

## ОСНОВНІ ВИМОГИ ДІЮЧИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ПО ПРОЕКТУВАННЮ ВЕС

Ткалич Н.І. студент гр. МЕМп-191

Науковий керівник: Буйний Р.О., к.т.н., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка»

Запровадження на державному рівні стимулюючих тарифів на електричну енергію, яка виробляється відновлювальними джерелами, викликало бурхливий розвиток вітрових, фотоелектричних та біогазових електростанцій. За 2019 рік в Україні введено в експлуатацію 400 МВт генеруючих потужностей ВЕС та 2640 МВт ФЕС, які складають 6% від встановленої потужності усіх видів електростанцій.

Оскільки одиничні потужності таких електростанцій з кожним роком зростають і вже досягли сотень мегават, то постає проблема щодо правильного їх проектування та майбутнього функціонування в об'єднаній енергосистемі України. На законодавчому рівні було переглянуто ряд діючих нормативних документів та створені нові.

В даній статті розглянуто основні вимоги щодо проектування ВЕС, які останнім часом є популярними як для інвесторів, так і для власників земельних ділянок. Це пов'язано з тим, що земельні ділянки, на яких збудовано ВЕС, можуть далі використовуватися за прямим своїм призначенням.

Згідно з вимогами [1] приєднання ВЕС до мереж енергосистеми проводиться відповідно до технічних умов на їх приєднання, які видаються операторами систем розподілу розподільними електричними мережами або оператором систем передачі магістральними електричними мережами [2,3].

Як правило, окремі вітроенергетичні установки (ВЕУ) збираються у послідовну мережу і утворюють так звані групи (або ж вітроенергетичні модулі). Певна кількість груп утворює ВЕС (див. рисунок 1).

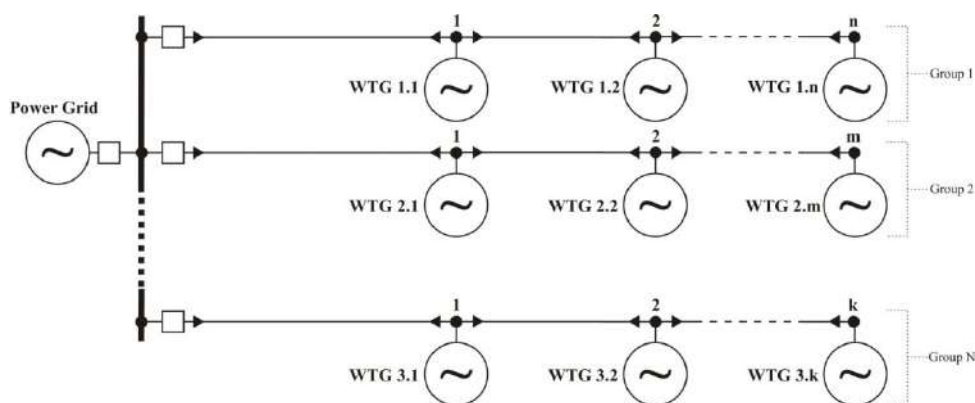


Рисунок 1 – Однолінійна схема мережі збору потужності ВЕС

У випадку відсутності поряд з майбутньою ВЕС існуючої підстанції (ПС), яка здатна прийняти її проектну потужність генерації, виникає необхідність у спорудженні нової підвищувальної ПС вітрової електростанції, яка повинна включатися у існуючу електричну мережу, забезпечуючи при цьому вимоги нормативних документів [4,5].

Розташування ВЕУ на майданчику треба виконувати згідно з рози вітрів у діапазоні робочих швидкостей вітру вибраної вітротурбіни (від швидкості вітру вмикання ВЕУ до швидкості вітру її вимикання). При цьому необхідно також враховувати вплив супутніх струменів повітря. Згідно з [6] рекомендується:

- при явно вираженому напрямку вітру розташовувати окремі ВЕУ рядами, перпендикулярно цьому напрямку. Відстань між ВЕУ в рядах приймати не менше

- трьох діаметрів вітроколеса, а відстань між рядами ВЕУ – не менше восьми діаметрів вітроколеса;
- при відносно рівномірному розподілі вітру по різних напрямках протягом року розміщувати ВЕУ слід таким чином, щоб досягалася найбільш можлива генерація електроенергії усією ВЕС. При цьому можуть розглядатися наступні варіанти розміщення ВЕУ:
    - кругове розміщення;
    - розміщення по кривій лінії (з урахуванням рельєфу місцевості);
    - рівномірне розміщення.

У разі використання потужних ВЕУ, які у своєму складі мають не тільки генератор з комутаційною апаратурою, а і підвищувальний трансформатор, мережа збору потужності ВЕС повинна бути одноступеневою та мати номінальну напругу, що погоджується з номінальною високою напругою підвищувального трансформатора ВЕУ. Як правило генератор ВЕУ має номінальну напругу 660В, а підвищувальний трансформатор пропонується як вітчизняними, так іноземними виробниками з вторинною напругою 6,10, 20 та 35 кВ.

Мережа збору потужності слід виконувати кабелями з ізоляцією зі зшитого поліетилену, вимоги до їх вибору регламентуються [7]. Як правило в мережі збору потужності слід використовувати одножильні кабелі, які дозволяють виконати мережу з мінімально можливою кількістю з'єднувальних муфт, а, як наслідок, збільшити її структурну надійність.

Під час розрахунку очікуваної кількості річного виробітку електроенергії слід користуватися замірами вітропотенціалу на висоті розміщення осі вітротурбіни та таблицями заводу-виробника, у яких наводиться очікувана потужність за певної швидкості вітру та щільності вітрового потоку. Заміри вітропотенціалу повинні проводитися протягом достатньо тривалого часу – не менше, ніж 1 рік. У випадку, якщо висота, на якій виконувалися заміри, не відповідає проектній висоті розміщення осі ротора, то швидкість вітру може бути розрахована за емпіричною формулою:

$$V_2 = V_1 \cdot \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha, \quad (1)$$

де  $V_1$ ,  $V_2$  – швидкості вітру на висотах  $h_1$ ,  $h_2$  відповідно;  $\alpha$  – коефіцієнт градієнту швидкості вітру (приймається рівним 0,12-0,15).

Особлива увага під час проектування ВЕС повинна приділятися заземленню та блискавкозахисту окремих ВЕУ. Для потужних ВЕУ, як правило, завод-виробник пропонує стандартне рішення заземлюючого пристрою, який розміщується у фундаменті, на якому кріпиться башта. Проте достатність величини опору заземлюючого пристрою необхідно перевірити у відповідності до вимог [8,9], оскільки питання електробезпеки є чи не найголовнішими, особливо це стосується величини напруги дотику, яка може виникнути, як під час однофазних замикань на землю в мережі, так і під час міжфазних коротких замикань. Перший вид замикання може триматися достатньо тривалий час, оскільки вітчизняні мережі напругою 6-35 кВ працюють у режимі ізольованої нейтралі.

З вищезазначеного випливає, що проектування мережі збору потужності ВЕС є достатньо складною задачею, яка потребує не тільки базових знань з електроенергетики, але і дотримання вимог достатньо великої кількості нормативних документів.

#### Список використаних джерел

1. ГДК 341.003.001.001-2000. Приєднання об'єктів вітроенергетики до енергетичних мереж: порядок та вимоги. – К.: Мінпаливенерго України, 2000. – 21с.
2. Кодекс системи розподілу (затверджений Постановою НКРЕКП №310 від 14.03.2018) [Електронний ресурс] // Верховна Рада України: [офіційний веб портал]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18>
3. Кодекс систем передачі (затверджений Постановою НКРЕКП №309 від 14.03.2018) [Електронний ресурс] // Верховна Рада України: [офіційний веб портал]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18>

4. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 Виконання схем перспективного розвитку ОЕС України, окремих енерговузлів та енергорайонів. Правила. – К.: Міненерговугілля України, 2014. – 70с.
  5. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 Норми технологічного проектування енергетичних систем та електричних мереж 35 кВ и вище. – К.: Міненерговугілля України, 2014. – 42с.
  6. ГДК 341.003.001.002-2000. Правила проектування вітрових електричних станціях. – К.: Мінпаливенерго України, 2000. – 53с.
  7. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49-2016. Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ. Настанова. – К.: Міненерговугілля України, 2016. – 151с.
  8. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760с.
  9. EN 50522. Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c. – 2010. – 104с.
- 

УДК 621.316

## **ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПОТУЖНИХ ВЕС ДО ОБ'ЄДНОНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ**

**Здоровець М. М.**, студент гр. МЕМп-191

Науковий керівник: **Буйний Р. О.**, к.т.н., доцент

*Національний університет «Чернігівська політехніка»*

Використання енергії вітру розширюється по всьому світу з кожним роком. Це обумовлено тим, що за останні декілька років суттєво зменшилася вартість обладнання та на світовому рівні є домовленості щодо декарбонізації світової економіки. В Україні на державному рівні запроваджені так звані «зелені тарифи», які стимулюють інвесторів вкладати кошти у відновлювальну енергетику [1].

У 2014 році загальна частка генерації електроенергії з використанням енергії вітру склала більш ніж 3% від світової генерації. Глобальна встановлена потужність ВЕС (як на суші, так і на морі) за останні два десятиліття збільшилася майже в 58 разів, з 7,5 ГВт у 1997 році до більш, ніж 434 ГВт у 2015 році.

Такий розвиток подій зумовив у 2015 році приріст доданої потужності енергії вітру в світі до 64 ГВт. Найбільший приріст припадає на такі країни, як Китай - 32,9 ГВт, США - 8,6 ГВт, Німеччина - 4,9 ГВт, Бразилія – 2,7 ГВт, та Індія – 2,3 ГВт.

За оцінками європейських та вітчизняних експертів, вітроенергетичний потенціал території України дозволяє ефективно використовувати ВЕС загальною потужністю до 16 ГВт. Найбільш перспективними регіонами є південь та південний-захід України, де середня річна швидкість вітру на висоті 80 метрів перевищує 7,5 м/сек.

З рисунку 1 видно, що прийнятний вітропотенціал мають Одеська, Миколаївська, Запорізька, Донецька, Луганська області та автономна республіка Крим. Також до зазначених областей можна віднести невелику смужку на границі між Закарпаттям та Прикарпаттям.

За попередніми оцінками для будівництва вітроелектростанцій великої потужності необхідно понад 200 млрд. гривень інвестицій. В 2019 році окрім місцевих олігархів у вітроенергетику України інвестували такі країни, як Німеччина, Китай та Турція. Більшість електростанцій мають одиничну потужність, що перевищує 100 МВт.