

# Автоматизація біогазової установки



Виконав: **Василенко Ігор Ігорович**, магістрант гр.ЕПА-19м

Керівник: **Проценко Дмитро Петрович**, к.т.н., доцент

**2020**

## *Мета, об'єкт та предмет роботи*

**Мета роботи** підвищення енергоефективності системи автономного електропостачання на базі біогазової установки за рахунок автоматичного керування величиною потужності генерування з врахуванням фактичного графіка навантаження.

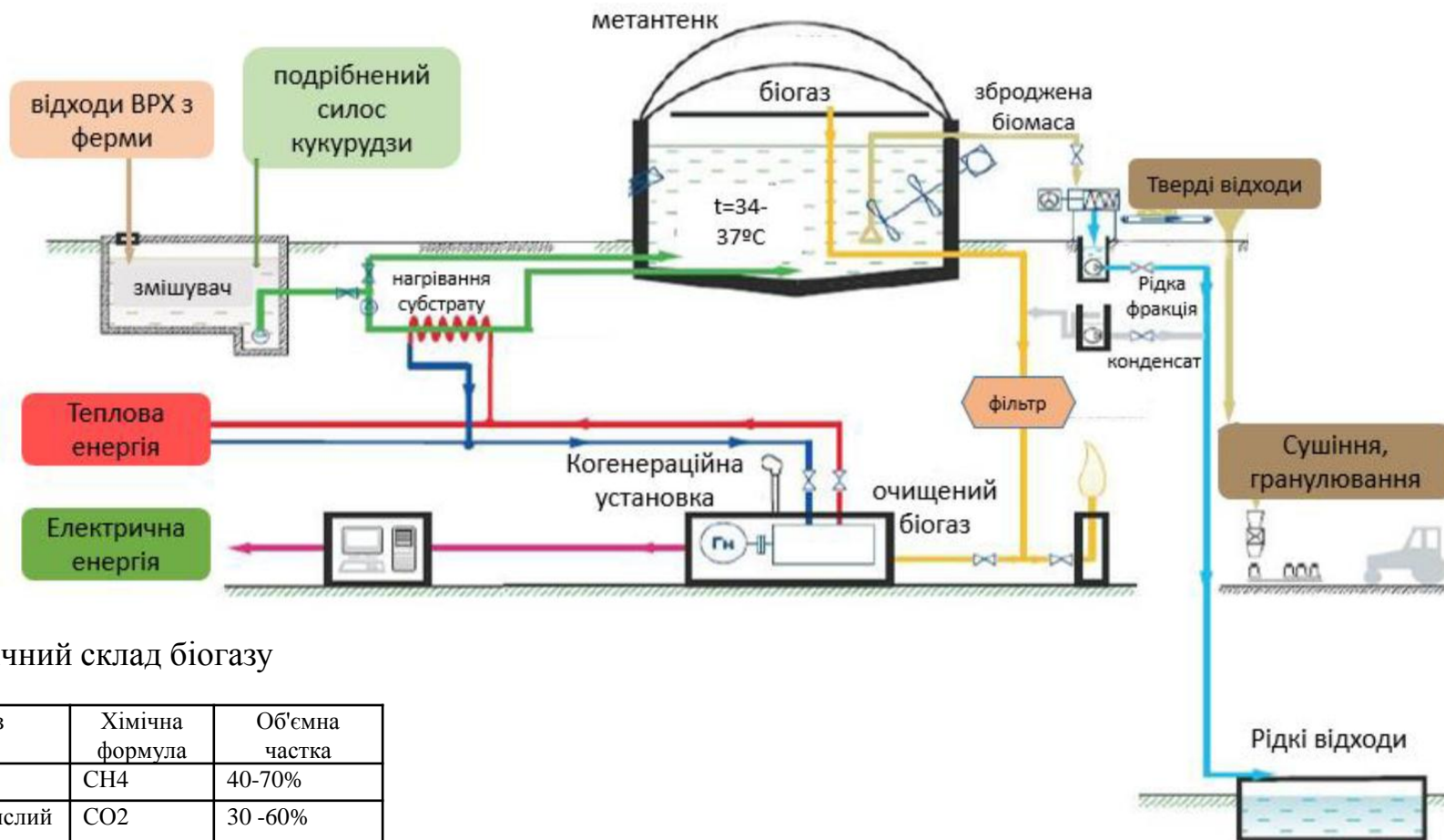
Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- Здійснити аналіз особливостей технологічного процесу отримання біогазу та необхідного обладнання ;
- Визначити основні контури автоматизації та вимоги які висуваються до відповідної системи;
- Визначити особливості сумісної роботи сонячних панелей та біогазової установки в системах автономного електропостачання;
- Здійснити синтез алгоритмів автоматизованої система дискретного керування, що працює за алгоритмом відслідкування діаграми навантаження.

**Об'єкт дослідження** це процеси автоматичного регулювання потужності біогазових установок в системах гібридного автономного електропостачання.

**Предмет дослідження** методи керування когенераційними установками БГУ в умовах автономного електропостачання.

## Особливості технологічного процесу отримання біогазу



### Хімічний склад біогазу

Газ	Хімічна формула	Об'ємна частка
Метан	$\text{CH}_4$	40-70%
Вуглекислий газ	$\text{CO}_2$	30 -60%
Інші гази:		1 -5%
Водень	$\text{H}_2$	0-1%
Сірководень	$\text{H}_2\text{S}$	0 -3%

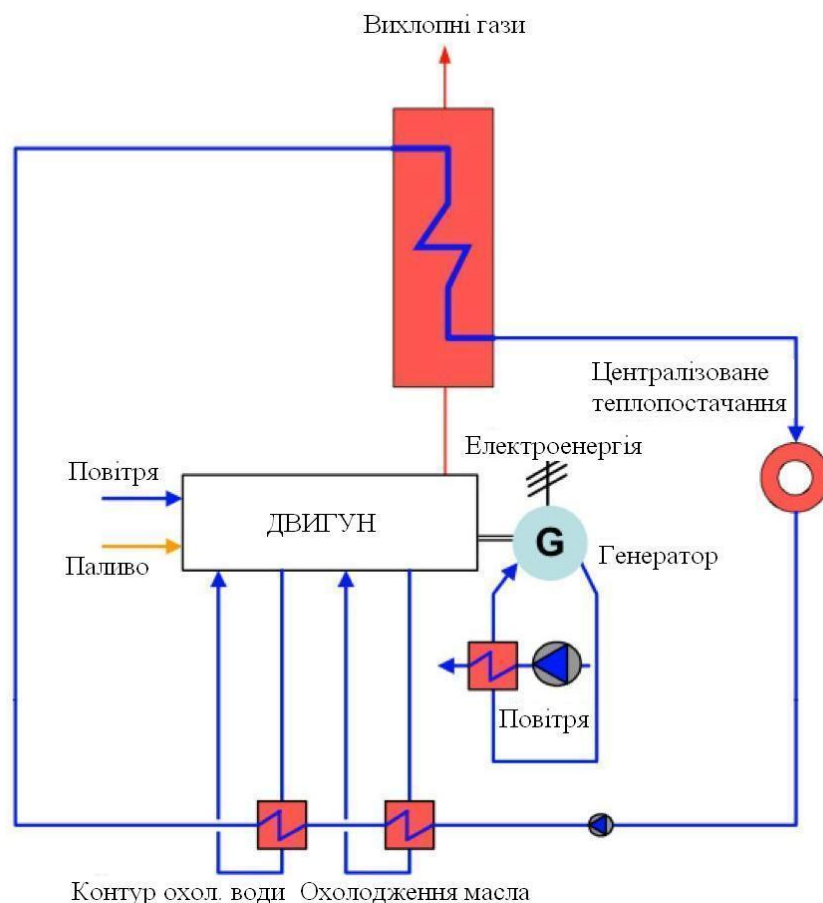
## Схема когенераційної газопоршневої установки

### Технічні характеристики когенераційних установок TESSARI

Модель КГУ TESSARI	Загальна ел. потужн. при $\cos\phi$ 0.8	Витрата палива [м <sup>3</sup> /ч]	Теплова потужність [кВт]	Загальний ККД [%]
	[кВт]			
COGSL35	35	18,6	55	80,4
COGSL44	44	21,5	63	82,9
COGSL50	50	24,2 arrows="right" <td>79</td> <td>88,4</td>	79	88,4
COGSL63	63	30	93	87,2



Зовнішній вигляд когенераційної установки

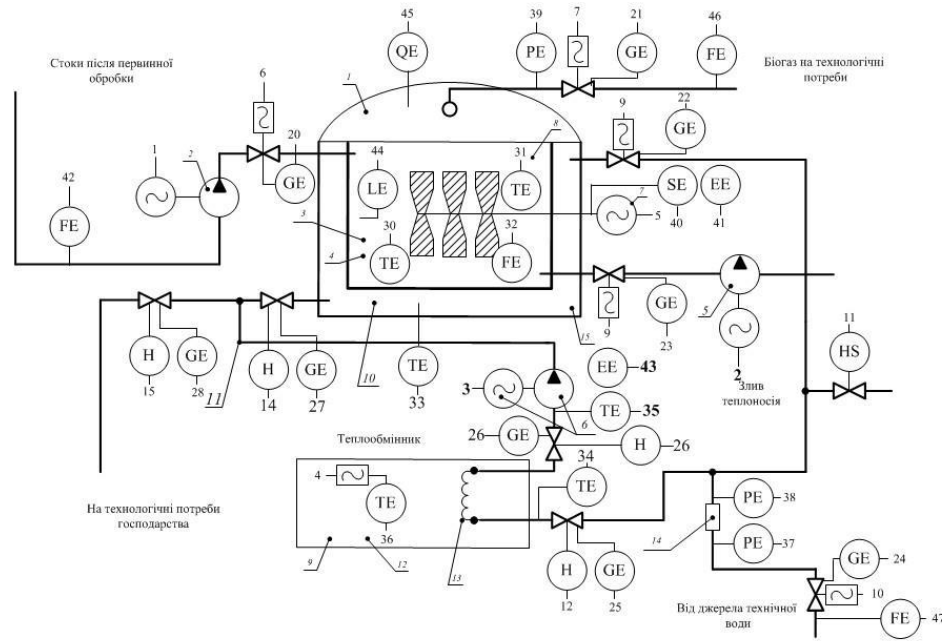


## *Вимоги до автоматизації БГУ*

Вимоги до автоматизації БГУ можна сформулювати таким чином:

- 1) автоматизована подача субстрату в біореактор, для забезпечення стабільного мезофільного процесу, з метою стабілізації виходу біогазу;
- 2) автоматичний режим комутації мішалок, особливо це важливо для густих субстратів в ферментаторі, насосів подачі субстрату та сепараторів;
- 3) автоматичне регулювання температурних режимів в ферментаторі через обігрів резервуара ферментатора за допомогою контурів обігріву для підтримування температури субстрату;
- 4) автоматичне керування роботою когенераційною установкою в залежності від потужності споживачів з метою для забезпечення високої енергетичної ефективності

# Функціональна схема автоматизації БГУ



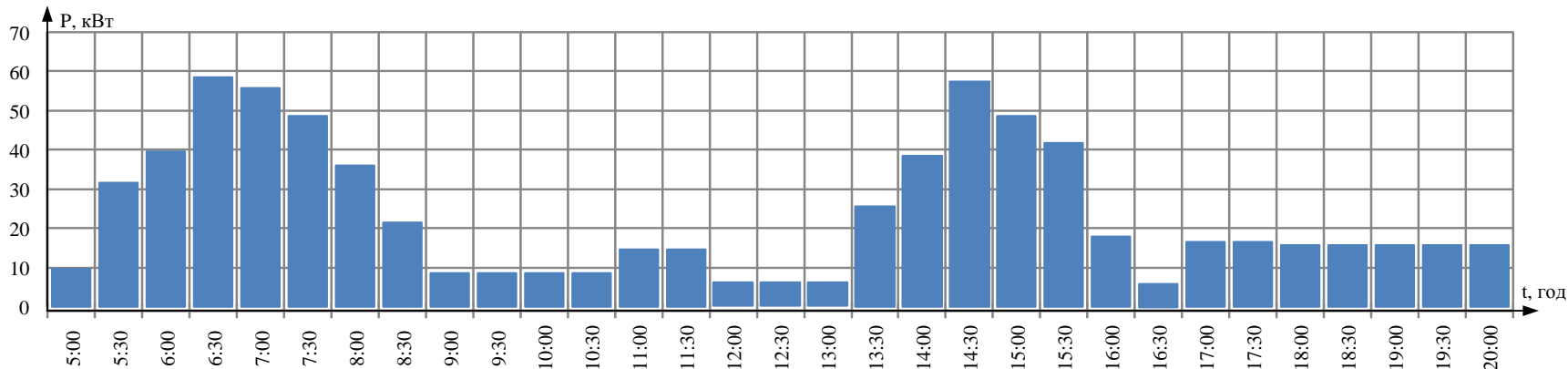
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20-24	25-28	30-33	34-35	36	37-38	39	40	41-43	44	45	46-47
	Насос стовбів	Насос випалювання	Насос шпорування	ТЕН	Мішалка	Засушка стовбів	Засушка газу	Кран теплоносія	Кран вивантажувача	Засушка вола	Злив	Засушка	Засушка	Засушка	Засушка власної потреби	MM	MM	C	C	C	кПа	кПа	Об'єм.	А	М	к.о.	М
Прилади на місці	NS 1-1	NS 2-1	NS 3-1	NS 4-1	NS 5-1	NS 6-1	NS 7-1	NS 8-1	NS 9-1	NS 10-1	HS 11-1	HS 12-1	HS 13-1	HS 14-1	HS 15-1	GYT	TYT	TYT	TYT	TYT	PYT	SYT	EYT	LYT	QYT	FYT	
Прилади на пультах	NSK 1-2	NSK 2-2	NSK 3-2	NSK 4-2	NSK 5-2	NSK 6-2	NSK 7-2	NSK 8-2	NSK 9-2	NSK 10-2	HSK 11-2	HSK 12-2	HSK 13-2	HSK 14-2	HSK 15-2	GSIK	GIK	TCYRK	TSAK	TSAK	PISK	PISK	ESKIK	LIASK	QRIK	FRIK	

## *Діаграми роботи технологічного обладнання тваринницької ферми та розрахунок графіка навантаження*

Для розрахунку необхідної кількості електроенергії здійснено експериментальне визначення графіка навантаження на основі аналізу споживання електроенергії на малій фермі ВРХ із поголів'ям 60 дійних корів, 11 - ти сухостійних та 29 голів молодняка

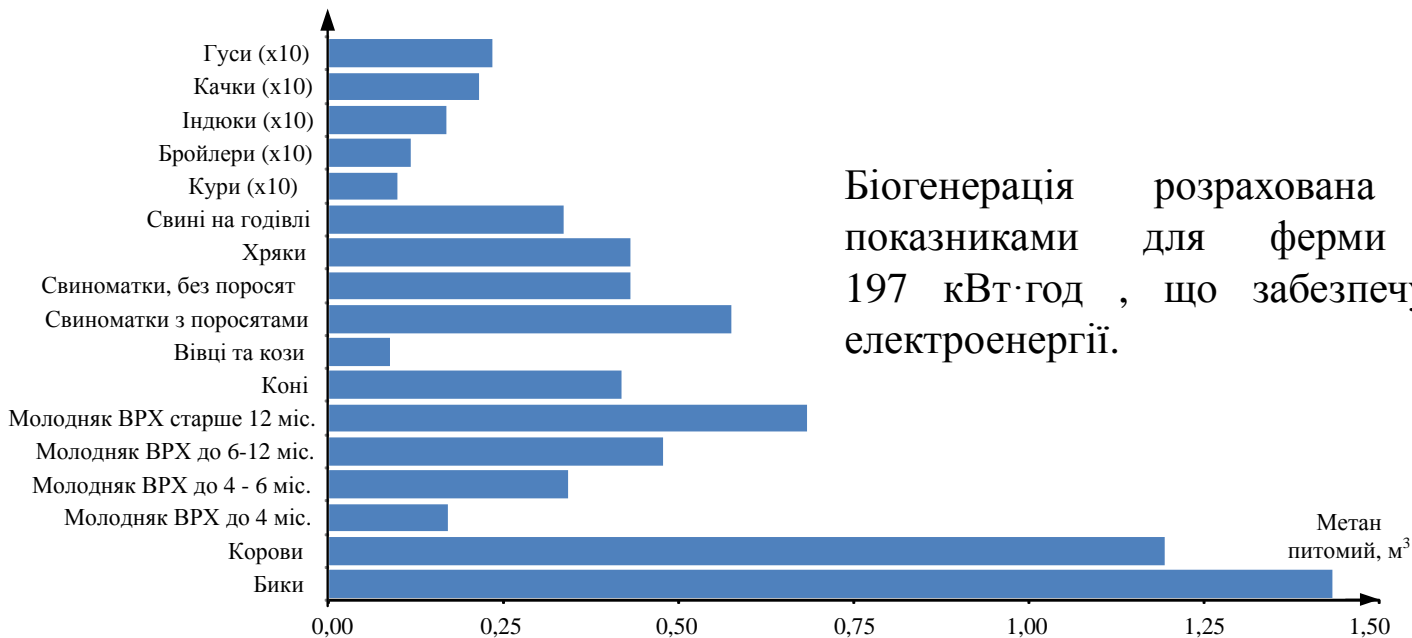
Операція (марка обладнання)	Потуж.	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00		
Подавання конц-кормів (ПК-6)	3,2			1																1														
Подавання корене-бульбоплодів (ТК-5Б)	3				1	1	1														1	1	1											
Подрібнення коренебульбоплодів (ИКМ-10)	14				1	1	1														1	1	1											
Приготування сінного борошна (КДУ-2, БР-15)	22		1	1															1	1														
	6	1	1					1	1					1	1					1	1						1	1						
Подавання борошна (ПСМ-10)	2,7				1		1														1			1										
Подрібнення силосу (ИКВ-5А)	22				1	1															1	1												
Завантаження кормів (КВ-Ф-40)	1,5			1	1	1	1														1	1	1	1										
Приготування сумішей	2,2			1	1	1	1														1	1	1	1										
	2,2				1	1	1	1														1	1	1	1									
Видавання кормів (ШВС-40М)	12						1	1																1	1									
Доїння корів (АДМ-8)	7		1	1	1	1	1	1	1																		1	1	1	1	1	1	1	1
Охолодження молока (ТОМ-2А)	5							1	1	1	1	1	1	1	1														1	1	1	1	1	1
Прибирання гною (УС-15)	2,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Освітлення	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Навантаження, кВт		9,5	32	39	58	56	49	36	22	8,5	8,5	8,5	8,5	15	15	3,5	3,5	3,5	26	38	57	49	42	18	3,5	17	17	16	16	16	16	16	16	

## Графік навантаження тваринницької ферми



Добове споживання електроенергії тваринницькою фермою на рівні 347 кВт·год

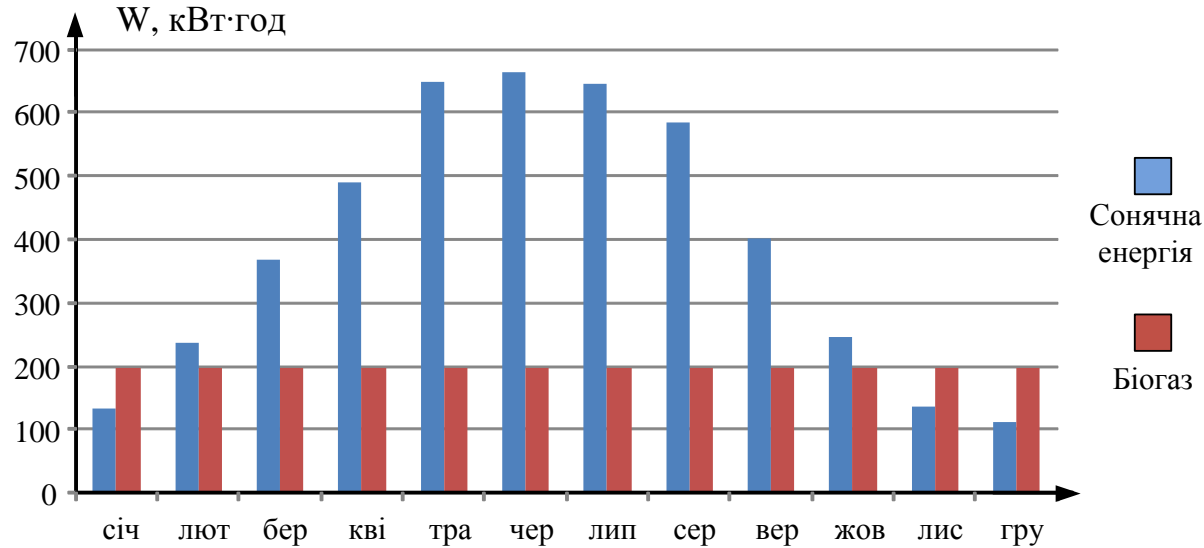
Питомий вихід метану отриманого з біогазу для різних видів тварин та птахів



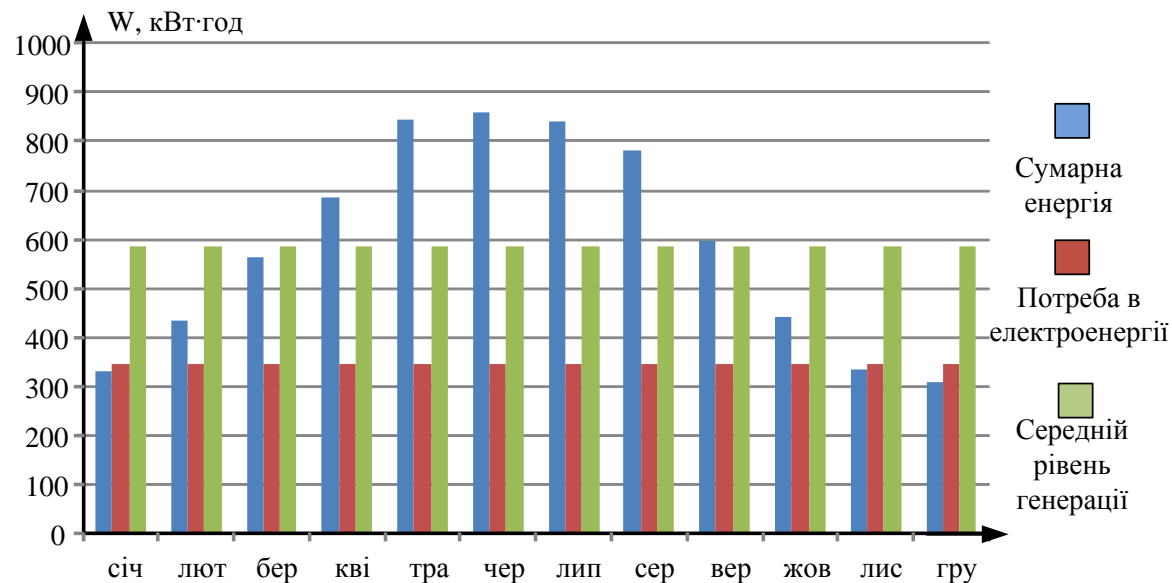
Біогенерація розрахована за мінімальними показниками для ферми ВРХ становитиме 197 кВт·год, що забезпечує 57 % необхідної електроенергії.



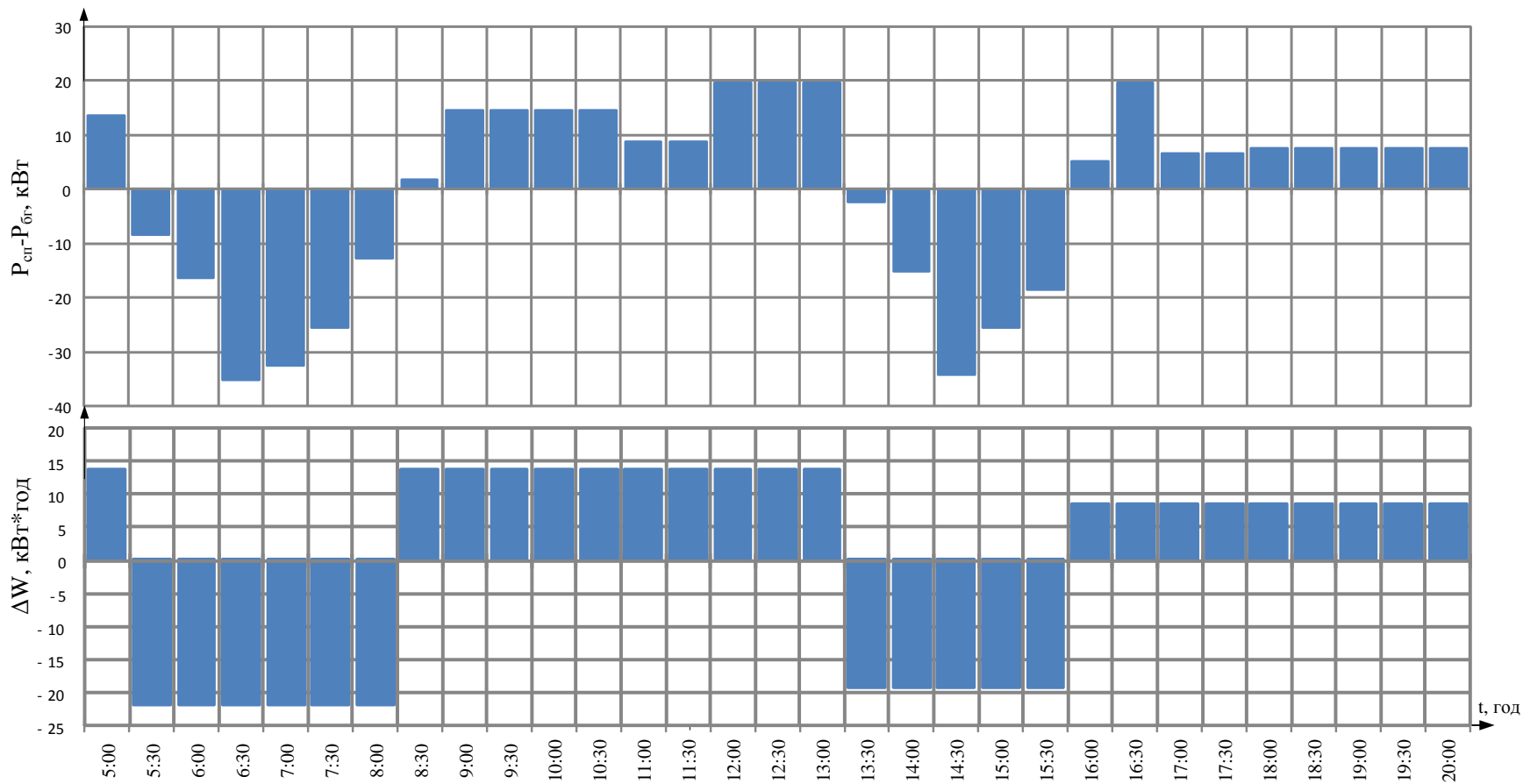
### Помісячний графік генерації ВДЕ ферми ВРХ



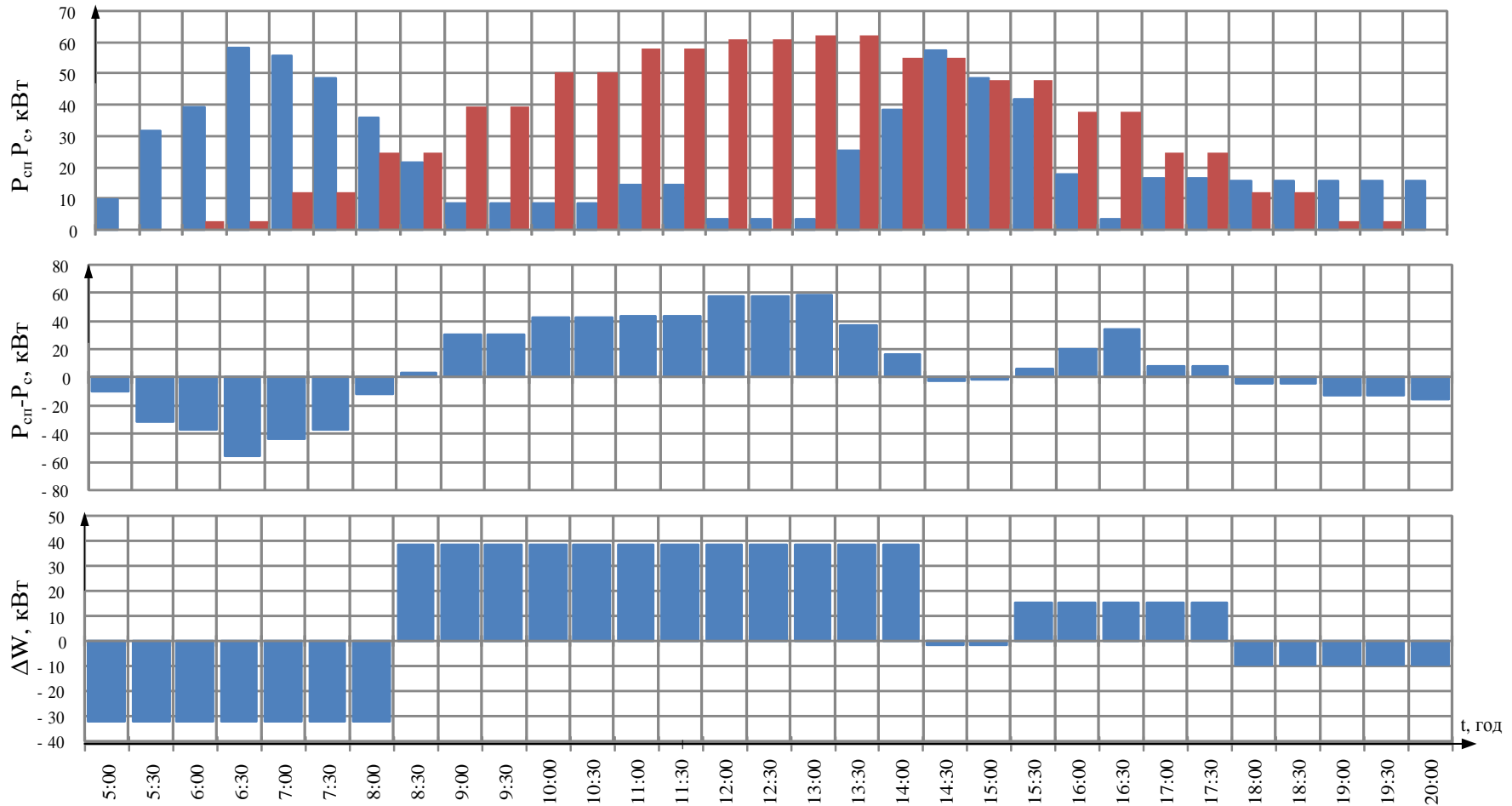
### Помісячний графік сумарної генерації ВДЕ, потреби в електроенергії та середнього рівня генерації ферми ВРХ



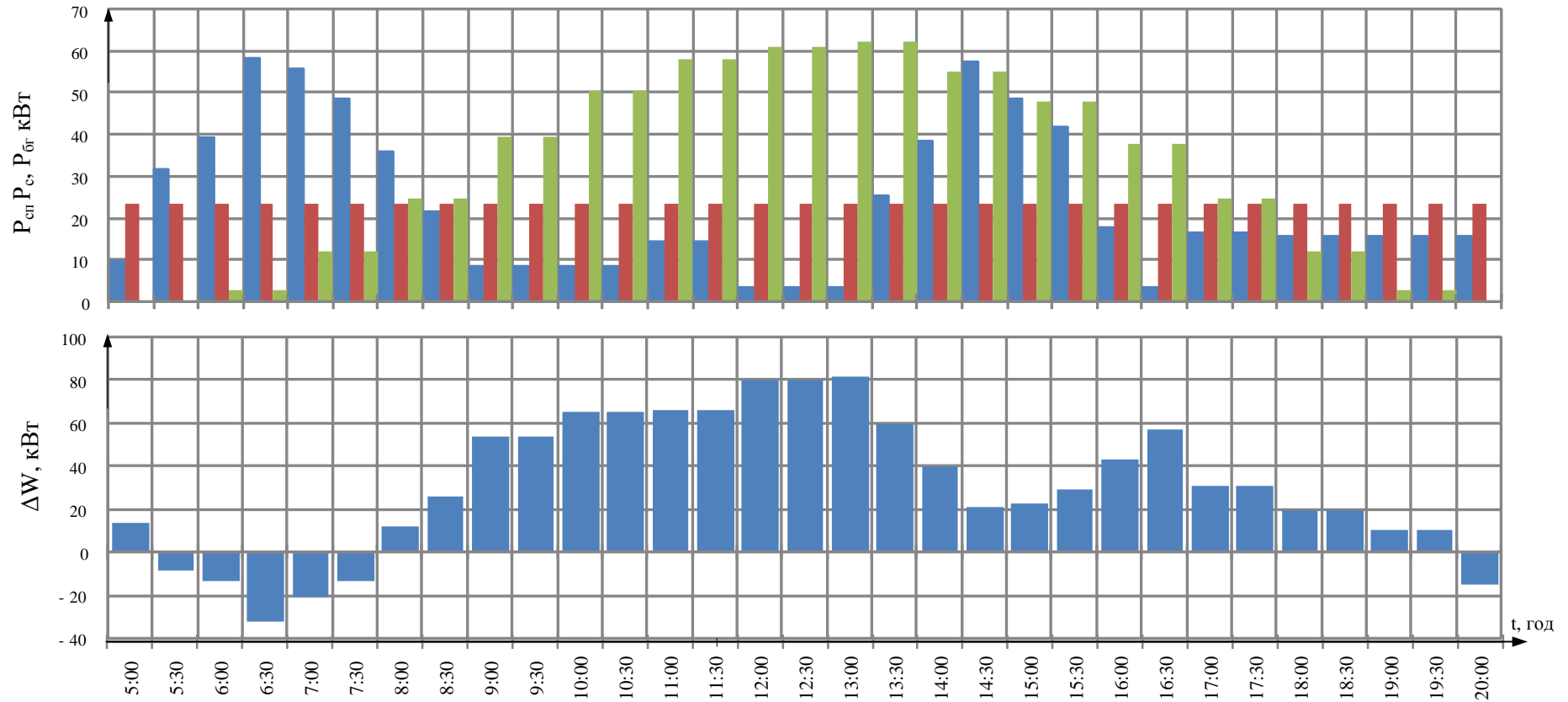
*Енергетичний баланс при роботі біогазової установки за середньозваженої  
добової потужності споживання*



*Енергетичний баланс при роботі сонячних панелей за середньою добовою потужністю для квітня*



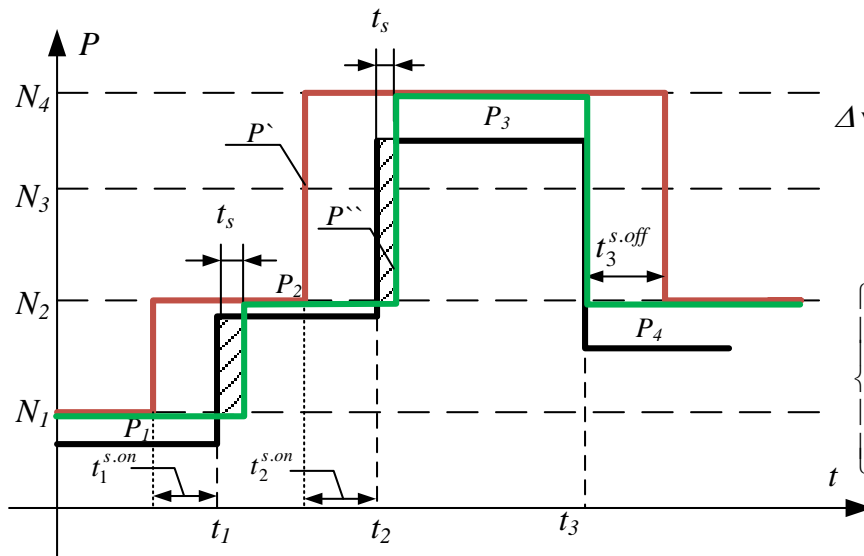
*Енергетичний баланс при роботі сумісній роботі біогазової установки за середньозваженої добової потужності споживання та сонячних панелей за середньою добовою потужністю для квітня*



Отже здійснений аналіз добових графіків генерації та споживання показав необхідність використання трьох підходів:

1. Застосування накопичувачів для покриття дефіциту електроенергії для гібридної енергетичної установки
2. Застосування біогазових установок із можливістю регулювання вихідної потужності та відслітковуванням графіка навантаження;
3. Застосування комбінованого підходу згідно п.1 та п.2.

*Покриття графіка навантаження за рахунок дискретного регулювання потужності біогазової установки*

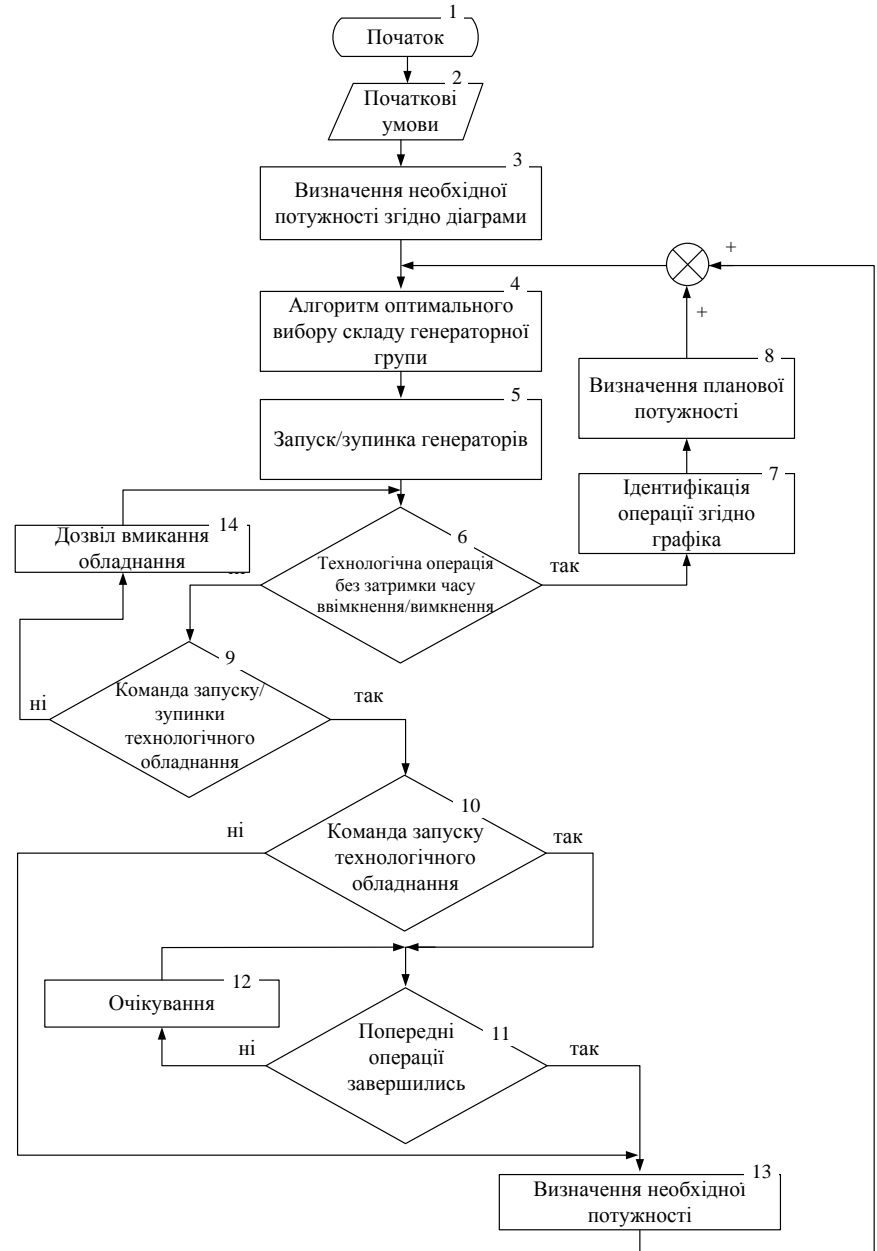
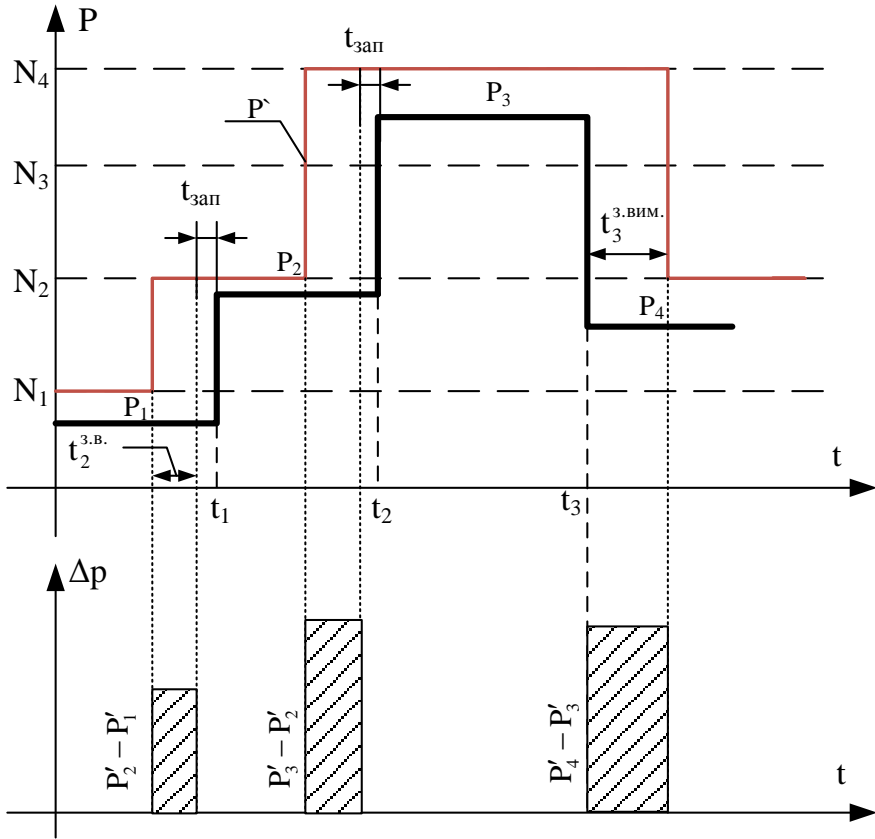


*Додаткові втрати*

$$\Delta w = \sum \Delta p \cdot t = \sum_{i=1}^k (P'_i - P'_{i-1}) \cdot t_i^{s.on} + \sum_{j=1}^r (P'_{j-1} - P'_j) \cdot t_j^{s.off},$$

*Алгоритм керування*

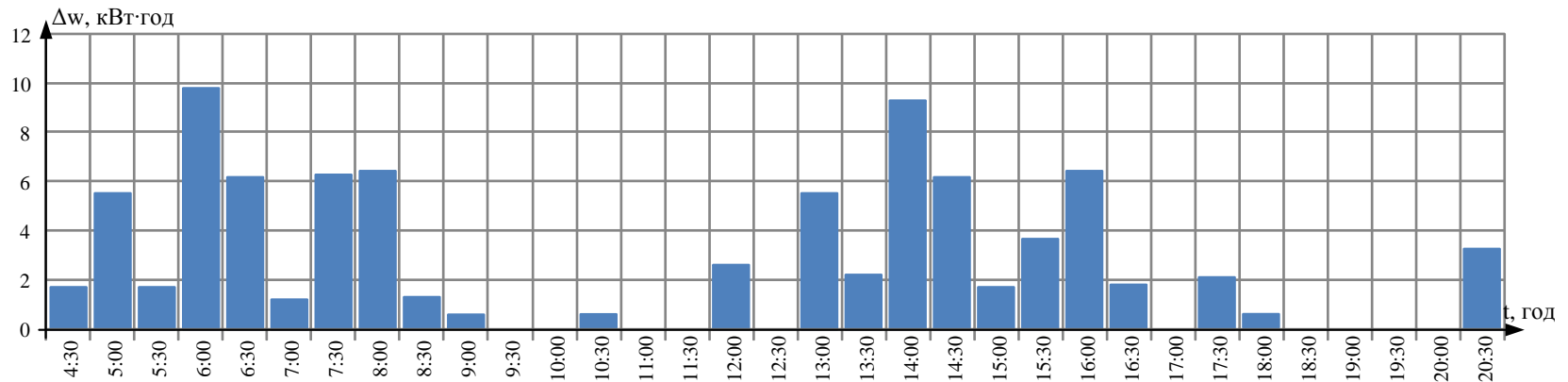
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } P_{g\Sigma} > P_{cn}; n_g = \frac{P_{g\Sigma} - P_{cn}}{N_n}, n_r \in [0, 1, 2, 3 \dots m] \Rightarrow \text{вимк. } n_g \text{ генер.}; \\ \text{якщо } P_{g\Sigma} < P_{cn}; n_g = \frac{P_{cn} - P_{g\Sigma}}{N_n}, n_r \in [0, 1, 2, 3 \dots m] \Rightarrow \text{вимк. } n_g \text{ генер.} \end{array} \right.$$



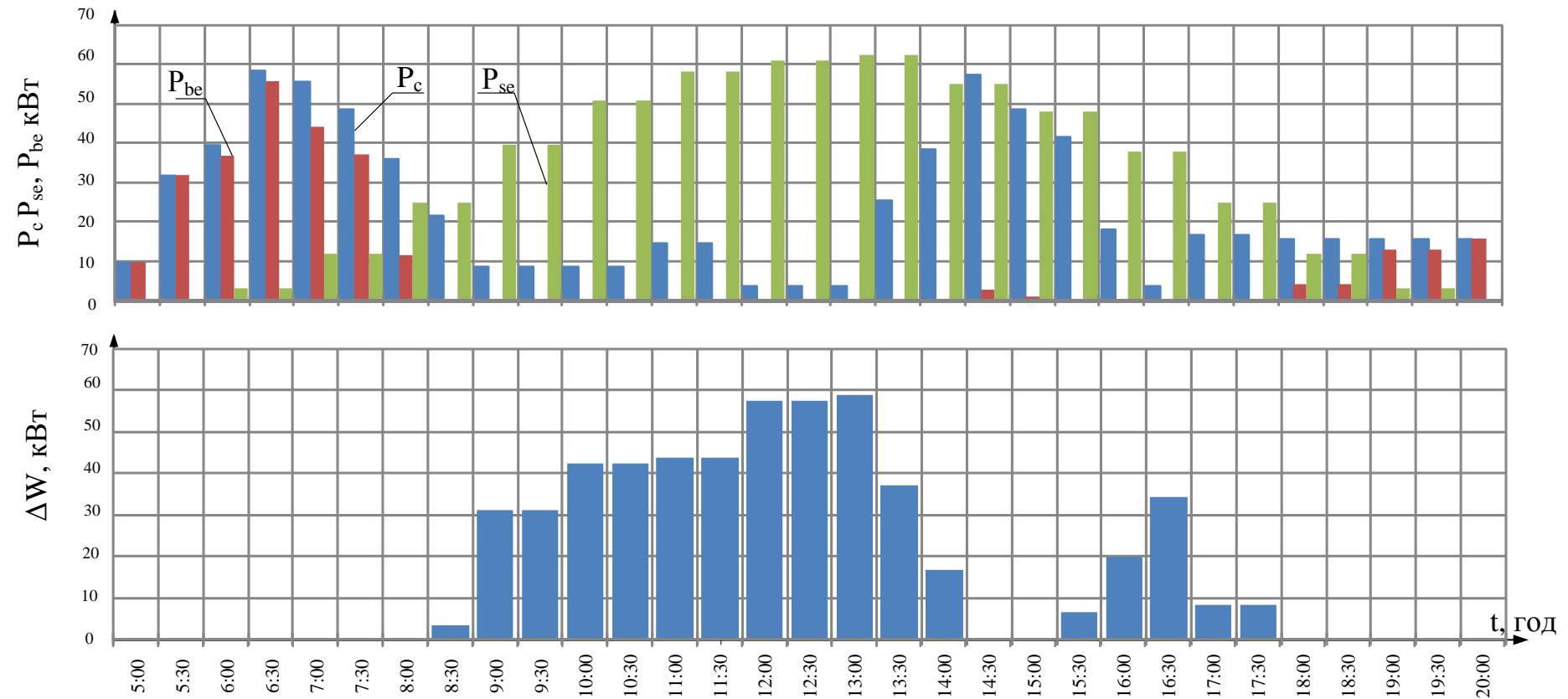
## Економія енергії за рахунок застосування запропонованого алгоритму керування потужністю БГУ

Операція	Потіж.	Год																																	
		4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	
Подавання конц-кормів	3,2			12	0	12														12	0	12													
Подавання корене-бульбоплодів	3				18	0	0	0	18												18	0	0	0	18										
Подрібнення коренебульбоплодів	14				18	0	0	0	18												18	0	0	0	18										
Приготування сінного борошна	22		15	0	0	15													15	0	0	15													
Подавання борошна	6	5	0	0	5			5	0	0	5		5	0	0	5				5	0	0	5			5	0	0	5						
Подавання борошна	2,7				4	0	4	0	4												4	0	4	0	4										
Подрібнення силосу	22				10	0	0	10													10	0	0	10											
Завантаження кормів	1,5			20	0	0	0	0	20												20	0	0	0	20										
Приготування сумішей	2,2			15	0	0	0	0	15												15	0	0	0	15										
Видавання кормів	2,2				7	0	0	0	0	7											7	0	0	0	7										
Видавання кормів	12						5	0	5													5	0	0	5										
Доїння корів	7				0	0	0	0	0																		0	0	0	0	0	0	0	0	
Охолодження молока	5							25	0	0	0	0	0	0	0	0	25											0	0	0	0	0	0	25	
Прибирання гною	2,5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
Освітлення	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
<b>Економія, кВт*год</b>		1,67	5,5	1,69	9,79	6,14	1,2	6,25	6,42	1,27	0,5	0	0	0,5	0	0	2,58	0	5,5	2,19	9,29	6,14	1,7	3,67	6,42	1,77	0	2,08	0,5	0	0	0	3,25		
<b>Ввімкнений стан навантаження</b>																																			
<b>Запаси часу, вмикання вимкання, хв</b>																																			
<b>СУМА</b>																																			

Діаграма запасів часу комутації електрообладнання

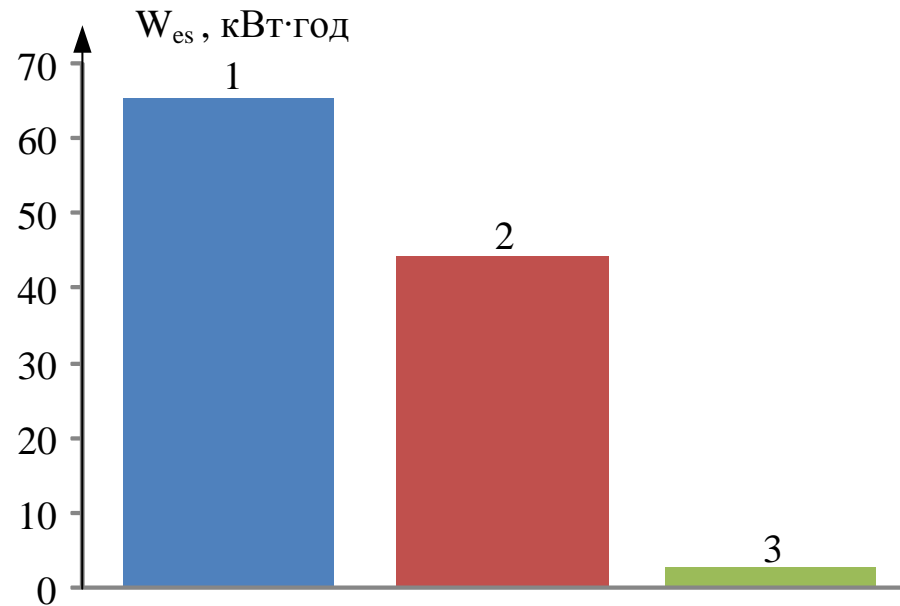


*Енергетичний баланс при роботі сумісній роботі біогазової установки із регулюванням вихідної потужності та сонячних панелей за середньою добовою потужністю для квітня*





## Потужність накопичувачів при різних способах використання ВДЕ

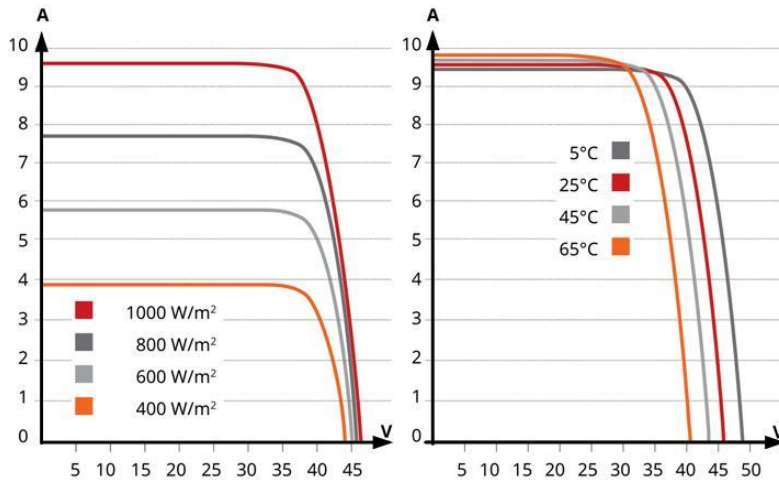


- 1 – біогазова установка із середньозваженою потужністю;
- 2 – гібридна із середньодобовою потужністю біогазової установки;
- 3 – гібридна установка із регулюванням потужності біогазової установки.

Для досліджуваного випадку енергія накопичувача при регулюванні потужності біогазової установки складає 2,8 кВт·год

## Особливості перетворення сонячної енергії в електричну з використанням фотовольтаїчних панелей

$$E_n = R \cdot E,$$



Вольт-амперні характеристики сонячної панелі MAXPOWER CS6U-345P

де  $E$  - середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню;  $R$  - відношення середньомісячної денної кількості сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

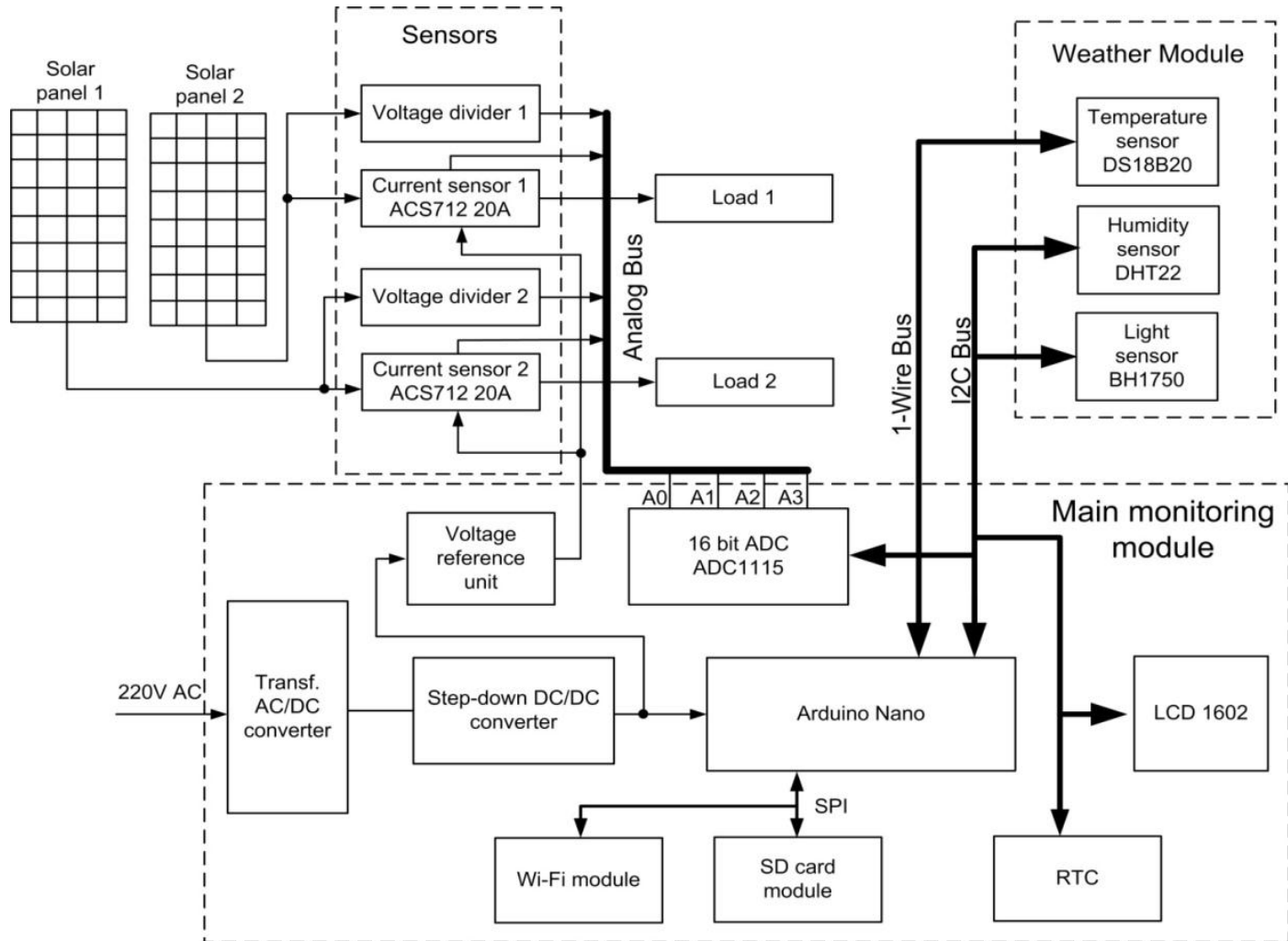
$$R = \left( 1 - \frac{E_p}{E} \right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2},$$

де  $E_p$  - середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню;  $E_p / E$  - середньомісячна денна частка розсіяного (дифузійного) сонячного випромінювання;  $R_n$  - середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню;  $\beta$  - кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту;  $\rho$  - коефіцієнт відображення (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, зазвичай що дорівнює 0,7 для зими і 0,2 для літа.

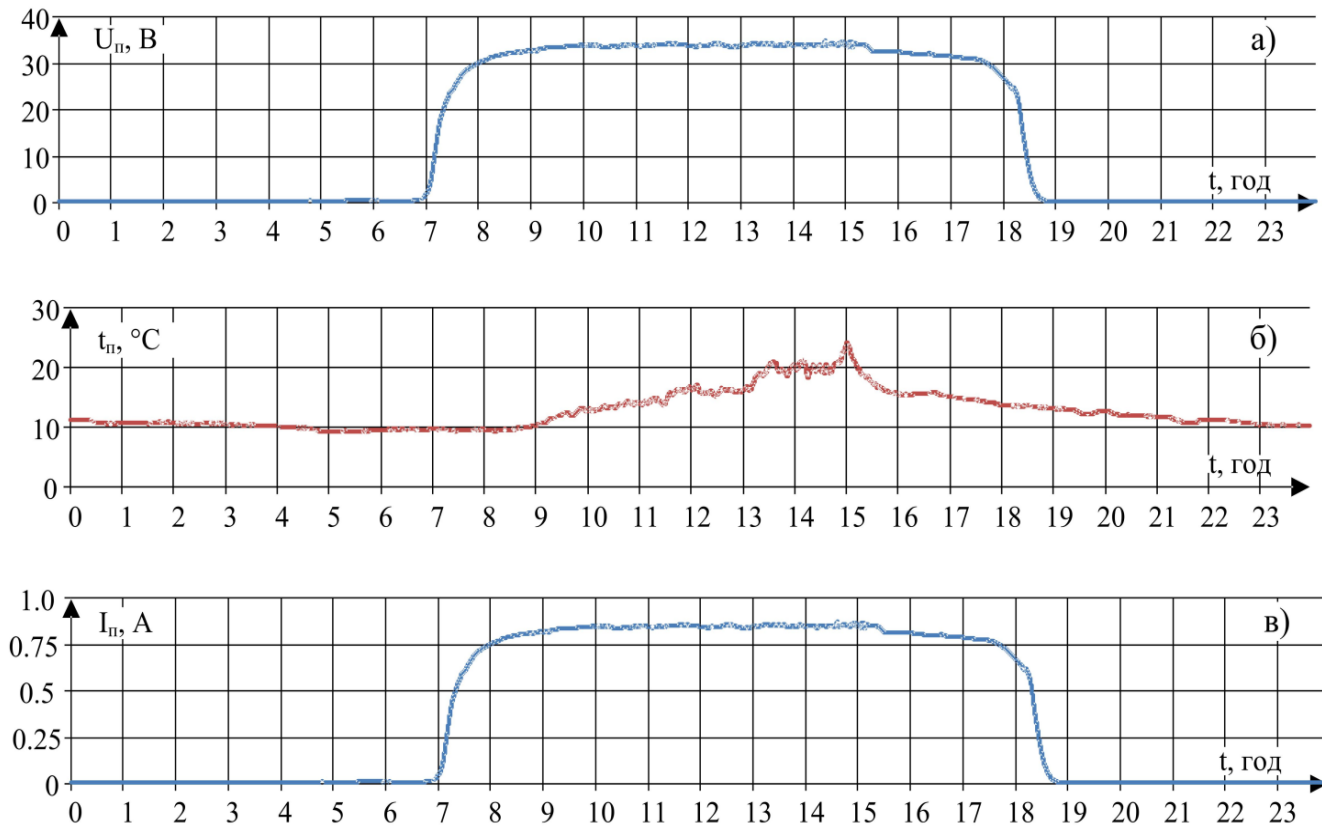
$$R_n = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{zn} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{zn} \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta}$$

$\phi$  - широта місцевості, град;  $\beta$  - кут нахилу сонячної батареї до горизонту, град;  $\delta$  - схил Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора) в середній день місяця, град;  $\omega_s$  - кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні, град;  $\omega_{zn}$  - кут заходу Сонця для похилій поверхні з південною орієнтацією, град.

*Структурна схема мобільного пристрою моніторингу генерації сонячної панелі*



*Приклад добового моніторингу генерації сонячної панелі*



Графіки добової зміни напруги  $U_{п} = f(t)$  а), температури  $t_{п} = f(t)$  б) та струму навантаження  $I_{п} = f(t)$  в) сонячної панелі

## Висновки

Використання ВДЕ, що працюють в автоматичному режимі для забезпечення електропостачання має значний потенціал для зростання, зокрема для прикладу здійснено оцінку генерації електроенергії БГУ для типової ферми ВРХ, згідно розрахунків біогазові установка забезпечує близько 60 % необхідної електроенергії, крім того наявна ще і теплова енергія, яка використовується для опалення ферми.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

1. Вдосконалено метод керування потужністю БГУ на основі відслідкування графіка навантаження, що дозволяє здійснювати керування біогазовими енергоустановками в залежності від змін величини навантаження без резервування потужності на час можливого зміщення технологічних операцій.

2. Дістали подальший розвиток синтез схемних рішень системи моніторингу рівня інсоляції на місцевості для визначення прогнозованих рівнів сонячної енергії в системах гібридного електропостачання.

**Практичне значення одержаних результатів** роботи полягає, у розробці алгоритмів автоматизованого регулювання потужності БГУ в системах автономного електропостачання та розробці пристрою визначення фактичного рівня сонячної інсоляції.