

Тема 2. Основи електричних систем та мереж

Електричні системи та мережі є основою функціонування електроенергетики. Вони забезпечують передачу електроенергії від джерел генерації до кінцевих споживачів із дотриманням вимог надійності, якості та безпеки.

1. Види електричних мереж

1.1. Класифікація за рівнем напруги:

- Низької напруги (НН) — до 1 кВ
- Середньої напруги (СН) — 6–35 кВ
- Високої напруги (ВН) — 110–330 кВ
- Надвисокої напруги (НВН) — 500 кВ і більше

Підвищення напруги дозволяє зменшити струм при передачі тієї ж потужності.

1.2. Частота електричних мереж

У більшості країн Європи, включаючи Україну, номінальна частота:

$$f=50 \text{ Гц}$$

Відхилення частоти пов'язані з дисбалансом потужності:

$$P_{\text{ген}} \neq P_{\text{спож}}$$

Стабільність частоти - один із ключових показників роботи енергосистеми.

1.3. Режими роботи мереж

Нормальний режим

Всі параметри знаходяться в допустимих межах.

Післяаварійний режим

Частина обладнання відключена, система працює з обмеженнями.

Аварійний режим

Виникає при коротких замиканнях або перевантаженнях.

2. Роль енергетичних мереж у забезпеченні стабільності

Електричні мережі забезпечують:

- передачу потужності;
- балансування навантажень;
- резервування живлення;
- інтеграцію ВДЕ;
- підтримання напруги.

Баланс потужності:

$$P_{\text{ген}} = P_{\text{спож}} + \Delta P$$

Регулювання напруги здійснюється за допомогою:

- трансформаторів з РПН;

- компенсуючих пристроїв;
- систем автоматичного регулювання.

3. Основи проєктування електричних мереж

3.1. Вибір схеми мережі

- **Радіальна.** Електроенергія подається від одного джерела до споживачів по окремих лініях (фідерах), які не мають резервного живлення. Область застосування: сільські мережі 0,4–10 кВ; малопотужні споживачі; тимчасові мережі.

Підстанція → Лінія → Споживач

- **Кільцева.** Споживачі живляться по замкнутому контуру (кільцю). Живлення можливе з двох напрямків. Потужність розподіляється в двох напрямках. При аварії ділянка відключається, а живлення здійснюється з протилежного боку. Область застосування: міські мережі 6–10–35 кВ; промислові підприємства; об'єкти I та II категорії надійності.

Підстанція → Лінія → Споживачі → Повернення до джерела або іншої підстанції.

- **Магістральна.** Одна магістральна лінія проходить через групу споживачів, від якої виконуються відгалуження. Застосування: промислові підприємства; житлові масиви; виробничі комплекси.

Підстанція → Магістраль → Відгалуження → Споживачі

- **Змішана.** Поєднання радіальних, кільцевих і магістральних ділянок в одній системі.

Схема	Надійність	Вартість	Складність	Типові об'єкти
Радіальна	Низька	Низька	Низька	Сільські мережі
Кільцева	Висока	Середня	Середня	Міські мережі
Магістральна	Середня	Низька	Середня	Промисловість
Змішана	Висока	Вища	Висока	Великі системи

Вибір схеми мережі залежить від:

- категорії надійності споживача;
- економічної доцільності;
- довжини ліній;
- перспектив розвитку;
- вимог до резервування;
- можливості автоматизації.

У сучасних умовах перевага надається змішаним та кільцевим схемам із впровадженням цифрового моніторингу та автоматичного секціонування.

3.2. Розрахунок навантажень

3.3. Вибір перерізу кабелів

Умова допустимого струму:

$$I_{роб} \leq I_{доп}$$

Падіння напруги:

$$\Delta U = I \cdot R$$

Допустиме відхилення напруги зазвичай не більше $\pm 5\%$.

4. Експлуатація електричних мереж

Експлуатація передбачає:

- моніторинг параметрів;
- профілактичні огляди;
- перевірку ізоляції;
- контроль навантажень;
- аналіз аварійних ситуацій.

5. Технології моніторингу та управління

SCADA-системи. Дистанційний контроль і управління.

Smart Grid. Інтелектуальні мережі з двостороннім обміном даними.

Релейний захист. Автоматичне відключення пошкоджених ділянок.

Системи автоматичного регулювання напруги та частоти.

6. Підключення споживачів до енергомереж

6.1. Основні етапи

1. Отримання технічних умов.
2. Розробка проєкту.
3. Вибір обладнання.
4. Монтаж і введення в експлуатацію.

6.2. Вибір обладнання залежно від рівня напруги

Для 0,4 кВ:

- автоматичні вимикачі;
- розподільчі щити;
- лічильники електроенергії.

Для 6–35 кВ:

- вакуумні вимикачі;
- силові трансформатори;
- комплектні трансформаторні підстанції.

Для 110 кВ і вище:

- елегазові вимикачі;
- автотрансформатори;
- пристрої релейного захисту.

7. Значення мереж для інтеграції ВДЕ

Електричні мережі забезпечують:

- приєднання сонячних та вітрових електростанцій;
- балансування нестабільної генерації;
- використання накопичувачів енергії;
- децентралізацію енергосистеми.