

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Кафедра електричних станцій та систем

«ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ  
ТРЕКЕРНИХ СИСТЕМ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ З СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ  
РІЗНИХ ТИПІВ.»

Виконав: ст.гр. ЕС-18м Гриник В.А.

Керівник: к.т.н.доцент каф. ЕСС Малогулко Ю.В.

# Мета, об'єкт, предмет дослідження

- Мета: визначення впливу кута нахилу фотоелектричних модулів відносно сонячних променів на генерацію електроенергії ФЕС.
- Об'єкт: фотовольтаїчна електрична станція.
- Предмет: методи визначення кількості прямої сонячної енергії, що потрапляє на поверхню фотомодулів для конкретної місцевості.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Провести аналіз методів керування рухомими ФМ.
2. Провести розрахунок прямої сонячної енергії, що потрапляє на поверхню ФМ, протягом кожного місяця року.
3. Провести розрахунок виробітку електроенергії ФЕС потужністю 5 кВт, для трьох варіантів виконання установки з використанням монокристалічних ФМ.
4. Провести розрахунок виробітку електроенергії ФЕС потужністю 5 кВт, для трьох варіантів виконання установки з використанням полікристалічних ФМ.
5. Виконати розрахунок витрат на конструювання ФЕС 5 кВт трьома варіантами виконання, та визначити термін окупності.

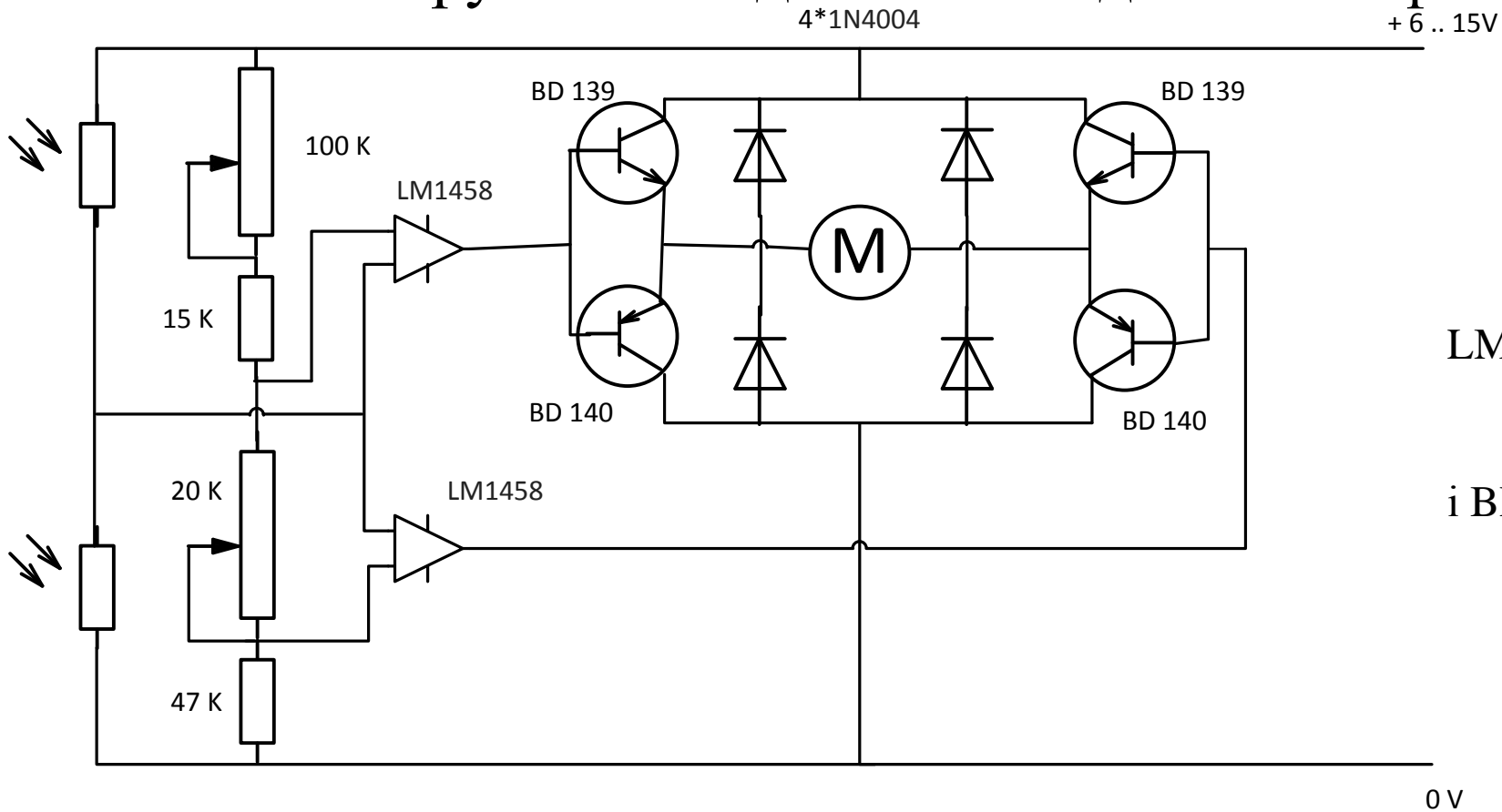
# Актуальність теми

На сьогоднішній день, з причин зменшення запасів паливних енергоресурсів, ускладнення процесу їх добування з надер землі, а відповідно і збільшення собівартості, шкідливого впливу, що несуть навколишньому середовищу відходи паливних ресурсів, при їх згорянні, проблема пошуку нових та невичерпних джерел енергії стоїть як ніколи гостро. Не менш важливим є питання ефективності альтернативної енергетики, та розробка механізмів, та алгоритмів, які дозволяють у більш повному обсязі використати енергетичний потенціал природних ресурсів, в тому числі і сонячну енергію

## Системи керування трекерними системами фотовольтаїчних електричних станцій.

- Керування за допомогою декількох фотоприймачів
- Керування згідно азимутальних та зенітних кутів.
- Керування за програмою розрахунку місця розташування Сонця.

# Керування за допомогою декількох фотоприймачів.



- В склад схеми трекера входять:
- електричний двигун актуатора М;
  - мікросхема операційного підсилювача LM1458 (К140УД20);
  - транзистори BD139 (КТ815Г, КТ961А) і BD140 (КТ814Г,КТ626В);
  - фоторезистори LDR;
  - діоди 1N4004 (КД243Г);
  - прості й підстроювальні резистори.

Схема пристрою стеження на фоторезисторах

## Керування згідно зенітних та азимутальних кутів.

Ідея роботи таких пристроїв заснована на тому, що для правильного позиціонування сонячних панелей, потрібно компенсувати два переміщення Землі:

- добове переміщення, пов'язане з обертанням Землі навколо своєї осі;
- річне переміщення, пов'язане з обертанням Землі навколо Сонця.

Для реалізації такої ідеї, на системах застосовують таймер. Він налаштовується на добову, або річну програму. Двигун повертає панель, згідно прогнозованого положення Сонця у певний час. Даний метод має великий недолік, оскільки Сонце протягом року змінює зенітний кут, місця сходу та заходу, тому забезпечити високу точність доволі складно.

# Керування за програмою розрахунку місця розташування Сонця.

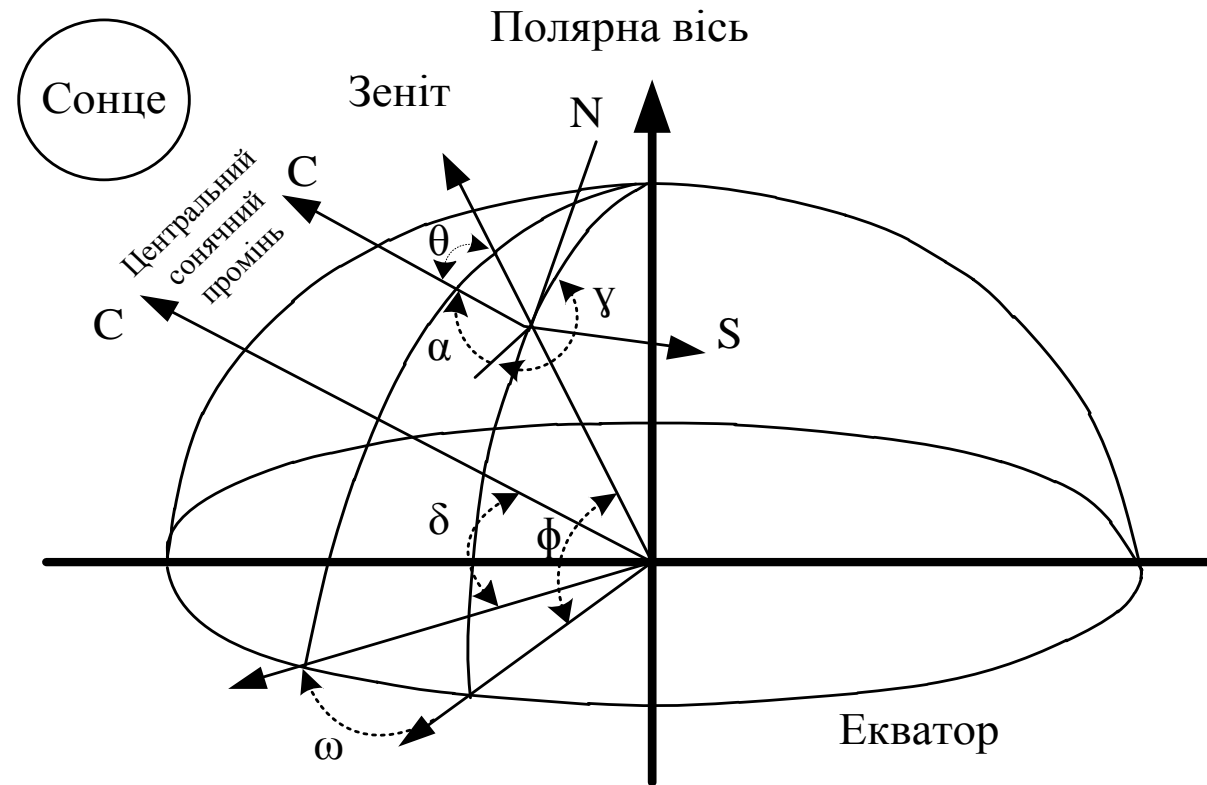


Схема визначення положення Сонця за зенітним кутом та азимутом

# Розрахунок кількості сонячної енергії що потрапляє на поверхню фотоелектричних модулів 7

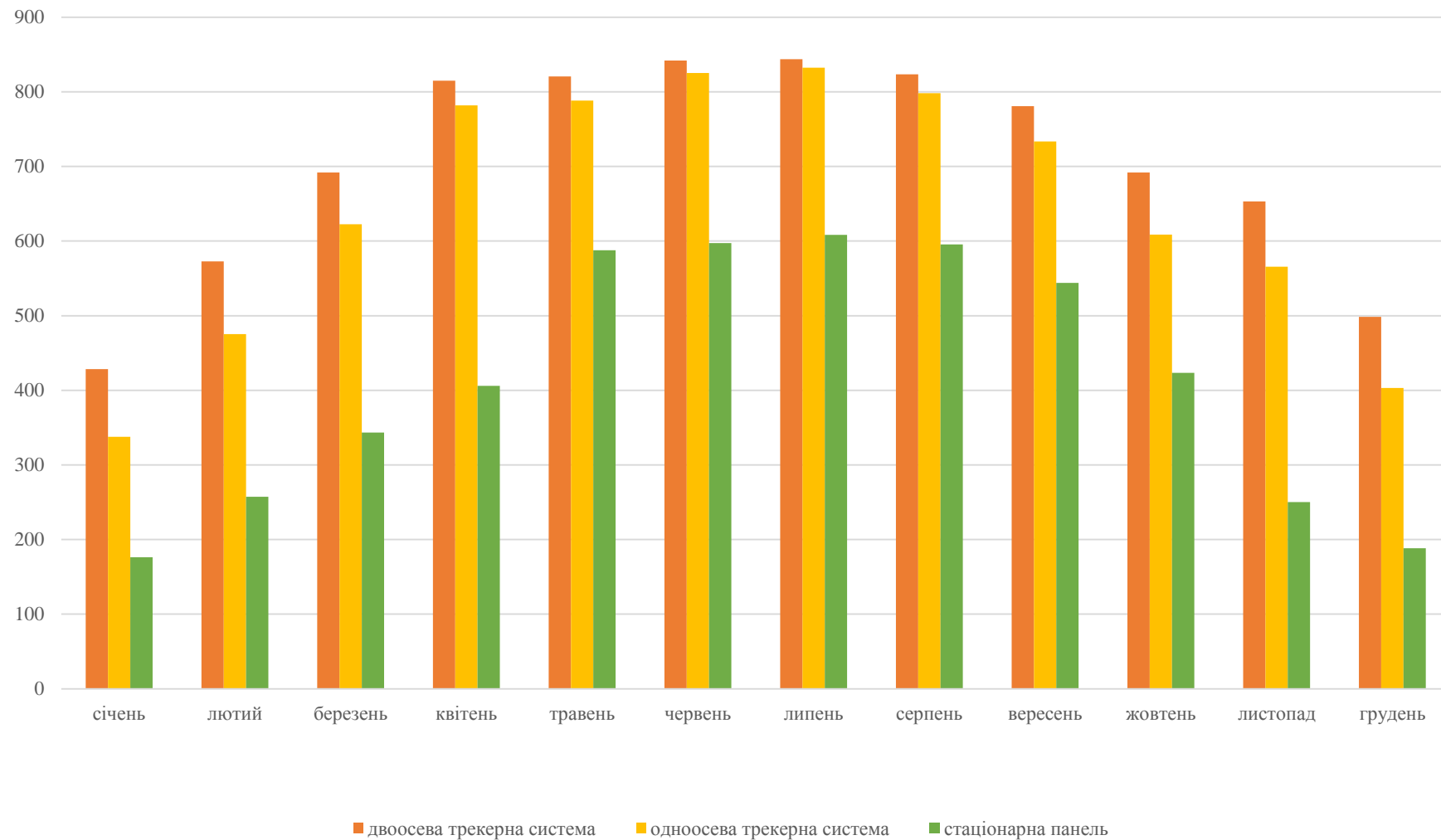
Так як дана величина напряду залежить від кута нахилу фотоелектричних модулів відносно сонячних променів та горизонту, вирази для її визначення виглядатимуть наступним чином

- Для ФЕС з двоосевою трекерною системою:  $S_{гпр} = S_{гmax} \cdot K_{ат}$
- Для ФЕС з одноосевою трекерною системою:  $S_{гпр} = S_{гmax} \cdot K_{ат} \cdot \cos(\theta - h_c)$
- Для стаціонарної ФЕС:  $S_{гпр} = S_{гmax} \cdot K_{ат} \cdot \cos(\theta - h_c) \cdot \cos(90 - \tau)$

місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд
$S_{гпр}^D$ Вт год/м <sup>2</sup>	428,3	572,6	691,9	815	820,5	841,8	843,7	823,5	780,7	692	653	498,6
$S_{гпр}^O$ Вт год/м <sup>2</sup>	337,7	475,5	622,5	781,7	788,1	825,3	832,5	798,3	733,6	608,7	565,6	403,3
$S_{гпр}^C$ Вт год/м <sup>2</sup>	176,3	257,2	343,4	406,1	587,7	597,3	608,2	595,4	544,1	425,3	250,3	188,4



# Порівняльна гістограма максимальної кількості отриманої сонячної енергії протягом року, Вт год/м<sup>2</sup>



# Розрахунок виробітку електроенергії ФЕС потужністю 5 кВт, з монокристалічними та полікристалічними панелями

Найпростішим методом розрахунку електрогенерування соячних панелей, є алгоритм, згідно з яким, кількість електроенергії обраховують шляхом добутку коефіцієнту корисної дії сонячної панелі, на сонячне випромінювання, яка потрапляє на дану панель, відповідно скористаємося наступною формулою:

$$W_{г} = P_{фм} \cdot ККД \cdot S_{гпр} \cdot S_{фм} \cdot n_{фм}$$

Параметри панелі типу монокристал.

Тип кристала	Монокристал Altek ALM-250M
Номинальна потужність, Вт	250
Габаритні розміри, мм	1640, 992, 40
ККД фотомодуля, %	16
Площа сонячної панелі, м <sup>2</sup>	1,627
Кількість панелей, шт	20

Параметри панелі типу полікристал.

Тип кристала	Полікристал Altek ALM-250P
Номинальна потужність, Вт	250
Габаритні розміри, мм	1642, 992, 40
ККД фотомодуля, %	15,32
Площа сонячної панелі, м <sup>2</sup>	1,632
Кількість панелей, шт	20

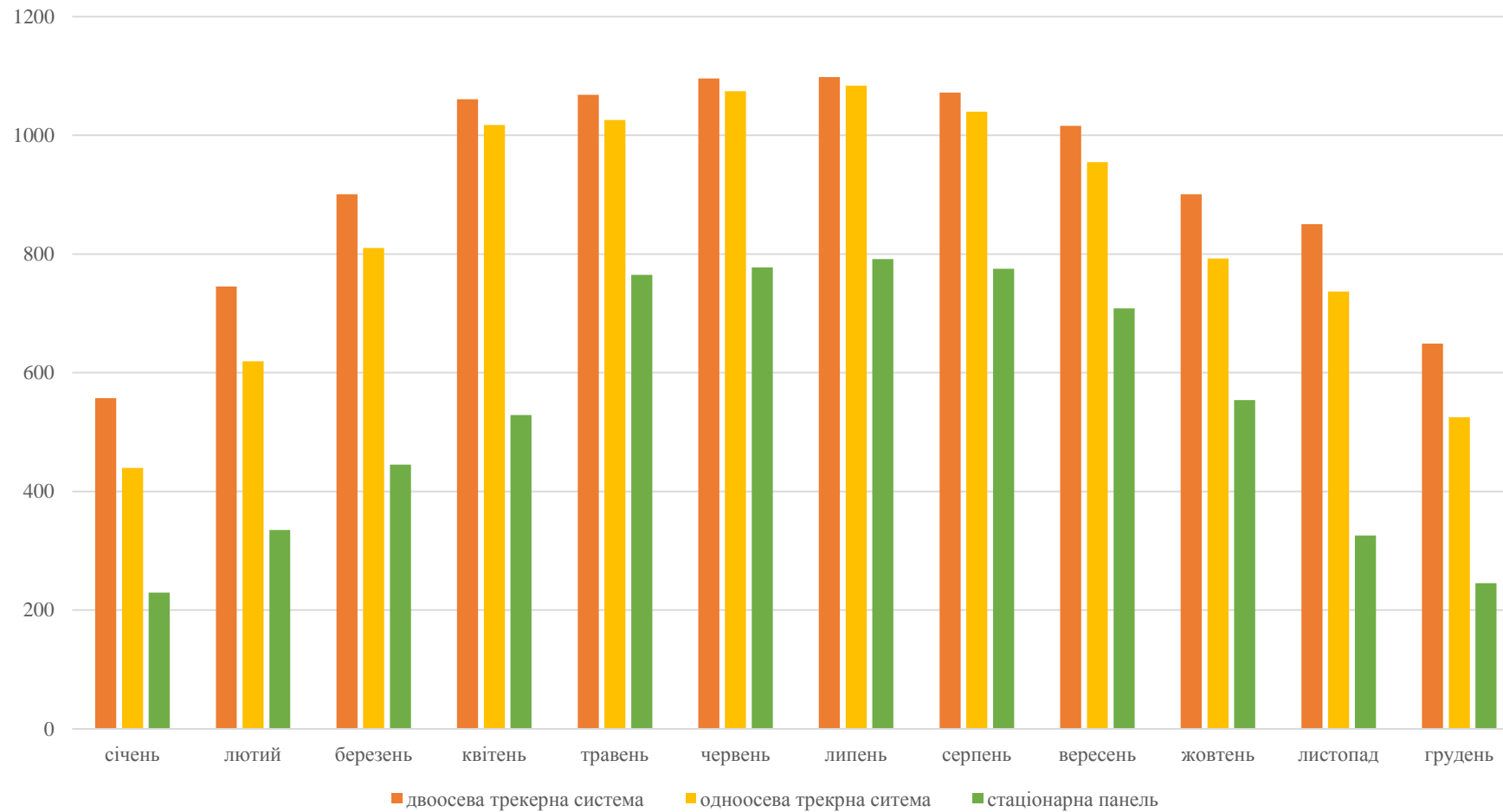
Результати розрахунку виробітку електроенергії для ФЕС з монокристалічними панелями, кВт год.

місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд	Всього
$W_{г.д.}$	557	745	900,6	1060,8	1068	1095,6	1098	1072	1016	900,7	850	649	11012
$W_{г.о.}$	493,5	619	810,2	1017,4	1025,7	1074,2	1083,5	1039,6	954,8	792,2	736,8	525	10117
$W_{г.с.}$	229,5	334,7	445	528,6	765	777,4	791,6	775	708,2	553,6	325,8	245,2	6749

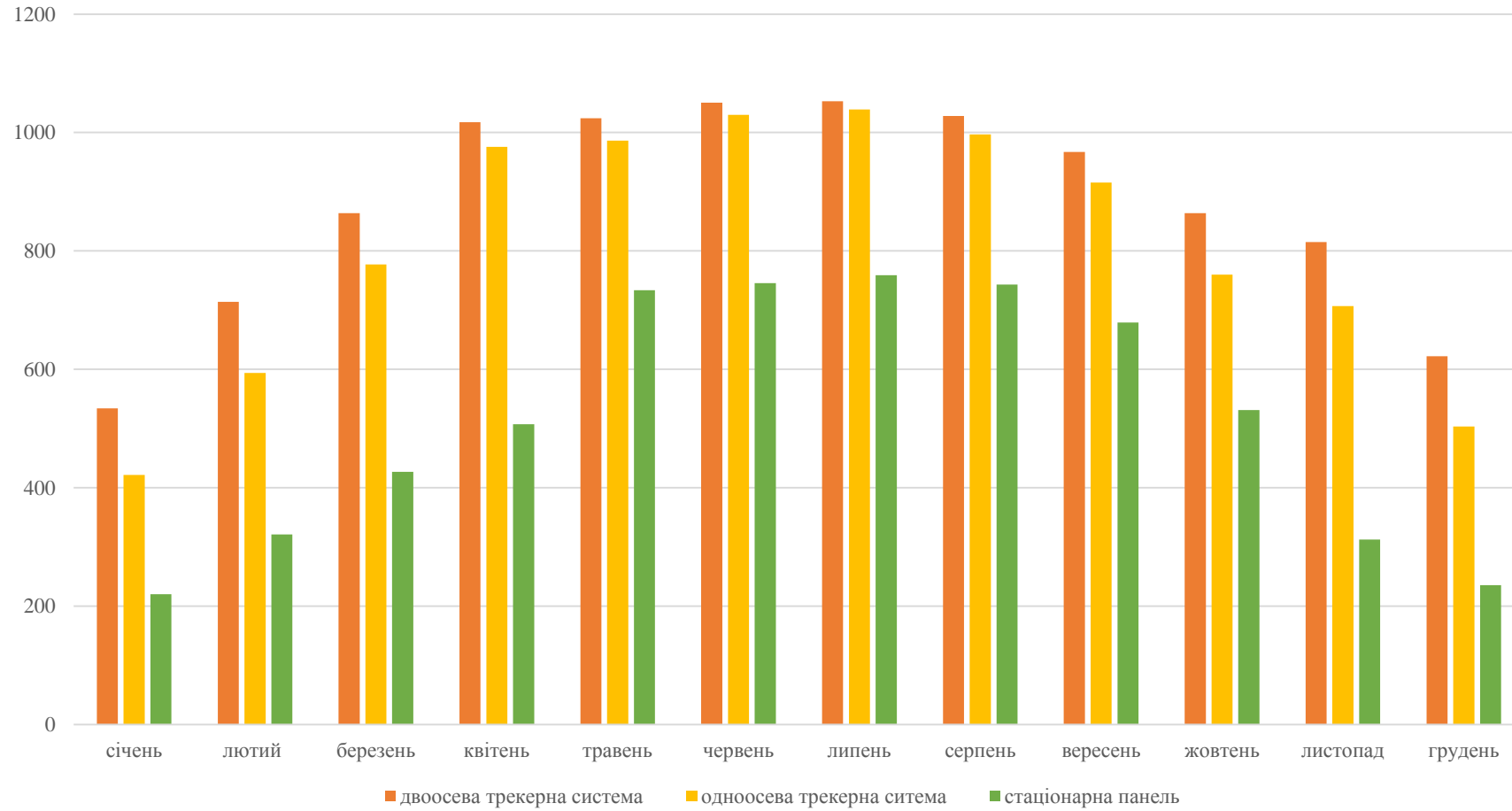
Результати розрахунку виробітку електроенергії для ФЕС з полікристалічними панелями, кВт год.

місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд	Всього
$W_{г.д.}$	534	714	863,6	1017,3	1024,2	1050,6	1053	1028	967,2	863,7	815,1	622,3	10553
$W_{г.о.}$	421,4	593,6	777	975,6	986,5	1030	1039	997	915,6	759,7	706,6	503,4	9705
$W_{г.с.}$	220	321	426,7	507	733,6	745,5	759	743,2	679	530,9	312,4	235,4	6213

# Виробіток електроенергії ФЕС з монокристалічними панелями протягом року, кВт год.



## Виробіток електроенергії ФЕС з монокристалічними панелями протягом року, кВт год.



## Дослідження економічного ефекту застосування трекерних систем

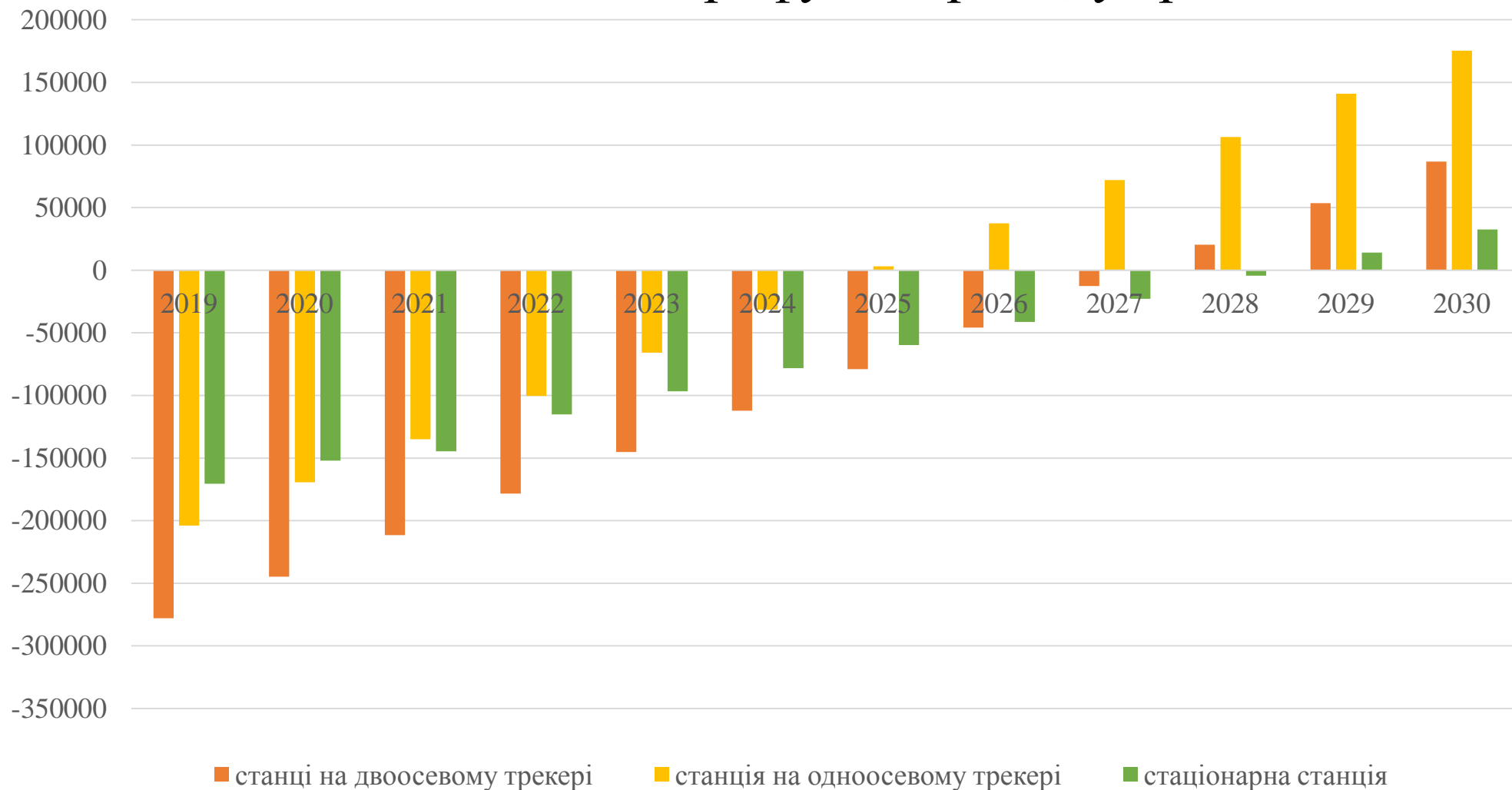
Після проведення розрахунків капітальних витрат на конструювання ФЕС потужністю 5 кВт, з врахуванням витрат на обладнання та монтаж, було отримано наступні результати:

- Для ФЕС з двоосевою трекерною системою: 277845 грн;
- Для ФЕС з одноосевою трекерною системою: 203844 грн;
- Для стаціонарної ФЕС: 170594 грн.

Після чого було проведено розрахунок терміну окупності з врахуванням щорічних амортизаційних витрат, витрат на технічний огляд та ремонт, а також враховуючи щорічний дохід від продажу електроенергії за «зеленим тарифом», термін окупності складає відповідно:

- Для ФЕС з двоосевою трекерною системою: 8,3 роки ;
- Для ФЕС з одноосевою трекерною системою: 5,9 років;
- Для стаціонарної ФЕС: 9,2 роки.

## Баланс трьох варіантів виконання ФЕС до кінця дії «зеленого» тарифу в Україні, у грн.



# Висновки

- Досліджено методи стеження за денним та річним циклами руху Сонця, а також методи орієнтації ФМ під оптимальним кутом до сонячних променів;
- Для міста Вінниця проведено розрахунок кількості прямої сонячної енергії, що потрапляє на поверхню сонячних панелей, досліджено вплив кута нахилу панелей відносно сонячних променів, на дану величину;
- Проведено розрахунок виробітку електроенергії ФЕС потужністю 5 кВт при трьох варіантах виконання: ФЕС з двоосевою трекерною системою, ФЕС з одноосевою трекерною системою; стаціонарна ФЕС;
- Виконано порівняння ефективності використання монокристалічних та полікристалічних сонячних панелей.;
- Проведено дослідження економічного ефекту застосування трекерних систем на ФЕС потужністю 5 кВт.



# Апробація результатів дослідження

- IV Міжнародна науково-технічна конференція «Оптимальне керування електроустановками» (ОКЕУ-2017), Вінниця 27-28 листопада 2017 р.;
- XLVII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2018) – Секція електричних станцій та систем;
- XLVII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2018) – Секція англійської мови;
- XLVIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2019) – Секція електричних станцій та систем.
- Всеукраїнська науково-практична конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2020)