* 1. **Актуальність впровадження моніторингу роботи ФЕС**

Характерною прикметою сучасної енергетики України є рух в напрямку розвитку екологічно чистої енергетики на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (надалі НВДЕ). На сьогоднішній день основними напрямками освоєння енергоресурсів НВДЕ в Україні є сонячна фото- та теплоенергетика, теплоенергетика з використанням енергії геотермальних ресурсів та біопалива, використання кінетичної енергії вітру та малих річок. Але розглянувши динаміку будівництва електростанцій ВДЕ (табл. 1.1.1.), можна чітко виділити, що саме сонячна фотоенергетика отримала найбільшого поширення на території сучасної України. Це, насамперед, є наслідком декількох факторів: доступність енергоресурсу у всіх регіонах країни, можливість приватного встановлення, простота і ефективність в експлуатації (фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року та максимально ефективно протягом 7 місяців на рік – з квітня по жовтень), впровадження різноманітних економічних заохочувань з боку держави. Так, наприклад, у 2013 році був прийнятий, а далі впроваджений закон щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії шляхом підвищення вартості закупівлі електроенергії, генерованої з використанням ресурсів ВДЕ, так званий «зелений тариф». Ці всі фактори призвели до різкого зростання кількості приватних як малих, так і великих фотоелектростанцій.

**Таблиця 1.1.1.** Динаміка будівництва електростанцій ВДЕ 2011-2015 рр.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип станції** | **Роки / приріст генерованої потужності, МВт** | | | | | **Середній приріст** |
| **2011** | **2012** | **2013** | **2014** | **2015** |
| СЕС | 140,9 | 70,2 | 111,7 | 5 | 1,6 | 65,9 |
| ВЕС | 14,6 | 78,8 | 43,7 | 8,7 | 1,3 | 29,42 |
| Біо-ЕС | 4,9 | 0,2 | 2,5 | 12 | 3,8 | 4,7 |

Зростання потужностней генерації електроенергії на основі фотоенергетики має як позитивні, так і негативні наслідки. Так, ще до недавна по території Украйни в цілому переважали автономні фотоелектростанції, адже в більшості випадків вони проектувались лише для віддалених споживачів, до яких не було змоги прокладати довгі транзитні лінії, чи це було недоцільно з фінансової точки зору. Перевагою впровадження таких електростанцій є те, що зменшується кількість споживачів об’єднаної енергосистеми (надалі ОЕС) України, завдяки чому згладжується добовий графік навантаження системи в цілому. Але економічні стимулювання з боку держави призвели до поступового зменшення кількості автономних і збільшення саме мережевих фотоелектростанцій – станцій, які націлені саме на продаж електроенергії у мережу. З одного боку це доволі позитивне явище, так як споживання росте з кожним роком з експоненціальними темпами, а напрямок генерації «зеленої» енергії для держави є пріоритетним. Але з іншого боку, дані зміни можуть погано вплинути на сьогоденну ОЕС України в цілому, адже згідно діючих на сьогоднішній день нормативних документів сонячні електростанції (надалі СЕС) не враховуються в балансі потужності при короткотерміновому прогнозуванні. Тобто зростання кількості та потужностей мережевих СЕС призведе до необхідності збільшення величини вторинного та третинного регулювання частоти і потужності електроенергії [1], що в свою чергу потребує додаткових капіталовкладень збоку держави. На даний момент в Україні у вторинному регулюванні приймає участь лише одна гідроелектростанція (надалі ГЕС) – Дніпровська ГЕС-1, резерв активної потужності якої складає 432 МВт. Навіть за умов участі у автоматичному регулюванні ГЕС Дніпровського каскаду та Дністровської ГЕС, регульований діапазон цих станцій складає лише 797,4 МВт, що є недостатнім [2]. В той же час теплові електростанції участі у вторинному регулюванні частоти практично не приймають, забезпечуючи в основному базову частину графіку навантаження і впроваджуючи третинне регулювання. Отже, при участі в регулюванні частоти лише ГЕС, в умовах введення в експлуатацію великих потужностей ФЕС, розподіл регульованої та генерованої потужностей буде несумірним. Тобто, збільшення потужності генерації ФЕС без її врахування при короткотерміновому прогнозуванні призведе до надлишку активної потужності в одні години, та просідання потужності в інші, збільшення коливань частоти в цілому та можливого невиконання узгоджених графіків міждержавних перетоків. Крім того, запланована паралельна робота ОЕС України з енергооб’єднанням країн Західної Європи ENTSO-E (the European Network of Transmission System Operators for Electricity – Європейська спілка операторів магістральних мереж в галузі електроенергетики) також посилює вимоги до якості регулювання частоти і потужності у відповідності до європейських стандартів.

**Таблиця 1.1.2.** Актуальні норми якості електроенергії (сослаться надо)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Найменування показника** | **Допустиме значення показника** | |
| **Нормальне** | **Граничне** |
| Відхилення напруги | ± 5 В | ± 10 В |
| Коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги | < 8 % | < 12 % |
| Коефіцієнт гармонійної складової напруги  непарного (парного) порядку | < 5 % | < 7,5 % |
| Несиметрія напруги | 2 % | 4 % |
| Тривалість провалу напруги |  | 30 c |
| Відхилення частоти | ± 0,2 Гц | ± 0,4 Гц |

Отже, можна зробити висновок, що враховуючи динаміку будування об’єктів ФЕС та розвитку фотоенергетики в цілому на сучасному ринку України, для запобігання порушення стійкості енергосистеми країни, необхідно змінювати підхід до короткострокового прогнозування балансу потужності системи, тобто враховувати в ньому генерацію ФЕС. Для реалізації даного рішення існує необхідність використання методів та засобів прогнозування виробітку електроенергії останніми хоча б на добу вперед. Для достатньої ефективності результату впровадження даних дій можна зазначити наступні вимоги – прогнозування має забезпечувати, в кінцевому рахунку, точність в межах 5%. Для забезпечення заданої точності розглянемо можливі варіанти реалізації короткотермінового прогнозування виробітку потужності та режимів роботи ФЕС.

Методи прогнозування в загальних рисах можна охарактеризувати як фізичні або статистичні. Фізичний підхід використовує моделі поведінки сонячної і фотоелектричної енергії, а статистичний підхід спирається насамперед на накопичені дані для визначення тенденцій. Основні параметри, що враховуються в межах типового фізичного підходу – освітленість та температура повітря на території ФЕС. Освітленість враховується загальна, разом з розсіяною (для плоских панелей) або лише пряма (для панелей з концентраторами). Потужність ФЕС розраховують відповідно до прогнозованих освітленості горизонтальної площадки та температури навколишнього середовища. Додатковими факторами можуть бути швидкість вітру та вологість повітря, але їх вплив загалом незначний. Відправною точкою статистичних підходів є набори даних, які містять інформацію про попередню роботу ФЕС, погодні дані в районі станції, тощо. Цей набір даних використовується для «навчання» моделей прогнозування, тобто виявлення закономірності в рядах даних, як стосовно однієї змінної (наприклад, метод авторегресії), так і між різними змінними або зображеннями. Найпростішим прикладом статистичного методу є модель постійності, в основі якої лежить екстраполювання поточного значення на наступний момент часу, з урахуванням лише зміни кута підйому сонця. На практиці статистичний підхід трохи поступається фізичному за точністю, однак ці підходи можуть бути змішані, адже між ними нема чіткого розмежування. Наприклад, фізичний підхід часто використовує модель вихідних статистик – порівняння прогнозованих даних з результатами спостережень за період навчання, з метою корекції прогнозу шляхом усунення систематичних похибок, що як наслідок може підвищити точність прогнозування.

Отже, можна зробити висновок, що при використанні будь-якого із вище зазначених методів прогнозування виробітку та режимів роботи ФЕС, точність прогнозу безпосередньо залежить від якості вхідних статистичних даних та змінної величини (метеопрогноз). Тобто, для забезпечення високої точності необхідно мати «якісні» дані щодо ретроспективи роботи конкретної електростанції і відповідної точності прогноз метеопараметрів на добу вперед.

Проблема з точністю метеопрогнозу для конкретної місцевості вирішується доволі просто. Так як чисельні прогнози погоди прораховуються для окремих точок простору, їх використання в конкретній точці місцевості вимагає деякої форми інтерполяції. Найпростіший спосіб – це взяти результати прогнозів для двох найближчих точок і провести згладжування/усереднення результатів. Чим більше прогнозів для сусідніх точок, розташованих біля необхідної точки на місцевості, буде використано, тим точніший результат буде отримано.

Нажаль, унікальність роботи кожної окремої сонячної електростанції не дозволяє використати узагальнені статистичні дані щодо режимів роботи станції для використання їх у прогнозуванні виробітку конкретної ФЕС. Тому для зменшення суперечливості отриманої інформації щодо роботи ФЕС і забезпечення відповідної її «якості» необхідно використовувати системи моніторингу. Такі системи дозволяють забезпечити максимальну відповідність між виміряними і реальними значеннями, впроваджують фільтрацію надлишкової інформації та її запис до бази даних, що максимально точно буде описувати роботу конкретної ФЕС.

* 1. **Задачі і перспективи використання систем моніторингу**