

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра електроенергетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентки Васько Анастасії Віталіївни
(ПІБ)

академічної групи 141М-22-1
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему: «Вибір обладнання системи безперебійного живлення лікарні»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Технологічний	Півняк Г.Г.			
Спеціальний	Півняк Г.Г.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
------------------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			
-----------------------	------------------	--	--	--

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електроенергетики
(повна назва)

_____ Папаїка Ю.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студентці Васько А.В. академічної групи 141м-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Вибір обладнання системи безперебійного живлення лікарні»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Технологічний</i>	Розгляд основних споживачів та обладнання для забезпечення безперебійного живлення	26.09.23...15.10.23
<i>Спеціальний</i>	Обґрунтування вибору типу накопичувача та генератора електроенергії	15.10.23...25.11.23
<i>Економічний</i>	Оцінка капітальних та експлуатаційних витрат, пов'язаних з введенням безперебійного живлення	25.11.23...03.12.23

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Кошеленко Є.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Васько А.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стр.96; рис.8; табл.25; додатків 1; джерел 32.

Ключові слова: резервування, безперебійне живлення, лікарня, системи накопичення енергії, системи генерації енергії

Об'єкт розробки: Безперебійне живлення лікарні

Мета: Забезпечити лікарню надійним безперебійним джерелом електроенергії. Розглянути та порівняти актуальні способи накопичення та генерації електроенергії.

Актуальність теми зумовлена тим, що робота об'єкту без впровадження безперебійного живлення може призвести до великих збитків за рахунок пошкодження високовартісного обладнання. Також така робота може стати причиною великої кількості людських жертв, тому проектом передбачено встановлення резервування особливої групи споживачів.

В технологічному розділі розглянуто основних споживачів енергії та відокремлено споживачів які потребують безперебійного електропостачання. Також у технологічному розділі розглянуто основні способи накопичення та генерації електроенергії.

У спеціальному розділі: розраховано електричні навантаження резервних споживачів, виходячи з цього розраховано необхідний запас потужності, та потужність генеруючого обладнання. Порівняно техніко-економічні параметри для систем накопичення та генерації електроенергії, і виходячи з цього зроблено вибір оптимального обладнання.

У економічному розділі розглянуто доцільність впровадження проекту для цього виконано розрахунки: Розрахунок капітальних витрат. Розрахунок експлуатаційних витрат. Визначення річної економії від впровадження нового обладнання. Визначення та аналіз показників економічної ефективності.

Розрахунки показали, що проект доцільний, оскільки обладнання та безпечність життя людей набагато дорожча ніж вартість капітальних та експлуатаційних витрат.

ABSTRACT

Explanatory note: page 96; Fig. 8; table 25; of applications 1; 32 sources.

Keywords: redundancy, uninterruptible power supply, hospital, energy storage systems, energy generation systems

Object of development: Uninterruptible power supply of the hospital

Purpose: To provide the hospital with a reliable, uninterrupted source of electricity. Consider and compare current methods of electricity storage and generation.

The relevance of the topic is due to the fact that the operation of the facility without the introduction of uninterrupted power supply can lead to large losses due to damage to high-value equipment. Also, such work can cause a large number of human casualties, so the project provides for the establishment of reservations for a special group of consumers.

In the technological section, the main energy consumers are considered and consumers who need uninterrupted power supply are separated. Also, the main ways of accumulating and generating electricity are considered in the technological section.

In a special section: electrical loads of reserve consumers are calculated, based on this, the required power reserve and the power of the generating equipment are calculated. Technical and economic parameters for electricity storage and generation systems were compared, and based on this, the optimal equipment was selected.

In the economic section, the expediency of project implementation was considered, and calculations were made for this purpose: Calculation of capital costs. Calculation of operational costs. Determination of annual savings from the introduction of new equipment. Determination and analysis of indicators of economic efficiency.

Calculations showed that the project is feasible, because the equipment and the safety of people's lives are much more expensive than the cost of capital and operational costs.

Зміст

Вступ.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Аналіз основних приймачів електричної енергії.....	10
1.2 Виділення приймачів обов'язкового резервування живлення.....	14
1.3 Технології акумуляції енергії, які можна використовувати в лікарнях.....	18
1.4 Технології генерації енергії, які можна використовувати в лікарнях.....	38
2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	47
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	48
2.2 Визначення необхідного запасу електроенергії з урахуванням швидкодії резервного джерела.....	50
2.3 Вибір потужності джерела живлення.....	53
2.4 Вибір ємності та типу накопичувача.....	56
2.5 Порівняння техніко-економічних показників різних типів накопичувачів та резервних генераторів	61
3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	74
Вступ.....	75
3.1 Розрахунок капітальних витрат на придбання необхідного обладнання та його монтаж.....	76
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування.....	79
3.3 Визначення річної економії від впровадження науково-технічного рішення.....	84
3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності.....	85
Висновок.....	86

ВИСНОВОК.....	87
Перелік посилань.....	90
ДОДАТКИ.....	93
Додаток А.....	93
Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	94
Додаток В Відгук керівника економічного розділу.....	95
Додаток Д Зовнішня рецензія.....	96

ВСТУП

У дипломному проекті розглядається тема забезпечення безперебійного живлення лікарні. Для цього запропоновано встановлення системи акумуляції енергії для забезпечення резервного живлення на період ввімкнення резервної системи генерації електроенергії.

Мета роботи: Розглянути та порівняти різні типи накопичувачів та генераторів для вибору техніко-економічно доцільного варіанту, безперервного живлення лікарні.

Актуальність теми зумовлена тим, що в ПУЕ об'єкти в яких від втрати електропостачання об'єкт може понести великі збитки, за рахунок виходу з ладу високовартісного обладнання, або об'єкти в яких через знеструмлення під загрозою може опинитися життя людей, відносять до першої категорії надійності. І підлягають обов'язковому резервуванню живлення.

Робота об'єкту без впровадження безперебійного живлення може призвести до великих збитків за рахунок пошкодження високовартісного обладнання. Також така робота може стати причиною великої кількості людських жертв, тому проектом передбачено встановлення резервування особливої групи споживачів.

Для цього були розглянуті основні споживачі, та від них була відокремлена частина, що підлягає обов'язковому резервуванню, до таких споживачів увійшли такі пристрої як: КТ, інкубатор для новонароджених, МРТ, хірургічні відділення та інші.

Для вибору доцільного варіанту типу накопичувача було розглянуто основні принципи та особливості роботи таких типів накопичувачів як:

- Електричні, ємнісні і електромагнітні накопичувачі.
- Механічні, інерційні (маховичні), гідравлічні і пневматичні системи.
- Електрохімічні, електрохімічні батареї і регенеративні паливні елементи.
- Термохімічні, використання енергії зв'язків оборотних хімічних реакцій.

- Хімічні, ємності і абсорбуючі системи для водню і біомаси.
- Теплові, ємнісні і фазоперехідні системи

Також було розглянуто основні технології генерації електроенергії які можна використовувати в лікарнях. До них по типу палива відносяться:

- Бензинові
- Дизельні
- Газові
- Водневі

Було виконано розрахунок електричних навантажень, і виходячи з нього визначено необхідний запас електроенергії, та потужність джерела живлення.

Виходячи з порівняння основних техніко-економічних показників було визначено доцільну систему накопичення та генерації електроенергії.

Проведено економічні розрахунки для з'ясування доцільності проекту. Серед яких були:

- Розрахунок капітальних витрат на придбання необхідного обладнання та його монтаж.
- Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування.
- Визначення річної економії від впровадження нового обладнання.
- Визначення та аналіз показників економічної ефективності.

Розрахунки показали, що проект доцільний, оскільки вартість обладнання та безпечність життя людей набагато дорожча ніж вартість капітальних та експлуатаційних витрат.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз основних приймачів електричної енергії

Об'єктом дослідження є центральна обласна лікарня проектною потужністю на 400 ліжок.

У своєму складі вона містить три споруди: основний, інфекційний та акушерський корпус.

Основний корпус складається з чотирьох поверхів.

На першому поверсі приймальне відділення.

На другому: реанімація, операційний блок, променева діагностика, функціональна діагностика, паліативне відділення, мікробіологічна лабораторія, клініко-діагностична лабораторія.

На третьому: хірургія палатні відділення для дітей та дорослих.

На четвертому: кардіологія палатні відділення, кардіологія реанімація.

[24]

Список основних приймачів електричної енергії для основного корпусу представлено у таблиці 1.1.

таблиця 1.1.1

Поверх	Відділ	Споживач	Поверх	Відділ	Споживач
1	Приймальня	Освітлення	2	Операційний блок	Освітлення
		Комп'ютери			Безтіньові лампи
Освітлення	Стерилізатори				
Аспіратор	Наркозний апарат				
ШВЛ	Холодильник для медикаментів				
Концентратор кисню	Лазерний апарат коагуляції				
Наркозно-дихальні апарати	Аспіратор				
Дефібрилятори	Антибактеріальний опромінювач				
Пульсоксиметри	Негатоскоп				
Монітори пацієнта	Підлогова ангиографічна установка				
		Програмактор електрокардіостимуляторів			

Продовження таблиці 1.1.1

Поверх	Відділ	Споживач	Споживач	Споживач
2	Клініко-діагностична лабораторія	Освітлення	Біохімічний автоматичний аналізатор	Апарат для фарбування гематологічних мазків
		Гематологічний аналізатор	Аналізатор електролітів	Аналізатор глюкози та лактату
		Аналізатор для визначення ШОЕ	Система для електрофорезу	Антибактеріальний опромінювач
		Аналізатор глікованого гемоглобіну	Коагулометр автоматичний	Агрегометр

Продовження таблиці 1.1.1

Поверх	Відділ	Споживач	Поверх	Відділ	Споживач
2	Променева діагностика	Освітлення	2	Мікробіологічна лабораторія	Освітлення
		Мамограф			Мікроскопи
		Рентген			Термостати
		КТ			Сушильні шафи
	Функціональна діагностика	Освітлення			Водяні бані
		УЗД			Стерилізатори
		ЕКГ			Дефібрилятори
		Ендоскоп			Центрифуги
	Паліативне відділення	Освітлення			Змішувачі
		Монітори пацієнта			Пристрої для анаеробних культур
		Антибактеріальний опромінювач			Сухоповітряна шафа

Продовження таблиці 1.1.1

Поверх	Відділ	Споживач	Поверх	Відділ	Споживач
3	Палатні відділення хірургія	Освітлення	4	Палатні відділення кардіологія	Освітлення
		Монітори пацієнта			Монітори пацієнта
		Антибактеріальний опромінювач			Антибактеріальний опромінювач

Продовження таблиці 1.1.1

Поверх	Відділ	Споживач	Споживач
4	Кардіологія реанімація	Освітлення	ШВЛ
		Електрокардіограф	Пульсоксиметри
		Дефібрилятори	Холтер ЕКГ та артеріального тиску
		Монітори пацієнта	Концентратор кисню

Інфекційний корпус складається з:

- Інфекційне відділення дитяча палатна секція
- Інфекційне відділення доросла палатна секція
- Інфекційне відділення службове приміщення
- Інфекційне відділення приймальня [24]

Список основних споживачів електричної енергії для інфекційного корпусу представлено у таблиці 1.2

табл. 1.1.2

Відділ	Споживач	Споживач
Інфекційний корпус	Освітлення	Тонometr артеріального тиску
	Холодильник фармацевтичний	Ліжковий кардіомонітор
	Опромінювач бактерицидний	Електрограф
	Опромінювачі рециркуляторні	Глюкометр
	Стерилізатор повітряний	Вакуумний електровідсмоктувач
	Термостат	Консоль реанімаційна

Акушерський корпус має у своєму складі:

- Приймальне приміщення
- Відділення патології

- Пологове відділення
- Службове приміщення
- Палатна секція [24]

Список основних споживачів електричної енергії для акушерського корпусу представлено у таблиці 1.3

табл. 1.1.3

Відділ	Споживач	Споживач
Акушерський корпус	Освітлення	УЗД
	Бактерицидний опромінювач	Стерилізатор
	Апарат для вимірювання артеріального тиску	Дефібрилятори
	Аналізатор доплерівської серцево-судинної діяльності	Фетальний монітор
	Планшет для визначення групи крові	Фототерапевтична лампа
	Холодильник медичний	Інкубатор для новонароджених
	Концентратор кисню	Кардіотокограф
	Кольпоскоп	

1.2 Виділення приймачів обов'язкового резервування живлення

В ПУЕ вказано: до споживачів І-категорії надійності відносяться заклади в яких переривання електропостачання може спричинити: небезпеку для життя людей, значний матеріальний збиток споживачам електричної енергії. [1]

Для таких споживачів обов'язковою є безперебійна робота, щоб уникнути недопустимих наслідків.

Лікарня, що розглядається також відноситься до споживачів першої категорії надійності. Тому, серед усіх представлених споживачів, потрібно

виділити ті, що потребують безперебійного живлення. Для забезпечення безпеки життя людей, а також збереження високовартісного обладнання.

В об'єкті дослідження безперервне живлення необхідне для таких відділень як: хірургія, стаціонар, реанімація, операційні, лабораторія. А також для такого типу обладнання: МРТ, КТ, рентген, ШВЛ, інкубатор для новонароджених. [16]

Повний список обладнання яке потребує резервування представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2.1 Операційні і хірургія

Поверх	Відділ	Споживач
2	Операційний блок	Освітлення
		Безтіньові лампи
		Стерилізатори
		Наркозний апарат
		Холодильник для медикаментів
		Лазерний апарат коагуляції
		Аспіратор
		Антибактеріальний опромінювач
		Негатоскоп
		Підлогова ангиографічна установка
		Програматор електрокардіостимуляторів

Таблиця 1.2.2 Палатні та паліативні відділення

Поверх	Відділ	Споживач	Поверх	Відділ	Споживач	Поверх	Відділ	Споживач
2	Паліативне відділення	Освітлення	3	Палатні відділення хірургія	Освітлення	4	Палатні відділення кардіологія	Освітлення
		Монітори пацієнта			Монітори пацієнта			Монітори пацієнта
		Антибактеріальний опромінювач			Антибактеріальний опромінювач			Антибактеріальний опромінювач

Таблиця 1.2.3 Реанімаційні відділення

Поверх	Відділ	Споживач	Споживач
2	Реанімація	Освітлення	Наркозно-дихальні апарати
		Аспіратор	Дефібрилятори
		ШВЛ	Стерилізатори
		Концентратор кисню	Монітори пацієнта
4	Кардіологія реанімація	Освітлення	ШВЛ
		Електрокардіограф	Стерилізатори
		Дефібрилятори	Холтер ЕКГ та артеріального тиску
		Монітори пацієнта	Концентратор кисню

Діагностичні лабораторії 1.2.4

Поверх	Відділ	Споживач	Відділ	Споживач
2	Променева діагностика	Освітлення	Функціональна діагностика	Освітлення
		Мамограф		УЗД
		Рентген		ЕКГ
		КТ		

Продовження таблиці 1.2.4

Поверх	Відділ	Споживач	Споживач	Споживач
2	Клініко-діагностична лабораторія	Освітлення	Біохімічний автоматичний аналізатор	Апарат для фарбування гематологічних мазків
		Гематологічний аналізатор	Аналізатор електролітів	Аналізатор глюкози та лактату
		Аналізатор для визначення ШОЕ	Система для електрофорезу	Антибактеріальний опромінювач
		Аналізатор глікованого гемоглобіну	Коагулометр автоматичний	Агрегометр

Таблиця 1.2.5 Резервування інфекційного корпусу

Відділ	Споживач	Споживач
Інфекційний корпус	Освітлення	Ліжковий кардіомонітор
	Холодильник фармацевтичний	Електрограф
	Опромінювач бактерицидний	Вакуумний електровідсмоктувач
	Опромінювачі рециркуляторні	
	Стерилізатор повітряний	Консоль реанімаційна

Таблиця 1.2.6 Резервування акушерського корпусу

Відділ	Споживач	Споживач
Акушерський корпус	Освітлення	УЗД
	Бактерицидний опромінювач	Стерилізатор
	Апарат для вимірювання артеріального тиску	Дефібрилятори
	Аналізатор доплерівської серцево-судинної діяльності	Фетальний монітор
	Кольпоскоп	Фототерапевтична лампа
	Холодильник медичний	Інкубатор для новонароджених
	Концентратор кисню	Кардіотокограф

Також до безперебійного живлення підключені стаціонарні комп'ютери та база даних.

1.3. Технології акумуляції енергії, які можна використовувати в лікарнях

Згідно з ПУЄ лікарні відносяться до споживачів першої категорії надійності, а отже потребують резервного живлення у випадку відключення основного джерела електропостачання.

Для цього пропонується встановити акумулятор, який забезпечить живленням особливу групу споживачів, яка без електропостачання може призвести до смертей або порушення нормальної роботи високовартісного обладнання.

Акумулятор буде розрахований на роботу протягом часу необхідного для запуску генератора, аварійного живлення.

Для вибору доцільного акумулятора в даній роботі пропонується розглянути види акумуляторів та особливості їх роботи.

Основними видами акумуляторів є:

- Електричні, ємнісні і електромагнітні накопичувачі.
- Механічні, інерційні (маховичні), гідравлічні і пневматичні системи.
- Електрохімічні, електрохімічні батареї і регенеративні паливні елементи.
- Термохімічні, використання енергії зв'язків оборотних хімічних реакцій.
- Хімічні, ємності і абсорбуючі системи для водню і біомаси.
- Теплові, ємнісні і фазоперехідні системи [8]

Розглянемо більш детально кожен вид.

Електричні системи

Ємнісні і магнітні накопичувачі

Надпровідні індукційні накопичувачі (НПІН). При підключенні котушки індуктивності L до джерела напруги U протікає струм I і створює магнітне поле, що має енергію

$$E = 1/2 \cdot L \cdot I^2$$

де: L -індуктивність, Гн, I - сила струму, А

У звичайних умовах із-за опору контуру ця енергія швидко розсіюється, перетворюючись в тепло. (НПІН) використовують явище надпровідності, накопичуючи енергію магнітного поля, створеного струмом, що циркулює у надпровідній котушці, практично без втрат. Завдяки явищу надпровідності, енергія, яка заряджена в котушці, зберігається тривалий час і може практично миттєво бути видана в мережу за вимогою.

Для НПІН характерний широкий діапазон зміни вихідних струмів і напруг: струми в інтервалі 103-107 А, напруги в інтервалі десятки вольт – одиниці мегавольт, і відповідно, потужності до 10¹² Вт, енергії до 10⁹ Дж. Питомі енергетичні характеристики досить високі і можуть досягати значень 100 кДж/кг.

Основними компонентами НПІН є:

Котушка індуктивності з надпровідною обмоткою грає роль акумулятора електричної енергії. Для виготовлення обмотки застосовують спеціальні сплави. Інтерметалеві з'єднання Nb₂ Sn, TiNb, є надпровідники другого роду. Ці сполуки мають високий рівень критичної індукції магнітного поля і з ним можна пропускати значні струми в надпровідному стані.

Кріостат це спеціальний термос для зберігання холодних рідин ізолюючої обмотки, що знаходиться всередині нього котушки від припливу тепла ззовні.

Рефрижератор - призначений для підтримки котушки обмотки в надпровідному стані при температурі рідкого гелію (< 4.2°K) Споживання енергії на охолодження становить близько 0,1% у час, що особливо не позначається на ефективності всієї системи.

Керований вентиляційний перетворювач призначений для зв'язку з енергосистемою, працює в режимі як випрямляча, так і інвертора. Втрати на трансформацію струму 2-3% в кожному напрямку. Важливою в практичному відношенні особливістю (НПН) є можливість його живлення від джерела з малою електричною потужністю системи забезпечує її високу надійність.

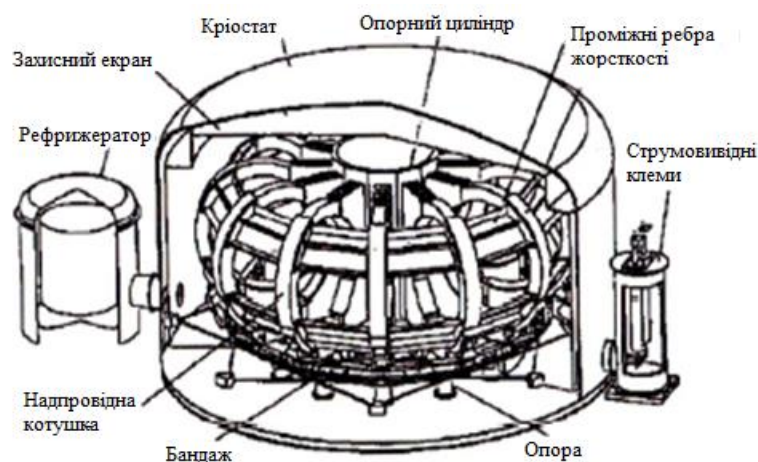


Рис. 1.3.1 – Конструкція НПН

Основним обмеженням яке перешкоджає отриманню високої щільності енергії, є механічна міцність надпровідної котушки. Оскільки магнітні поля і струми тут величезні, то зусилля, діючи на котушку, дуже великі. Сплави ж застосовувані для створення надпровідників крихкі.

Широкому впровадженню в енергетику існуючих проектів перешкоджає дуже висока вартість, що обумовлена необхідністю численного допоміжного устаткування, масивних опорних конструкцій, дорогих матеріалів і складним процесом виробництва.

За високих капіталовкладень НППН в цей час економічно вигідно застосовувати тільки малопотужні системи (100 - 1000 кВт), що забезпечують високу стабільність і якість електроенергії відповідальних споживачів. Час циклу акумуляування таких систем складає всього кілька секунд. [8]

Надпровідникові магнітні накопичувачі

Надпровідникові магнітні накопичувачі запасують енергію в магнітному полі, створюваному постійним струмом, що протікає по котушці з надпровідного матеріалу, вміщеного в криогенну середу. SMES є накопичувачами з дуже високим ККД (більше 95%) і поставляє в мережу як активну, так і реактивну потужність, які доступні практично миттєво. Перший випадок успішного застосування SMES відзначений в США, в енергосистемі Bonneville Power Authority в 1980-х роках, де був встановлений накопичувач потужністю 20 МВт і ємністю 2,4 МВт • год. Основна мета установки накопичувача - демпфірування низькочастотних коливань.

Є кілька причин для використання надпровідного магнітного накопичувача енергії замість інших методів зберігання енергії. Найважливішою перевагою SMES є те, що час затримки під час заряду та розряду є досить коротким. Потужність доступна майже миттєво, і дуже висока вихідна потужність може бути забезпечена протягом короткого періоду часу. Інші методи накопичення енергії, такі як насосна гідроенергетика або стиснене повітря, мають значну затримку часу, пов'язану з перетворенням накопиченої механічної енергії назад в електричну. Таким чином, якщо попит є негайним, SMES є життєздатним варіантом. Ще одна перевага полягає в тому, що втрати потужності менші, ніж в інших методах накопичення, оскільки електричні струми майже не зустрічають опору. Крім того, основні частини SMES нерухомі, що забезпечує високу надійність.

Є кілька невеликих установок SMES, доступних для комерційного використання, і кілька більших проектів випробувальних стендів. Кілька блоків потужністю 1 МВт·год використовуються для підтримки якості електроенергії в установках по всьому світу, особливо для забезпечення якості електроенергії на виробничих підприємствах, які вимагають дуже чистої електроенергії.

Ці засоби також використовувалися для забезпечення стабільності мережі в системах розподілу. На півночі Віконсіна лінія електропередач піддається значним, раптовим змінам навантаження через роботу паперової фабрики, що може призвести до неконтрольованих коливань і падіння напруги. Тому для підвищення стабільності роботи системи передачі було розгорнуто низку розподілених одиниць SMES.

Інженерна тестова модель — це великий SMES потужністю приблизно 20 МВт·год, здатна забезпечувати 40 МВт потужності протягом 30 хвилин або 10 МВт потужності протягом 2 годин. [7]

Суперконденсатори

Енергія, що накопичується в електричному полі конденсатора ємністю C , визначається за формулою:

$$E = 1/2 \cdot C \cdot U^2$$

де: U - підведена напруга.

До числа найважливіших досягнень електрохімічної технології відноситься створення суперконденсаторів (СК), які являють собою конденсатори з подвійним електричним шаром. Вони відрізняються від звичайних конденсаторів тим, що для просторового розподілу різнойменних зарядів, що створюють робоче електричне поле, використовують не макроскопічний діелектричний шар між провідними обкладками, а мікроскопічний поляризований шар на кордоні поверхні розділу двох середовищ. Дослідженнями встановлено, що максимальна щільність енергії може бути досягнута, якщо здійснюється контакт напівпровідника або металу

з діелектричною (електронно-ізолюючою) молекулярною рідиною, яка містить парні рухливі іони.

До теперішнього часу досліджено системи СК з питомою енергією до 10-25 кДж/кг, що приблизно в 100 разів перевищує питому енергію відомих конденсаторів. У технологічно освоєних зразках накопичувачів енергії, випробуваних в різних режимах розряду з тривалістю імпульсу до 0,1 -100 с, досягнуті значення питомої енергії 1-10 кДж/кг. Питома середня потужність СК становить залежно від тривалості розряду величину 0,1 - 10 кВт/кг, що істотно перевищує питому потужність традиційних накопичувачів енергії (в тому числі і акумуляторів). Кількість допустимих циклів "розряд-заряд" для СК різних типів становить від 10⁴ до 10⁵.

Принцип роботи полягає в наступному: на межі розділу фаз (провідник першого роду - електроліт) створюється подвійний електрохімічний шар, в якому електроліт має один знак заряду, а тверде тіло - інший. Ємність подвійного шару лежить в межах 0,1-1,0 мФ/м². [7]

Переваги та недоліки

Серед переваг суперконденсаторів можна відзначити:

- Низька вартість пристрою накопичення енергії на 1 фараду.
- Висока щільність ємності.
- Високий ККД циклу, який досягає 95% і вище.
- Тривалий термін служби.
- Надійність пристрою.
- Екологічна безпека.
- Безперебійна експлуатація.
- Дуже висока питома енергія та питома потужність.
- Широкий діапазон робочих температур.
- Багато циклів практично з незмінними параметрами.
- Висока швидкість заряду та розряду.
- Знижена токсичність матеріалів, що застосовуються.
- Відмінна оборотність механізму накопичення енергії.

- Допустимість розряду до нуля.
- Невелика вага в порівнянні з електролітичними конденсаторами.

Серед недоліків суперконденсаторів можна відзначити:

- Відносно мала енергетична густина.
- Не здатність забезпечити достатнє накопичення енергії.
- Дуже низька напруга на одну одиницю елемента.
- Високий рівень саморозряду.
- Недостатній розвиток технологій. [8]

Інерційні (маховичні) накопичувачі енергії

Під інерційним (маховичними) накопичувачем енергії розуміється пристрій що накопичує енергію у обертальній масі. Інерційний накопичувач складається з:

- а) тіла обертання, що володіє значним моментом інерції - маховика;
- б) системи підведення та відведення енергії - трансмісії.

Розгін маховика відбувається за допомогою підключення до джерела енергії, після відключення від якого накопичена енергія зберігається тривалий час і при необхідності використовується. Інерційний накопичувач схематично можна представити як систему «двигун - маховик - генератор».

Запасену маховиком кінетичну енергію визначають за формулою:

$$E_k = 1/2 \cdot I \cdot \omega^2$$

де ω - кутова швидкість, I - момент інерції маховика щодо осі обертання.

Кількість енергії, яка може бути безпечно збережена залежить від допустимих механічних напруг у матеріалі ротора.

$$O_t = \rho r^2 \omega^2$$

де O_t - розтягуюча напруга обода циліндра (маховика), ρ – щільність матеріалу циліндра (маховика), r - радіус циліндра (маховика).

Таким чином, чим вище допустима частота обертання маховика і менше щільність матеріалу, тим більшу енергоємність він буде мати. Маховики, які володіють найбільшою питомою енергоємністю називають - супермаховиками,

завдяки застосуванню вуглецевих композитів такі маховики мають допустиму частоту обертання від 20 до 100 тис.об/хв.

Час розряду роторних накопичувачів знаходиться в інтервалі від декількох секунд до декількох хвилин.

У липні 2011 року компанія «Beacon Power» провела презентацію першого роторного накопичувача потужністю 20 МВт в Стефентауне (Stephentown), штат Нью Йорк, який призначається для регулювання частоти в операційній зоні Незалежного Системного оператора Нью-Йорка (New York Independent System Operator (NYISO)).

Основною перевагою цих накопичувачів є практично миттєве «підхоплення» навантаження, в той час як енергоємність досить мала. Сучасні маховики витримують 105-107 циклів розгону і гальмування. Значна увага приділяється застосуванню композитних матеріалів для підвищення міцності і оптимізації масогабаритних характеристик, а також проблемам забезпечення безпеки - сход розкрученого маховика з осі або його руйнування можуть мати серйозні наслідки. Питома потужність кінетичних накопичувачів досить висока. Відомі проекти досить великих накопичувачів для компенсації коливань потужності в електромережах, а також для короткочасного забезпечення аварійного живлення. Маховики також часто використовуються для рекуперації енергії гальмування метропоїздів (пристрій розташовується на підстанції, а не в поїзді) і в системах аварійного електроживлення відповідальних споживачів - наприклад, для видачі потужності під час запуску дизельного генератора. [7]

Електрохімічні системи

Розглянемо декілька різних типів акумуляторів:

1) Сірчано-натрієвий акумулятор

Сірчано-натрієвий акумулятор - це хімічне джерело струму, в якому анодом є натрій, електроліт - алюмінат натрію (твердий електроліт), катод - сірка елементарна в суміші з графітом (рис. 2.3.1). Вирізняється дуже високою

питомою енергією. Недолік у високій робочій температурі та пов'язаної з нею небезпекою займання натрію в аварійних ситуаціях.

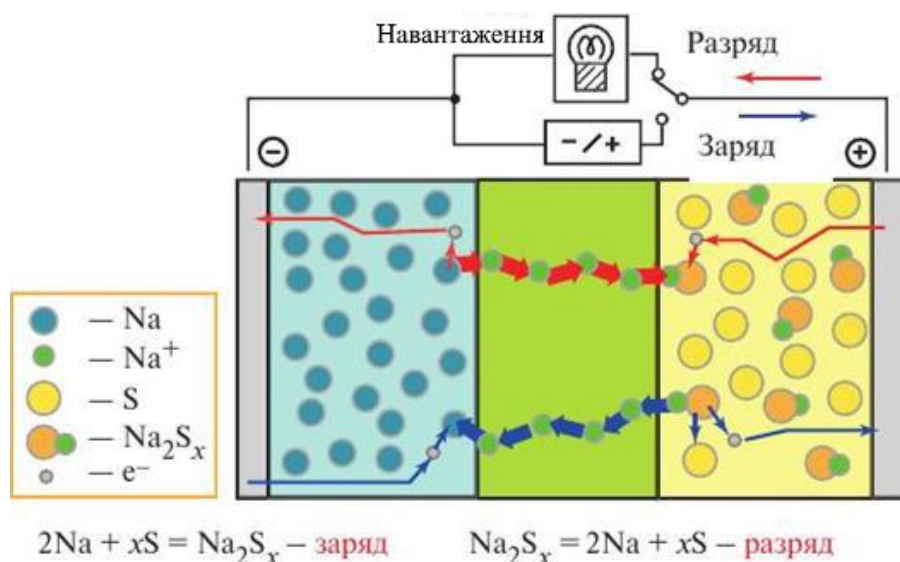


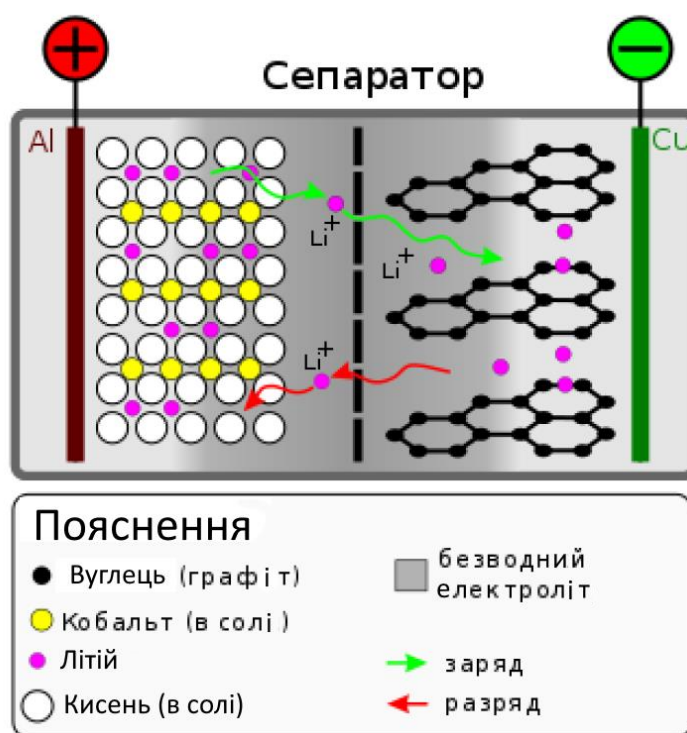
Рисунок 1.3.2 - Принцип дії акумулятора NaS

Багато в чому дана електрохімічна система нагадує літєву: у розрядженому стані натрій утворює із сіркою хімічну сполуку (полісульфід натрію), у зарядженому — сірка та натрій представлені у вигляді чистих речовин, розділених керамічною мембраною. Є й низка істотних відмінностей. Електроліт у цій системі керамічний, що обумовлює високу робочу температуру акумулятора (290-360 ° C). У японських системах, розроблених та серійно випускаються компанією NGK Insulators LTD, температура акумулятора в режимі зберігання підтримується за рахунок струмів саморозряду. Так як падіння температури призводить до замерзання реагентів і різкого зниження іонної провідності електроліту, в конструкції вжито додаткових заходів теплоізоляції батареї. Крім теплоізоляції зовнішнього корпусу застосовуються такі заходи, як відкачування повітря із внутрішнього корпусу батареї, де розташовані окремі акумулятори, та покриття внутрішніх стінок цього корпусу фольгою (екранно-вакуумна теплоізоляція). Теоретична енергоємність даної системи може досягати 925 Вт/год/кг, проте реально отримані набагато менші її значення - 100-150 Вт/год/кг. Досягнуті практично ресурсні характеристики демонструють значення від 2000 до 4000 циклів при глибині розряду до 90 %. Слід зазначити широке застосування подібних

систем у Японії та США як для відновлюваної, так і традиційної енергетики.
[8]

2) Літій-іонний акумулятор

Літій-іонний акумулятор (Li-ion) - тип електричного акумулятора, який широко поширений в сучасній побутовій електронній техніці і знаходить своє застосування як джерело енергії в електромобілях та накопичувачах енергії в енергетичних системах. Це найпопулярніший тип акумуляторів у таких пристроях як мобільні телефони, ноутбуки, цифрові фотоапарати, відеокамери та електромобілі.



Літій-іонний акумулятор (рис. 2.3.2) складається з електродів (катодного матеріалу на алюмінієвій фользі та анодного матеріалу на мідній фользі), розділених пористим сепаратором, просоченим електролітом. Пакет електродів поміщений у герметичний корпус, катода та аноди приєднані до клем-струмоznімачів. Корпус іноді оснащують запобіжним клапаном, що скидає внутрішній тиск при аварійних ситуаціях або порушенні умов експлуатації. Літій-іонні акумулятори відрізняються за типом використовуваного катодного матеріалу. Переносником заряду в літій-

іонному акумуляторі є позитивно заряджений іон літію, який має здатність впроваджуватися в кристалічну решітку інших матеріалів (наприклад, графіт, оксиди і солі металів) з утворенням хімічного зв'язку, наприклад: графіт з утворенням LiC_6 , оксид (LiMnO_2) та солі (LiMnRON) металів.

Спочатку як негативні пластини застосовувався металевий літій, потім — кам'яновугільний кокс. Надалі став застосовуватись графіт. Застосування оксидів кобальту дозволяє акумуляторам працювати за значно нижчих температур, підвищує кількість циклів розряду/заряду одного акумулятора. Поширення літій-залізо-фосфатних акумуляторів зумовлено їхньою відносно низькою вартістю. Літій-іонні акумулятори застосовуються в комплекті із системою контролю та керування – СКУ або BMS (battery management system), – та спеціальним пристроєм заряду/розряду. [8]

3) Цинк-бромні акумулятори

Будучи альтернативою літій-іонним накопичувачам, цинк-бромні акумулятори використовують хімічну реакцію між бромом та цинком для отримання електричного струму, а для забезпечення його провідності – розчин броміду цинку. У проточних цинк-бромних акумуляторах цей розчин має рідку форму, тоді як у непроточних – гелеву. Обидва види цинк-бромних акумуляторів стійкі до високих температур (до 50 градусів Цельсія) і не вимагають спеціальних протипожежних та охолоджувальних систем. При цьому повна розрядка не загрожує їм подальшими втратами операційної ефективності.

Однак при використанні проточних акумуляторів потрібні ємності для зберігання розчину броміду цинку. Тому непроточні акумулятори, для яких такі ємності не потрібні, мають більшу компактність. Інша відмінність – у питомій щільності зберігання енергії: у проточних акумуляторів вона коливається від 60 до 85 ват-годин ($\text{Вт}\cdot\text{год}$) на кілограм (кг), тоді як у непроточних – становить близько 120 $\text{Вт}\cdot\text{год}$ на кг. Відмінності стосуються і ефективності прийому-передачі електроенергії: з проточних акумуляторів

можна витягти в середньому 70% енергії, що зберігається, тоді як з непроточних - більше 80%.

Сьогодні єдиними постачальниками непроточних цинк-бромних акумуляторів є американська компанія EOS. [8]

4) Свинцево-кислотний акумулятор

Свинцево-кислотний акумулятор - тип акумуляторів, що набув широкого поширення через помірну вартість, непоганого ресурсу (від 500 циклів і більше), високої питомої потужності. Основні сфери застосування: стартерні акумуляторні батареї в транспортних засобах, аварійні джерела електроенергії, резервні джерела енергії.

Елемент свинцево-кислотного акумулятора складається з електродів і пористих роздільних пластин, виготовлених з матеріалу, що не взаємодіє з кислотою, що перешкоджають замиканню електродів (сепараторів), які занурені в електроліт. Електроди є плоскими ґратами з металевого свинцю. У комірки цих ґрат запресований порошок діоксиду свинцю — в анодних пластинах і металевого свинцю — в катодних пластинах (тут анодом при заряді акумулятора вважається позитивний його електрод, бо при розряді акумулятора — він стає катодом, — як електрод до якого спрямовано струм). Застосування порошоків збільшує поверхню розділу електроліт – тверда речовина, тим самим збільшуючи електричну ємність акумулятора.

Електроди разом із сепараторами занурені в електроліт, що є водним розчином сірчаної кислоти. Для приготування розчину кислоти застосовують дистильовану воду.

Існують експериментальні розробки акумуляторів, де свинцеві ґрати замінюють пластинами з переплетених ниток вуглецевого волокна, покритих тонкою свинцевою плівкою. При цьому використовується менша кількість свинцю, розподіленого по великій площі, що дозволяє виготовити акумулятор не тільки компактним і легким, за інших рівних параметрів, але і значно ефективнішим - крім більшого ККД, заряджається значно швидше за традиційні акумулятори.

В акумуляторах, що застосовуються в побутових ДБЖ, систем охоронної сигналізації та т. ін., рідкий електроліт роблять густішим водним лужним розчином силікатів натрію до пастоподібного стану. Це, так звані, гелеві акумулятори (GEL), які мають більш тривалий ресурс. Інший варіант виконання – з пористими сепараторами зі склотканини (AGM), що допускають більш жорсткі режими заряду. [8]

5) Літій-ферум фосфатний акумулятор

Літій-залізо-фосфатні акумулятори, також відомі як LFP та LiFePO₄ батареї для резервного електроживлення, є дуже популярними на ринку. Вони вважаються надійними джерелами живлення, оскільки відрізняються значною номінальною ємністю, тривалим ресурсом роботи, а також термостабільністю та іншими найважливішими перевагами для безпечного використання.

Акумулятори LiFePO₄ успішно використовуються не тільки у побуті, але також у медтехніці та багатьох інших сферах. Вони безпечні, тому що не виділяють токсичні речовини в атмосферу під час роботи. На цих та інших перевагах акумуляторів LiFePO₄ варто зупинитись докладніше.

Особливості літій-залізо-фосфатних акумуляторів

АКБ LiFePO₄ – це різновид електричних батарей, який використовує LiFePO₄ (літій-залізо-фосфат) як катод. Вона працює за стандартним принципом, як і інші акумулятори, проте деякі нюанси все ж таки є. Так, немає єдиного стандарту для хімічного складу батареї. Але у будь-якому випадку викид кобальту в атмосферу мінімізований, тому кількість забруднень у природі також мінімізується.

Найважливіша особливість батареї LiFePO₄ – застосування системи BMS для керування та контролю кожного осередку. Завдяки їй, АКБ стабільно функціонує та має тривалий термін використання.

До переваг такого типу батареї можна віднести:

- значний термін служби. Такий акумулятор розрахований на тривалу циклічну роботу, тому здатний опрацювати приблизно 2000 повних циклів заряду/розряду;

- Широкий діапазон температурних умов роботи. LiFePO₄ акумулятори можуть демонструвати свій зарядний потенціал за стандартно низької (-20 градусів за Цельсієм) та особливо високої температури (до +60 градусів);

- Швидкий заряд. Літій-залізо-фосфатна батарея має високий струм заряду та здатна повноцінно заряджатися протягом короткого часу. У цьому показник саморозряду становить 3-4%/місяць;

- Стабільність напруги при розряді. Якщо говорити про тяговий літій-залізо-фосфат акумулятор, він зберігає задану напругу аж до повного розряду АКБ;

- Безпека. Крім вищеописаної екологічності резервного акумулятора цього типу, важливо підкреслити підвищену пожежну безпеку, стійкість до замикань, неприпустимість надмірного розряду та стійкість до навантажень.

У літій-ферум-фосфатного акумулятора стабільні характеристики. До них відносять: напруга (12, 24, 36 і 48), струм заряду і розряду - 4-40 ампер, ємність - 0 до 200 Ампер / год.

Також важливо відзначити екологічність літій-залізо-фосфатного акумулятора. При утилізації використаних батарей не відбувається викид небезпечних для довкілля речовин. Все завдяки використанню безпечних фосфатів замість токсичного кобальту.

Як і всі акумулятори літій-залізо-фосфат має свої недоліки порівняно з традиційним літій-іонним акумулятором. Це менша щільність заряду і більша чутливість до зберігання при підвищених температурах. [12]

Хімічні системи

Паливний елемент/комірка – це пристрій, який ефективно виробляє постійний струм та тепло з багатого воднем палива шляхом електрохімічної реакції.

Паливний елемент подібний до батареї в тому, що він виробляє постійний струм шляхом хімічної реакції. Паливний елемент включає анод, катод та електроліт. Однак, на відміну від батареї, паливні елементи/комірки не можуть накопичувати електричну енергію, не розряджаються та не

вимагають електрики для повторної зарядки. Паливні елементи/комірки можуть постійно виробляти електроенергію, доки вони мають запас палива та повітря.

На відміну від інших генераторів електроенергії, таких як двигуни внутрішнього згорання або турбіни, що працюють на газі, вугіллі, мазуті та т. ін., паливні елементи/комірки не спалюють паливо. Це означає відсутність гучних роторів, гучного шуму при вихлопі, вібрації. Паливні елементи/комірки виробляють електроенергію шляхом безшумної електрохімічної реакції. Іншою особливістю паливних елементів/комірок є те, що вони перетворюють хімічну енергію палива безпосередньо в електрику, тепло та воду. [8]

Принцип роботи паливних елементів/комірок

Паливні елементи є високоефективними і не виробляють великої кількості парникових газів, таких як вуглекислий газ, метан і оксид азоту. Єдиним продуктом викиду при роботі є вода у вигляді пари і невелика кількість вуглекислого газу, який взагалі не виділяється, якщо в якості палива використовується чистий водень. Паливні елементи/комірки збираються в окремі функціональні модулі.

Паливні елементи/комірки виробляють електроенергію і тепло внаслідок електрохімічної реакції, що відбувається, використовуючи електроліт, катод і анод. Анод і катод поділяються електролітом, що проводить протони. Після того, як водень надійде на анод, а кисень – на катод, починається хімічна реакція, в результаті якої генеруються електричний струм, тепло та вода.

На каталізаторі анода молекулярний водень дисоціює та втрачає електрони. Іони водню (протони) проводяться через електроліт до катода, тоді як електрони пропускаються електролітом і проходять зовнішнім електричним ланцюгом, створюючи постійний струм, який може бути використаний для живлення обладнання. На каталізаторі катода молекула кисню з'єднується з електроном (який підводиться із зовнішніх комунікацій) і протоном, що

прийшов, і утворює воду, яка є єдиним продуктом реакції (у вигляді пари і/або рідини).

Типи та різновид паливних елементів/комірок

Подібно до існування різних типів двигунів внутрішнього згорання, існують різні типи паливних елементів – вибір відповідного типу паливного елемента залежить від його застосування.

Паливні елементи поділяються на високотемпературні та низькотемпературні. Низькотемпературні паливні елементи вимагають як паливо відносно чистий водень. Це часто означає, що потрібна обробка палива для перетворення первинного палива (такого як природний газ) у чистий водень. Цей процес споживає додаткову енергію та потребує спеціального обладнання. Високотемпературні паливні елементи не потребують даної додаткової процедури, оскільки вони можуть здійснювати "внутрішнє перетворення" палива за підвищених температур, що означає відсутність необхідності вкладання грошей у водневу інфраструктуру.

Паливні елементи/комірки на основі фосфорної кислоти (ФКПЕ)

Паливні елементи на основі фосфорної (ортофосфорної) кислоти (рис. 1.3.3) стали першими паливними елементами для комерційного використання.

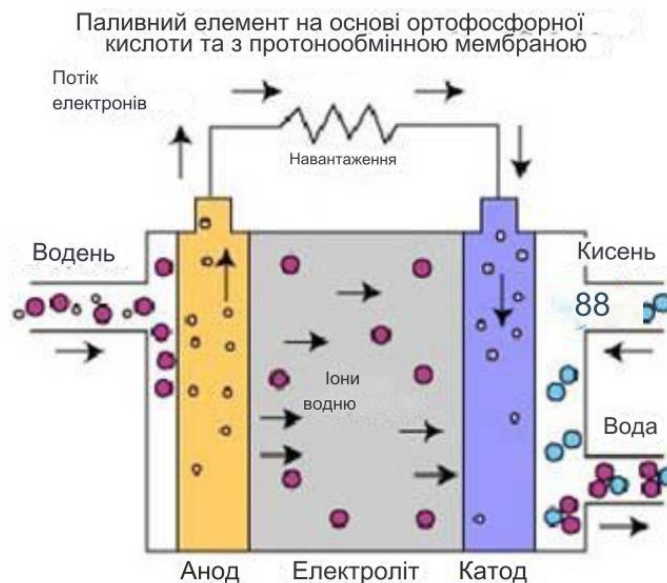


рис. 1.3.3 Паливний елемент/комірка на основі фосфорної кислоти (ФКПЕ)

Зазначені паливні елементи на основі фосфорної (ортофосфорної) кислоти використовують електроліт на основі ортофосфорної кислоти (H_3PO_4) із концентрацією до 100%. Іонна провідність ортофосфорної кислоти є низькою при низьких температурах, тому ці паливні елементи використовуються при температурах до 150–220°C.

Носієм заряду в паливних елементах цього типу є водень (H^+ , протон). Подібний процес відбувається в паливних елементах з мембраною обміну протонів, у яких водень, що підводиться до анода, поділяється на протони та електрони. Протони проходять електролітом і об'єднуються з киснем, одержуваним з повітря, з утворенням води на катоді. Електрони направляються до зовнішнього електричного ланцюга, при цьому генерується електричний струм. [8]

Твердооксидні паливні елементи/комірки (ТОПЕ)

Твердооксидні паливні елементи є паливними елементами із найвищою робочою температурою. Робоча температура може змінюватись від 600°C до 1000°C, що дозволяє використовувати різні типи палива без спеціальної попередньої обробки (рис. 1.3.4). Для роботи з такими високими температурами електролітом є тонкий шар твердого оксиду металу на керамічній основі. Для цієї мети часто використовують сплав ітрію і цирконію, який є провідником іонів кисню (O^{2-}).

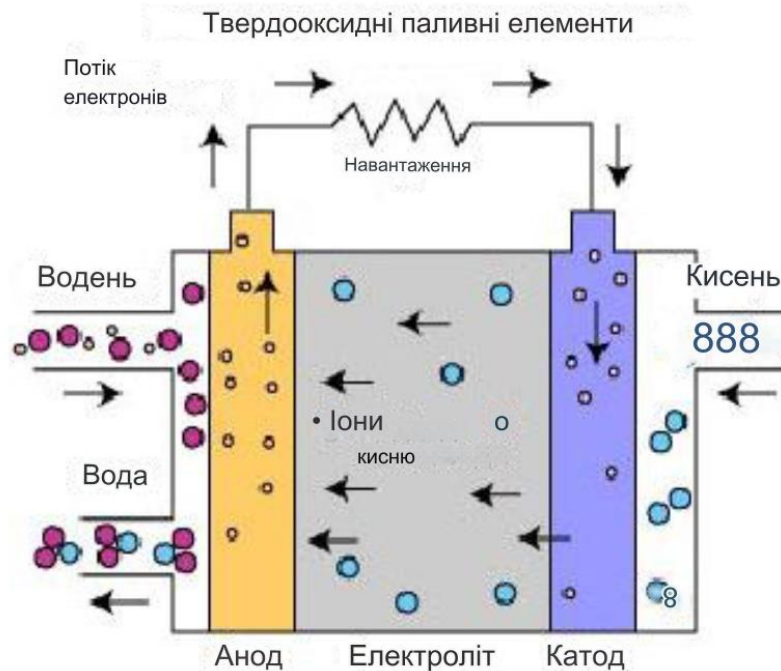


Рисунок 1.3.4 -Твердооксидні паливні елементи/комірки (ТОПЕ)

Твердий електроліт забезпечує герметичний перехід газу від одного електрода до іншого, в той час, як рідкі електроліти розташовані в пористій підкладці. Носієм заряду в паливних елементах цього типу є іон кисню (O^{2-}). На катоді відбувається поділ молекул кисню з повітря на іон кисню та чотири електрони. Іони кисню проходять по електроліту і поєднуються з воднем, при цьому утворюється чотири вільні електрони. Електрони направляються по зовнішньому електричному ланцюгу й при цьому генерується електричний струм та побічне тепло. [8]

Теплові акумулятори

Акумулятори (накопичувачі) тепла працюють за принципом накопичення та виділення внутрішньої енергії за рахунок фізичних та хімічних процесів акумулявання. Це дозволяє забезпечити резерв для подальшого використання. Накопичення тепла необхідне через непостійну роботу джерел та непостійне споживання. Вони можуть бути використані для подальшого перетворення у електроенергію, або для обігріву приміщень.

Накопичувачі тепла за принципом дії класифікують такі види:

- Термохімічні. Тепло поглинається та виділяється за рахунок хімічних та фотохімічних реакцій. Такий накопичувач складно виготовити, оскільки реакції відбуваються з великим виділенням енергії та в агресивному середовищі;
- Теплоємнісні. Теплоносії не змінюють свого агрегатного стану. Ємністю з чорного металу або нержавіючої сталі з гарною ізоляцією. Можуть приєднуватися кілька джерел тепла та кілька споживачів;
- Баки-накопичувачі. Використовується для накопичення та виділення фазовий перехід речовини. Для переходу з рідкого стану в газоподібну речовину потрібна велика кількість енергії, і навпаки, коли газ перетворюється на рідину, і виділяється велика кількість тепла.

За рівнем робочого температурного режиму розглянуті накопичувачі бувають:

- Низькотемпературні (до 200°C);
- Середньо температурні (в діапазоні 200-500 ° C);
- Високотемпературні (понад 500 ° C). [12]

В залежності від температури рідини питома теплоємність змінюється.

Значення для деяких температур приведено в таблиці 1.3.1

Таблиця 1.3.1

№	Робоче тіло	Питома теплоємність, кВт·год/м ³
1	Вода у сталевому балоні при t=200°C	60
2	Вода у сталевому балоні при t=350°C	150
3	Вода у сталевому балоні при t=500°C	600
4	Корунд	200
5	Берилій	350
6	Системи фазового переходу	1500

Такі системи достатньо надійні тому можуть пропрацювати 30 років. Але їх ККД достатньо низький 37%.

До переваг такого типу накопичувачів можна віднести:

- Непогана швидкодія
- Нормована віддача теплоти
- Не спалює кисень у приміщенні, не перегріває та не сушить повітря
- Просте встановлення, та простота ремонтних робіт
- Екологічно чиста технологія, відсутні продукти горіння
- Має високу надійність та довговічність
- Пожежобезпечна конструкція
- Дешевизна конструкції та накопичувача

До недоліків можна віднести:

- Низький ККД

- Невеликий час зберігання
- Значний час реверсу
- Складність в перетворенні енергії тепла в електроенергію, потрібні додаткові конструкції
- Великі розміри та вага [8]

1.4 Технології генерації енергії, які можна використовувати в лікарнях

У даному проекті запропонована така система резервного живлення лікарні: коли основне джерело електропостачання не може забезпечувати безперервним живленням об'єкт, вмикається акумулятор, який замінює основне джерело живлення на час необхідний для вмикання генератора. Потім вмикається генератор, і постачає електроенергію до тих споживачів у яких перерва в електропостачанні може призвести до людських жертв, або виходу з ладу високовартісного обладнання.

Тому дуже важливим є підібрати такий генератор, щоб він задовольняв умовам безпеки, а також мав необхідну потужність для живлення резервних споживачів.

Для обґрунтування вибору генератора, пропонується розглянути основні види та особливості їх роботи, порівняти їх переваги та недоліки. Та вибрати оптимальний варіант.

До основних видів генераторів по типу пального відносяться:

- Бензинові
- Дизельні
- Газові
- Водневі

Розглянемо більш детально кожен з цих видів.

Бензинові генератори

Бензинові промислові генератори зазвичай мають меншу потужність і час безперервної роботи, ніж дизельні моделі, що пов'язано з високим споживанням палива і витратами, викликаними цим. Незважаючи на це бензинові установки мають гарне співвідношення виробленої потужності до витрати пального, що дозволяє використовувати їх у безперервному режимі для електропостачання невеликих об'єктів та електроустаткування. [25]

До переваг бензинових генераторів можна віднести:

- Низька початкова вартість генератора
- Менший рівень шуму
- Менші габарити та вага
- Мобільність
- При низьких температурах навколишнього середовища краще вмикаються.

До недоліків бензинових генераторів можна віднести:

- Мала ефективність, через що витрати палива збільшуються
- Висока собівартість одного кіловату електроенергії
- Низький моторесурс
- Неперервна робота генератора не може перевищувати 5-8 годин
- Потребує час на відпочинок після роботи хоча б 1 годину.

Дизельні генератори

Дизельні генератори представлені в широкому діапазоні потужностей від 4 до 2500 кВА. Що робить їх вибір для великих підприємств більш привабливим, ніж бензинові. Час безперервної роботи у дизельних генераторів набагато більший, ніж у бензинових. Головний критерій для безперервної роботи такого генератора є обсяг його паливного баку, чим він буде більшим, тим рідше буде необхідність ручного обслуговування, та дозаправки. Генератори відрізняються

більшими габаритами і масою. Вони більш стабільні та стійкі до високих навантажень.

До переваг дизельних генераторів можна віднести:

- Більша ефективність, через що витрати палива менші
- Великий моторесурс
- Надійність роботи
- Менша частота обслуговування
- Широкий діапазон потужностей, від 4 до 2 500 кВА
- Більша тривалість безперервної роботи
- Менша чутливість до змін температури навколишнього середовища
- Безпечність, усі рухомі частини захищені від потрапляння небажаних предметів, а пальне має меншу вірогідність вибуху ніж водень, або газ

До недоліків дизельних генераторів відносяться:

- Високий рівень шуму
- Вібрація
- Великі габарити і маса
- Відсутність мобільності
- Висока вартість початкових капіталовкладень
- Чутливість до низьких температур, у морози необхідні спеціальні присадки з анти-замерзаючими властивостями

Газовий генератор

Промислові газові генератори обирають, виходячи зі способу підключення газового ресурсу. До таких установок можна підключити газові балони або трубу із центральної газової магістралі. Для забезпечення електрики великих об'єктів вибирається підключення до магістралі, тому що в такому випадку час роботи установки сильно підвищується. При цьому потрібно враховувати допустиме граничне навантаження для газової

електростанції за потужністю та безперервним часом експлуатації, яка не повинна перевищувати задані виробником значення.

Генератори на газовому пальному характеризуються економністю у споживанні палива, невеликою кількістю шкідливих вихлопів і низьким рівнем шуму. З іншого боку, використання газу як палива пов'язане з певними складнощами: необхідне підключення електростанції до газової магістралі або регулярна заміна спеціальних балонів, а паливна система у газових генераторів особливо чутлива до витоків.

Більшість генераторів на газовому пальному є стаціонарними пристроями високої потужності. [26]

До переваг газових генераторів можна віднести:

- Низька собівартість 1 кВт/год
- Менша кількість шкідливих викидів
- Менший рівень шуму
- Широкий діапазон потужностей від 2 до 2 500 кВА
- Тривалий час безперервної роботи
- Надійність
- Великий моторесурс
- Менша частота обслуговування
- Низька вартість палива

До недоліків газових генераторів можна віднести:

- Висока вартість початкових капіталовкладень
- Велика маса та габарити
- Чутлива система
- Вірогідність вибуху, через витoki газу
- Для тривалої безперервної роботи необхідне підключення до магістралі газопостачання
- Відсутність мобільності

Водневі генератори

Водень займає лідируючу позицію серед усіх інших джерел альтернативної енергії не випадково - він максимально екологічний, має відновлюваний ресурс, а також має максимальний ККД у порівнянні з класичними двигунами, що функціонують на бензині та дизелі. [27]

Генератор внутрішнього згоряння на водні за своєю конструкцією не сильно відрізняється від звичайного ГВЗ. Єдина відмінність, у циліндрах згоряє не бензин, газ чи дизель, а суміш повітря та водню. Також потрібно враховувати і те, що спосіб подачі водневого палива, сумішоутворення та займання також дещо інший порівняно з аналогічними процесами у традиційних аналогах.

Насамперед горіння водню в порівнянні з нафтовим паливом відрізняється тим, що водень згоряє набагато швидше. У звичайному генераторі суміш бензину або дизелю з повітрям заповнює камеру згоряння тоді, коли поршень майже піднявся в ВМТ (верхня мертва точка), потім паливо якийсь час горить і після цього газу тиснуть на поршень.

На водні реакція протікає швидше, що дозволяє зрушити наповнення циліндра на момент, коли поршень починає рух у НМТ (нижня мертва точка). Також після того, як відбувається реакція, результатом стає звичайна вода замість токсичних вихлопних газів. На перший погляд стандартний двигун відносно легко налаштувати під водневе паливо шляхом доробок впуску, випуску та системи живлення, проте це не так.

Перша проблема полягає в тому, як одержувати необхідний водень. Як відомо, водень перебуває у складі води та є поширеним елементом, проте у чистому вигляді практично не зустрічається. Тому для максимальної автономності на генератор потрібно окремо ставити водневі установки, щоб «розщеплювати» воду, дозволяючи мотору харчуватися необхідним паливом.

Однак, щоб цього досягти, на генераторі повинна стояти установка для електролізу (електролізер), яка і відокремлюватиме водень від води, щоб потім отримати потрібну реакцію з киснем у камері згоряння. На практиці установка виходить складною та дорогою, а створити таку закриту систему досить складно. [28]

Тому сучасні водневі генератори внутрішнього згоряння більше нагадують газові двигуни, тобто агрегати на газі пропані. Щоб використовувати водень замість пропану, достатньо змінити налаштування такого ДВЗ. Щоправда, ККД на водні дещо знижується. Однак водню потрібно менше, щоб отримати необхідну віддачу від мотора. При цьому жодних установок для автономного одержання водню не передбачається.

Також навіть невеликий витік водню може спричинити те, що паливо потрапить на розігрітий випускний колектор, після чого може статися вибух або пожежа. Щоб цього не сталося, для роботи на водні найчастіше використовують роторні генератори. Такий тип більше підходить для цього завдання, так як їх конструкція передбачає збільшену відстань між впускним та випускним колектором.

Але, навіть з урахуванням усіх складнощів, низку проблем вдається обійти не тільки на роторних, але навіть і на поршневих моторах, що дозволяє водню вважатися досить перспективною альтернативою бензину, газу чи дизелю. [32]

Генератор на водневих паливних елементах

Зверніть увагу, під водневими генераторами розуміються як агрегати, що працюють на водні (водневий ГВС), так і генератори, які використовують водневі паливні елементи. Перший тип ми вже розглянули вище, тепер зупинимось на другому варіанті.

Паливний елемент представляє собою водневий акумулятор з ККД близько 50%.

Пристрій заснований на фізико-хімічних процесах, корпус такого паливного елемента є особлива мембрана, що проводить протони. Ця мембрана поділяє дві камери, у одній з яких стоїть анод, а інший катод.

У камеру, де розташований анод, надходить водень, а камеру з катодом потрапляє кисень. Електроди додатково покриті високовартісними рідкісноземельними металами (часто платиною). Це дозволяє грати роль каталізатора, який впливає на молекули водню. В результаті водень втрачає електрони. Одночасно протони йдуть через мембрану на катод, причому каталізатор також впливає на них. У результаті відбувається з'єднання протонів з електронами, які надходять ззовні.

Така реакція утворює воду, причому електрони з камери з анодом надходять в електричний ланцюг. Вказаний ланцюг підключений до двигуна. Іншими словами, створюється напруга, що змушує генератор працювати від такого водневого паливного елемента.

Основним мінусом є висока вартість паливних елементів через використання платини, паладію та інших дорогих металів. В результаті, кінцева вартість генератора з таким паливним елементом сильно зростає. [27]

До основних переваг водневого генератора можна віднести:

- Екологічність
- Висока ефективність
- Низькі витрати палива
- Низький рівень шуму

До основних недоліків можна віднести:

- Вибухонебезпечність
- Труднощі з отриманням та зберіганням водню
- Висока ціна на ремонт і обслуговування
- Велика вага та габарити
- Висока ціна на початкові капіталовкладення [30]

Порівняння генераторів

Для найбільш наочного порівняння генераторів складено таблицю 1.4.1

Таблиця 1.4.1

Тип генератора	Потужність	Час роботи, год	Частота експлуатації	Частота обслуговування	Вартість палива	Вартість
Бензиновий	0,8-15кВА	>30	середня, висока	50-150 год	висока	низька
Дизельний	4-2500кВА	>300	висока	100-300 год	середня	середня
Газовий	2-2000кВА	>500	висока	150-300 год	низька	висока
Водневий	0,5-150 кВА	>100	середня	100-200 год	середня	висока

При виборі генератора потужність може стати визначальним фактором вибору, оскільки дизельні агрегати за рідкісним винятком можуть забезпечити потужність більше 10-12кВт, тоді як дизельні або газові двигуни краще адаптовані для створення потужних систем, до 2000-2300кВт. [26]

Для короткострокового резервного або аварійного енергозабезпечення гарним вибір буде бензиновий генератор промисловий.

Для частого використання підходить дизельний генератор промисловий. При наявності підключення до газової магістралі можна вибрати промисловий газовий генератор.

Висновок по розділу

У технологічному розділі було з'ясовано список основних приймачів електричної енергії. З цих споживачів була відділена група споживачів з обов'язковим резервуванням електропостачання до яких ввійшло високовартісне обладнання та обладнання від якого залежало людське життя. Таке як МРТ, КТ, рентген, ШВЛ, інкубатор для новонароджених.

Були розглянуті основні способи накопичення енергії, які можна використовувати в лікарнях. До них можна віднести:

- Електричні, ємнісні і електромагнітні накопичувачі.
- Механічні, інерційні (маховичні), гідравлічні і пневматичні системи.
- Електрохімічні, електрохімічні батареї і регенеративні паливні елементи.
- Термохімічні, використання енергії зв'язків оборотних хімічних реакцій.
- Хімічні, ємності і абсорбуючі системи для водню і біомаси.
- Теплові, ємнісні і фазоперехідні системи

Також були описані головні переваги та недоліки кожного типу накопичення енергії.

Описані технології генерації електроенергії які можна використовувати в лікарнях, до них по типу палива можна віднести: бензинові, дизельні, газові та водневі генератори.

Розглянуті основні переваги та недоліки кожного типу генератора, та їх доцільність використання у лікарнях.

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

В розрахунок електричних навантажень ввійдуть лише споживачі які потребують резервування живлення. Список споживачів та їх потужностей приведено в таблиці 2.1.1

Таблиця 2.1.1

№	Споживач	Кількість	Одинична потужність кВт	Сумарна потужність кВт	cosφ	Реактивна потужність квар	Повна потужність кВА
1	Агрегометр	11	1.2	13.2	0.74	12.00	17.84
2	Аналізатор глікованого гемоглобіну	10	0.07	0.7	0.87	0.40	0.80
3	Аналізатор глюкози та лактату	35	0.03	1.05	0.92	0.45	1.14
4	Аналізатор для визначення ШОЕ	22	0.05	1.1	0.75	0.97	1.47
5	Аналізатор доплерівської серцево-судинної діяльності	34	0.23	7.82	0.63	9.64	12.41
6	Аналізатор електролітів	8	0.1	0.8	0.8	0.60	1.00
7	Антибактеріальний опромінювач	182	0.025	4.55	0.77	3.77	5.91
8	Апарат для фарбування гематологічних мазків	17	0.4	6.8	0.87	3.85	7.82
9	Аспіратор	27	0.23	6.21	0.89	3.18	6.98
10	Безтіньові лампи	27	0.058	1.566	0.6	2.09	2.61
11	Біохімічний автоматичний аналізатор	17	0.25	4.25	0.83	2.86	5.12
12	Гематологічний аналізатор	36	0.101	3.636	0.69	3.81	5.27
13	Дефібрилятори	98	0.25	24.5	0.88	13.22	27.84
14	Електрокардіограф	25	0.015	0.375	0.66	0.43	0.57
15	Інкубатор для новонароджених	163	0.675	110.025	0.81	79.66	135.83
16	Коагулометр автоматичний	99	0.045	4.455	0.66	5.07	6.75
17	Кольпоскоп	9	0.01	0.09	0.78	0.07	0.12
18	Комп'ютери	19	0.5	9.5	0.68	10.24	13.97
19	Консоль реанімаційна	48	0.5	24	0.69	25.18	34.78

Продовження таблиці 2.1.1

№	Споживач	Кількість	Одинична активна потужність кВт	Сумарна активна потужність кВт	cosφ	Реактивна потужність квар	Повна потужність кВА
20	Концентратор кисню	16	1.8	28.8	0.77	23.86	37.40
21	КТ	1	20	20	0.62	25.31	32.26
22	Лазерний апарат коагуляції	15	0.3	4.5	0.72	4.34	6.25
23	Ліжковий кардіомонітор	238	0.07	16.66	0.73	15.60	22.82
24	Мамограф	2	5	10	0.77	8.29	12.99
25	Наркозний апарат	13	0.1	1.3	0.91	0.59	1.43
26	Наркозно-дихальні апарати	12	0.15	1.8	0.6	2.40	3.00
27	Негатоскоп	50	0.02	1	0.84	0.65	1.19
28	Опромінювачі рециркуляторні	53	0.025	1.325	0.75	1.17	1.77
29	Освітлення	759	0.005	3.795	0.6	5.06	6.33
30	Підлогова ангиографічна установка	29	0.15	4.35	0.9	2.11	4.83
31	Програмактор електрокардіостимуляторів	29	0.05	1.45	0.65	1.70	2.23
32	Рентген	2	2.4	4.8	0.63	5.92	7.62
33	Система для електрофорезу	36	0.005	0.18	0.92	0.08	0.20
34	Стерилізатор повітряний	18	0.025	0.45	0.67	0.50	0.67
35	Стерилізатори	43	0.16	6.88	0.94	2.50	7.32
36	УЗД	4	0.6	2.4	0.89	1.23	2.70
37	Фототерапевтична лампа	65	0.045	2.925	0.89	1.50	3.29
38	Холодильник фармацевтичний	48	0.09	4.32	0.83	2.90	5.20
39	ШВЛ	79	0.125	9.875	0.8	7.41	12.34
Σ				338.237		569.15	460.06

Сумарну активну потужність було визначено по формулі:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + \dots + P_{38} + P_{39}$$

$$P_{\Sigma} = 13,2 + 0,7 + \dots + 4,32 + 9,875 = 338,2 \text{ кВт}$$

де P_{Σ} – сумарна активна потужність, кВт; P_n – потужність n-го типу споживача, кВт.

Сумарну реактивну потужність було визначено по формулі:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{38} + Q_{39}$$

$$Q_{\Sigma} = 12 + 0,4 + \dots + 2,9 + 7,41 = 569,15 \text{ квар}$$

де Q_{Σ} – сумарна реактивна потужність, квар; Q_n – потужність n-го типу споживача, квар; яка визначалась:

$$Q_n = P_n \cdot \tan(\arccos \varphi)$$

$$Q_1 = 13,2 \cdot \tan(\arccos 0.74) = 12 \text{ квар}$$

Сумарну повну потужність було визначено по формулі:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{338,2^2 + 569,15^2} = 460.06 \text{ кВА}$$

де P_{Σ} – сумарна активна потужність, кВт; Q_{Σ} – сумарна реактивна потужність, квар.

2.2 Визначення необхідного запасу електроенергії з урахуванням швидкодії резервного джерела

Схема роботи резервного джерела живлення передбачає автоматичний ввід резерву, і підключення до роботи приладу акумуляції на час ввімкнення і виходу на номінальні параметри резервного генератора.

В залежності від типу автоматичного типу резерву час його ввімкнення може відрізнятись:

- АВР на контакторах. Час перемикання такого АВР *не менше трьох секунд*, оскільки контактор не має дугогасної камери і для зупинки перехідних процесів вводиться затримка на ввімкнення іншого контактора. Таким чином подача живлення для споживачів відбудеться через 3 секунди або пізніше.
- АВР з мотор-приводом. В даному приладі переключення відбувається завдяки мотор-приводу, що могло б підвищити швидкість роботи АВР, але через відсутність дугогасних камер, перехідні процеси не встигають припинитися і час знеструмлення споживача, необхідно збільшувати, хоча б до трьох секунд, щоб не відбулося оплавлення, або підгоряння контактів. Тому і в даній конструкції час знеструмлення споживачів від 3-х секунд і більше.
- АВР на автоматичних вимикачах. В даному АВР у якості комутуючого обладнання використовуються автоматичні вимикачі з

моторизованим приводом. Час ввімкнення такого АВР складає близько 0,5 секунди.

- АВР на перекидному рубильнику з соленоїдним приводом. Принцип роботи заснований на перекидному рубильнику з приводом від соленоїда через маховик забезпечує циклічне перемикання при спрацьовуванні соленоїда. В даній конструкції вже наявні окремі контакти на погашення дуги і основні, тому швидкість спрацьовування АВР вища. Така конструкція може забезпечити швидкість перемикання менше ніж 50 мс. [26]

Для лікарні необхідно, щоб ввід резерву був як найшвидше, тому приймаємо АВР на перекидному рубильнику з соленоїдним приводом, час його ввімкнення складає близько 0,05 секунди.

Час ввімкнення генератора залежить від типу генератора, а також від зовнішніх умов. Так, бензиновий генератор, буде більш стійким до змін навколишнього середовища і час його ввімкнення буде меншим, ніж для дизельного генератора.

Також на час ввімкнення впливає надійність генератора, а також його поточний стан, чим більший знос, тим більший час ввімкнення буде необхідний для ввімкнення генератора.

Велике значення має швидкість згоряння палива, чим вона вища, тим більша швидкодія двигуна.

На час виходу генератора на номінальний режим, впливає декілька факторів, це перш за все навколишнє середовище і поточний стан генератора.

Тому дуже важливо регулярно перевіряти поточний стан генератора, та при необхідності в неаварійних режимах проводити налаштування. Щоб у відповідальний момент, він спрацював як найшвидше.

Для того, щоб перевірка і ремонт не були занадто частими, потрібно обирати генератор з високою ступеню надійності.

З невеликим запасом часу буде прийнято середнє значення виходу двигуна на номінальні параметри з розрахунком, на непередбачені обставини, та завади з боку навколишнього середовища.

Час необхідний для запуску генератора може бути розраховано таким чином:

$$t_{з.г.} = t_{АВР} + t_{в\text{ім.ген}} + t_{в\text{их.ном.парам}}$$

$$t_{з.г.} = 0,05 + 42 + 83 = 125,05 \text{ с}$$

Де $t_{з.г.}$ – загальний час виходу генератора на номінальні параметри, с; $t_{АВР}$ – час спрацьовування АВР, с; $t_{вім.ген}$ – час ввімкнення генератора, с; $t_{вих.ном.парам}$ – час виходу генератора на номінальні параметри, с.

У зв'язку з тим, що прилади розраховані на змінний струм, а акумулятори можуть віддавати лише змінний струм, є необхідність встановлення інверторів, з постійного струму на змінний. Тому при розрахунку необхідної потужності потрібно врахувати втрати потужності на інверторі.

Для цього проведемо вибір інвертора. Основним критерієм вибору інвертора є його потужність, вона повинна бути 20-30% більша, ніж максимальна потужність споживачів, тому було прийнято чотири інвертори типу АВВ PVS-120-TL, загальною потужністю 480 кВт.

Кількість інверторів була знайдена по формулі:

$$N_{інв} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{інв}} \cdot \left(1 + \frac{p\%}{100}\right)$$
$$N_{інв} = \frac{338,2}{120} \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 3,6 \approx 4 \text{ шт.}$$

Де $N_{інв}$ – необхідна кількість інверторів, P_{Σ} – встановлена активна потужність споживачів, кВт; p – відсоток резервування потужності від перевантажень.

А загальна потужність інверторів була знайдена:

$$P_{\Sigma інв} = P_{інв} \cdot N_{інв}$$
$$P_{\Sigma інв} = 120 \cdot 4 = 480 \text{ кВт}$$

З паспортних даних ККД інвертора складає 98,9%.

Для визначення необхідного запасу електроенергії скористаємося формулою:

$$E_з = (S_{\Sigma} + P_{\Sigma інв} \cdot \eta_{інв}) \cdot t_{з.г.} \cdot \left(1 + \frac{p\%}{100}\right)$$

$$E_3 = (460.06 + 480 \cdot 0,989) \cdot \frac{125,05}{3600} \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 42,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Де E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; S_{Σ} – сумарна повна потужність резервованих споживачів, кВА; $P_{\Sigma\text{інв}}$ – потужність інверторів, кВт; $\eta_{\text{інв}}$ – ККД інверторів, %; $t_{з.г.}$ – загальний час виходу генератора на номінальні параметри, с; p – відсоток запасу потужності для перевантажень, %.

2.3 Вибір потужності джерела живлення

Основа вибору генератора, це вибір його потужності. Для цього потрібно враховувати загальну потужність навантаження, а також кратність пускових струмів, щоб не відбувалося аварійного відключення через перевантаження. [25]

В таблиці 2.3.1 вказані параметри основних споживачів, їх номінальні потужності, кратність пускових потужностей та розрахункова потужність яку повинен витримувати генератор.

Таблиця 2.3.1 Параметри споживачів

№	Споживач	Сумарна потужність кВт	Кратність пускових потужностей	Розрахункова потужність, кВт
1	Агрегометр	13.2	1.0	13.20
2	Аналізатор глікованого гемоглобіну	0.7	1.0	0.70
3	Аналізатор глюкози та лактату	1.05	1.0	1.05

Продовження таблиці 2.3.1

№	Споживач	Сумарна потужність кВт	Кратність пускових потужностей	Розрахункова потужність, кВт
4	Аналізатор для визначення ШОЕ	1.1	1.0	1.10
5	Аналізатор доплерівської серцево-судинної діяльності	7.82	1.0	7.82
6	Аналізатор електролітів	0.8	1.0	0.80
7	Антибактеріальний опромінювач	4.55	1.0	4.55
8	Апарат для фарбування гематологічних мазків	6.8	1.0	6.80
9	Аспіратор	6.21	1.0	6.21
10	Безтіньові лампи	1.566	1.0	1.57
11	Біохімічний автоматичний аналізатор	4.25	1.0	4.25
12	Гематологічний аналізатор	3.636	1.0	3.64
13	Дефібрилятори	24.5	3.5	85.75
14	Електрокардіограф	0.375	1.0	0.38
15	Інкубатор для новонароджених	110.025	2.0	220.05
16	Коагулометр автоматичний	4.455	1.5	6.68
17	Кольпоскоп	0.09	1.0	0.09
18	Комп'ютери	9.5	1.0	9.50
19	Консоль реанімаційна	24	1.0	24.00
20	Концентратор кисню	28.8	2.0	57.60

Продовження таблиці 2.3.1

№	Споживач	Сумарна потужність кВт	Кратність пускових потужностей	Розрахункова потужність, кВт
21	КТ	20	4.5	90.00
22	Лазерний апарат коагуляції	4.5	1.0	4.50
23	Ліжковий кардіомонітор	16.66	1.0	16.66
24	Мамограф	10	3.0	30.00
25	Наркозний апарат	1.3	1.0	1.30
26	Наркозно-дихальні апарати	1.8	1.5	2.70
27	Негатоскоп	1	1.0	1.00
28	Опромінювачі рециркуляторні	1.325	1.0	1.33
29	Освітлення	3.795	1.0	3.80
30	Підлогова ангиографічна установка	4.35	1.0	4.35
31	Програматор електрокардіостимуляторів	1.45	1.0	1.45
32	Рентген	4.8	2.5	12.00
33	Система для електрофорезу	0.18	1.0	0.18
34	Стерилізатор повітряний	0.45	1.0	0.45
35	Стерилізатори	6.88	1.0	6.88
36	УЗД	2.4	3.0	7.20
37	Фототерапевтична лампа	2.925	1.0	2.93
38	Холодильник фармацевтичний	4.32	3.5	15.12
39	ШВЛ	9.875	2.5	24.69
Σ				682.25

Виходячи з таблиці, потужність генератора повинна бути:

$$P_{\text{ген.}} = P_{\Sigma\text{сп.}} \cdot \left(1 + \frac{p\%}{100}\right)$$

$$P_{\text{ген.}} = 682,25 \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 852,8 \text{ кВт}$$

Де $P_{\text{ген.}}$ – розрахункова потужність генератора, кВт; $P_{\Sigma\text{сп.}}$ – сумарна потужність споживачів p – відсоток запасу потужності для перевантажень, %.

2.4 Вибір ємності та типу накопичувача

Для визначення необхідної ємності акумулятора, необхідно визначити на яку напругу він буде розрахований. Акумулятори бувають таких значень напруг: 12, 24, 48, 60, 72, 360 В. Чим більшої напруги акумулятор, тим менша ємність необхідна, щоб забезпечити живленням резервних споживачів на час ввімкнення резервного джерела живлення, дана залежність зображена на графіку 2.4.1. Порівняємо вартість акумуляювання необхідного запасу електроенергії для кожного ступеня напруги.

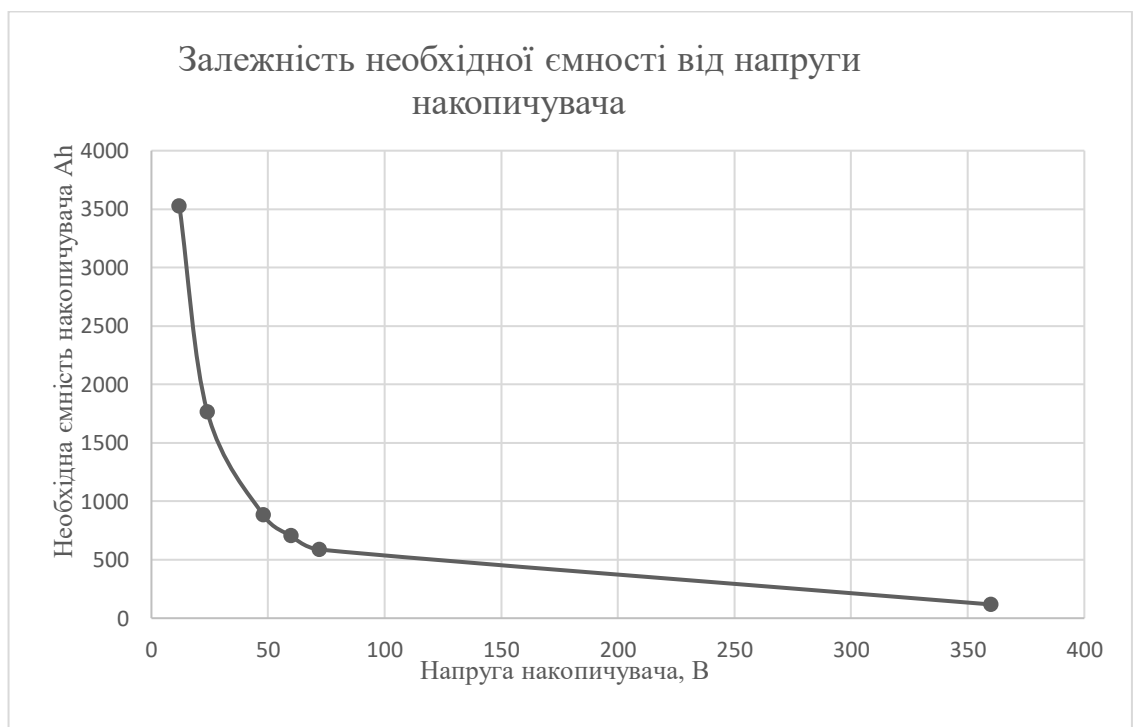


Рис. 2.4.1 Залежність необхідної ємності від напруги накопичувача

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 12 В:

$$C_{\Sigma A.12} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.12} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{12} = 3\,525 \text{ Ah}$$

Де $C_{A.12}$ – необхідна ємність акумулятора на 12 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; $U_{н.}$ – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 12 В, має ємність 404 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.12} = \frac{C_{\Sigma A.12}}{C_{A.12}} \cdot C_{A.12}$$

$$C_{\Sigma A.12} = \frac{3\,525}{404} \cdot 61\,557 = 554\,013 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.12}$ – ціна за акумуляцію необхідного запасу електроенергії, $C_{A.12}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.12}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 24 В:

$$C_{\Sigma A.24} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.24} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{24} = 1\,763 \text{ Ah}$$

Де $C_{A.24}$ – необхідна ємність акумулятора на 24 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; $U_{н.}$ – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 24 В, має ємність 300 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.24} = \frac{C_{\Sigma A.24}}{C_{A.24}} \cdot C_{A.24}$$

$$C_{\Sigma A.24} = \frac{1\,763}{300} \cdot 124\,495 = 746\,970 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.24}$ – ціна за акумулювання необхідного запасу електроенергії, $C_{A.24}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.24}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 48 В:

$$C_{\Sigma A.48} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.48} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{48} = 881 \text{ Ah}$$

Де $C_{A.48}$ – необхідна ємність акумулятора на 48 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; U_n – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 48 В, має ємність 202 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.48} = \frac{C_{\Sigma A.48}}{C_{A.48}} \cdot C_{A.48}$$

$$C_{\Sigma A.48} = \frac{881}{202} \cdot 33\,834 = 169\,170 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.48}$ – ціна за акумулювання необхідного запасу електроенергії, $C_{A.48}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.48}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 60 В:

$$C_{\Sigma A.60} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.60} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{60} = 705 \text{ Ah}$$

Де $C_{A.60}$ – необхідна ємність акумулятора на 60 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; U_n – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 60 В, має ємність 90 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.60} = \frac{C_{\Sigma A.60}}{C_{A.60}} \cdot C_{A.60}$$

$$C_{\Sigma A.60} = \frac{705}{90} \cdot 34\,980 = 279\,840 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.60}$ – ціна за акумулювання необхідного запасу електроенергії, $C_{A.60}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.60}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 72 В:

$$C_{\Sigma A.72} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.72} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{72} = 588 Ah$$

Де $C_{A.72}$ – необхідна ємність акумулятора на 72 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; $U_{н.}$ – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 72 В, має ємність 50 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.72} = \frac{C_{\Sigma A.72}}{C_{A.72}} \cdot C_{A.72}$$

$$C_{\Sigma A.72} = \frac{588}{50} \cdot 69\,586 = 835\,032 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.72}$ – ціна за акумулювання необхідного запасу електроенергії, $C_{A.72}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.72}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Необхідна ємність акумулятора Акумулятор на 360 В:

$$C_{\Sigma A.360} = \frac{E_3}{U_{н.акум.}}$$

$$C_{\Sigma A.360} = \frac{42,3 \cdot 10^3}{360} = 118 Ah$$

Де $C_{A.360}$ – необхідна ємність акумулятора на 360 В, Ah. E_3 – необхідний запас електроенергії, кВт·год; $U_{н.}$ – номінальна напруга живлення споживачів, В.

Найпотужніший акумулятор з напругою 60 В, має ємність 42 Ah . Тоді вартість резервування необхідної потужності можна розрахувати як:

$$C_{\Sigma A.360} = \frac{C_{\Sigma A.360}}{C_{A.360}} \cdot C_{A.360}$$

$$C_{\Sigma A.60} = \frac{118}{42} \cdot 452\,542 = 1\,357\,626 \text{ грн}$$

Де $C_{\Sigma A.360}$ – ціна за акумулювання необхідного запасу електроенергії,
 $C_{A.360}$ – ємність одного акумулятора Ah, $C_{A.360}$ – ціна за 1 акумулятор грн.

Результати розрахунків зведено у таблицю 2.4.1.

Таблиця 2.4.1

Напруга	Необхідна ємність, Ah	Ємність одного акумулятора, Ah	Кількість	Ціна за один акумулятор, грн	Загальна ціна, грн
12	3525	404	9	61557	554013
24	1763	300	6	124495	746970
48	881	202	5	33834	169170
60	705	90	8	34980	279840
72	588	50	12	69586	835032
360	118	42	3	452542	1357626

Як, видно, з таблиці найнижча ціна на резервування необхідної потужності відповідає напрузі в 48 В.

Таке значення напруги на акумуляторі може бути досягнене лише на акумуляторі на основі літій залізо-фосфату. Вміст літію в основі акумулятора дозволяє домогтися більше енергоемності при менших габаритах і вазі. Літій залізо-фосфатний акумулятор має ряд важливих переваг у порівнянні зі звичайними свинцево-кислотними акумуляторами:

- Висока енергетична щільність
- У 3 рази меншу вага
- Тривалий термін служби – до 15 років
- Великий ресурс - 7000 циклів заряд-розряд
- Відсутність шкідливих випарів [15]

Тому обрано акумулятор на основі літій залізо-фосфату з напругою 48 В.

2.5 Порівняння техніко-економічних показників різних типів накопичувачів та резервних генераторів

Порівняння різних типів накопичувачів

Оскільки впровадження СНЕ (особливо великомасштабне) потребує значних інвестицій, їхній правильний вибір на основі очікуваного економічного ефекту є складним завданням. Тут необхідно враховувати різні аспекти їх застосування, зокрема, технічні (ємність, термін служби, час заряду та розряду, час відгуку, кількість циклів заряду/розряду) та економічні (вартість, витрати на одиницю потужності та електроенергії, що акумулюється) характеристики різних технологій акумулювання енергії (електричні, механічні, електрохімічні, термохімічні, хімічні та теплові), ступінь їх зрілості з погляду комерціалізації, вплив на навколишнє середовище, планований характер їх застосування. [8]

Тому зараз розглянемо різні варіанти виконання акумуляторів та їх техніко-економічні показники.

Серед основних типів накопичувачів можна виділити наступні:

- Електричні, ємнісні і електромагнітні накопичувачі.
- Механічні, інерційні (маховичні), гідравлічні і пневматичні системи.
- Електрохімічні, електрохімічні батареї і регенеративні паливні елементи.
- Термохімічні, використання енергії зв'язків оборотних хімічних реакцій.
- Хімічні, ємності і абсорбуючі системи для водню і біомаси.
- Теплові, ємнісні і фазоперехідні системи [8]

Для початку розглянемо загальне порівняння цих типів накопичувачів.

Електричні накопичувачі:

- Конденсатори:
 - Переваги: висока швидкість відгуку, велика кількість циклів заряд-розряд,
 - Недоліки: Низька потужність, низька ефективність, короткий життєвий цикл
- Суперконденсатор:
 - Переваги: високий життєвий цикл, висока ефективність 95% і вище, низька вартість накопичення енергії, велика щільність ємності, надійність, висока питома енергія та потужність,

широкий діапазон робочих напруг, висока швидкість заряду-розряду, відмінна оборотність механізму накопичення енергії, допустимість розряду до нуля, невелика вага.

- Недоліки: низька енергетична щільність, токсичність, не здатність забезпечити достатнє накопичення енергії, дуже низька напруга на одиницю елемента, високий рівень саморозряду, недостатньо розвинена технологія
- Надпровідні магнітні накопичувачі:
- Переваги: Висока потужність, довгий життєвий цикл, висока ефективність більше 95%, миттєва віддача потужності, затримки під час заряду та розряду є досить коротким, низькі втрати потужності, висока надійність, висока якість електроенергії,
 - Недоліки: Негативний вплив на здоров'я людей

Механічні накопичувачі:

- Маховики:
- Переваги: Велика потужність, висока ефективність, миттєво переймають навантаження, час розряду від декількох секунд до декількох хвилин, висока якість напруги
 - Недоліки: Низька енергетична щільність, низька надійність, витримують 105-107 циклів розгону і гальмування, великі габарити та маса, небезпека сходу розкрученого маховика
- Гідроакумулювання:
- Переваги: Велика потужність, низькопитома вартість відносно потужності
 - Недоліки: Складність розміщення
- Акумулювання стисненого повітря:
- Переваги: Велика потужність, низькопитома вартість відносно потужності
 - Недоліки: Негативний вплив на оточуюче середовище

Електрохімічні накопичувачі:

- Свинцево-кислотні:
- Переваги: Низькі капітальні витрати, середня кількість циклів розряду-заряду від 500, висока питома потужність
 - Недоліки: Низька енергетична щільність
- Натрій-сірчані:
- Переваги: Висока енергетична щільність та ефективність, низький степінь саморозряду, висока питома енергія, велика кількість циклів розряд-заряд 2000-4000

- Недоліки: Висока вартість, складність утилізації, не екологічність, висока робоча температура, небезпека займання натрію в аварійних ситуаціях, низька потужність 100-150 Вт/год/кг
- Літій-іонні:
 - Переваги: Велика енергетична щільність та ефективність, велика кількість циклів заряд-розряд, низька вартість
 - Недоліки: Складність утилізації та не екологічність
- Літій-ферум-фосфатні:
 - Переваги: Високий термін служби, широкий діапазон температурних умов (від -20 до +60°C), високий струм заряду та розряду, низький рівень саморозряду 3-4% у місяць, стабільність напруги розряду
 - Недоліки: Низька щільність заряду, більша чутливість при високих температурах (вище 60°C)
- Нікель-Кадмієві:
 - Переваги: Велика енергетична щільність, висока ефективність
 - Недоліки: Висока токсичність
- Ванадій-реоксні:
 - Переваги: Висока потужність
 - Недоліки: Низька щільність потужності та енергії
- Бромно-цинкові:
 - Переваги: Велика потужність, стійкість до високих температур, компактність
 - Недоліки: Висока вартість, низька енергетична щільність

Хімічні:

- Паливні комірки:
 - Переваги: Екологічність, низький рівень саморозряду, не потребують заряду, так як вони працюють за рахунок палива в комірках, таких як водень, відсутність шуму, та вібрацій, високий рівень ККД, не виробляють парникові гази,
 - Недоліки: Потреба в заміні каталізатору, потреба у чистому водні,

Теплові:

- Переваги: Нормована віддача теплоти, не перегріває і не сушить повітря, просте встановлення та ремонт, екологічно чиста технологія, висока надійність та довговічність, пожежобезпечна конструкція, дешевизна накопичувача
- Недоліки: Низький ККД, короткий час зберігання енергії, значний час реверсу, для перетворення в електроенергію необхідні додаткові конструкції, великі розміри та вага

Для резервування лікарні потрібен акумулятор який може за короткий час відати велику потужність, і буде її віддавати протягом 125 секунд. Під ці критерії підходять акумулятори типу: Суперконденсатор, маховики, акумулювання стисненого повітря, свинцево-кислотні акумулятори, літій-іонні, гелеві, літій-ферум-фосфатні, нікель-кадмієві, ванадій-реоксні, паливні комірки на основі водню.

Проведемо порівняльний аналіз характеристик для цих типів накопичувачів. Результат порівняння зведено у таблицю 2.5.1

Таблиця 2.5.1 Порівняння технічних характеристик накопичувачів

№	Тип накопичувача	Модель	Напруга	Одинична потужність	ККД
1	Суперконденсатор	LPC 50 kVAr, 400V, 50HZ	400	0.11	98.95
		LPC 50 kVAr, 440V, 50HZ	440	0.10	98.95
		LPC 50 kVAr, 460V, 50HZ	460	0.10	98.95
3	Маховик	Beacon Power	480	25	98.00
		Beacon Power	480	6	90.00
		STORNETIC	480	3.6	95.00
4	Акумулювання стисненого повітря	Energy Bag	220	70000	50.00
		CAES, McIntosh	220	110000	65.00
		CAES, Huntorf	220	290000	70.00
5	Свинцево-кислотні	ProLogix PK-250-12	12	250	75.00
		EverExceed 12V 300Ah DP12-300	12	300	80.00
		LogicPower 12V 250Ah LPM-MG12-250	12	250	78.00
6	Літій-ферум-фосфатний	Challenger LF-24-300	24	300	98.00
		Ritar 12V 300Ah LiFePO4	12	300	95.00
		LogicPower 12V 404Ah LiFePO4	12	404	97.00

Продовження Таблиці 2.5.1

№	Тип накопичувача	Модель	Напруга	Одинична потужність	ККД
7	Літій-іонні	Li-Ion 21700 LG M50LT	14.8	45	95.00
		(CR123) EagTac 750 mAh, 3,7В, 5А, Li-Ion	3.7	0.75	95.00
		EagleTac 14500	3.6	0.75	95.00
8	Нікель-кадмієві	Robiton 1.2 v	1.2	2.2	91.00
		GQYM, SC NI-CD BATTERY	1.2	3.2	91.00
		Ddadache SC1.2V 2800mAh	1.2	2.8	91.00
9	Ванадій-реоксні	Fortune Power 12v	12	200	80.00
		Redox Flow	48	20	75.00
		Redox 48 B	48	30	78.00
10	Паливні комірки	Brogen 163кВт	220	163	45.00
		Customizable 300 кВт	220	300	48.00
		Customizable 500 кВт	220	500	48.00
11	Гелеві	LogicPower 12V 280Ah LPM-GL12- 280	12	280	97.00
		Challenger 12V 260Ah G12-260	12	260	97.00
		Ritar 12V 260Ah DG12-260	12	260	97.00

Також для більшої наочності порівнюємо економічні параметри цих типів накопичувачів

Таблиця 2.5.2 Порівняння економічних характеристик

№	Тип накопичувача	Модель	Необхідна кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна ціна, грн
1	Суперконденсатор	LPC 50 kVAr, 400V, 50HZ	957	6160	5895120
		LPC 50 kVAr, 440V, 50HZ	957	6776	6484632
		LPC 50 kVAr, 460V, 50HZ	957	7453.6	7133095
3	Маховик	Beacon Power	2	2500000	5000000
		Beacon Power	8	2000000	16000000
		STORNETIC	12	1800000	21600000
4	Акумулювання стисненого повітря	Energy Bag	0	3500000	-
		CAES, McIntosh	0	5500000	-
		CAES, Huntorf	0	1.45E+08	-
5	Свинцево-кислотні	ProLogix PK-250-12	15	21000	315000
		EverExceed 12V 300Ah DP12-300	12	19950	239400
		LogicPower 12V 250Ah LPM-MG12- 250	15	24260	363900
6	Літій-ферум-фосфатний	Challenger LF-24-300	6	124495	746970
		Ritar 12V 300Ah LiFePO4	12	127485	1529820
		LogicPower 12V 404Ah LiFePO4	9	61557	554013

Продовження таблиці 2.5.2

№	Тип накопичувача	Модель	Необхідна кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна ціна, грн
7	Літій-іонні	Li-Ion 21700 LG M50LT	64	9800	627200
		(CR123) EagTac 750 mAh, 3,7В, 5А, Li-Ion	15244	260	3963440
		EagleTac 14500	15667	170	2663390
8	Нікель-кадмієві	Robiton 1.2 v	16023	140	2243220
		GQYM, SC NI-CD BATTERY	11016	540	5948640
		Ddadache SC1.2V 2800mAh	12590	247	3109730
9	Ванадій-реоксні	Fortune Power 12v	18	547190	9849420
		Redox Flow	45	437750	19698750
		Redox 48 В	30	683670	20510100
10	Паливні комірки	Brogen 163кВт	2	769710	1539420
		Customizable 300 кВт	1	45598975	45598975
		Customizable 500 кВт	1	45598975	45598975
11	Гелеві	LogicPower 12V 280Ah LPM-GL12- 280	13	33836	439868
		Challenger 12V 260Ah G12-260	14	25840	361760
		Ritar 12V 260Ah DG12-260	14	31584	442176

Якщо порівнювати акумулятори з точки зору ціни, то на першому місці буде свинцевий та гелевий акумулятори, але вони мають один суттєвий

недолік, вони мають невелику кількість циклів заряду-розряду, а також низьку енергетичну щільність. Через що їх потрібно буде замінювати вже через 2 роки. Натомість наступні по вартості літій-ферум-фосфатні акумулятори мають високу енергетичну щільність, вищу ефективність та в 4-8 разів більшу кількість циклів заряд-розряд. Тому у перспективі на тривалий час більш економічно та технічно доцільним буде встановити літій-ферум-фосфатні акумулятори.

До встановлення приймається акумулятор типу Challenger LF-24-300, у кількості 6 штук. Вигляд акумулятора, представлено на рисунку 2.5.1



Рисунок 2.5.1 Акумулятор Challenger LF-24-300

Основні характеристики акумулятора представлено у таблиці 2.5.3

Таблиця 2.5.3

Напруга, В	Номінальна ємність, А·г	Максимальний струм заряду по BMS, А	Максимальний струм розряду по BMS, А	Ресурс, циклів
24	300	100	100 (200 до 30 секунд)	2000

Продовження таблиці 2.5.3

Технологія	Розміри, мм	Вага, кг	Робоча температура, °С	Ціна, грн
LiFePO4	482x400x310	65	від 0 до +45 С	124 495

Порівняння техніко-економічних показників різних типів генераторів.

При виборі генератора найголовнішими критеріями є його потужність, ціна, довговічність, а також ціна за 1 кВт·год.

Порівняємо переваги та недоліки таких генераторів як бензиновий, дизельний, газовий і водневий.

Бензиновий генератор

- Переваги: низька вартість генератора, низький рівень шуму, невеликі габарити та вага, мобільність, стійкі до низьких температур навколишнього середовища
- Недоліки: низька потужність до 20 кВт, низька ефективність (25-30%), високі витрати палива, висока собівартість 1 кВт електроенергії, низький моторесурс (до 3000 годин), потребують перерви у роботі, кожні що найменше 5-8 годин

Дизельний генератор:

- Переваги: велика лінійка потужностей (від 4 до 2500 кВт), висока ефективність (70-90%), великий моторесурс (20000 і більше), надійність, менша частота обслуговування, низька вартість палива
- Недоліки: Високий рівень шуму, вібрація, великі габарити та маса, висока вартість генератора, чутливість до низьких температур.

Газовий генератор:

- Переваги: низька вартість 1 кВт/год, низький рівень шуму, широкий діапазон потужностей (від 2 до 2500 кВт), тривалий час безперервної роботи, надійність великий моторесурс (6000 і більше), низька вартість палива
- Недоліки: висока вартість генератора, велика маса та габарити, чутлива система, небезпечність, можливі витіки газу та вибух, для тривалої неперервної роботи необхідне підключення до магістралі газопостачання

Водневий генератор:

- Переваги: Екологічність, низькі витрати палива, низький рівень шуму
- Недоліки: Вибухонебезпечність, не налагоджена система отримання та зберігання водню, висока ціна на генератор, висока ціна обслуговування та ремонту, велика вага та габарити,

У таблиці 2.5.4 запропоноване порівняння технічних показників, для бензинових, дизельних, газових і водневих генераторів.

Таблиця 2.5.4 Порівняння технічних показників генераторів

№	Тип генератора	Модель	Напруга	Потужність	Час ввімкнення max, с	Моторесурс, год	ККД, %
1	Бензинові	SC18000DE	380	15	60	2500	26
		EP25000TE	380	21	70	2501	28
		YH21000	380	18	65	2502	25
2	Дизельні	Дизельний Atlas Copco TwinPower QAC 1240 – 900 КВт	400	900	105	25000	88.9
		Дизельний FOGO FD 660 S-C – 520 КВт	400	520	90	25000	75.8
		Zenesis ESE 440 TBI	400	315	95	25000	80
3	Газові	Generac SG400	380	400	65	23000	47
		Generac SG500	380	500	70	14000	47
		NPT 400GFT	400	400	65	19000	49
4	Водневі	Rubri-HFC	380	150	30	9000	45
		WBQ-420	380	140	40	10000	40
		WBE-110	380	110	35	10000	45

Також для більшої наочності розглянуто економічні показники генераторів у таблиці 2.5.5.

Таблиця 2.5.5 Порівняння економічних показників генераторів

№	Тип генератора	Модель	Ціна за генератор	Необхідна кількість	Загальна ціна, грн	Ціна за 1 кВт·год, грн
1	Бензинові	SC18000DE	124999	57.00	7124943	21478.17
		EP25000TE	149800	41.00	6141800	17214.83
		YH21000	109890	48.00	5274720	14469.5

Продовження таблиці 2.5.5

№	Тип генератора	Модель	Ціна за генератор	Необхідна кількість	Загальна ціна, грн	Ціна за 1 кВт·год, грн
2	Дизельні	Дизельний Atlas Copco TwinPower QAC 1240 – 900 кВт	10,774,022	1.00	10774022	9608.71
		Дизельний FOGO FD 660 S-C – 520 кВт	3,859,783	2.00	7719566	13832.68
		Zenesis ESE 440 TBI	2,220,450	3.00	6661350	13574.72
3	Газові	Generac SG400	14343900	3.00	43031700	4132.8
		Generac SG500	17723200	2.00	35446400	2755.2
		NPT 400GFT	5869730	3.00	17609190	4132.8
4	Водневі	Rubri-HFC	875464	6.00	5252784	1800
		WBQ-420	784269	7.00	5489883	1680
		WBE-110	4885089	8.00	39080712	1440

[17]

Якщо порівнювати з точки зору вартості генераторів та вартості 1 кВт·год, лідером стає водневий генератор Rubri-HFC, але через високу вибухонебезпечність, а також складність в отриманні та зберіганні електроенергії цей генератор не доцільний.

На другому місці знаходиться по собівартості знаходиться бензиновий генератор YH21000. З урахуванням, низького ККД, моторесурсу, та високій вартості палива, це не є ефективним рішенням, оскільки вже через декілька років потрібно буде встановлювати нову систему генерації, що набагато дорожче, ніж встановити більш надійну систему.

На другому місці по вартості 1 кВт·год, знаходиться газовий генератор Generac SG500, але вартість електроенергії не може перекрити капітальні витрати на сам генератор, та на підключення магістралі газопостачання, для безперебійної роботи генератора.

На третьому місці по вартості виробленої енергії знаходиться дизельний генератор Zenesis ESE 440 TBI. Дизельні генератори поєднують у

собі переваги інших генераторів, низька вартість пального, висока надійність, високий ККД (80%), великий моторесурс (25000 годин). Тому як збалансований варіант по усім критеріям найкращим вибором буде встановити 3 генератори типу Zenesis ESE 440 TBI.

Загальний вигляд генератора представлено на рисунку 2.5.2.



Рисунок 2.5.2 Загальний вигляд генератора Zenesis ESE 440 TBI

Основні характеристики генератора представлено у таблиці 2.5.6

Таблиця 2.5.6

ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР ESE 440 TBI	РЕЗЕРВНА ПОТУЖНІСТЬ (ESP)	ОСНОВНА ПОТУЖНІСТЬ (PRP)
Потужність (кВА)	440	395
Потужність (кВт)	352	315
Швидкість (об/хв)	1500	
Напруга (В)	400 / 230	
Коефіцієнт потужності (cos phi)	0,8	
Сила струму (Аmp)	572	

[17]

Висновок по розділу

У спеціальному розділі було виконано розрахунок електричних навантажень, який показав, що потужність споживачів які підлягають

резервуванню складає 460 кВА. Виходячи з цього значення було визначено необхідний об'єм запасу електроенергії з урахуванням швидкодії резервного джерела електропостачання, цей запас складає 42.3 кВт·год. Швидкодія джерела електропостачання була знайдена як сума часу необхідного для ввімкнення АВР, часу ввімкнення генератора і часу виходу генератора на номінальні параметри. Необхідний запас був визначений з урахуванням втрат на інверторах, а також запасу потужності в 30%, для роботи системи накопичення енергії в неперевантаженому стані.

Визначивши потужність резервних споживачів, було знайдена необхідна потужність джерела живлення, з урахуванням тридцяти відсоткового запасу потужності, щоб генератор не працював в перевантаженому режимі. Ця потужність склала 852.8 кВт.

Для вибору необхідної ємності та типу накопичення було порівняно різні напруги роботи накопичувачів, і з'ясувалось, що чим більша номінальна напруга накопичувача тим, меншої ємності повинен бути акумулятор. Виходячи з цього було визначено, що найоптимальнішим значенням напруги для системи накопичення є 24-48 В. Потім знаючи напругу було визначено необхідний запас електроенергії, він складає для 24 В: 1763 Ah, а для 48 В: 881 Ah. Щодо типу накопичувача, то в порівнянні було виявлено, що найоптимальнішим типом накопичувача є Літій залізо-фосфатний акумулятор.

Було проведено порівняння техніко-економічних показників різних типів накопичувачів та генераторів. Яке показало, що найоптимальніший тип накопичувачів є літій-ферум-фосфатні акумулятори, він має такі переваги: високий термін служби, широкий діапазон температурних умов (від -20 до +60°C), високий струм заряду та розряду, низький рівень саморозряду 3-4% у місяць, стабільність напруги розряду. Але і в нього присутні такі недоліки як: низька щільність заряду, більша чутливість при високих температурах (вище 60°C). Тому було обрано акумулятор типу Challenger LF-24-300, у кількості 6 штук.

Для джерел електроенергії також було виконано техніко-економічне порівняння. Серед усіх типів генераторів (бензиновий, дизельний, газовий, водневий), дизельний генератор Zenesis ESE 440 TBI, показав найоптимальніші відношення ціни самого обладнання, ККД, а також вартості 1 кВт·год, тому було прийнято 3 генератори типу Zenesis ESE 440 TBI. До його переваг можна віднести: велика лінійка потужностей (від 4 до 2500 кВт), висока ефективність (70-90%), великий моторесурс (20000 і більше), надійність, менша частота обслуговування, низька вартість палива. Щодо недоліків вони складають: Високий рівень шуму, вібрація, великі габарити та маса, висока вартість генератора, чутливість до низьких температур.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

ВСТУП

У дипломному проекті запропоновано встановлення резервного живлення для лікарні розрахованої на 400 ліжок.

Актуальність теми обумовлена, тим, що в останні роки безперервність електропостачання, під загрозою, та часом виникають ситуації втрати електропостачання від основного джерела. В ПУЕ об'єкти в яких через втрату електропостачання може бути пошкоджено високовартісне обладнання, або може спричинити загрозу для життя людей, відносять до першої категорії надійності і потребують резервного джерела електропостачання, щоб уникнути великих збитків та людських жертв.

Проектом передбачено встановлення перемикачів АВР, акумуляторів і генераторів. Такий вибір зумовлено тим, що в лікарні повинна бути абсолютна безперервність живлення. Тому як тільки зникає електроенергія від основного джерела електропостачання АВР перемикає роботу лікарні на акумулятори, які розраховані на те, щоб працювати до моменту ввімкнення генератора. Як тільки генератор ввімкнувся та перейшов на номінальні параметри, АВР перемикає електропостачання з акумуляторів, на генератор. І вже генератор виступає головним джерелом електроенергії.

Коли в основній системі з'являється електроенергія номінальних параметрів, АВР вимикається і лікарня знову живиться від центрального електропостачання.

Наявність резервного джерела живлення дозволить досягти наступних результатів:

- Зберегти життя людей
- Зберегти високовартісне та чутливе обладнання від пошкоджень
- Зберегти гроші лікарні від переплат за оновлення пошкодженого обладнання

Для аналізу економічної доцільності було виконано:

1. Розрахунок капітальних витрат на придбання необхідного обладнання та його монтаж.
2. Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування.
3. Визначення річної економії від впровадження нового обладнання.
4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності.
5. Висновок про економічну доцільність проекту. [2]

3.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення - це витрати матеріальних, трудових і фінансових ресурсів створення нових і реконструкцію діючих основних засобів (фондів).

Таблиця 3.1.1

Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	АВР Konner&Sohnen KS ATS 4/63HD	3	12000	36000
2	Генератори Zenesis ESE 440 ТВІ	3	2,220,450	6661350
3	Акумулятори Challenger LF-24- 300	6	124495	746970
	Всього			782970

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{тзс}} = L \cdot B \cdot C_{\text{т}} + C_{\text{з}}$$

$$Z_{\text{тзс}} = 3,9 \cdot 50 \cdot 57,14 + 23\,580 = 34\,722,3 \text{ грн}$$

де L – відстань від місця доставки до підстанції,

B – витрата палива на 100 км для грузового авто,

$C_{\text{т}}$ – ціна одного літру палива,

$C_{\text{з}}$ – заробітна плата водія та вантажно-розвантажувального персоналу,

Результати зведено в таблицю

Таблиця 3.1.2

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість рейсів	Ціна за рейс, грн.	Сума, грн.
1	АВР Konner&Sohnen KS ATS 4/63HD	1	29856.4	29856.4
2	Акумулятори Challenger LF-24-300			
3	Генератори Zenesis ESE 440 TBI	3	34722.3	104167
Всього				134023

Витрати на монтажні і на налагоджувальні роботи знайдемо за формулою:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}$$

$$Z_{M(H)} = (1 \cdot 140 \cdot 72 + 2 \cdot 70 \cdot 72 + 1 \cdot 110 \cdot 72) \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 37\,683,4 \text{ грн}$$

Де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{CM} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{PP} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт. [2]

Розрахунок зведемо у таблицю

Таблиця 3.1.3

Витрати на монтажні і на налагоджувальні роботи

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Чисельність працівників	Необхідний час	Сума, грн.
1	АВР Konner&Sohnen KS ATS 4/63HD	1	3	277.2
2	Акумулятори Challenger LF-24- 300	4	16	8236.8
3	Генератори Zenesis ESE 440 ТВІ	5	72	28080
	Всього			28357.2

Інші одноразові вкладення грошових коштів розраховано за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = Д + П + Пр$$

$$Z_{\text{пр}} = 0 + 32\,000 + 10\,000 = 42\,000 \text{ грн}$$

Де Д – демонтаж застарілого обладнання, Д=0, оскільки, на об'єкті було відсутнє резервне живлення.

П – проведення проектно-конструкторських робіт,

Пр – підготовка персоналу. [35]

Для розрахунку проектних капіталовкладень скористаємось формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \cdot \left(\sum_{i=1}^k \text{Ц}_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}$$

$$K_{\text{пр}} = 782\,970 + 34\,722.3 + 28\,357.2 + 42\,000 = 888\,050 \text{ грн}$$

$\text{де } K_{\text{об}} \cdot (\sum_{i=1}^k C_i)$ - вартість придбання електрообладнання,

$Z_{\text{тзс}}$ - вартість транспортно-заготівельних і складських витрат,

$Z_{\text{м}}$ - витрати на монтажні роботи,

$Z_{\text{н}}$ – витрати на налагоджувальні роботи,

$Z_{\text{пр}}$ - інші одноразові вкладення грошових коштів. [2]

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування.

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі[3].

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);
- єдиний соціальний внесок (C_c);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_{\text{т}}$);
- вартість електроенергії, що буде споживана об'єктом проектування або витрат електроенергії ($C_э$);
- інші експлуатаційні витрати ($C_{\text{пр}}$). [35]

Амортизаційні відрахування

Амортизація (depreciation) ОЗ – це поступове перенесення вартості засобів праці в міру їх фізичного та морального зносу на вартість виробленої продукції з метою накопичення грошових засобів для поступового відшкодування зношених ОЗ. [32]

Проектний варіант

Амортизаційні відрахування розрахуємо прямолінійним методом [2].

Вартість основних засобів, що амортизується

$$\Phi_a = \Phi_{\Pi} - Л$$

$$\Phi_a = 888 - 177,6 = 710,4 \text{ тис грн}$$

Де Φ_a - вартість основних засобів, що амортизується,

Φ_{Π} - первісна вартість об'єкта основних засобів,

Л - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{\Pi} - Л}{\Phi_{\Pi} \cdot T_{\Pi}} \cdot 100\%$$

$$H_a = \frac{888 - 177,6}{888 \cdot 5} \cdot 100 = 16 \%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{\Pi} \cdot H_a}{100}$$

$$AO = \frac{888 \cdot 16}{100} = 142,1 \text{ тис грн}$$

Результати розрахунків зведемо у таблицю

Таблиця 3.2.1

Амортизаційні відрахування

Рік	Фп	Тк	На, д.од	Аріч, грн	Анакоп, грн	Фз, грн	Фл, грн
1	888050	5	0.16	142080	142080	745970	177650
2			0.16	142080	284160	603890	
3			0.16	142080	426240	461810	
4			0.16	142080	568320	319730	
5			0.16	142080	710400	177650	

У базовому варіанті не було встановлено резервного живлення.

Розрахунок річного фонду заробітної плати

Існують основна і додаткова плата з відрахуваннями у позабюджетні фонди соціального страхування. Вона визначається для конкретного діючого об'єкта, виходячи з штатного розкладу і фонду заробітної плати [2].

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника:

$$F_H = (D_K - D_{CB} - D_{ВИХ}) \cdot T_{ЗМ}$$

$$F_H = (365 - 118) \cdot 8 = 1\,976 \text{ год}$$

Де D_K – кількість календарних днів,

D_{CB} – кількість святкових днів,

$D_{ВИХ}$ – кількість вихідних днів,

$T_{ЗМ}$ – тривалість зміни годин.

[2]

Для працівників, що обслуговують електроустановки, оплата праці здійснюється за погодинно-преміальною формою оплати. Окрім премії 20% плануються доплати (за змінність, понаднормовий час, тощо) у розмірі 5 % від прямої (тарифної) заробітної плати. [2]

Пряма заробітна плата за тарифом:

$$Z_{\text{п}} = K_{\text{тар}} \cdot \tau_{\text{час}} \cdot F_{\text{н}} \cdot N_{\text{р}}$$

де $K_{\text{тар}}$ –тарифний коефіцієнт, який враховує розряд робітника;
 $\tau_{\text{час}}$ –годинна тарифна ставка робітника, грн/год;

$F_{\text{н}}$ –фонд робочого часу робітника за рік, год;

$N_{\text{р}}$ – кількість робітників, що зайняті обслуговуванням, осіб. [2]

Таблиця 3.2.2

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ з/п	Найменування професій робітників	Явочний штат, осіб	Списочний штат	Годинна тарифна ставка, грн/год	Номінальний річний фонд робочого часу підприємства, годин	Усього основна зарплата, грн. за рік
1	Електрики 3-го розряду	1	3	110	1235	135850
2	Охоронець	2	4	100	2208	441600
	Усього	3	7			577450

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці [2].

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 8-10% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}$$
$$C_z = 577\,450 + 51\,971 = 629\,421 \text{ грн}$$

де $Z_{\text{осн}}$, $Z_{\text{дод}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати [2].

$$\text{ЄСВ} = C_z \cdot 22\%$$
$$\text{ЄСВ} = 629\,421 \cdot 0,22 = 138\,473 \text{ грн}$$

Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства або укрупнено у відсотках до капітальних витрат:

- для підстанцій (у тому числі електроустановок) – 1%.

$$Z_{\text{т.р.}} = K_{\text{пр}} \cdot 1\%$$
$$Z_{\text{т.р.}} = 888\,050 \cdot 0,01 = 8\,880,5 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості спожитої електроенергії

У розрахунку вартості спожитої електроенергії не має необхідності, через те, що резервні генератори самі генерують електроенергію.

Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{ін} = C_3 \cdot 4\%$$

$$C_{ін} = 629\,421 \cdot 0,04 = 25\,177 \text{ грн}$$

Таким чином, експлуатаційні витрати складуть:

$$\begin{aligned} Z_{екс} &= C_a + C_3 + C_c + C_T + C_{ін} = 142,1 + 629,4 + 138,4 + 8,9 + 25,2 \\ &= 944 \text{ тис грн/рік} \end{aligned}$$

3.3. Визначення річної економії від впровадження науково-технічного рішення

Економія проектного варіанту, виражається, перш за все, у збереженні від виходу з ладу високовартісного обладнання, а також збереженні людського життя. Тому що при відсутності резервного живлення, в лікарні можуть вийти з ладу такі чутливі прилади як КТ, МРТ, інкубатор для новонароджених, наркозний апарат, наркозно-дихальний апарат, ШВЛ. Також при вимкненні основного джерела електропостачання, під погрозою буде життя людей, в операційних відділеннях.

Тому річна економія в даному випадку це економія, не оновлювати високовартісне обладнання при кожному відключенні електроенергії, а також економії на виплатах постраждалим людям або їх родичам, за неякісне лікування.

Повна річна економія визначається за формулою:

$$E_{кп} = E_{кр} \pm \Delta C$$

$$E_{кп} = 944 - 39\,716 = -38\,772 \text{ тис. грн}$$

По меншій мірі при встановленні резервування ми будемо зберігати 39 мільйонів, які могли б витратити на обладнання та компенсацію пацієнтам при відсутності резервування.

3.4. Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності розглянутих в дипломному проекті технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників [35]:

а) розрахункового коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p :

$$E_p = \frac{E_{\text{кп}}}{K_{\text{пр}}} = \frac{38\,772}{888.1} = 43.7$$

б) терміну окупності капітальних витрат T_p .

$$T_p = \frac{K_{\text{пр}}}{E_{\text{кп}}} = \frac{888.1}{38\,772} = 0,023 \text{ років}$$

Нормативне значення коефіцієнта ефективності:

$$E_n = \frac{N_{\text{кр}} + N_{\text{інф}}}{100}$$

$$E_n = \frac{12 + 100,8}{100} = 1,228$$

Для оцінки варіантів і вибору найбільш ефективного з них необхідно порівняти розрахункове значення E_p з нормативним E_n [2].

Варіант капітальних вкладень визначається доцільним за умови:

$$E_p > E_n;$$

$$43.7 > 1.228$$

Умова виконується.

Висновок

При проведенні економічного аналізу було з'ясовано:

- Капітальні витрати на обладнання склали 782 970 грн, до них ввійшла вартість закупівлі необхідного обладнання
- Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат 134 023 грн
- Витрати на монтажні і на налагоджувальні роботи 28 357.2 грн
- Інші одноразові вкладення грошових коштів 42 000 грн
- Проектних капіталовкладень 888 050 грн
- Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування 944 тис грн/рік, серед яких:
 - Амортизаційні відрахування 142080 на рік
 - Розрахунок річного фонду заробітної плати 629 421
 - Єдиний соціальний внесок 138 473
 - Річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт 8880.5 грн
 - Інших витрат 25 177,
- Визначення річної економії від впровадження науково-технічного рішення 38 772 тис.грн
Річна економія була розрахована виходячи з того факту, що резервування розраховане на збереження високовартісного обладнання та збереження життя людей. Що багатократно перевищує капітальні та експлуатаційні витрати.
- Визначення та аналіз показників економічної ефективності, серед яких:
 - коефіцієнта ефективності 43,7
 - Терміну окупності капітальних витрат 0,023
 - Порівняно нормативний коефіцієнт ефективності та наявний, який показав, що проект доцільний

Економічний розрахунок показав, що впровадження проекту є доцільним.

ВИСНОВОК

У дипломному проекті було розроблено заходи щодо створення безперебійного живлення лікарні на 400 ліжок.

Для цього було проаналізовано основних споживачів електроенергії, відокремлено від них тих, що потребують резервування. Розглянуто основні способи накопичення та генерації електроенергії, що можна використовувати в лікарні. До основних способів накопичення електроенергії відносяться:

- Електричні, ємнісні і електромагнітні накопичувачі.
- Механічні, інерційні (маховичні), гідравлічні і пневматичні системи.
- Електрохімічні, електрохімічні батареї і регенеративні паливні елементи.
- Термохімічні, використання енергії зв'язків оборотних хімічних реакцій.
- Хімічні, ємності і абсорбуючі системи для водню і біомаси.
- Теплові, ємнісні і фазоперехідні системи

До основних способів генерації електроенергії які можна використовувати в лікарнях по типу пального відносяться:

- Бензинові
- Дизельні
- Газові
- Водневі

Також були розглянуті основні переваги та недоліки кожного з типів накопичувачів та генераторів.

Було виконано розрахунок електричних навантажень споживачів, що підлягають резервуванню. Виходячи з цього визначено необхідний запас електроенергії з урахуванням швидкодії резервного джерела живлення.

Швидкодія джерела була визначена виходячи з часу необхідного для запуску АВР, ввімкнення резервного джерела електроенергії, а також часу

виходу його на номінальні параметри. А необхідний запас визначався виходячи з потужності усіх зарезервованих споживачів, втрат на інверторах та з набавкою в 30% для запасу потужності, яка необхідна, щоб акумулятори не працювали в режимі перевантаження, що могло б призвести до їх швидкого зносу, або виходу з ладу.

Здійснено розрахунок потужності джерела живлення виходячи з потужності резервних споживачів, а також 25% надбавки, щоб генератор не працював у перевантаженому стані і пропрацював більший термін.

Виконано вибір ємності та типу накопичувача. Оскільки в залежності від номінальної напруги накопичувального пристрою змінювалась і необхідна ємність. Для економічно доцільного вибору було порівняно вартість накопичувальних пристроїв з різними напругами для резервування необхідного об'єму потужності, і було з'ясовано, що найефективнішою є напруги 24-48 В, при цих значеннях напруг необхідна ємність складає, при 24 – 1763 Ah, при 48 – 881 Ah.

Для вибору типу накопичувача, було порівняно техніко-економічні показники кожного з видів та обрано акумулятор на основі літій залізо-фосфату. Він має такі переваги: . Але він також має недоліки: .

Було виконано порівняння техніко-економічні показники, різних типів накопичувачів та резервних генераторів. Та виходячи з цього були порівняні показники окремих моделей накопичувачів (генераторів) які підходили по необхідним критеріям. Таким чином було обрано накопичувач типу: Challenger LF-24-300, у кількості 6 штук. Він має такі переваги: . Та недоліки:

Генератор обирався аналогічним чином. До установки було прийнято генератор типу: Zenesis ESE 440 TBI, у кількості 3-х штук. Цей вибір обумовлений тим, що цей генератор поєднує у собі переваги усіх інших генераторів, такі як: низька вартість пального, висока надійність, високий ККД

(80%), великий моторесурс (25000 годин). Тому як збалансований варіант по усім критеріям це найкращий вибір.

Також було проведено економічні розрахунки для з'ясування доцільності впровадження проекту. Для цього було виконано такі розрахунки як:

- Розрахунок капітальних витрат на придбання необхідного обладнання та його монтаж.
- Розрахунок експлуатаційних витрат на забезпечення роботи та обслуговування об'єкту проектування.
- Визначення річної економії від впровадження нового обладнання.
- Визначення та аналіз показників економічної ефективності.

Оскільки ціна обладнання та людське життя набагато дорожче ніж вартість впровадження резервного живлення і його обслуговування, проект вважається доцільним.

Перелік посилань:

1. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок;
2. Методичні вказівки до виконання економічної частини кваліфікаційної роботи для студентів напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладач: Л.В. Тимошенко - Дніпро: НТУ «ДП», 2020. - 18 с.
3. Бойко Л.Г. Економіка та організація виробництва
4. Маляренко В. А. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія виробництва електроенергії» / В. А. Маляренко, С. І. Доценко, І. О. Темнохуд; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова.– Х. : ХНУМГ, 2014. – 164 с.
5. К. В. Юхимчук НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ
Вінницький національний технічний університет
6. Новітні принципи теплонасосних та когенераційних технологій використання викидного тепла [Текст]: моногр. / М.М. Табаченко, В.І. Самуся, Р.О. Дичковський та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 247 с.
7. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Курс лекції/ С.О. Кудря, В.І. Будько. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 387 с.
8. Магістерська дисертація. Керування гібридними накопичувачами енергії в розподільних системах. / Третьяк І.Д. , д.т.н., професор Попов В.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2022. – 82 с.
9. «Кращі з доступних технологій для житлово-комунального господарства України». Керівництво з відбору технологій/Під редакцією С. Єрмілова. – К.: «Полі-граф плюс», 2016. – 134 с.: іл.
- 10.Проектування Систем Забезпечення Споживачів Електричною Енергією [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

- та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 222 с.
- 11.Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.).– К.: Інтерсервіс, 2021.– 1104 с.
 - 12.Магістерська дисертація. Модернізація системи енергопостачання лікарні з використанням сонячних колекторів. / Трофименко А.А. к.т.н., доцент Дубровська В.В, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2020. – 117с.
 13. Каталог промислових генераторів. <https://thepower.com.ua/>
 14. Теплові накопичувачі. <https://www.obogreem.com.ua/>
 15. Каталог накопичувальних пристроїв. <https://svitakb.ua/>
 - 16.Вимоги до джерел безперебійного живлення для захисту КТ, МРТ апаратів eastups.com.ua
 17. Каталог промислових генераторів. <https://dalgakiran.ua/>
 18. Джерела безперебійної напруги для лікарень <https://asapdemo.com/>
 19. ДБЖ для медичного обладнання на прикладі COVID-госпіталю, <https://powercom.ua/>
 20. Норматив обладнання акушерського відділення <https://base.garant.ru/>
 21. Каталог медичного обладнання <https://medplanet.com.ua/>
 - 22.Найкращі Проекти Медичних Закладів 2022 <https://medconstructor.org/>
 23. Проект лікарні на 400 ліжок <https://tehne.com/>
 - 24.ДБН В.2.2-10:2022 "Заклади охорони здоров'я. Основні положення"]
 - 25.Матеріали методичного забезпечення дисципліни: :“Інноваційні теплові та елек-тричні джерела енергії” для студентів спеціальностей 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151- Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.. /Упорядн.: С.І. Федоров – Дніпро: НТУ "ДП", 2022. – 52 с.

26. Типи і принцип роботи АВР <https://storgom.ua/>
27. Водневі двигуни <https://autogeek.com.ua/>
28. Використання Водню в ДВЗ <https://e-bike.com.ua/>
29. Водневі автомобілі <https://ukr-prokat.com/>
30. Типи водневих двигунів їх переваги та недоліки
<https://www.dexpens.com/>
31. Історія водневих генераторів <https://habr.com/>
32. Водневий двигун принцип роботи <https://addinol.kiev.ua/>

Додаток А

Матеріали дипломного проекту

Позначення	Найменування	Кількість листів	Формат
	Документація		
ЕЕ.ПД.22.ПЗ	Пояснювальна записка	96	A4