

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електротехніки

Н.С. Дрешпак

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕНЕРГІЇ.
МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

для студентів заочної форми навчання спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Дрешпак Н.С.

Інформаційні системи обліку енергії. Матеріали методичного забезпечення до виконання контрольної роботи для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання /Н.С. Дрешпак; М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка».–Д: НТУ «ДП», 2021. – 16 с.

Автор:

Н.С. Дрешпак, канд. техн. наук, доц.

Затверджено до видання на підставі експертизи науково-методичного центру і засідання редакційної ради університету (від 30.08.2021, протокол № 7) за поданням методичної комісії спеціальності (протокол №21/22-01 від 30.08.2021р).

Відповідальний за випуск завідувач кафедри електротехніки, канд. техн. наук Ципленков Д.В.

Вступ

Застосування інформаційних систем обліку енергії є важливою частиною технічного забезпечення електроенергетичного аудиту. Сучасний рівень розвитку економіки вимагає втілення новітніх технологій та обладнання для забезпечення ефективної роботи усіх галузей. Облік енергоресурсів вважається найважливішим етапом у звітності та прогнозуванні використання енергоресурсів. Інформаційні системи обліку енергії базуються на застосуванні найсучасніших пристроїв обліку та обчислювальних комплексів. Такі системи дозволяють здійснювати оперативний облік та керування усіма видами енергоресурсів. Вивчення вимог до інформаційних систем обліку енергії, їх задач, структури та можливостей є змістом дисципліни.

Базові дисципліни:

- Фізика
- Теоретичні основи електротехніки
- Основи метрології та електричних вимірювань
- Основи виробництва, розподілу та споживання електроенергії
- Обчислювальна техніка та програмування

Дисципліна «Інформаційні системи обліку енергії» стисло дає уяву про сучасні вимоги до систем обліку енергії. Розглядаються основні, системні та функціональні задачі АСОЕ (автоматизованих систем обліку енергії). Показана типова архітектура таких систем, головними рівнями якої є вимірювальний, обробки та управління, комунікаційне середовище.

Важливим вважається дотримання нормативних показників якості вимірювальної інформації. Такими показниками є точність, достовірність та одночасність переданої інформації. Забезпечення цих норм здійснюється завдяки використанню сучасних вимірювальних засобів та інформаційних технологій.

Контрольна робота складається з розгорнутої відповіді на три питання. Варіанти питань наведені в табл. 1. Вибір варіанту контрольної роботи здійснюється по двох перших літерах прізвища студента та останній цифрі номеру залікової книжки.

Таблиця 1

Варіанти контрольної роботи

Перші дві літери прізвища студента	Остання цифра залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аа-Ая, Ба-Бк	1,3, 26	2,5, 27	3,7, 28	4,9, 29	1,5, 20	3,6, 21	5,7, 22	8,9, 23	1,9, 24	3,10,17
Бл-Бс, Ва-Вя, Га- Гр	1,11, 17	5,12, 18	7,13 19	9,14 20	1,15 21	1,5, 22	2,5, 23	3,7, 24	4,9, 25	3,5,26
Бт-Бя, Гс-Гя	2,5, 28	3,5, 29	4,7, 20	5,9, 21	1,6, 22	3,7, 23	8,9, 24	3,9, 27	1,10 16	3,11,20
Да-Дя, Еа-Ея	3,5, 19	4,7, 20	5,9, 21	6,7, 22	7,9, 23	1,8, 24	3,9, 17	5,10 16	9,11 20	3,12,16
Жа-Жя, За-Зя	1,4, 20	5,7, 21	6,9, 22	3,7, 23	1,8, 24	3,9, 17	5,10 16	1,11 20	5,12 16	7,13,17
Иа-Ия, Ка-Ки	5, 7, 21	1,6, 22	7,9, 23	5,8, 24	4,9, 17	5,10 16	7,11 20	1,12 16	7,13 18	9,14,19
Кл-Кп, Ла-Ля, Ма-Мя	6,9, 22	3,7, 23	1,8, 24	3,9, 27	5,10 26	3,11 20	7,12 16	1,13 28	5,14 29	7,21,25

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кр-Кт, На-Ня. Оа-Оя	3,7, 23	1,8, 24	5,9, 27	1,10 26	5,11 20	7,12 16	9,13 18	1,14 19	5,21 25	5,2,22
Ки-Кя, Па-Пя, Ра-Ря	1,8, 24	3,9, 17	5,10 16	9,11 20	1,12 16	5,13 18	7,14 19	11, 15, 21	3,14 22	4,10,23
Са-Ся, Та-Тя	6,9, 20	4,10, 25	5,11 22	4,12 23	8,13 24	1,14 17	8,15 16	2,7, 20	3,8, 26	4,8,27
Уа-Уя, Фа-Фя	1, 10, 17	3,11, 16	5,12 20	7,13 16	8,14 18	9,15 19	2,7, 21	3,8, 29	4,10 25	6,11,18
Ха-Хя, Ца-Ця	11,22 29	8,12, 25	10, 13, 24	8,14 17	5,15 26	2,7, 20	3,9, 16	4,8, 28	6,10 19	7,8,21
Ча-Чя, Ша-Шя	1,12, 19	5,13, 20	7,14 21	9,15 22	2,8, 23	3,10 24	4,11 26	6,12 25	7,13 16	8,14,17
Ща-Щя, Єа-Єя	5,13, 23	7,14, 24	10, 15, 17	2,8, 16	3,11 20	5,12 16	4,9, 28	6,14 19	7,10 ,21	8,9,22
Юа-Юя, Яа-Яя	1,14, 16	8,15, 17	2,11 28	3,10 19	4,14 20	6,12 21	7,15 29	8,10 23	5,10 24	9,11,17

Загальні відомості

У зв'язку з переходом економіки країни на ринкові умови роботи важливого значення набувають питання достовірного обліку електроенергії на всіх ділянках і рівнях її виробництва, передачі та споживання.

До останнього часу в Україні були відсутні підприємства з виробництва необхідного спектра вимірювальної техніки, засобів збору, передачі та обробки інформації. Відсутня також нормативна база і концепція створення зазначених пристроїв. У цей час багато підприємств країни та зарубіжних фірм пропонують прилади різних типів та рівнів та інформаційно-вимірювальні системи. Тому було прийнято рішення про розробку галузевої програми і концепції розвитку автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку.

Використання положень, викладених в Концепції, має підвищити ефективність обліку електричної енергії та сприяти впорядкованості функціонування енергоринку України.

Створення Оптового ринку електричної енергії, що складається з незалежних акціонерних компаній (державні електричні компанії та державні акціонерні електричні компанії), незалежного регулюючого органу (Національна комісія з питань регулювання електроенергетики України (НКРЕ), і, власне, Енергоринку – державного підприємства, що здійснює керівництво Оптовим ринком електричної енергії, загострює увагу на почасовому обліку електричної енергії, необхідному для діяльності Оптового ринку електричної енергії (почасові оптові тарифи реального часу).

Оскільки вартість електричної енергії залежить від затрат на її виробництво і передачу, моменту попиту (пори року, днів тижня і години доби), величини заявленої потужності та часу споживання потужності, то собівартість її є різною для кожної години року. Тому перехід до тарифів реального часу дозволяє вийти на дійсну ціну електричної енергії та оптимізувати виробництво, постачання і споживання електричної енергії. Це можливо лише при удосконаленні існуючої системи обліку.

Ефективність застосування тарифів реального часу значною мірою залежить від дотримання певних умов, найважливіші серед яких наступні:

- в енергоринку функціонує автоматизована система управління реального часу (в мінімальному варіанті повинна діяти розподільча в просторі енергоринку автоматизована система комерційного обліку і контролю виробництва, постачання і споживання електричної енергії, що функціонує в реальному масштабі часу);

- автоматизовані взаєморозрахунки між учасниками енергоринку.

Оскільки Енергоринок відповідає за дотримання Правил комерційного обліку (КО), то має бути визначена сукупність вимог до організації КО, до формування і використання інформації, що регламентують права та обов'язки учасників КО. Енергоринок також бере участь у реалізації порядку і стандартів комерційного обліку, улагодженні спірних питань з приводу помилок, що

виникають в системі комерційного обліку, забезпеченні, встановленні, перевірці та технічному обслуговуванні устаткування.

У зв'язку з цим робота енергетичної галузі в умовах функціонування енергоринку висуває підвищені вимоги до системи обліку, а саме, до рівня її автоматизації, точності, надійності та цілісності.

Точність і достовірність системи обліку, в першу чергу, визначається засобами інформаційно-вимірювальної техніки, що застосовуються, а також принципами їх використання.

Основними показниками, що характеризують ефективність використання інформаційно-вимірювальної техніки в системі обліку, є:

точність	представлення вимірювальної інформації;
достовірність	представлення вимірювальної інформації. В доповнення до класичного підходу і відповідно до об'єкта, що розглядається, процес отримання достовірної інформації повинен бути автоматизований і може бути простою реєстрацією даних з лічильників електроенергії протягом всього часу обліку до повністю автоматизованого процесу реєстрації цих даних з їх повним дублюванням і обов'язковою верифікацією;
одночасність	представлення вимірювальної інформації. Під одночасністю представлення вимірювальної інформації мається на увазі синхронність виконання вимірювань в точках обліку, порушення якої призводить до виникнення похибки розсинхронізації, яка впливає на результати вимірювання.

Зазначені показники визначаються в системі обліку принципами організації вимірювань, якістю систем обліку і зв'язку.

Однією із цілей вдосконалення системи обліку електроенергії слід вважати створення умов для отримання за результатами вимірювань якомога більш достовірного балансу виробництва, передачі, розподілу і споживання електричної потужності або енергії в межах держави, а також показників якості електричної енергії, що споживається споживачами в розрахункових точках обліку.

При цьому технічне середовище, що реалізує вище вказані функції, повинне забезпечити можливість виконання цілісною системою функції управління режимами електроспоживання, включаючи режимні заходи на споживачів електроенергії при порушенні договірних зобов'язань. А також фіксацію фактів режимних заходів на споживачів (покупців) електроенергії, що можуть привести до матеріальних збитків споживачів (покупців).

У цей час статті зазначеного балансу, що складається на основі даних обліку електроенергії, суттєво викривлені через різні похибки вимірювання приладів обліку, що встановлені на різних рівнях ринку електричної енергії України, а також в результаті несинхронності зчитування інформації з лічильників. Ці обставини, в свою чергу, викликають необхідність відносити

всі небаланси, що виникають, до втрат електричної потужності або енергії, що не дозволяє об'єктивно оцінювати рівень технічно неминучих втрат в мережах і перетворювачах.

Система комерційного обліку - це система реального часу, яка одержує інформацію від лічильників електричної енергії, та здійснює її автоматичну обробку з метою оперативного інформування суб'єктів енергоринку про інтегральні витрати електроенергії та потужності (Рис. 1).

Точність вимірювальної інформації системи обліку визначається похибками вимірювань в точках обліку різних рівнів, синхронізацією проведення вимірювань, а також похибками обробки результатів вимірювань.

Допустимі похибки вимірювань на різних рівнях системи обліку, в залежності від вимірюваної потужності, повинні бути узгоджені між собою відповідно до формули:

$$\frac{\delta_i}{\delta_j} = \sqrt{\frac{P_j}{P_i}}, \quad (1)$$

де δ_i , δ_j , P_i , P_j – відності похибки вимірювань та вимірювані потужності на i -му та j -му рівнях системи обліку, відповідно.

Підвищення точності вимірювань системи обліку може бути досягнуто тільки пропорційним згідно з формулою (1) підвищенням точності вимірювань на всіх її рівнях.

Застосування заходів щодо підвищення точності вимірювань в системі обліку повинно здійснюватися за спеціальною програмою, що враховує існуючу точність вимірювань на рівнях системи обліку, залежність між точністю вимірювань різних рівнів, яка визначається за формулою (1), та інші фактори, в тому числі економічні.

В нормативно-технічній документації для точок обліку різних рівнів системи обліку необхідно нормувати вимоги до допустимих похибок вимірювань, а не до класів точності засобів вимірювальної техніки, що використовуються у цей час.

Пропонований спосіб нормування забезпечить більш точну відповідність похибок вимірювальних систем вимогам допустимих похибок вимірювань у точках обліку і розширить можливості використання засобів вимірювання при комплектуванні вимірювальних схем.

При формуванні вимірювальних схем, які складаються з ТС, ТН, ЛЧ, необхідно враховувати, що з позиції технічних і економічних показників найбільш раціональним є стан, коли похибки вимірювання засобів вимірювання, які застосовуються, дорівнюють один одному або близькі за значенням, оскільки значне підвищення точності одного з них в більшості випадків не призводить до суттєвого підвищення точності всієї схеми.

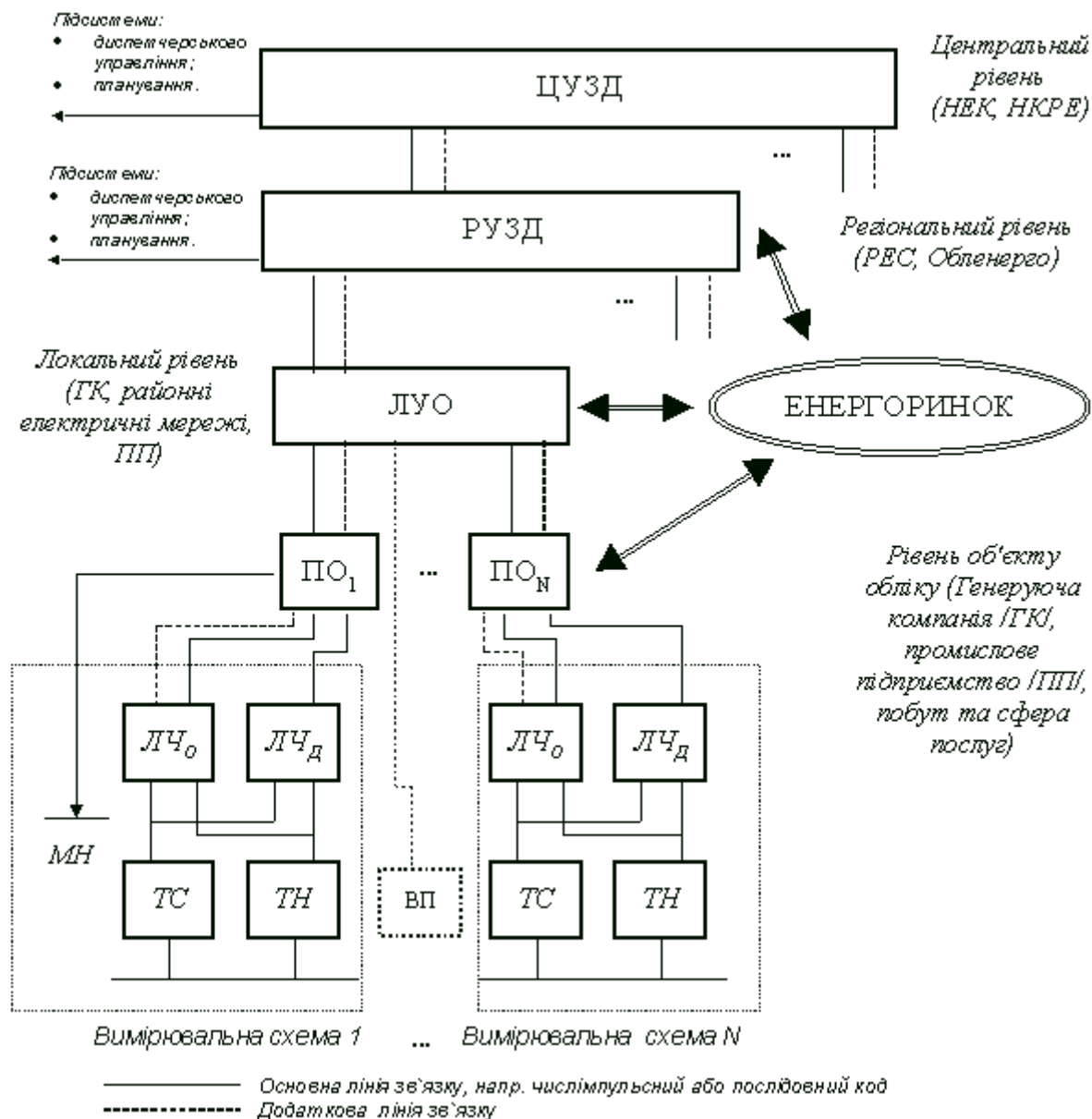


Рис. 1. Структурна схема багаторівневої системи обліку

- ТС – трансформатори струму;
- ТН – трансформатор напруги;
- ВП – вимірювач параметрів якості електроенергії;
- МН – маневрене навантаження;
- ЛЧО – лічильник електроенергії (основний лічильник);
- ЛЧД – лічильник електроенергії (дублюючий лічильник);
- ПО – прилад обліку - вимірювальний компонент ЛУО;
- ЛУО – локальне устаткування обліку електроенергії;
- РУЗД – регіональне устаткування збору даних;
- ЦУЗД – центральне устаткування збору даних.

Так, наприклад, збільшення точності ЛЧ у 2.5 рази, порівняно з ситуацією, коли похибка ТС, ТН і ЛЧ дорівнює одна одній, призводить до зниження результуючої похибки вимірювальної схеми лише в 1.2 рази.

При визначенні допустимої результуючої похибки вимірювальної схеми, яка складається з ТС, ТН, ЛЧ, використовується формула:

$$\delta_p = \pm \sqrt{\delta_{ТС}^2 + \delta_{ТН}^2 + \delta_{ЛЧ}^2}, \quad (2)$$

де δ_p – результуюча похибка вимірювального вузла;

$\delta_{ТС}$ – відносна похибка трансформатора струму ТС;

$\delta_{ТН}$ – відносна похибка трансформатора напруги ТН;

$\delta_{ЛЧ}$ – відносна похибка лічильника.

При необхідності допускається користуватися уточненою формулою:

$$\delta_{p1} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{ТС}^2 + \delta_{ТН}^2 + \delta_{л}^2 + \delta_{\theta}^2 + \delta_{ЛЧ}^2 + \sum_{j=1}^L \delta_{ЛЧj}^2}, \quad (3)$$

де $\delta_{л}$ – відносні втрати напруги у вторинних колах ТН;

δ_{θ} – відносне значення складової сумарної похибки, викликані кутковими похибками ТС і ТН;

$\delta_{ЛЧj}$ – відносні значення додаткових похибок ЛЧ, які враховують робочі умови застосування.

Як впливає з розрахунків, проведених з використанням даних, які враховують робочі умови застосування вимірювальної схеми, значення δ_{p1} , визначене за формулою (3), може перевищувати значення δ_p , визначене за формулою (2), у два рази.

Зняття показань в точках обліку має здійснюватися у відповідності з часовими позначками, і допустима похибка розсинхронізації не повинна перевищувати значень, що визначаються за формулою:

$$\Delta t = \frac{1}{3} \delta_i \cdot t, \quad (4)$$

де δ_i – відносна похибка вимірювань на i -му рівні системи обліку;

t – тривалість інтервалу часу вимірювання, с.

В рамках реорганізації існуючої системи обліку рекомендується нормувати вимоги до допустимих похибок вимірювань в точках обліку.

Похибки вимірювань, встановлені з урахуванням існуючих технічних можливостей і рекомендовані для рівнів системи обліку як допустимі, приведені в табл. 2.

Допустимі похибки вимірювань

Номер рівня системи обліку	Потужності об'єктів контролю, МВА	Допустима похибка вимірювань, %
1	$S \geq 1000$	0.3 (0.7**)
2	$300 \leq S < 1000$	0.4 (0.7**)
3	$100 \leq S < 300$	0.7
4	$50 \leq S < 100$	1.2
5	$10 \leq S < 50$	1.8
6	$3 \leq S < 10$	2.5
7	$0.75 \leq S < 3$	4.6
8	$S < 0.75$	7.3; 3.2***

* Для оптового ринку за базовий прийнято рівень 3, для роздрібного - рівень 7.

** Вказані значення допустимих похибок вимірювань приймаються на перехідний період формування системи обліку енергоринку.

*** Для прямого ввімкнення лічильників (без ТС і ТН).

Основні етапи реалізації заходів щодо підвищення ефективності роботи систем обліку

1. Провести обстеження підстанцій виробників, постачальників і споживачів в Енергоринку України:

- виявити задачі з діагностики, відновлення і заміни ТС, ТН, ЛЧ, ПО в залежності від термінів експлуатації і міжпівірочних інтервалів;
- здійснити ревізію всього парку засобів вимірювальної техніки;
- визначити потенційні шляхи і можливості підвищення точності вимірювань за рахунок організаційно-технічних заходів;
- при необхідності провести атестацію засобів обліку.

2. Встановити локальне, регіональне і центральне устаткування для автоматизації збору даних. Залучити всі наявні можливості організації зв'язку між рівнями обліку, котрі відповідають встановленим вимогам.

Реалізація заходів 4.1 і 4.2 повинна бути першочерговою, оскільки дозволить зменшити похибку системи комерційного обліку з 15 % до 5 %.

3. При відсутності у вимірювальних схемах дублюючих ЛЧ існуючі перевести в дублюючі, а як основні установити нові ЛЧ з класом точності, що відповідає допустимим похибкам, встановленим в табл. 2.

4. Послідовно здійснити комплексну заміну устаткування вимірювальних схем таким чином, щоб спочатку вибиралась вимірювальна схема з найбільшою результуючою похибкою і в ній послідовно замінювались елементи, причому першим замінюється найгірший елемент.

Запропонована послідовність заміни устаткування реалізується спочатку для системи обліку активної потужності, а потім - реактивної потужності.

Для рівнів 5...8 заміна елементів є виправданою лише у тих випадках, коли у вимірювальних схемах плануються додаткові функції.

Впровадження нового обладнання без вирішення питань оснащення підприємств, відповідальних за його експлуатацію та перевірку, необхідними технічними засобами неприпустимо.

5. Забезпечити модернізацію існуючих і встановлення сучасних каналів і систем зв'язку.

6. В рамках реорганізації існуючої системи обліку необхідно розробити комплекс нормативно-технічних документів, що регламентують єдиний порядок створення, впровадження та експлуатації не тільки окремих засобів вимірювальної техніки, але також розподільчих систем в цілому:

• нормативну документацію, що відповідає стандартам МЕК і встановлює вимоги до:

- допустимих похибок вимірювань системи обліку відповідно до потужності, що контролюється;
- обов'язкового визначення реальних вторинних навантажень ТС і ТН;
- організації перевірки засобів обліку;
- локального устаткування обліку протоколів передачі даних і структур баз даних;
- розширення застосування засобів обліку на вхідні струми, що складають (1 • 5) % від номінальних;

• **методичні вказівки щодо:**

- визначення допустимих та дійсних похибок схем вимірювання, які складаються з ТС, ТН, ЛЧ;
- державної метрологічної атестації і повірки вимірювальних систем, які складаються з вимірювальних схем (ТС, ТН, ЛЧ), ліній зв'язку (від лічильників до ПО), локального устаткування збору і обробки даних;
- установлення індивідуальних метрологічних характеристик ТС і ТН в залежності від реальних вторинних навантажень;
- правил введення та реалізації обмежень по енергії та потужності, формування МН та звітності, пов'язаній з обмеженнями.

7. Масове застосування постачальниками і споживачами електроенергії сучасних приладів і систем обліку має економічно стимулюватися через систему багатоставочних і диференційованих тарифів на електричну енергію.

В рамках «Концепції побудови...» розроблені технічні вимоги до обладнання, що входить до складу АСОЕ. Дотримання цих вимог потребує забезпечення відповідної Архітектури систем обліку. Основними компонентами такої архітектури мають бути вимірювальний рівень, комунікаційне середовище, рівень обробки та управління.

Контрольні питання

1. Основні задачі АСОЕ.
2. Задачі, що виконуються генератором звітів.
3. Архітектура АСОЕ.
4. Функціональні задачі АСОЕ.
5. Призначення та цілі створення АСОЕ.
6. Система управління базами даних та її функції.
7. Системні задачі АСОЕ.
8. Характеристика функцій вимірювального рівня АСОЕ.
9. Основні задачі та структура рівня обробки і управління АСОЕ.
10. Призначення конфігуратора системи.
11. Дати характеристику комунікаційного середовища систем обліку.
12. Призначення сервера збору даних.
13. Задачі інформаційної системи.
14. Вимоги до апаратних і програмних засобів всіх рівнів АСОЕ.
15. Компонента прикладного рівня, призначена для аналізу та оптимізації графіків навантажень.
16. Компоненти прикладного рівня SQL- монітор та «Верифікація даних».

17. Призначення програмних компонент «Розрахунки за електроенергію» та «Розрахунки тарифів».
18. Складові прикладного рівня АСОЕ.
19. Основні етапи реалізації концепції побудови АСОЕ.
20. Рівні споживачів за потужністю. Умова забезпечення точності вимірювань на різних рівнях.
21. Нормативні документи, що регламентують загальні вимоги до лічильників електроенергії.
22. Типова структура автоматизованої системи обліку електроенергії.
23. Забезпечення одночасності вимірювальної інформації.
24. Призначення каналів передачі даних та їх виконання.
25. Основні показники якості вимірювальної інформації.
26. Забезпечення достовірності передачі інформації від точки обліку.
27. Забезпечення точності вимірювальної інформації. Допустимі похибки вимірювань.
28. Вимоги до багатофункціональних лічильників електроенергії.
29. Вимоги до пристроїв обліку електроенергії.

Перелік посилань

1. Концепція побудови автоматизованих систем обліку енергії в умовах енергоринку. – НКРЕ, 2000.
2. Дрешпак Н.С. Інформаційні системи обліку енергії. Методичні вказівки до виконання практичних занять/ Н.С. Дрешпак; М-во освіти і науки України. – НГУ. – Д: НГУ, 2015.
3. Закон України No 312 «Про ринок електричної енергії», затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), від 14 березня 2018 року.
4. Кодекс комерційного обліку електричної енергії, затверджений постановою НКРЕКП No 311 від 14 березня 2018 року.
5. Постанова НКРЕКП № 2364 «Про встановлення тарифів на послуги з розподілу електричної енергії АТ «ДТЕК ДНІПРОВСЬКІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ» від 09 грудня 2020 року.

Зміст

Стор.	
Вступ.....	3
Загальні відомості	6
Основні етапи реалізації заходів щодо підвищення ефективності роботи систем обліку.....	11
Контрольні питання	13
Перелік посилань.....	15

Дрешпак Наталія Станіславівна

**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕНЕРГІЇ.
МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

для студентів заочної форми навчання спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Редакційно-видавничий комплекс.

Підписано до друку . Формат 30x42/4.
Папір Pollux. Ризографія. Умовн. друк. арк. 2,1.
Обліково-видавн. арк. 2,1. Тираж 100 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Яворницького, 19.