

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

# Оптимізація роботи сонячної електростанції в системі електропостачання населеного пункту

Виконав:

ст. гр. ЕСМ-16м, Панянчук М.І.

Науковий керівник:

д.т.н., професор Лежнюк П.Д.

Вінниця 2018

**Актуальність:** сонячні фотоелектричні станції дозволяють здійснювати ефективний виробіток енергії, завдяки природнім, практично не вичерпним можливостям світлового випромінювання. Недоліком фотоелектричних установок (СФУ) нестабільність генерування Сонця із найменшим впливом на екологічний стан довкілля ними електричної енергії, пов'язаної з періодичністю надходження та змінністю енергетичного потенціалу. Виходячи із цього недоліку, оптимізація роботи ФЕС для електропостачання населеного пункту є питанням актуальним.

**Мета:** підвищення ефективності вироблення електричної енергії на ФЕС для електропостачання населеного пункту

**Об'єктом** дослідження є процес вироблення електричної енергії автономної ФЕС на базі кремнієвої сонячної фотоелектричної батареї (СФБ).

**Предметом** дослідження є використання систем стеження за сонцем у СФУ як спосіб оптимізації роботи сонячної фотоелектричної батареї.

# СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФЕС

Основними відомими способами підвищення ефективності СФУ є:

- розробка прогресивних технологій виготовлення СФЕ, спрямованих на зменшення їх вартості та збільшення ККД;
- використання концентраторів сонячного випромінювання;
- застосування систем стеження за Сонцем.

# СФУ з системою стеження за Сонцем «Traxle»



1. Фотоелектричний модуль.
2. Труба, у яку вмонтований електромотор постійного струму, який через гвинтову коробку передач повертає всю конструкцію.
3. Двосторонній сонячний модуль.

# ДІЛЯНКА ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ФЕС

Вибір відповідного майданчика для ФЕС має важливе значення для забезпечення успіху й економічної життєздатності проекту. Проте на цей процес можуть впливати багато факторів.

Дана сонячна електростанція буде розташована у Вінницькій області, Бершадському районі, с. Війтівка (48.40293, 29.56991). Обрана земельна ділянка відповідає всім необхідним критеріям для будівництва та найбільш ефективної роботи сонячної станції, і становить 3,12 Га.



# ВИЗНАЧЕННЯ СОНЯЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

За допомогою програмного комплексу «HOMER Pro», яка використовує для оцінки сонячного потенціалу базу даних «NASA», було визначено сонячний потенціал в місці встановлення ФЕС:



# ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

У даній сонячній електричній станції будуть використовуватися полікристалічні сонячні панелі компанії Jinko Solar JKM265PP-60, три інверторних станцій потужністю 500 кВА типу TKS-C500 виробництва AEG.

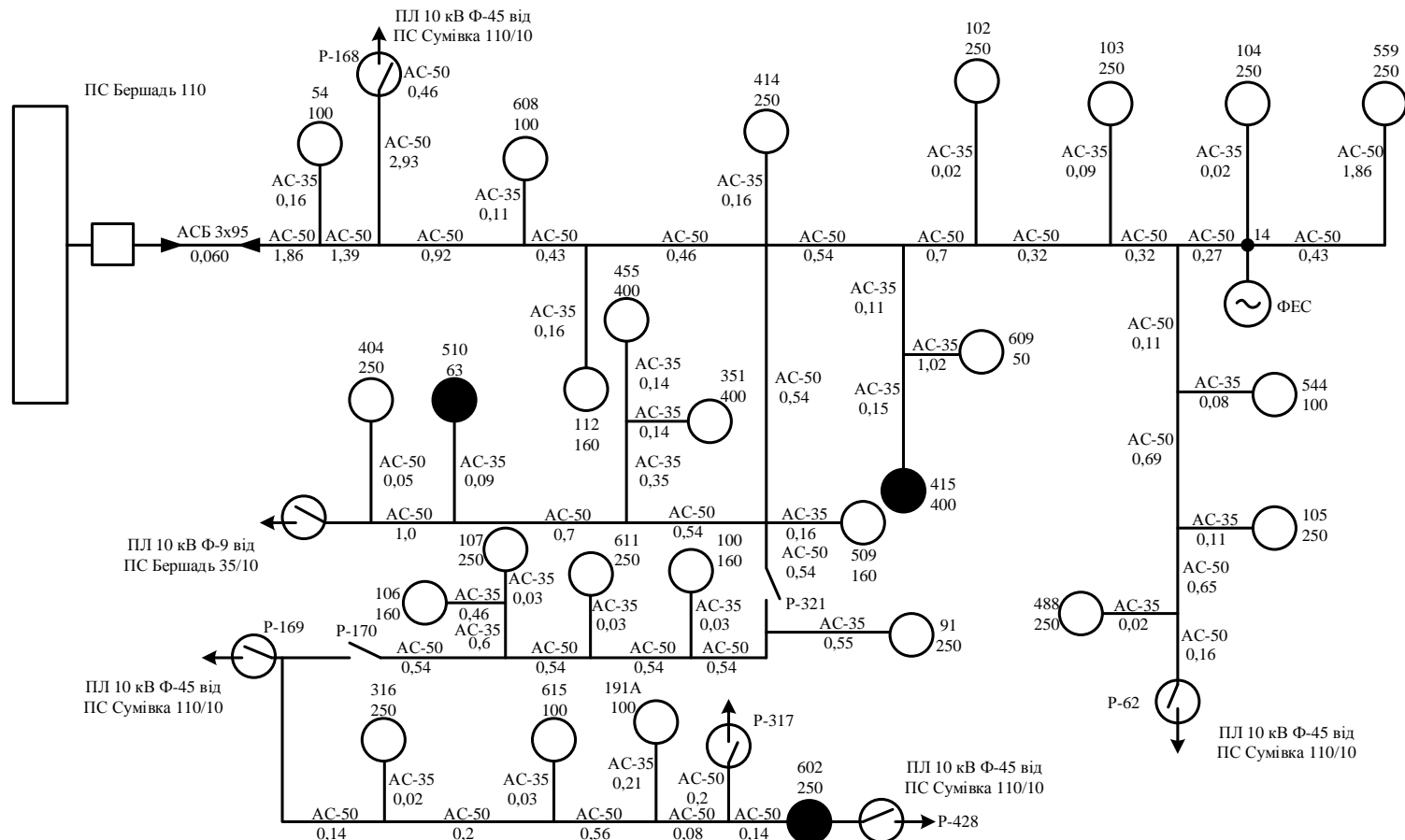
Збір потужності від інверторних станцій здійснюється кабельними лініями 10 кВ, які приєднуються до розподільчого пристрою РП-10 кВ ФЕС.



# РОЗРАХУНОК УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ ЕМ

Для визначення рівня зниження втрат потужності та електроенергії в електричній мережі за рахунок приєднання ФЕС, спочатку необхідно провести розрахунок усталеного режиму ЕМ. Даний розрахунок був проведений у програмному комплексі «ВТРАТИ»

В якості розрахункової схеми, використовуємо реальну схему фідера електричної мережі з приєднаною потужністю 5,703 МВА та зальною довжиною фідера 24,56 км.





# РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ

За даним результатом можна зробити висновок, що втрати у сумарні втрати у мережах 110/0.4 кВ складають 0,267 МВт становить 18,1%, з них втрати у мережах 10/0.4 кВ складають 0,208 МВт, що становить 15,3%.

Тривалість звітного періоду: 8760.0 год

Час втрат: 3536.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 2.127 МВт / 18633.333 тис.кВт\*г

Відпущено потужн./ел.енерг.: 2.068 МВт / 18111.710 тис.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 35 кВ: 0.000 МВт / 0.000 тис.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 110 кВ: 0.000 МВт / 0.000 тис.кВт\*г

Сумарні втрати в ЛЕП: 0.000 МВт / 0.000 тис.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.059 МВт / 516.840 тис.кВт\*г

Втрати нав. в трансформаторах: 0.000 МВт / 4.783 тис.кВт\*г

Сумарні втрати в трансформаторах: 0.059 МВт / 521.623 тис.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 110/35 кВ: 0.059 МВт / 521.623 тис.кВт\*г (2.8%)

Втрати в ЛЕП 10 кВ: 0.178 МВт / 2532.071 тис.кВт\*г

Втрати в тр-рах 10/0,4 кВ: 0.030 МВт / 324.648 тис.кВт\*г

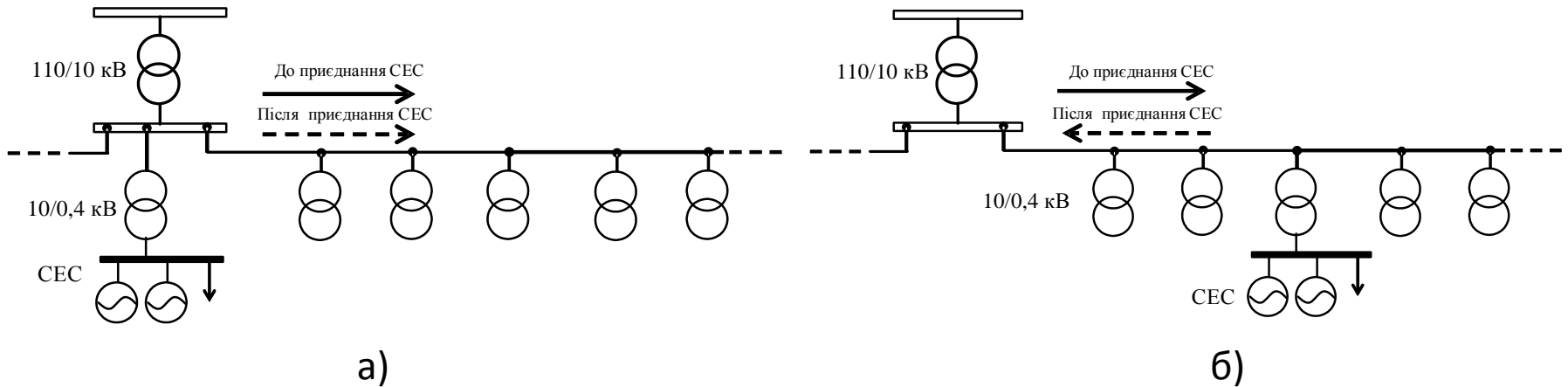
Втрати в мережах 0,4 кВ: 0.000 МВт / 0.000 тис.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 10/0.4 кВ: 0.208 МВт / 2856.719 тис.кВт\*г (15.3%)

РАЗОМ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 110/0.4 кВ: 0.267 МВт / 3378.342 тис.кВт\*г (18.1%)

# ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ЗА РАХУНОК ПРИЄДНАННЯ ФЕС

Варіанти приєднання ФЕС в електричній мережі: а – до шин підстанції, б – до ЛЕП



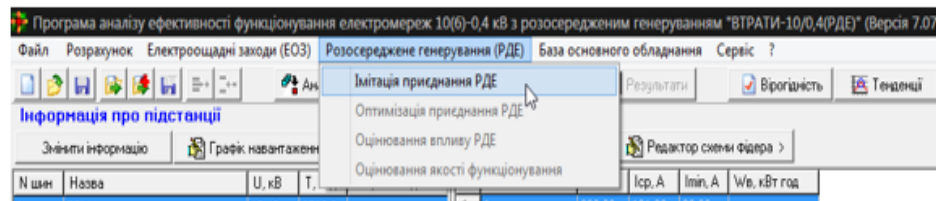
$$P_{\Gamma} < P_H \rightarrow \Delta P \downarrow$$

$$P_{\Gamma} > P_H \rightarrow \Delta P \uparrow$$

# РОЗРАХУНОК ВЛИВУ ПРИЄДНАННЯ ФЕС НА ЕМ

Різна потужність ФЕС при підключенні її до мережі викликає різні значення втрат потужності і електроенергії. Проектом передбачається що потужність сонячної електростанції буде становити 1500 кВт. Розрахунок проводимо у програмному комплексі «ВТРАТИ 10/0,4», яка дозволяє виконати імітацію приєднання РДЕ.

## Імітація приєднання РДЕ у ПК «ВТРАТИ»



The screenshot shows a window titled 'Аналіз ефективності приєднання РДЕ' with a sub-window 'Підстанція "ЕМ" Фідер "1"'. It displays 'Інформація про приєднані РДЕ' in a table. The table has columns: 'N вузла', 'Тип та ра 10/0,4', 'P (РДЕ), кВт', and 'Q (РДЕ), кВар'. The table contains 20 rows of data, with the cell for row 14 and column 'P (РДЕ), кВт' highlighted in blue.

| N вузла | Тип та ра 10/0,4 | P (РДЕ), кВт | Q (РДЕ), кВар |
|---------|------------------|--------------|---------------|
| 102     | ТМ-250/10        |              |               |
| 13      |                  |              |               |
| 103     | ТМ-250/10        |              |               |
| 14      |                  |              |               |
| 104     | ТМ-250/10        |              |               |
| 15      |                  |              |               |
| 553     | ТМ-250/10        |              |               |
| 16      |                  |              |               |
| 17      |                  |              |               |
| 544     | ТМ-100/10        |              |               |
| 18      |                  |              |               |
| 105     | ТМ-250/10        |              |               |
| 19      |                  |              |               |
| 489     | ТМ-250/10        |              |               |
| 20      |                  |              |               |
| 21      |                  |              |               |
| 509     | ТМ-160/10        |              |               |
| 22      |                  |              |               |
| 23      |                  |              |               |
| 351     | ТМ-400/10        |              |               |
| 495     | ТМ-400/10        |              |               |

# РЕЗУЛЬТАТИ ПРИЄДНАННЯ ФЕС ДО ЕМ

|                           | Втрати потужності без урахування ФЕС, кВт: | Імовірні втрати потужності з урахуванням ФЕС 1500 кВт: |
|---------------------------|--|--|
| в лініях 10 кВ:           | 177,62                                     | 66,26  |
| в трансформаторах 10/0.4: | 30,10                                      | 28,92  |
| з них холостого ходу:     | 19,01                                      | 19,01  |
| навантажувальні:          | 11,09                                      | 9,91   |
| Сумарні                   | 207,72                                     | 95,18  |
| Зменшення втрат, %        | –  | 54,18  |

Якщо, до встановлення втрати складали 15,3%, то після підключення її до мережі, вони становлять 6,987% від загальних втрат у мережі 10/0,4 кВ, при потужності ФЕС 1,5 МВт. Тому, з точки зору втрат потужності встановлення СЕС у населеному пункті та підключення її до мережі є доцільним.

# ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ СТЕЖЕННЯ ЗА СОНЦЕМ У СФУ

### Питома вартість СФУ

|                                  | Питома вартість СФУ ,<br>грн/м <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---|
| З незмінною орієнтацією          | 48271                                       |
| З стеженням за Сонцем по азимуту | 57611                                       |
| З повним стеженням за Сонцем     | 63420                                       |

### Вартість зекономленої електроенергії, грн/рік

| Потужність ФЕС<br>(пік), кВт | Втрати потужності,<br>кВт | Сумарні втрати<br>електроенергії, до<br>встановлення ФЕС<br>кВт·год | Втрати<br>електроенергії<br>після встановлення<br>ФЕС, кВт·год | Зміна втрат<br>електроенергії,<br>тис. кВт·год | Вартість<br>зекономленої<br>електроенергії.<br>тис. грн/рік |
|------------------------------|---------------------------|---|--|--|---|
| 1500                         | 95,18                     | 2856,719  | 1309,15  | 1547,57  | 1857,081  |

# ТЕРМІН ОКУПНОСТІ ФЕС

Термін окупності сонячної електричної станції визначається із відношення капіталовкладень на ФЕС, до її прибутку:

$$T = \frac{K}{\Pi}$$

де  $K$  – капіталовкладення;

$\Pi$  – прибуток;

## Результати терміну окупності ФЕС

| $P_{\text{ФЕС}}$ | $T_{\text{вик}}$ | $W_{\text{ФЕС}},$<br>кВт*год | $\Pi_{\text{ФЕС}},$<br>тис.грн | $\Pi_{\text{заощ}},$<br>тис.грн | Витрати,<br>тис.грн | Прибуток,<br>тис.грн | Капіталовкладення,<br>тис.грн | ТО  |
|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|-----|
| 1500             | 1800             | 2700000                      | 13500                          | 1857,08                         | 1677,69             | 13679,39             | 76680,00                      | 4,5 |

# ВИСНОВОК

В даній дипломній роботі було розглянуто нетрадиційні джерела електричної енергії. За основу роботи було взято один з провідних напрямків даної галузі – сонячну енергетику. Було розглянуто економічні та екологічні передумови розвитку СФУ, способи підвищення ефективності ФЕС, основними відомими способами підвищення ефективності СФУ, які були розглянуті це:

- розробка прогресивних технологій виготовлення СФЕ, спрямованих на зменшення їх вартості та збільшення ККД;
- використання концентраторів сонячного випромінювання;
- застосування систем стеження за Сонцем.

Було розроблено проект сонячної електростанції в с. Війтівка, Бершадського району, Вінницької області. Було вибрано майданчик для будівництва ФЕС, за допомогою програмного комплексу «Nomer PRO» визначено кількість сонячної радіації у даному місці розташування ФЕС, було вибрано потрібне електротехнічне обладнання. За реальною схемою фідера с. Війтівка, був проведений розрахунок усталеного режиму, відповідно до даного розрахунку та параметрів ФЕС визначено вплив ФЕС на втрати потужності та електроенергії у даній мережі. При встановленні потужності, 1500 кВт втрати зменшуються 54,18%, складають 95,16 кВт, при початкових втратах 207,65 кВт.

Якщо, до встановлення втрати складали 15,3%, то після підключення її до мережі, вони становлять 6,987% від загальних втрат у мережі 110/0,4 кВт, при потужності ФЕС 1,5 МВт.

Згідно з розрахунками, застосування системи азимутального стеження за Сонцем збільшує вартість СФУ з одиничною площею СФЕ на 16,21%, системи повного стеження - на 23,89%.

За результатами розрахунків, можна сказати, що при зальній сумі капіталовкладень у розмірі 76,7 млн. грн., прибутку 13500 тис. грн/рік, ФЕС потужністю 1,5 МВт окупиться за 4,5 роки. За даним результатом розрахунку терміну окупності сонячної електростанції, можна зробити висновок, що її будівництво є економічно доцільне.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**