



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

**Методичні вказівки
до практичних занять з дисципліни
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ
ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ**

Методичні вказівки
до практичних занять з дисципліни
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 3
від 22 лютого 2023 року

Харків
2023

УДК 621.31

С 31

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного
менеджменту Протокол №7 від 8.02.2023 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Автоматизовані системи контролю та керування енергоспоживанням: метод. вказівки до практичних занять з дисципліни для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко – Харків: [б. в.], 2023. – 35 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, вихідні дані для розрахунків, тестові запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 621.31

Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник, д-р техн. наук

© Савченко О. А., 2023.

© ДБТУ, 2023

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Практичне заняття №1. Вибір локального устаткування збирання та оброблення даних режиму електроспоживання | 4 |
| Практичне заняття №2. Обґрунтування програмних та технічних рішень верхнього рівня АСККЕ | 9 |
| Практичне заняття №3. Вибір первинних інформаційних перетворювачів систем обліку і керування енергоспоживанням | 12 |
| Практичне заняття №4. Розрахунок показників графіків навантаження | 17 |
| Практичне заняття №5. Вибір системи тарифів для фінансових розрахунків за електричну енергію | 24 |
| Практичне заняття №6. Розрахунок зменшення втрат електричної енергії внаслідок вирівнювання графіка навантаження | 29 |
| Перелік літератури | 34 |

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ВИБІР ЛОКАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗБИРАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Теоретичні відомості

АСККЕ підприємства як правило будується у вигляді дворівневої системи. Узагальнена структурна схема АСККЕ наведена на рис. 1.

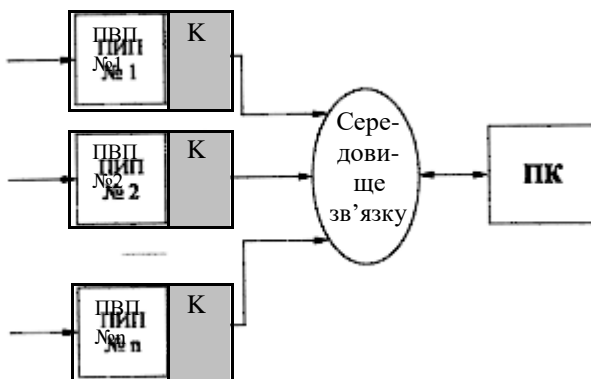


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема АСККЕ

На нижньому рівні АСККЕ забезпечує:

- вимірювання активної і реактивної електричної енергії на базі трифазних електронних лічильників в прямому і зворотному напрямках, визначення обсягів електричної енергії, яка надходить до мережі (віддається з мережі) підприємства за кожен 30-ти хвилинний інтервал доби, зберігає визначені дані в базі даних лічильників;

- передачу виміряних даних на верхній рівень АСККЕ по каналу зв'язку.

Нижній рівень АСККЕ утворений сукупністю локального устаткування збирання та оброблення даних (ЛУЗОД) режиму електроспоживання. До нижнього рівня АСККЕ відносяться:

- первинні вимірювальні перетворювачі – ПВП (трансформатори струму та напруги);
- електрولیчильники, обладнані числоімпульсними та (або) цифровими інтерфейсами;
- пристрої збирання даних (контролери) та (або) засоби передавання інформації каналами зв'язку (модеми різного типу).

Лічильники як правило повинні мати функцію багатотарифного обліку активної електроенергії, а також клас точності для активної енергії 0,5S та 1,0 згідно вимог ПУЕ [5] щодо комерційного та технічного обліку електроенергії.

Локальне устаткування збирання та оброблення даних як правило розміщується у розподільному пристрої (РП) 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ підприємства.

Тести для перевірки знань

1. Облік енергії, що призначений для фінансових розрахунків:

- а) комерційний;
- б) технічний; в) комбінований.

2. Автоматизована система обліку та керування режимом енергоспоживання з надходженням даних лише до диспетчера підприємства називається:

- а) децентралізованою;
- б) централізованою; в) комбінованою.

3. Виберіть найбільш повний перелік переваг цифрового лічильника електроенергії в порівнянні з індукційним:

а) надійність, компактність, збільшення періодичності перевірок, ремонтпридатність, простота обслуговування, наявність додаткових сервісних функцій;

б) надійність, низька вартість, збільшення періодичності перевірок, ремонтпридатність, простота обслуговування, відсутність споживання електроенергії на власні витрати;

в) надійність, компактність, збільшення періодичності перевірок, ремонтпридатність, простота обслуговування, наявність додаткових сервісних функцій, відсутність рухомих частин.

4. Необхідність використання пам'яті типу EEPROM в цифрових лічильниках пов'язана з:

а) постійною зміною кількості облікованої енергії;

б) частими збоями напруги живлення;

в) використанням в таких лічильниках первинних перетворювачів потужності в частоту.

5. Виберіть найбільш повний перелік можливостей цифрових лічильників електроенергії:

а) комбіноване вимірювання активної і реактивної енергії, вимірювання перетоків енергії в двох напрямках, диференційований облік, дистанційне керування ввідними комутаційним апаратом споживача, наявність реле навантаження споживача;

б) комбіноване вимірювання активної і реактивної енергії, вимірювання перетоків енергії в двох напрямках, диференційований облік, дистанційне керування ввідними комутаційним апаратом споживача, наявність реле навантаження споживача, автоматичне передавання даних про покази в пункт контролю;

в) комбіноване вимірювання активної і реактивної енергії, вимірювання перетоків енергії в двох напрямках, диференційований облік, дистанційне керування ввідними

комутаційним апаратом споживача, наявність реле навантаження споживача, автоматичне регулювання напруги на вводі до споживача.

6. Згідно ПУЕ лічильники розрахункового обліку активної електроенергії споживачів повинні мати клас точності:

- а) не більше 0,5;
- б) не більше 3,0;
- в) не більше 2,0.

7. Згідно ПУЕ лічильники розрахункового обліку реактивної електроенергії споживачів повинні мати клас точності:

- а) рівний встановленому класу точності лічильника розрахункового обліку активної електроенергії;
- б) на одну ступінь нижче встановленого класу точності лічильника розрахункового обліку активної електроенергії;
- в) на одну ступінь вище встановленого класу точності лічильника розрахункового обліку активної електроенергії.

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. За наведеними вихідними даними провести вибір ЛУЗОД автоматизованої системи контролю та керування електроспоживанням (АСККЕ) підприємства АПК з точками комерційного та технічного обліку електричної енергії. Точки комерційного багатозонного обліку улаштувати на вводах до шин 0,4 кВ закритої трансформаторної підстанції (ЗТП) 10/0,4 кВ підприємства, а точки технічного обліку – на лініях 0,38 кВ, що відходять.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

| Номер варіанту | Тип підприємства | Кількість силових трансфор- маторів на ЗТП 10/0,4 кВ підпри- ємства <i>n</i> | Тип трансфор- маторів ЗТП 10/0,4 кВ | Кількість ліній 0,38 кВ, що відходять від секцій шин 0,4 кВ ЗТП 10/0,4 кВ | | Макси- мальний робочий струм на вводах до шин 0,4 кВ ЗТП 10/0,4 кВ, А | Максимальний робочий струм ліній 0,38 кВ, що відходять від ЗТП 10/0,4 кВ, А | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|--|---|--|-----------|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | | I секція | | | II секція | | |
| | | | | I секція | II секція | | <i>Л1</i> | <i>Л2</i> | <i>Л3</i> | <i>Л4</i> | <i>Л5</i> | <i>Л6</i> |
| 1, 21 1 | Птахофабрика з виробництва м'яса | 2 | ТМ- 630/10 | 3 | 3 | 1100 | 170 | 180 | 160 | 180 | 190 | 220 |
| 2, 1 22 2 | Свиноферма з репродукції свиней | 1 | ТМ- 250/10 | 3 | - | 350 | 95 | 125 | 130 | - | - | - |
| 3, 1 23 3 | Птахоферма з виробництва яєць | 1 | ТМ- 250/10 | 3 | - | 325 | 140 | 105 | 80 | - | - | - |
| 4, 1 24 4 | Птахоферма з виробництва м'яса | 1 | ТМ- 160/10 | 2 | - | 260 | 120 | 140 | - | - | - | - |
| 5, 1 25 5 | Ферма з відкорму ВРХ | 1 | ТМ- 100/10 | 2 | - | 165 | 105 | 60 | - | - | - | - |
| 6, 1 26 6 | Комплексе з виробництва молока | 2 | ТМ- 160/10 | 3 | 2 | 360 | 80 | 70 | 40 | 35 | 135 | - |

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 ОБГРУНТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ВЕРХНЬОГО РІВНЯ АСККЕ

Теоретичні відомості

Верхній рівень АСККЕ підприємства як правило розташовується на автоматизованому робочому місці (АРМ) головного енергетика або диспетчера. АРМ АСККЕ забезпечує відтворення і документування інформації про обсяги надходження в мережу підприємства (віддачу з мережі) електроенергії, у тому числі відображення на екрані звітних форм. Конкретними функціями верхнього рівня АСККЕ є:

- збір даних комерційного обліку, які надходять каналами зв'язку або шляхом ручного введення, завантаження їх до бази даних АСККЕ;

- доступ до бази даних з боку персоналу підприємства через прикладне програмне забезпечення;

- доступ до первинної бази даних лічильників підприємства по каналу зв'язку з боку Енергозбуту.

До складу верхнього рівня зазвичай входять:

- засоби приймання інформації каналами зв'язку (модеми різного типу);

- контролери зберігання даних;

- персональний комп'ютер АРМ зі спеціальними програмним забезпеченням.

Спеціальне програмне забезпечення АСККЕ дозволяє виконувати ручне введення показів лічильників, для яких узгоджене ручне введення даних, налаштовувати процедури обчислення розрахункових параметрів, налаштовувати призначений для користувача інтерфейс (екранні і звітні форми), створювати і коригувати шаблони макетів експорту даних, формувати реєстр розсилки макетів експорту даних тощо.

Приклад структурної схеми АСККЕ підприємства наведений на рис. 2.

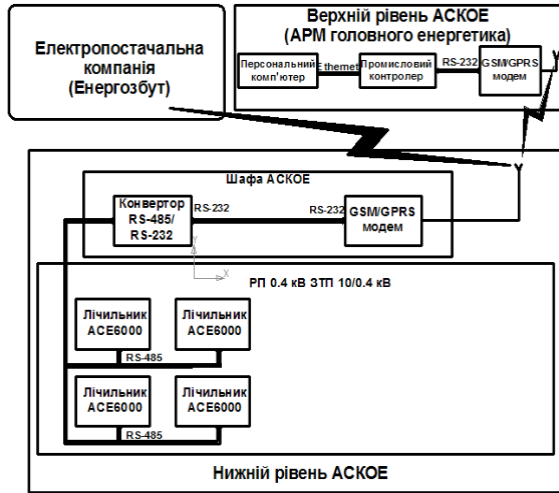


Рисунок 2 – Приклад структурної схеми АСККЕ підприємства

Тести для перевірки знань

1. Згідно «Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» впровадження АСККЕ повинно відбуватись:

- а) з використанням технічних засобів, які занесені в Державний реєстр України;
- б) з метрологічною атестацією АСККЕ після монтажу персоналом електропостачальної компанії;
- в) з виконанням обох вищезазначених вимог.

2. Згідно «Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» міжперевірочний інтервал лічильників АСККЕ повинен складати:

- а) не менше 3 років;
- б) не менше 5 років;
- в) не менше 6 років.

3. Згідно «Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» пристрої збору

даних АСККЕ повинні мати кількість незалежних інтерфейсних виходів для організації зв'язку з обладнанням верхнього рівня:

- а) не менше 2;
- б) 1;
- в) не менше 3.

4. ZigBee – це технологія передавання даних, яка використовується в АСККЕ, і характеризується:

- а) передаванням даних на відстань більше 10 км;
- б) використанням безпроводного каналу;
- в) найвищою швидкістю передачі даних в порівнянні з іншими відомими технологіями.

5. Згідно ПУЕ лічильники, які забезпечують облік електроенергії з метою фінансових розрахунків споживачів з електропостачальними компаніями, рекомендовано встановлювати:

- а) на межі експлуатаційної відповідальності споживачів та електропостачальних компаній;
- б) на межі балансової належності споживачів та електропостачальних компаній;
- в) в будь-якій із зазначених точок мережі.

6. Необхідність використання пам'яті типу EEPROM в цифрових лічильниках пов'язана з:

- а) постійною зміною кількості облікованої енергії;
- б) частими збоями напруги живлення;
- в) використанням в таких лічильниках первинних перетворювачів потужності в частоту.

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. Обґрунтувати програмні та технічні рішення верхнього рівня АСККЕ для підприємства АПК за вихідними даними, що наведені в табл. 1. Виконати структурну схему АСККЕ.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 ВИБІР ПЕРВИННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИСТЕМ ОБЛІКУ І КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

Теоретичні відомості

Трансформатори струму для підключення лічильників вибирають за такими критеріями [8]:

- конструктивним виконанням та родом встановлення;
- номінальною напругою

$$U_n \geq U_m, \quad (1)$$

де U_n , U_m – відповідно номінальна напруга трансформатора струму та номінальна напруга мережі;

- номінальним струмом первинної обмотки

$$I_{1n} \geq I_{1p. \max}, \quad (2)$$

де I_{1n} – номінальний струм первинної обмотки трансформатора струму, А;

$I_{1p. \max}$ – максимальний робочий струм приєднання, А;

- вторинним навантаженням для відповідного класу точності

$$S_{2n} \geq S_2, \quad (3)$$

де S_{2n} – номінальна потужність трансформатора струму для необхідного класу точності, ВА;

S_2 – дійсне навантаження трансформатора струму, ВА.

Для живлення струмових кіл лічильників комерційного обліку електричної енергії згідно [5] необхідно використовувати трансформатори струму з класом точності 0,5, а для живлення

струмових кіл лічильників технічного обліку допускається використовувати трансформатори струму з класом точності 1,0.

Для кожного з приєднань (ввід до шин 0,4 кВ та лінії 0,38 кВ) вибирають коефіцієнт трансформації трансформаторів струму та проводять перевірку умов (1-3).

Для перевірки умови (3) необхідно розрахувати дійсне навантаження трансформаторів струму за формулою

$$S_2 = S_l + S_k + S_{\text{пров.}}, \text{ ВА}, \quad (4)$$

де S_l – навантаження на вторинну обмотку трансформатора струму, що створюється струмовою обмоткою лічильника (за технічними даними прийнятого лічильника);

S_k – навантаження, що створюється контактами, ВА;

$S_{\text{пров}}$ – навантаження, що створюється з'єднувальними проводами, ВА.

У свою чергу, навантаження, що створюється контактами

$$S_k = I_{2н}^2 R_k, \text{ ВА}, \quad (5)$$

де $I_{2н}$ – номінальний струм вторинної обмотки трансформатора струму;

R_k – активний опір контактів, приймається рівним 0,1 Ом.

Знаючи величину навантажень S_l та S_k , на основі виразу (4), можна визначити допустимий опір з'єднувальних проводів

$$R_{\text{доп. пров}} = \frac{S_{2н} - (S_l + S_k)}{I_{2н}^2}, \text{ Ом}, \quad (6)$$

де $S_{2н}$ – номінальна потужність трансформатора струму для необхідного класу точності.

Мінімально допустимий переріз з'єднувальних проводів

$$F_{\text{доп. пров.}} = \frac{\rho \cdot l}{R_{\text{доп. пров.}}}, \text{ мм}^2, \quad (7)$$

де ρ – питомий опір матеріалу проводів, для міді $\rho=18,9 \cdot 10^{-3}$ Ом·мм²/м;

l – сумарна довжина з'єднувальних проводів від трансформатора струму до лічильника для однієї фази, $l = 5$ м.

Далі необхідно прийняти провід стандартного перерізу $F_{\text{пров.}}$ враховуючи, що згідно ПУЕ [5], мінімальний переріз мідних проводів в колах обліку складає 2,5 мм². Після цього розраховують навантаження, що створюється з'єднувальними проводами

$$S_{\text{пров.}} = I_{2\text{н}}^2 \cdot \rho \frac{1}{F_{\text{пров.}}}, \text{ ВА.} \quad (8)$$

Далі за виразом (4) розраховують загальне навантаження трансформаторів струму та перевіряють умову (3). Розрахункові дані та параметри вибраних трансформаторів струму заносять до таблиці.

Тести для перевірки знань

1. Згідно ПУЕ для приєднання лічильників розрахункового обліку електроенергії з класом точності 1,0 та вище вимірювальні трансформатори струму та напруги повинні мати клас точності:

- а) не більше 0,5;
- б) не більше 1,0;
- в) не більше 2,0.

2. Згідно ПУЕ для приєднання лічильників технічного обліку електроенергії вимірювальні не побудовані трансформатори струму повинні мати клас точності:

- а) не більше 0,5;
- б) не більше 1,0;
- в) не більше 2,0.

3. Згідно ПУЕ для приєднання лічильників технічного обліку електроенергії вимірювальні трансформатори напруги повинні мати клас точності:

- а) не більше 0,5;
- б) не більше 1,0;
- в) менше або більше 1,0.

4. До умов вибору трансформаторів струму для підключення лічильників електроенергії не відноситься умова:

- а) $U_{ном} \geq U_{мер}$;
- б) $I_{2ном} \geq I_{1роб. max}$;
- в) $S_{2ном} \geq S_2$.

5. Облік енергії, що призначений для фінансових розрахунків:

- а) комерційний;
- б) технічний; в)
- комбінований.

6. Згідно ПУЕ облік активної або реактивної електроенергії трифазного струму повинен здійснюватись з використанням лічильників:

- а) трифазного;
- б) трьох однофазних;
- в) трифазного або трьох однофазних.

7. Згідно ПУЕ лічильники, які забезпечують облік електроенергії з метою фінансових розрахунків споживачів з електропостачальними компаніями, рекомендовано встановлювати:

- а) на межі експлуатаційної відповідальності споживачів та електропостачальних компаній;

- б) на межі балансової належності споживачів та електропостачальних компаній;
- в) в будь-якій із зазначених точок мережі.

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. Вибрати трансформатори струму для підключення струмових кіл лічильників комерційного та технічного обліку електричної енергії в розподільному пристрої (РП) 0,4 кВ закритої трансформаторної підстанції (ЗТП) 10/0,4 кВ підприємства за вихідними даними, що наведені в табл. 1.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ

Теоретичні відомості

Для оцінювання ефективності заходів з вирівнювання навантаження, необхідно побудувати ступінчаті добові графіки активного навантаження підприємства для варіантів до та після впровадження заходів (приклад наведений на рис. 3) та розрахувати їх показники.

Розрахунок показників графіків навантаження проводять за формулами, що наведені в [1].

Середнє значення активного навантаження (середня активна потужність)

$$P_c = \frac{\sum_{k=1}^M P_k}{M}, \text{ кВт}, \quad (9)$$

де P_k – величина активного навантаження для k -ої години, кВт;

M – число ступеней графіків, $M=24$.

Середньоквадратичне навантаження графіків

$$P_{CK} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M P_k^2}{M}}, \text{ кВт}. \quad (10)$$

Дисперсія графіків навантаження

$$D_P = P_{CK}^2 - P_c^2, \text{ кВт}^2. \quad (11)$$

Середньоквадратичне відхилення (стандарт) графіків навантаження

$$\sigma_P = \sqrt{D_P}, \text{ кВт.} \quad (12)$$

Коефіцієнт форми графіків навантаження

$$k_\phi = \frac{P}{P_c} . \quad (13)$$

Коефіцієнт максимуму графіків

$$k = \frac{P_{\max}}{P_c} , \quad (14)$$

де P_{\max} –максимальне активне навантаження графіків, кВт. Коефіцієнт заповнення графіків навантаження

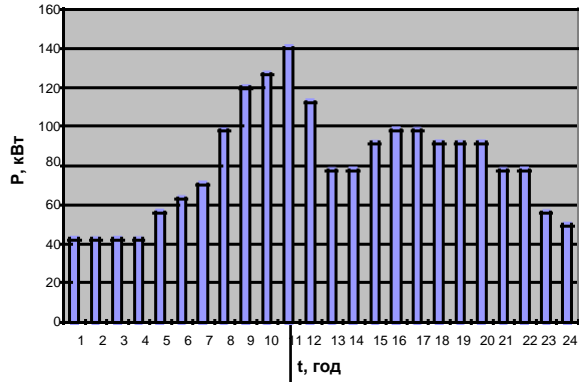
$$k_3 = \frac{P}{P_{\max}} . \quad (15)$$

Коефіцієнт нерівномірності графіків навантаження

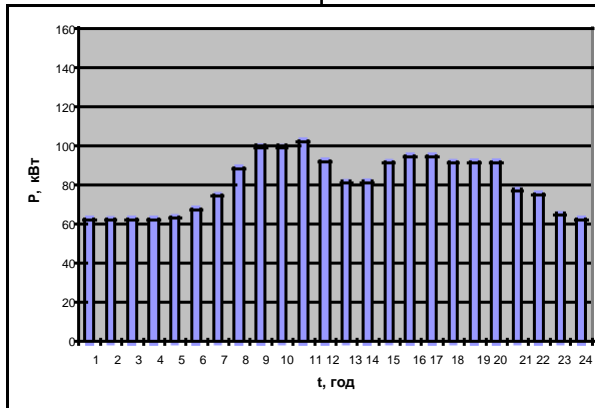
$$k_H = \frac{P}{P_{\min}} . \quad (16)$$

Споживання активної енергії за добу для графіків навантаження

$$W_{\text{доб}} = P_C M, \text{ кВт}\cdot\text{год.} \quad (17)$$



а)



б)

Рисунок 3 – Приклад вихідного (а) та кінцевого (б) графіків активного навантаження підприємства

Тести для перевірки знань

1. Коефіцієнт форми графіка навантаження - це:

а) відношення середньоквадратичного навантаження до середнього;

б) добуток середньоквадратичного навантаження на середнє;

в) відношення середнього навантаження до середньоквадратичного.

2. Груповим графіком навантаження називають:

а) графік навантаження мережі, що живить окремого електроприймача;

б) графік навантаження мережі, що живить декілька електроприймачів;

в) графік навантаження мережі, що живить будь-яку кількість електроприймачів.

3. Середнє значення графіка навантаження розраховується за виразом:

$$\text{а) } P_c = \frac{\sum_{k=1}^M p_k}{M} ;$$

$$\text{б) } P_c = \frac{\sum_{k=1}^M p_k}{M - 1} ;$$

$$\text{в) } P_c = \frac{\sum_{k=1}^M 2 p_k}{M} .$$

4. Середньоквадратичне значення графіка навантаження розраховується за виразом:

$$a) \quad p_{cK} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M p_k}{M}} ;$$

$$б) \quad p_{cK} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M p_k^2}{M-1}} ;$$

$$в) \quad p_{cK} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M p_k^2}{M}} .$$

5. Дисперсія графіка навантаження розраховується за виразом:

$$a) \quad Dp = p_{cK}^2 - p_c^2 ;$$

$$б) \quad Dp = p_{cK}^2 - p_c^2 ;$$

$$в) \quad Dp = \sqrt{\frac{p_{cK}^2}{p_c^2}} .$$

6. Середньоквадратичне відхилення графіка навантаження розраховується за виразом:

$$a) \quad \sigma p = \sqrt{2Dp} ;$$

$$б) \quad \sigma p = \sqrt{Dp - 1} ;$$

$$в) \quad \sigma p = \sqrt{Dp} .$$

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. За вихідними даними, що наведені у табл. 2, побудувати ступінчаті добові графіки активного навантаження підприємства для варіантів до та після впровадження заходів щодо вирівнювання графіка. Розрахувати показники графіків.

Таблиця 2 – Вихідні дані графіка навантаження до (P_1) та після (P_2) його вирівнювання за варіантами

| Номер варіанту | | Активне навантаження підприємства, кВт, для години доби | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | P_1 | 315 | 315 | 315 | 315 | 420 | 473 | 525 | 1078 | 1309 | 1386 | 1540 | 1008 |
| | P_2 | 630 | 630 | 630 | 630 | 630 | 630 | 650 | 686 | 833 | 882 | 980 | 1232 |
| 2 | P_1 | 80 | 80 | 80 | 80 | 106 | 120 | 133 | 147 | 179 | 189 | 210 | 123 |
| | P_2 | 105 | 105 | 105 | 105 | 110 | 110 | 110 | 121 | 146 | 155 | 172 | 134 |
| 3 | P_1 | 46 | 46 | 46 | 46 | 62 | 69 | 77 | 163 | 198 | 209 | 232 | 187 |
| | P_2 | 82 | 82 | 82 | 82 | 100 | 108 | 120 | 150 | 182 | 193 | 184 | 149 |
| 4 | P_1 | 46 | 46 | 46 | 46 | 62 | 69 | 77 | 87 | 106 | 112 | 125 | 187 |
| | P_2 | 72 | 73 | 73 | 73 | 104 | 117 | 130 | 140 | 140 | 115 | 115 | 115 |
| 5 | P_1 | 47 | 47 | 47 | 47 | 62 | 70 | 78 | 80 | 92 | 97 | 108 | 108 |
| | P_2 | 74 | 74 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 84 | 82 | 80 |
| 6 | P_1 | 46 | 46 | 46 | 46 | 62 | 69 | 77 | 228 | 277 | 294 | 326 | 187 |
| | P_2 | 118 | 118 | 118 | 118 | 157 | 176 | 196 | 183 | 223 | 236 | 216 | 141 |

Продовж. табл. 2

| Номер варіанту | | Активне навантаження підприємства, кВт, для години доби | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | P_1 | 693 | 693 | 819 | 1078 | 1078 | 1001 | 1001 | 1001 | 693 | 693 | 504 | 368 |
| | P_2 | 1064 | 1000 | 1001 | 686 | 686 | 637 | 637 | 637 | 847 | 847 | 800 | 735 |
| 2 | P_1 | 85 | 85 | 100 | 147 | 147 | 137 | 137 | 137 | 85 | 85 | 62 | 93 |
| | P_2 | 112 | 112 | 109 | 154 | 154 | 112 | 112 | 112 | 92 | 92 | 92 | 91 |
| 3 | P_1 | 129 | 129 | 152 | 163 | 163 | 151 | 151 | 151 | 129 | 129 | 94 | 54 |
| | P_2 | 127 | 127 | 121 | 150 | 150 | 139 | 139 | 139 | 102 | 102 | 82 | 82 |
| 4 | P_1 | 170 | 170 | 152 | 87 | 87 | 81 | 81 | 81 | 129 | 129 | 94 | 54 |
| | P_2 | 97 | 97 | 95 | 87 | 87 | 81 | 81 | 81 | 97 | 97 | 78 | 78 |
| 5 | P_1 | 76 | 76 | 76 | 75 | 75 | 70 | 70 | 70 | 76 | 76 | 55 | 54 |
| | P_2 | 68 | 68 | 68 | 66 | 66 | 61 | 61 | 61 | 68 | 68 | 63 | 63 |
| 6 | P_1 | 170 | 170 | 152 | 228 | 228 | 212 | 212 | 212 | 129 | 129 | 94 | 54 |

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5
ВИБІР СИСТЕМИ ТАРИФІВ ДЛЯ ФІНАНСОВИХ
РОЗРАХУНКІВ ЗА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ

Теоретичні відомості

Вирівнювання графіка навантаження дозволяє зменшити обсяги сплати за електричну енергію за рахунок переходу на багатозонний облік. Для оцінювання ефективності вирівнювання графіка навантаження з одночасним переходом на багатозонний облік необхідно розрахувати вартість електричної енергії для випадків використання різних систем тарифів. Розрахунки проводять на основі графіка активного навантаження підприємства. При цьому в деяких випадках допустимо прийняти припущення про незмінність форми графіка протягом року. Повний тариф на електричну енергію для сільськогосподарського підприємства приймають за діючими цінами.

Вартість електричної енергії, що споживається підприємством за одну контрольну добу, у випадку використання недиференційованого тарифу

Вартість електричної енергії, що споживається підприємством за одну контрольну добу, у випадку використання недиференційованого тарифу

$$C_{\text{доб}} = C_0 W_{\text{доб} 2} \text{ , грн.} \quad (18)$$

У випадку використання диференційованого тарифу, обсяг електричної енергії, що споживається підприємством за період доби від m -ої до n -ої години, знаходять за узагальненою формулою

$$W_{\text{доб} m-n} = \sum_{k=m+1}^n P_k t_k \text{ , кВт·год,} \quad (19)$$

де P_k – величина активного навантаження для k -ої години, кВт;

t_k – тривалість ступені графіка, $t_k = 1$ год.

Наприклад, для випадку використання диференційованого двозонного тарифу, обсяги електричної енергії, що споживається підприємством за одну контрольну добу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23 до 7 години) та в інші години доби (з 7 до 23 години), відповідно складатимуть

$$W_{\text{доб 23-7}} = \sum_{k=24}^7 P_k t_k, \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$W_{\text{доб 7-23}} = \sum_{k=8}^{23} P_k t_k, \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Вартість добової електричної енергії у випадку використання диференційованого двозонного тарифу з урахуванням існуючих тарифних коефіцієнтів

$$C_{\text{доб 2}} = 0,7 C_0 W_{\text{доб 23-7}} + C_0 W_{\text{доб 7-23}}, \text{ грн.} \quad (20)$$

Для випадку використання диференційованого тризонного тарифу, обсяги електричної енергії, що споживається підприємством за одну контрольну добу в напівпіковий період (з 7 до 8, з 11 до 20 та з 22 до 23 години) та в години максимального навантаження енергосистеми (з 8 до 11 та з 20 до 22 години), відповідно складатимуть

$$W_{\text{доб напівпік}} = \sum_{k=8}^8 P_k t_k + \sum_{k=12}^{20} P_k t_k + \sum_{k=23}^{23} P_k t_k, \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$W_{\text{доб пік}} = \sum_{k=9}^{11} P_k t_k + \sum_{k=21}^{22} P_k t_k, \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Вартість добової електричної енергії у випадку використання диференційованого трizonного тарифу з урахуванням існуючих тарифних коефіцієнтів

$$C_{\text{доб } 3} = 0,4 C_0 W_{\text{доб } 23-7} + C_0 W_{\text{доб напівпік}} + 1,5 C_0 W_{\text{доб пік}}, \text{ грн. (21)}$$

Таким чином, порівнюючи вартість добової електричної енергії, можна зробити висновок про доцільність використання тієї чи іншої тарифної системи.

Тести для перевірки знань

1. Розрахунки за електроенергію за багатозонними тарифами передбачають:

- а) використання різних тарифів для різних географічних зон країни;
- б) використання різних тарифів для різних періодів доби; в) використання різних тарифів для різних періодів року.

2. Згідно ПУЕ лічильники, які забезпечують облік електроенергії з метою фінансових розрахунків споживачів з електропостачальними компаніями, рекомендовано встановлювати:

- а) на межі експлуатаційної відповідальності споживачів та електропостачальних компаній;
- б) на межі балансової належності споживачів та електропостачальних компаній;
- в) в будь-якій із зазначених точок мережі.

3. Найбільша собівартість електричної енергії відповідає:

- а) мінімуму навантаження енергосистеми;
- б) напівпіковому періоду доби;
- в) максимуму навантаження енергосистеми.

4. Згідно Правил користування електричною енергією, гранична величина споживання електричної потужності - це:

а) максимальна величина сумарного споживання електричної потужності в години максимального навантаження енергетичної системи;

б) мінімальна величина сумарного споживання електричної потужності в години максимального навантаження енергетичної системи;

в) найбільша допустима приєднана потужність електроустановок споживача.

5. Електроприймачі-регулятори - це електроприймачі, які дозволяють регулювати:

а) величину напруги на вводі до споживача;

б) графік навантаження споживача;

в) величину гармонічних складових у кривій напруги.

6. Автоматизована система керування режимом енергоспоживання на підприємстві передбачає видачу керуючих впливів:

а) лише диспетчером;

б) автоматично;

в) диспетчером з використанням програми-порадника.

7. Облік енергії, що призначений для фінансових розрахунків:

а) комерційний;

б) технічний; в)

комбінований.

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. Розраховувати вартість електричної енергії, що споживається вказаним у попередніх завданнях підприємством за одну контрольну добу, для випадків використання різних систем тарифів. Розрахунки провести для активного

навантаження підприємства після вирівнювання графіка на основі даних, що наведені у табл. 2. Прийняти припущення про незмінність форми графіка протягом року. Повний тариф на електричну енергію для підприємства прийняти за діючими цінами.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6 РОЗРАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВНАСЛІДОК ВИРІВНЮВАННЯ ГРАФІКА НАВАНТАЖЕННЯ

Теоретичні відомості

Вирівнювання графіка навантаження дозволяє зменшити величину втрат електричної енергії в мережі. Розрахунок втрат електричної енергії у силових трансформаторах здійснюють за формулами, котрі наведені в [8, 13]. Розрахунок проводять для варіантів до та після вирівнювання графіка навантаження.

Добові втрати електроенергії у силових трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ для варіантів до та після вирівнювання графіка навантаження розраховуються за виразом

$$\Delta W_{\text{доб Т}} = \Delta W_{\text{доб н.х.}} + \Delta W_{\text{доб к.з.}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}, \quad (22)$$

де $\Delta W_{\text{доб н.х.}}$ – добові умовно-постійні втрати електроенергії, зумовлені втратами неробочого ходу (н.х.), кВт·год;

$\Delta W_{\text{доб к.з.}}$ – добові змінні втрати електроенергії, зумовлені втратами короткого замикання (к.з.), кВт·год.

У свою чергу, добові умовно-постійні втрати електроенергії у трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ для варіантів до та після вирівнювання графіка навантаження розраховуються за виразом

$$\Delta W_{\text{доб н. х.}} = n P_{\text{н. х.}} T_{\text{доб}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}, \quad (23)$$

де n – кількість однотипних силових трансформаторів на ЗТП 10/0,4 кВ;

$P_{\text{н.х.}}$ – втрати н.х. трансформаторів, кВт [8] ;

$T_{\text{доб}}$ – число годин роботи трансформаторів за добу, $T_{\text{доб}} = 24$ год.

Добові змінні втрати електроенергії у n трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ можна розрахувати виходячи зі спрощення, яке полягає у припущенні про рівномірне розподілення загального навантаження підстанції між трансформаторами. На основі цього спрощення, величина змінних втрат для варіантів до та після вирівнювання графіка навантаження розраховується за виразом

$$\Delta W_{\text{доб к.з.}} = \frac{1}{n} \frac{S_{\text{max}}^2}{S_{\text{н}}} \tau, \text{ кВт}\cdot\text{год}, \quad (24)$$

де S_{max} , $S_{\text{н}}$ – відповідно максимальне повне навантаження ЗТП 10/0,4 кВ за добу для відповідного графіка та номінальна потужність встановлених трансформаторів, кВА;

$P_{\text{к.з.}}$ – втрати к.з. трансформаторів, кВт [8];

τ – число годин найбільших втрат для добових графіків навантаження, год.

Максимальне повне навантаження ЗТП 10/0,4 кВ за добу

$$S_{\text{max}} = \frac{P_{\text{max}}}{\cos \phi}, \text{ кВА}, \quad (25)$$

де P_{max} – максимальне активне навантаження добових графіків, кВт;

$\cos \phi$ – середній коефіцієнт потужності навантаження ЗТП 10/0,4 кВ.

Число годин найбільших втрат τ для добових графіків навантаження визначається за формулою

$$\tau = k_z^2 k_\phi^2 T_{\text{доб}}, \text{ год}, \quad (26)$$

де k_z , k_ϕ – відповідно коефіцієнт заповнення та коефіцієнт форми графіків навантаження ЗТП 10/0,4 кВ.

Добове зменшення втрат електричної енергії у трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ внаслідок впровадження заходів з вирівнювання графіка навантаження

$$\Delta W_{\Delta \text{доб}T} = \Delta W_{\Delta \text{доб}T1} - \Delta W_{\Delta \text{доб}T2}, \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Річне зменшення втрат електричної енергії у трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ внаслідок впровадження заходів з вирівнювання навантаження можна визначити виходячи з припущення про незмінність добового графіка навантаження протягом року

$$\Delta W_{\Delta \text{рiч}T} = \Delta W_{\Delta \text{доб}T} N, \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \quad (27)$$

де N – кількість днів у році, $N=365$.

Річний економічний ефект внаслідок зменшення втрат електричної енергії у трансформаторах ЗТП 10/0,4 кВ за рахунок вирівнювання графіка навантаження для тарифу C_0

$$E_{\Delta W} = \Delta W_{\Delta \text{рiч}T} C_0, \text{ грн.} \quad (28)$$

Тести для перевірки знань

1. Одним з критеріїв оптимальності графіка навантаження є:

- а) наявність одного добового максимуму; б) наявність двох добових максимумів; в) рівномірність графіка.

2. Компенсація реактивної складової електроспоживання дозволяє:

- а) зменшити величину втрат енергії у електричній мережі;
- б) зменшити обсяги споживання активної енергії;
- в) збільшити обсяги споживання реактивної енергії.

3. Коефіцієнт форми графіка навантаження, який визначає величину втрат енергії в мережі, - це:

а) відношення середньоквадратичного навантаження до середнього;

б) добуток середньоквадратичного навантаження на середнє;

в) відношення середнього навантаження до середньоквадратичного.

4. Електроприймачі-регулятори - це електроприймачі, які дозволяють регулювати:

а) величину напруги на вводі до споживача;

б) графік навантаження споживача;

в) величину гармонічних складових у кривій напруги.

5. Згідно ПУЕ лічильники, які забезпечують облік електроенергії з метою фінансових розрахунків споживачів з електропостачальними компаніями, рекомендовано встановлювати:

а) на межі експлуатаційної відповідальності споживачів та електропостачальних компаній;

б) на межі балансової належності споживачів та електропостачальних компаній;

в) в будь-якій із зазначених точок мережі.

6. Автоматизована система керування режимом енергоспоживання на підприємстві передбачає видачу керуючих впливів:

а) лише диспетчером;

б) автоматично;

в) диспетчером з використанням програми-порадника.

Розв'язування типових практичних задач

Завдання. Розрахувати добові втрат електричної енергії у силових трансформаторах трансформаторної підстанції (ТП) 10/0,4 кВ, що перебуває на балансі підприємства. Розрахунок провести за вказаними в попередніх завданнях даними для варіантів до та після вирівнювання графіка навантаження ТП 10/0,4 кВ.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черемісін М.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. / М.М. Черемісін, В.М. Зубко – Х.: Факт, 2005. – 192 с.
2. Ожегов А.Н. Системы АСКУЭ: Учебное пособие. Часть 1. / А.Н. Ожегов – Киров: ВТУ, 2006. – 102 с.
3. Правила користування електричною енергією / Затв. Постановою НКРЕ №7 від 31.07.96 р. (у редакції Постанови НКРЕ № 910 від 17.10.2005 р.)
4. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України / Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України №32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000р.
5. Правила улаштування електроустановок. 5-те вид., перероб. і доп. – Х.: Вид-во «Форт», 2017. – 736 с.
6. http://www.tokko.ua/elektroschetchiki/po_proizvoditelu/Actaris/Seriya_ACE/ACE_6000/
7. <http://www.insat.ru/products/?category=791>
8. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства: / И.А. Будзко, Н.М. Зуль – Агропромиздат, 1990. – 496 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
9. http://www.cztt.ru/TOP_066_I.html
10. Порядок узгодження технічної документації та впровадження АСКОЕ (ЛОУ) на об'єктах електроенергетики. – НКРЕ України, 2005
11. Стандарт ОРЕ “Автоматизовані системи комерційного обліку електричної енергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги” (Затвержено Радою ОРЕ Протокол №15 від 27.01.2006 р.)
12. Лыкин А.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях: учеб. пособие. / А.В. Лыкин – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. - 115 с.

Навчальне видання

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ
ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ**

Методичні вказівки
до практичних занять

Автори-укладачі:
САВЧЕНКО Олександр Анатолійович

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman Папір для цифрового
друку. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44