

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

"Оптимізація роботи вітрової електростанції в системі електропостачання населеного пункту"

Виконав:

ст. гр. ЕСМ-16м, Вавшко В.М.

Науковий керівник:

д.т.н., професор Лежнюк П.Д.

ВСТУП

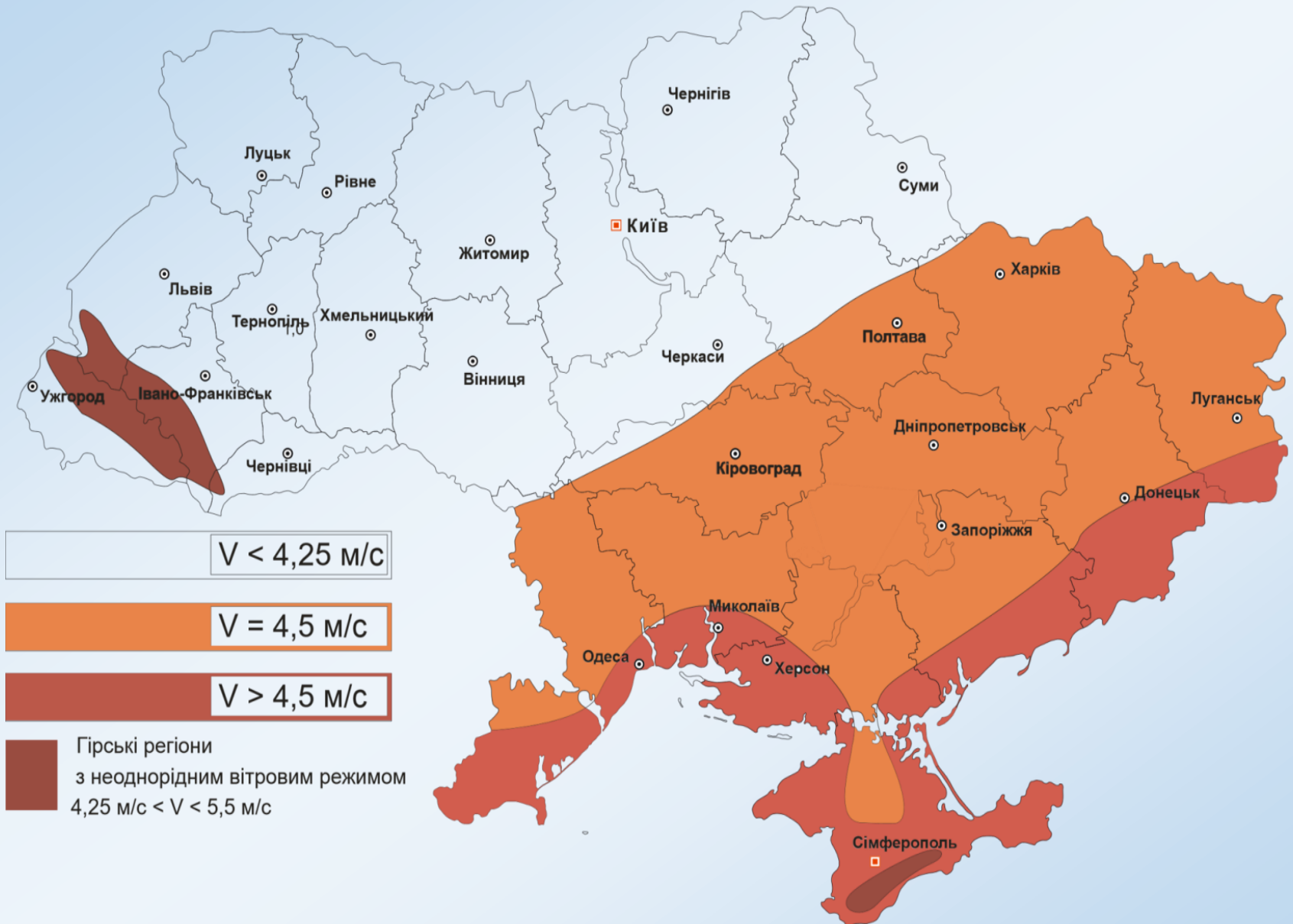
Одним зі стратегічних шляхів енергозабезпечення країни може стати використання нетрадиційних джерел енергії. Найбільш перспективною з екологічної і економічної точки зору серед поновлюваних видів енергії, згідно концепції енергетичної політики України на період до 2020 року, є вітроенергетика. Робота вітрогенератора потужністю 1 МВт за 20 років дозволяє заощадити приблизно 29 тис. тонн вугілля або 92 тис. баррелів нафти. Щорічно застосування такого генератора запобігає потраплянню в атмосферу 1800 т CO₂, 9 т SO₂, 4 т оксидів азоту.

Мета роботи: вибрати найбільш вигідний варіант вітрової електростанції.

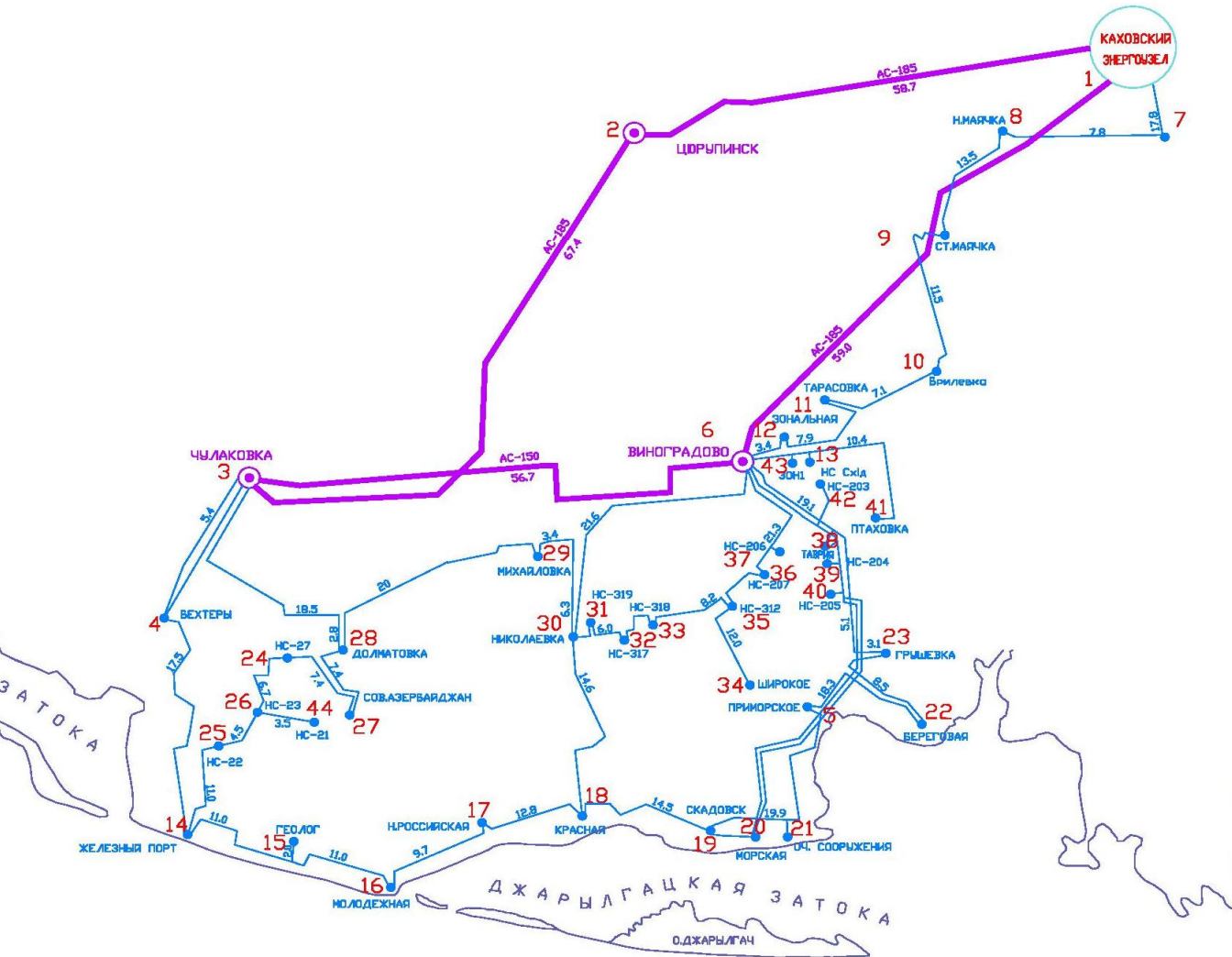
Об'єкт: вітрова електростанція.

Задачі: вибрати площадку під встановлення, вибрати тип і модель турбіни, розрахувати вплив установки на існуючу мережу, можливий термін окупності.

Потенціал вітрової енергії на території України



Карта-схема електричних мереж ПраТ «ЕК «Херсонобленерго»



Умовні позначення

Лінії електропередачі

220 КВ	Марка і переріз провoda Довжина в км	
150 КВ	Марка і переріз провoda Довжина в км	
110 КВ	Марка і переріз провoda Довжина в км	
35 КВ	Марка і переріз провoda Довжина в км	

Підстанції



330 КВ	
150 КВ	
110 КВ	
35 КВ	
Номер вузла	1

Ситуаційний план

5



Умовні позначення:

-  Межа підстанції 150/35/10 "Виноградovo"
-  Межа ділянки



ТГ-1000

УСТАНОВКА
ВЕТРЯНАЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
ТУРБОГЕНЕРАТОРНАЯ

6

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип	горизонтально-осевая		
Номинальная мощность, кВт	1000	Турбогенераторы:	
Скорость ветра, м/с:		-количество, шт.	3
-начальная	2,7	-количество лопастей турбины, шт.	6
-номинальная	11,9	-диаметр размещения турбин, м	27,62
-максимальная рабочая	25,0	-диаметр турбин, м	5,4
-гранично допустимая	60,0	-номинальная частота вращения, об/мин	375
Ротор:		Генераторы - синхронные, индукторные, трехфазные	
-диаметр, м	58	- номинальная мощность, кВт	350
-количество лопастей, шт.	3	- частота тока, Гц	50
-частота вращения, об/мин	6,0...28,2	- номинальное напряжение, В	690
-высота до оси ротора, м	50	- вес, т	4,8
Гондола:		Вес, т:	
-диаметр, м	2,0	-гондолы с ротором	56,0
-длина (со ступицей), м	8,6	-опоры	58,0
Опора:			
-высота, м	48		
-диаметр нижней части, м	4,0		
-диаметр верхней части, м	1,72		

Зависимость электрической мощности от скорости ветра на высоте оси ротора



Зависимость годовой производительности энергии от среднегодовой скорости ветра на высоте оси флюгера 10 м



ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА
ТГ-1000



ТГ-2500

УСТАНОВКА
ВЕТРЯНАЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
ТУРБОГЕНЕРАТОРНАЯ

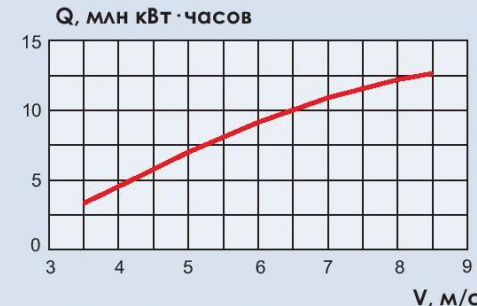
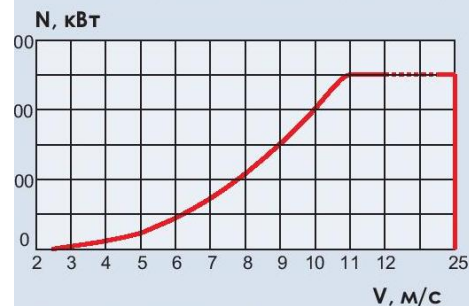
7

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип	горизонтально-осевая		Турбогенераторы:	
Номинальная мощность, кВт	2500		-количество, шт.	3
Скорость ветра, м/с:			-количество лопастей турбины, шт.	6
-начальная	2,5		-диаметр размещения турбин, м	54,0
-номинальная	11,0		-диаметр турбин, м	8,3
-максимальная рабочая	25,0		-номинальная частота вращения, об/мин	250
-гранично допустимая	60,0		Генераторы синхронные, индукторные, трехфазные	
Ротор:			- номинальная мощность, кВт	850
-диаметр, м	106		- частота тока, Гц	50
-количество лопастей, шт.	3		- номинальное напряжение, В	690
-частота вращения, об/мин	4...15		- вес, т	6,0
-высота до оси ротора, м	80		Вес, т:	
Гондола:			-ротора	100
-диаметр, м	3,0		-гондолы с ротором	125
-длина (со ступицей), м	12,0		-опоры	250
Опора:				
-высота, м	78			
-диаметр нижней части, м	4,2			
-диаметр верхней части, м	2,8			

Зависимость электрической мощности от скорости ветра на высоте оси ротора

Зависимость годовой производительности энергии от среднегодовой скорости ветра на высоте оси флюгера 10 м



ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА
ТГ-2500

ВЭУ мощностью 2,5 МВт FL2500

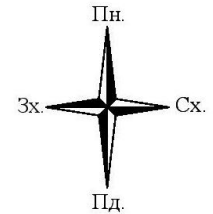
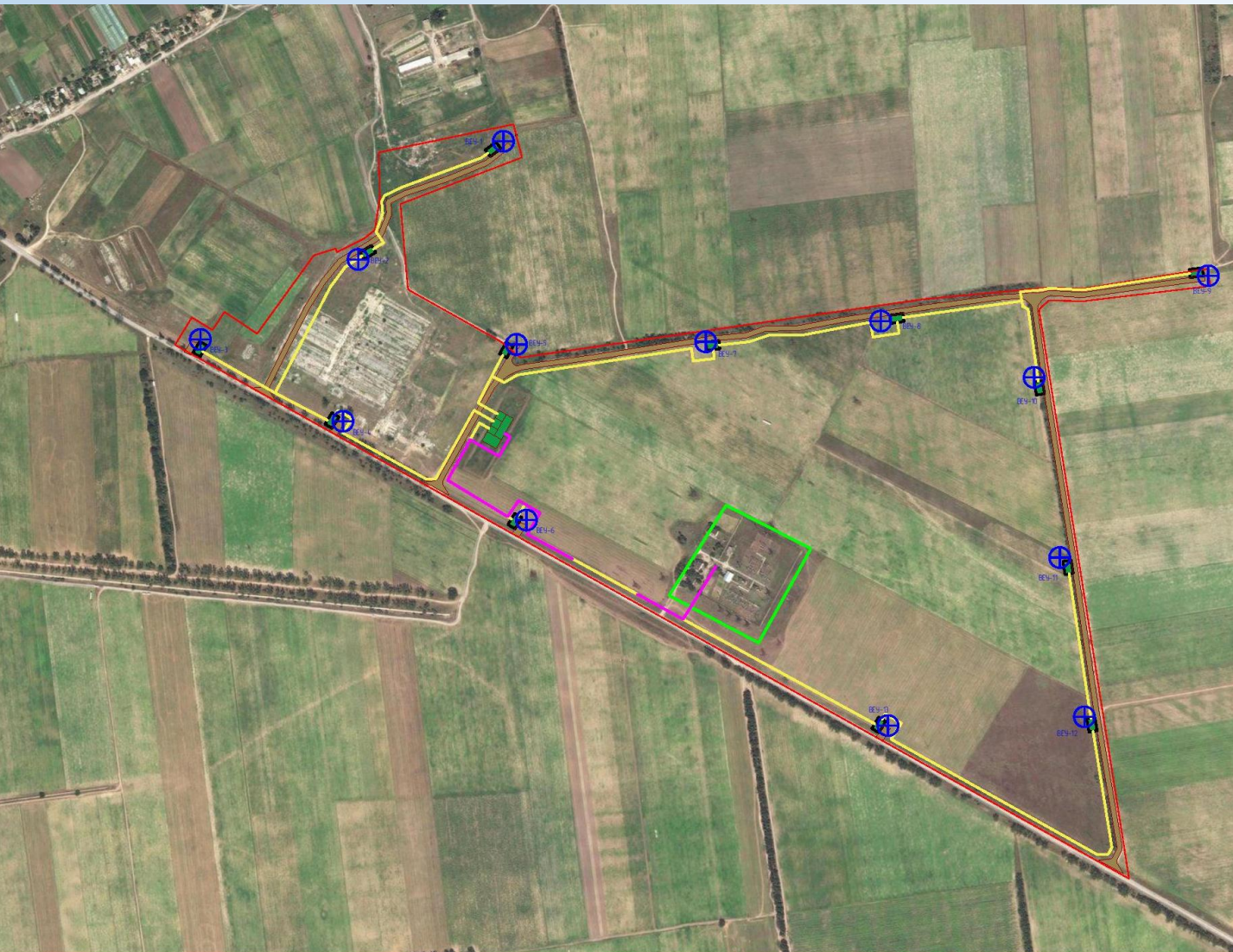
Технические характеристики:

1. Номинальная мощность - 2500 кВт.
2. Высота до оси ротора - 98,2 м.
3. Диаметр ротора, – 100 м.
4. Пусковая скорость ветра - 3,5 м/с.
5. Номинальная скорость ветра - 11,5 м/с.
6. Отключение при скорости ветра – 25 м/с.
7. Эксплуатация при t от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.
8. Звуковая мощность - $104,5 \pm 2$ дБА.
9. Диапазон числа оборотов - 9,4 - 16,5/мин.
10. Ном. число оборотов ротора - 14,4/мин.
11. Угол наклона гондолы - 5° .
12. Передаточное число редуктора - 79,2.








Креслення розпланування . Варіант 1

9



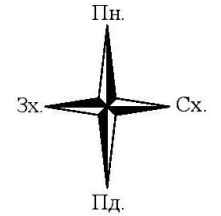
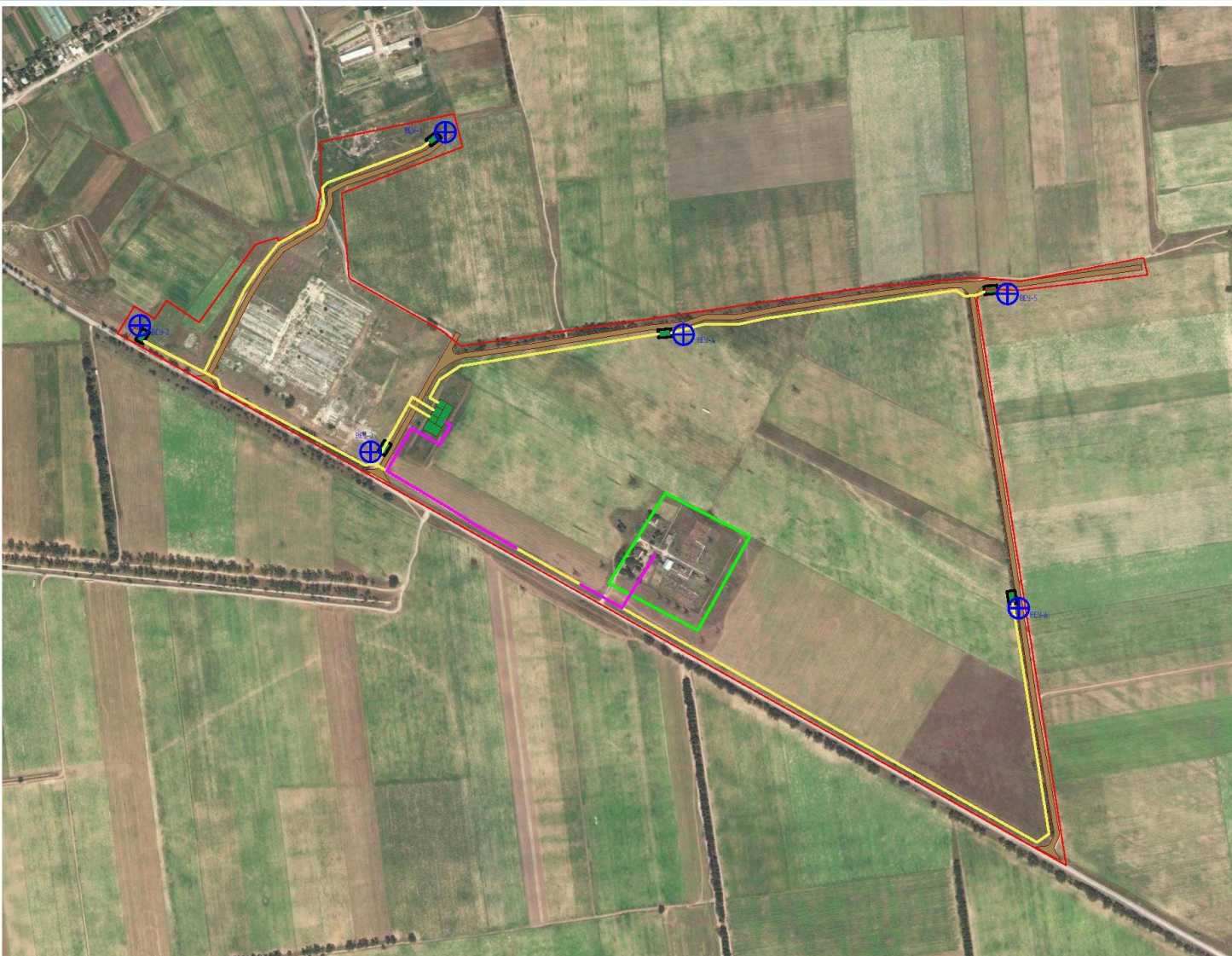
Умовні позначення:

-  Межа підстанції 150/35/10 "Виноградово"
-  КЛ-35 від ТП до РП-35
-  КЛ-35 від РП-35 до ПС150/35/10
-  Межа ділянки
-  Проїзди (проектуються)
-  Трансформаторна підстанція
-  Вітрова турбіна
-  Розподільний пристрій

Креслення розпланування вітрової електростанції для турбін моделі Copeland TG-1000, P_n=1 МВт. Кількість турбін складає 13 шт. Номінальна потужність станції 13 МВт.

Креслення розпланування . Варіант 2

10



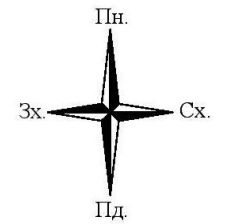
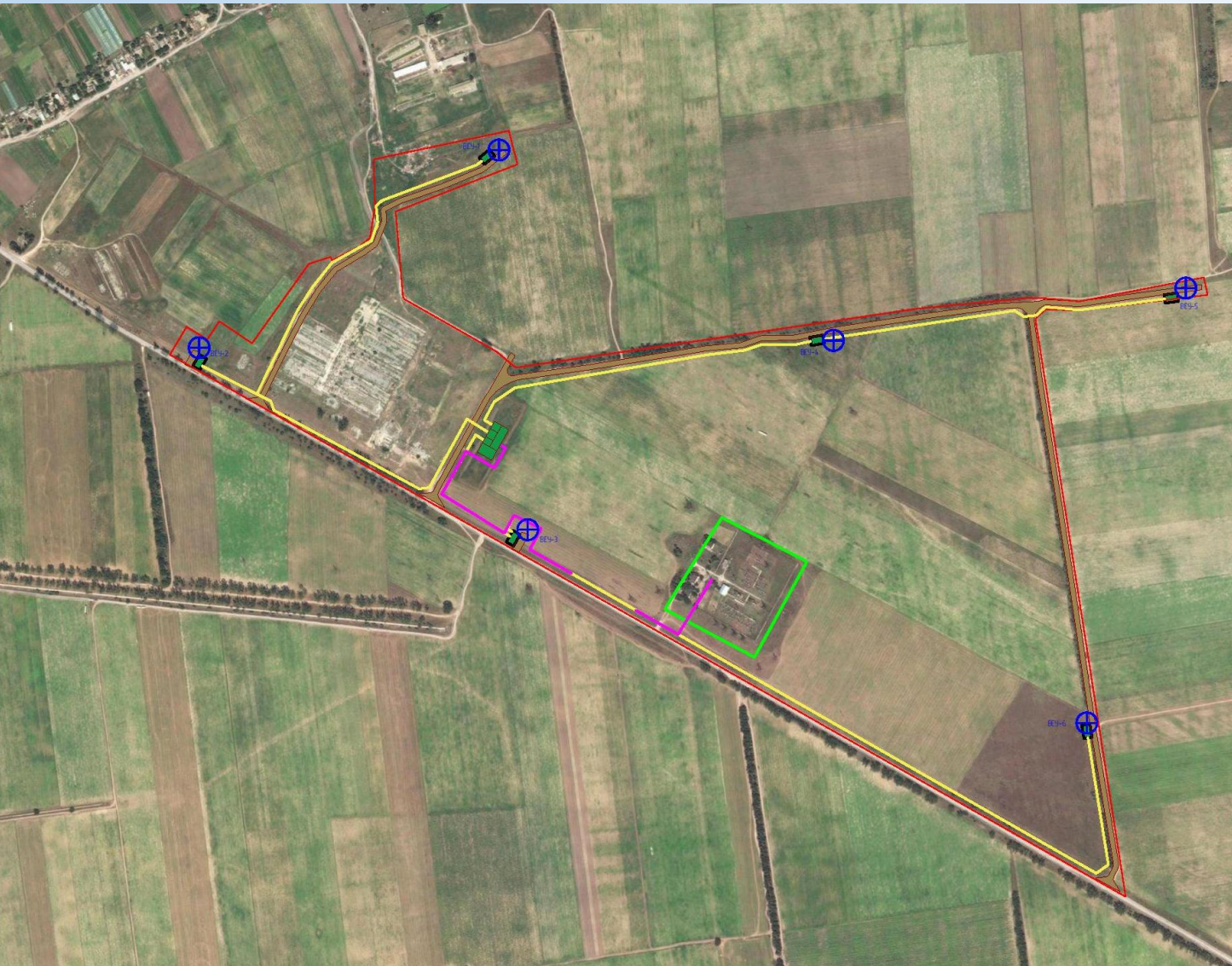
Умовні позначення:

-  Межа підстанції 150/35/10 "Виноградovo"
-  КЛ-35 від ТП до РП-35
-  КЛ-35 від РП-35 до ПС150/35/10
-  Межа сілянки
-  Проїзди (проектуються)
-  Трансформаторна підстанція
-  Вітрова турбіна
-  Розподільний пристрій

Креслення розпланування вітрової електростанції для турбін моделі Fuhrlander FL2500, P_n=2,5 MWt. Кількість турбін складає 6 шт. Номінальна потужність станції 15 MWt.

Креслення розпланування . Варіант 3

11



Умовні позначення:

- Межа підстанції 150/35/10 "Виноградovo"
- КЛ-35 від ТП до РП-35
- КЛ-35 від РП-35 до ПС150/35/10
- Межа ділянки
- Проїзди (проектуються)
- Трансформаторна підстанція
- ⊕ Вітрова турбіна
- Розподільний пристрій

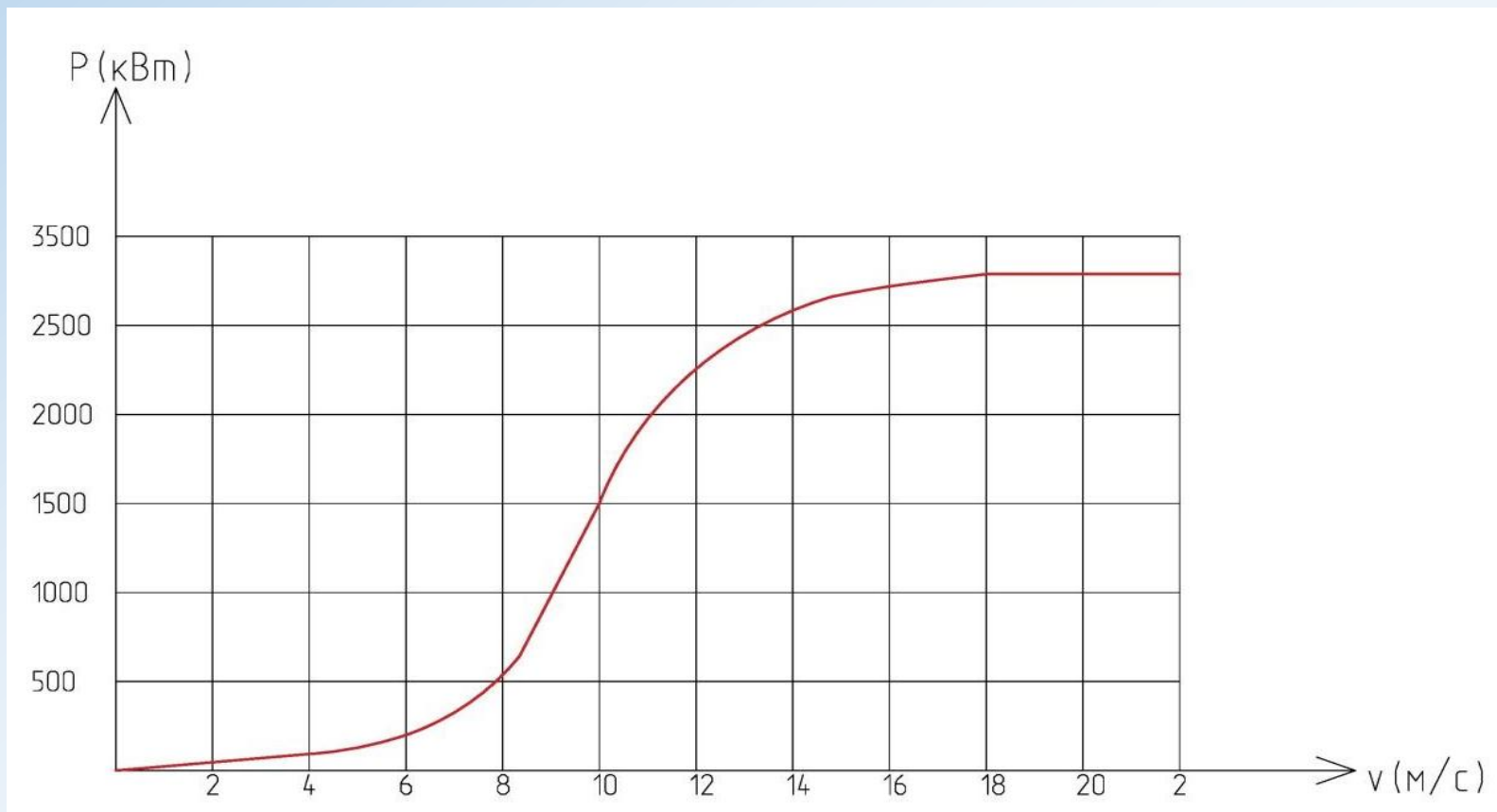
Креслення розпланування вітрової електростанції для турбін моделі у Fuhrlander FL3000, P_н=3 МВт. Кількість турбін складає 6 шт. Номінальна потужність станції 18 МВт.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК 12

Цінові характеристики турбін

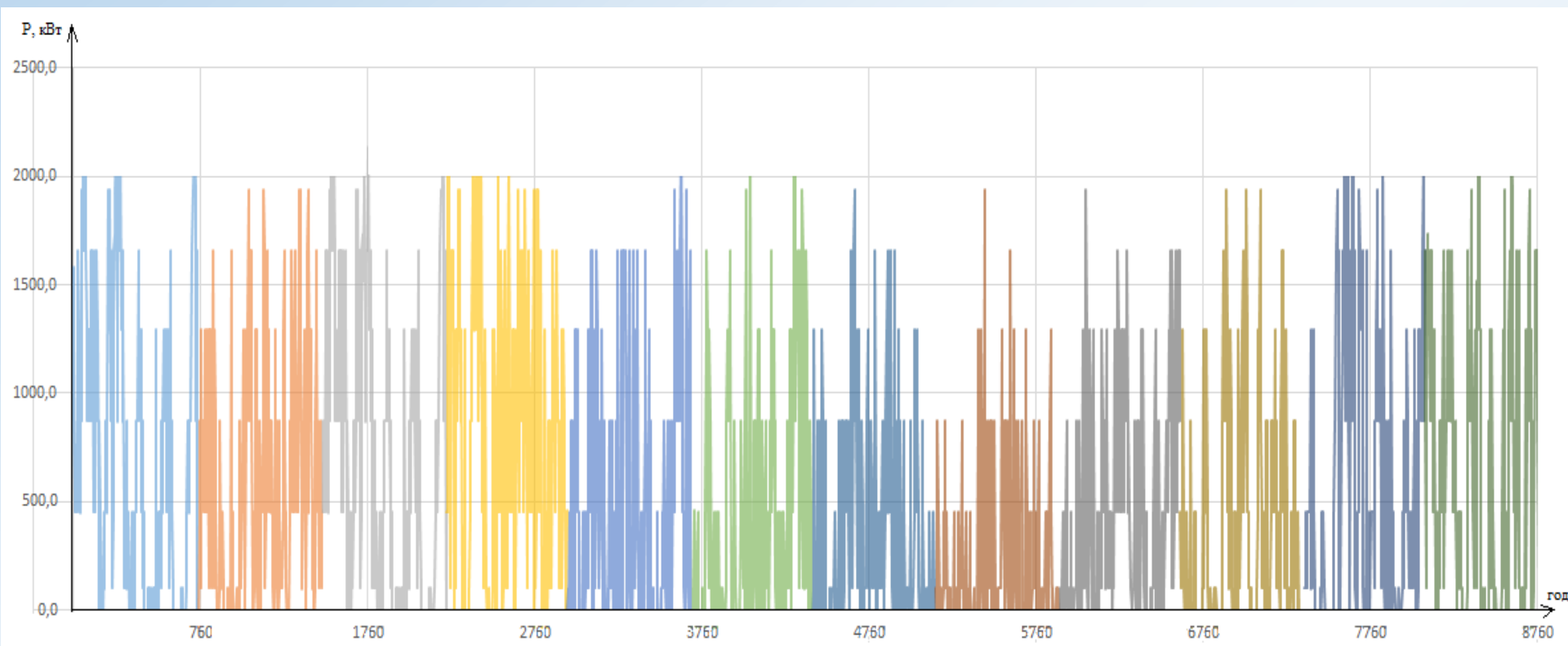
№	Назва	Турбіна, ти с. дол.(\$)	Фундамент, тис. дол.(\$)	Планування і додаткові витрати, тис. дол.(\$)	Підключення до мережі, тис. дол.(\$)	Сумма, ти с. дол.(\$)
1.	Concord ТГ-1000	960,5	200	123,75	43,75	1328
2.	Fuhrlander FL2500	2911	296	183,15	64,75	3455
3..	Fuhrlander FL3000	3196	428,8	265,32	93,8	3984

Графік потужності турбіни Fuhrlander FL3000 13



$$V_i = 3 \cdot \left(\frac{100}{10} \right)^{0,19} = 4,646$$

Графік генерації турбіни Fuhrlander FL3000 14



$$W_{\text{ген}} = 665 \cdot 3 = 1996(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

$$k_{\text{ген}} = \frac{7095600}{3000 \cdot 8760} = 0,27$$

$$W_{\text{БЕУ}} = 1000 \cdot 8760 \cdot 0,27 = 2365200(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

№	Назва турбіни	Потужність,кВт	$W_{\text{БЕУ}}$, кВт год
1.	Concord ТГ-1000	1000	2365200
2.	Fuhrlander FL2500	2500	5913000
3.	Fuhrlander FL3000	3000	7095600

Розрахунок терміну окупності

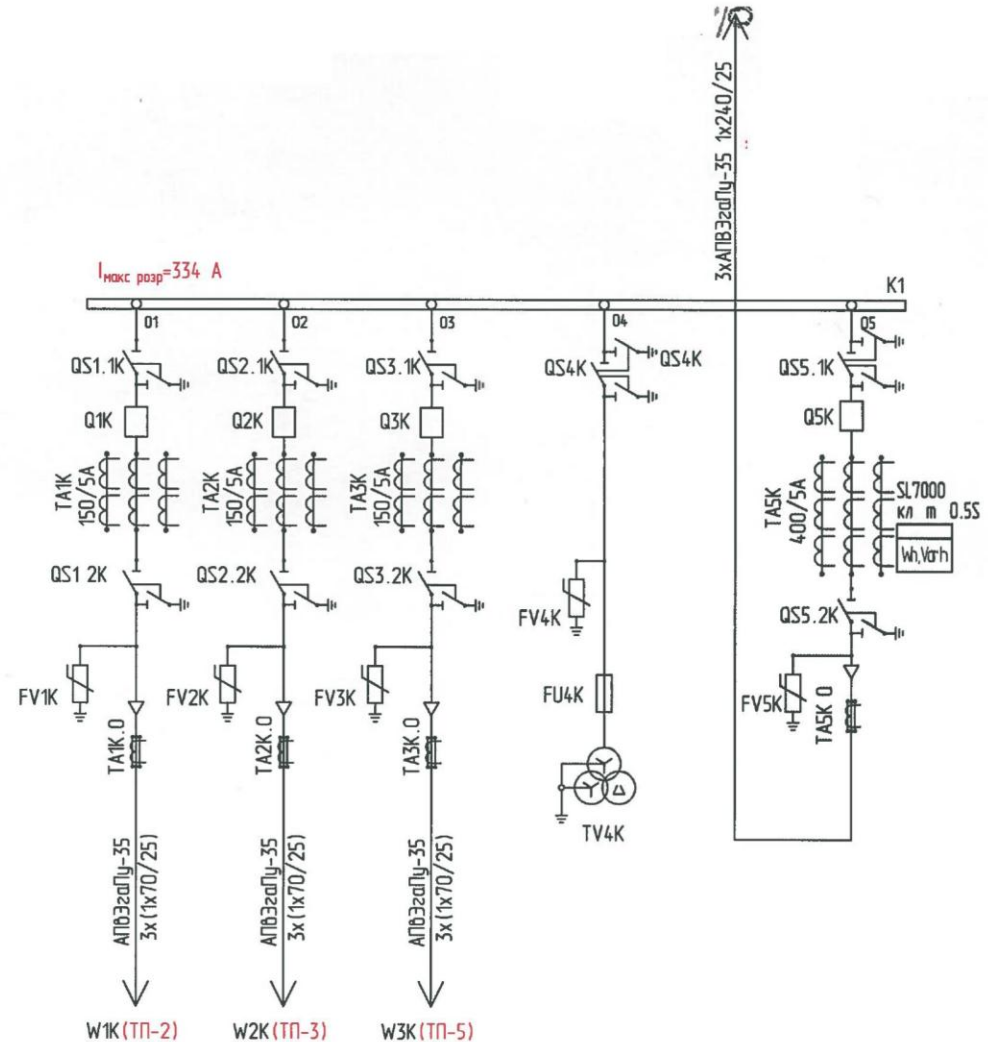
№	Назва	Ціна електроенергії, грн.	$\Pi_{\text{ВЕС}}$, тис.грн.	К, тис.грн	n, кількість ВЕУ	Термін окупності, років
1.	Concord ТГ-1000	2,72	6433,34	35590,4	13	5,635
2.	Fuhrlander FL2500	2,72	16083,36	92594	6	5,757
3.	Fuhrlander FL3000	2,72	19300,03	106771,2	6	5,532

Головна схема електричних з'єднань РП-35 кВ

17

До ПС 150/35/10 «Виногорова»

Камери 35 кВ типу ВМ-4 (або околоз)	Щити: АД31 30x4, Іном.= 365 А
	РВ3-35/1000-III-У3, 1000 А, 35 кВ (QS4K, QS5.1K) РВ3-35/1000-II-У3, 1000 А, 35 кВ (QS1.1K, QS2.1K, QS3.1K) ВБ4-П-35-25/1250 У2 (Uн=35кВ, Іном.=1250А) (Q1K, Q2K, Q3K, Q5K)
	Трансформатори струму ТОЛ-35 150/5 0,5s/10P 5/10 ВА (ТА1К, ТА2К, ТА3К) ТОЛ-35 400/5 0,5s/0,5/10P 2,5/5/10 ВА (ТА5К)
	ОПНн-35/40,5 (*Промсервіс*) РВ3-35/1000-II-У3, 1000 А, 35 кВ (QS1.2K, QS2.2K, QS3.2K, QS5.2K)
	Тр-ри струму нулявої послідовності ТЗЛМ-1-2 25/1, 10P, 2 ВА (ТА1К.0, ТА2К.0, ТА3К.0, ТА5К.0) ТЗЛ-200 60/1, 10P, 2 ВА, 200 мм (ТА5К.0)
Тр-ри напруги VTS 38 35/√3 0,1/√3: 0,1/3; кл.т. 0,5/3P 20/100 ВА (TV4K) (з об'єднаними запобіжниками VPO 38)	



Результати розрахунку в «Втрати 110»

Отримано потужн./ел.енерг.:	59.432 МВт / 526.433 млн.кВт*Г	58.937 МВт / 521.607 млн.кВт*Г
Відпущено потужн./ел.енерг.:	53.480 МВт / 468.485 млн.кВт*Г	53.480 МВт / 468.485 млн.кВт*Г
Втрати в ЛЕП 220-35 кВ:	4.794 МВт / 47.279 млн.кВт*Г	4.411 МВт / 43.569 млн.кВт*Г
Втрати в ЛЕП 750-330 кВ:	0.000 МВт / 0.000 млн.кВт*Г	0.000 МВт / 0.000 млн.кВт*Г
Сумарні втрати в ЛЕП:	4.794 МВт / 47.279 млн.кВт*Г	4.411 МВт / 43.569 млн.кВт*Г
Втрати х.х. в трансформаторах:	0.677 МВт / 5.928 млн.кВт*Г	0.698 МВт / 6.111 млн.кВт*Г
Втрати нав. в трансформаторах	0.481 МВт / 4.742 млн.кВт*Г	0.348 МВт / 3.442 млн.кВт*Г
Сумарні втрати в трансформаторах:	1.157 МВт / 10.669 млн.кВт*Г	1.046 МВт / 9.553 млн.кВт*Г
СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ:	5.952 МВт / 57.948 млн.кВт*Г (11.0%)	5.457 МВт / 53.122 млн.кВт*Г (10.2%)

Висновок

В роботі отримано вирішення актуальної науково-прикладної задачі оптимізація роботи вітрової електростанції в системі електропостачання населеного пункту, що полягає у розробленні алгоритмів оптимізації розташування ВЕУ, місць підключення а також системи управління режимами роботи ВЕУ. Їх реалізація дозволить підвищити ефективність сумісного використання електромереж енергопостачальними компаніями, споживачами та розосередженими джерелами енергії.

1. В ході роботи проаналізовано і вибрано місце для будівництва. Дане місце відповідає всім необхідним параметрам, а саме високий вітровий потенціал, знаходиться біля точки підключення, доступність до дорожніх ресурсів .

2. Відповідно розроблено 3 креслення розпланування , на першому використано турбіни Concord TG-1000, при використанні даних турбін встановлення потужність ВЕС 13 МВт (див. додаток Г, арк.1). Якщо використати Fuhrlander FL2500 встановлення потужність ВЕС досягає 15 МВт (див. додаток Г арк.2). Остаточний варіант при використанні турбін Fuhrlander FL3000 потужність ВЕС 18 МВт (див. додаток Г арк.3).

3. В ході техніко-економічного розрахунку із 3 варіантів вибрано майбільш доцільний з точки зору мінімального терміну окупності. Даний варіант представлений в додатку Г арк.3. Відповідно до вибраного варіанту розроблено рішення щодо підключення до підстанції 150/35/10 «Виногорова». Виходячи з даного рішення здійснено перевірку обладнання на термічну і динамічну стійкість.

4. Одним з головних питань є забезпечення безпеки життєдіяльності та нормальних умов праці. Тому в розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було розглянуто основні заходи щодо створення та забезпечення безпечних умов праці.

**Дякую за
увагу**

