поряд із розвитком теоретичних засад потребує розвитку матеріальної бази, яка може бути представлена як повнорозмірними установками, так і лабораторними стендами.

Важливим, з точки зору якісного розуміння процесів, які відбуваються у вітрових роторах вітроелектричних установок є дослідження аеродинамічних характеристик. Причому, ці характеристики можуть бути досліджені на макетах, які повторюють конфігурацію профілю лопатей. Одним із таких експериментів, які дозволяють оцінити якість та ефективність взаємодії лопаті вітрового ротора є побудова кривої Лілієнталя, яка характеризує якісні її характеристики.

Основні матеріали дослідження. Конструювання та експлуатація вітроелектричних установок (ВЕУ) завжди вимагає аналізу характеру взаємодії лопатей та роторів з вітровим потоком. Причому, цей аналіз здійснюється на різних етапах виконання робіт з конструювання установок, і обов'язково є процедурою дослідження у реальних вітрових установках. Оскільки проведення повнорозмірних експериментальних досліджень аеродинамічних характеристик лопатей та вітрових роторів ВЕУ є доволі вартісним, то доцільним є застосування масштабованих експериментів із використанням лабораторних стендів.

Для розробки лабораторного стенда слід розробити його структуру, що дозволить виявити потребу у контрольно-вимірювальних та управляючих засобах. Основними складовими такого стенда є: каркасна конструкція з розміщеною на ній аеродинамічною трубою, обладнана регульованим вентилятором для зміни швидкості вітру у заданому діапазоні, і яка обладнана засобами вимірювання швидкості вітру; тензометричний вимірювальний пристрій, який обладнаний автоматичним поворотним приводом зміри кута атаки лопаті, яка взаємодіє з вітровим потоком; набір лопатей різного профілю; персональний комп'ютер та засоби вводу-виводу даних, реалізованих на базі мікроконтролерів, наприклад, типу Arduino. Реалізація лабораторного стенда також серед іншого передбачає виконання програмування як мікроконтролерів, так і екранного інтерфейсу користувача.

Експериментальні дослідження проводяться із застосуванням аеродинамічної труби, яка в певному масштабі відтворює вітровий потік, що дозволяє проводити

плановані експерименти в умовах змінного та сталого вітру. Нами було розроблено аеродинамічну трубу, яка є основною складовою апаратно-програмних засобів лабораторного стенда для дослідження аеродинамічних характеристик лопатей та роторів ВЕУ. Для розміщення у робочій зоні макетів лопатей та роторів вітрових установок застосовано систему монтажних конструкцій, які виготовлені на базі нержавіючих трубок та полімерних фіксаторів труб із застосуванням різьбових та зубчастих елементів. Конструктивно розроблена конструкція, відповідно до назви, виконана у вигляді труби з оцинкованого листа, яка розміщена на зварній станині. Для створення вітрового потоку застосовано вентилятор системи охолодження двигуна легкового автомобіля з живленням постійним струмом напругою 12В, що формує безпечність використання даної установки.

Особливістю системи живлення вентилятора є застосування ШІМ-контролера, який забезпечує можливість встановлення довільної швидкості вітру, а наявність ручного керування вихідної напруги дозволяє промодельовувати змінну швидкість вітрового потоку.

До контрольно-вимірювальних та керуючих приладів аеродинамічної труби відносяться: система живлення вентилятора, яка реалізована на базі мікропроцесорного ШІМ-контролера з вихідним каскадом на базі потужних IGBT-транзисторів, що дозволяє змінювати поточні параметри вітрового потоку; система поточного вимірювання швидкості вітру, яка реалізована на базі тричашкового анемометра, оснащеного давачами Холла та магнітною системою, що дозволяє сформуувати цифрову індикацію; система вимірювання частоти обертання валів вітрових роторів, яка організована на базі магнітної системи з первинними перетворювачами Холла; система вимірювання електричних параметрів електрогенераторів ВЕУ, зокрема величини струму та напруги, за якими формується індикація поточної потужності досліджуваної установки.

Для дослідження лопатей вітроустановок застосовано спеціальний електрифікований привод, який забезпечує встановлення лопаті відповідного профілю у вітровому потоці. Для визначення величини лобового опору та піднімальної сили застосовано тензоелектричні вимірювачі, виходи з яких після підсилення подаються на вимірювальну систему.

Крім того, для проведення інших видів експериментальних досліджень, установка додатково укомплектована іншими КВП, відповідно до специфіки виконаного дослідження. Всі КВП, які мають цифровий або аналоговий вихід приєднуються до мікропроцесора сімейства ARDUINO, що дозволяє передавати вимірювані параметри для візуалізації та архівування даних до персонального комп'ютера з використанням, наприклад, програмного середовища IDE, LabVIEW тощо.

Висновок. Розроблений лабораторний стенд дозволяє здійснити вимірювання сили лобового опору та піднімальної сили лопатей з різним профілем, а також побудувати аеродинамічну характеристику макетів вітрових роторів.

Список використаних джерел

1. Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру. Львів: "Магнолія 2006", 2017. 182 с.
2. Фатеев Е. М. Ветро двигатели ветроустановки. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. 544 с.