

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Кафедра електричної інженерії

Методичні вказівки для виконання
індивідуальної та самостійної роботи
з дисципліни
«Керування енергетичними потоками. Частина 2»
для студентів денної та заочної форм навчання
технічних спеціальностей

Покровськ-2020

УДК 620.9
М 54

Методичні вказівки для виконання індивідуальної та самостійної роботи з дисципліни Керування енергетичними потоками. Частина 2 для студентів денної та заочної форм навчання технічних спеціальностей. / уклад. О.М. Любименко . – Покровськ : ДонНТУ, 2020 . – 37 с.

У “Методичних вказівках” надано рекомендації до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни “Керування енергетичними потоками. Частина 2”, а також до виконання індивідуальних домашніх завдань; перелік рекомендованої літератури; вихідні дані.

Наведені приклади розв’язування основних типів задач і завдань, які розраховуються при виконанні індивідуальної роботи. Наведені довідкові дані.

Методичні вказівки можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання інженерних спеціальностей напряму теплоенергетика.

Укладачі

Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц.

кафедри електричної інженерії

Рецензент

Штепа О.А. доц., к.т.н., доц. кафедри
електронної техніки

Відповідальний за випуск
завідувач кафедри

Колларов О.Ю., доц., к.т.н., доц.
кафедри електричної інженерії

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 9 від 24 .03. 2020 року

Розглянуто на засіданні кафедри електричної інженерії,
протокол №11 від 03 .03. 2020 року

© Донецький національний
технічний університет, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ	5
2. РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	7
3. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	32
ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАННІ	33
ДОДАТОК Б. ДОВІДНИКОВІ ДАНІ.....	35

ВСТУП

Україна відноситься до енергодефіцитних країн і задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менше ніж на 50%. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоємність ВВП розвинутих країн світу. В зв'язку з тим важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки і соціальної сфери є енергозбереження, що реалізовується шляхом розробки нових енергозберігаючих, маловідходних і безвідходних технологій; ефективних систем і засобів контролю за енерго-використанням і захистом довкілля від забруднення та впровадження інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту. Проведення такої політики неможливо без фахівців із енергозбереження, які би орієнтували на такий розвиток енергетики і виробництва, що забезпечує оптимальний об'єм виробітку та споживання енергії.

В зв'язку з тим підготовка спеціалістів із енергетичного менеджменту є однією з важливих задач вищої школи.

Мета дисципліни — формування у студентів знань, умінь і навичок з забезпечення ефективного знання про місце й роль основних законів термодинаміки й теплопередачі, області виробництва електроенергії, виробити й закріпити вміння в області розрахунків теплових схем ТЕС.

Завдання дисципліни — формування теоретичних знань та практичних навичок у майбутніх теплоенергетиків відповідно до поставленої мети.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **вміти**:

- використовувати методи розрахунків теплових схем,
- використовувати методи зіставлення ефективності використання різних енергоносіїв,
- вдосконалювати методи оцінки ефективності роботи.

1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ , ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Індивідуальні домашні завдання (ДЗ) охоплюють усі розділи дисципліни. Номер варіанта завдання задає викладач або студент обирає по списку у журналі обліку, попередньо узгодивши з викладачем. При виконанні ДЗ студент повинен знати відповідний теоретичний матеріал. Для виконання ДЗ необхідне користуватися відповідними довідниками, посилання на які надані у рекомендаціях до індивідуального завдання або в додатках.

Текстова частина ДЗ виконується на листах одностороннього білого паперу формату А4. Першою сторінкою текстової частини є титульний лист. Другою та третьою сторінками є лист завдання, на якому повинні бути написані постановки задач з вихідними даними варіанта студента. Усі сторінки ДЗ, окрім першої, повинні бути пронумеровані та скріплені степлером (включаючи графічну частину). Перша сторінка (титульний лист) не нумерується, але враховується.

Вихідні дані для виконання завдання надані у Додатку А.

Індивідуальне домашнє завдання складається з декількох частин, тому варто кожен частину починати з нової сторінки і нумерувати.

Кожна частина закінчується окремою сторінкою, на яку виписуються результати розрахунку. Робота, оформлена не відповідно належним вимогам, на перевірку не приймається. Якщо робота виконана не вірно, або в роботі є помилки вона повертається на доопрацювання.

Максимальна кількість балів отриманих за розрахунково- графічну роботу (домашні завдання), визначається з робочої програми дисципліни. За вірно виконану розрахункову роботу студент має можливість отримати 10 балів, а саме:

За теоретичну частину – 2 балів;

За практичну частину – 5 балів;

захист розрахункової роботи – 3 балів.

«8 - 10 балів» «відмінно» - одержують роботи, в яких містяться самостійні

висновки, дається самостійний аналіз фактичного матеріалу на основі глибоких знань літератури з даного предмету.

«5 – 7» «добре» - ставиться в тому випадку, коли в роботі допущені незначні розрахункові неточності.

«3 – 4» – «задовільно» - заслуговують роботи, в яких містяться окремі помилкові положення та не чітко висвітлені відповіді на запитання.

«0 – 3» – «не задовільно» - студент одержує у випадку, коли не може відповісти на запитання викладача, в розрахунках допущені грубі помилки, не володіє матеріалом роботи, не в змозі дати пояснення висновкам і теоретичним положенням даної проблеми. У цьому випадку студенту має бути надана можливість повторного захисту.

Захист і оцінка розрахункової роботи – це підведення підсумків самостійної роботи студента й одержання права допуску до екзамену (заліку) з дисципліни «Керування енергетичними потоками. Частина 2».

Залік виставляється автоматично (тобто студент може не з'являтися на залік), якщо виконані та захищені на позитивні оцінки всі індивідуальні домашні завдання практичні або лабораторні роботи, відпрацьовані всі пропущені заняття (лекції, лабораторні, практичні) та отримані позитивні оцінки на практичних заняттях.

Відпрацьовування пропущених лекцій та практичних занять здійснюється під час консультацій та передбачає наявність теоретичного матеріалу у конспекті та позитивних усних відповідей на запитання викладача по даній темі. Тобто студент повинен самостійно вивчити тему та вміти розв'язувати задачі. Для відпрацьовування пропущених практичних або лабораторних занять викладач назначає додатковий час консультацій.

Оцінки, отримані при виконанні індивідуального завдання та лабораторних (практичних) робіт, або під час проведення практичних занять, враховуються при виставленні заліку (екзамену). При отриманні незадовільної оцінки з будь-якого виду занять студенту назначається додаткова консультація (не більше двох на одне заняття) для перездачі.

2.РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На тему «ПОБУДОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ»

Мета роботи – ознайомитися із змістом і методикою побудови електроенергетичного балансу. Отримати навички з його побудови для системи електропостачання та визначення шляхів мінімізації втрат.

Теоретичні відомості:

Одним з методів оцінки ефективності використання енергії є складання рівняння енергобалансу, що відбиває зв'язок між сумарною енергією, яка надходить, і затрачуваною на виконання корисної роботи з урахуванням втрат при її споживанні, перетворенні і розподілі. Враховуючи, що енергія прямопропорційна потужності, запишемо баланс у вигляді:

$$P_{\text{СП}} = P_{\text{КОР}} + \Delta P_{\Sigma}$$

де $P_{\text{СП}}$ – споживана з мережі потужність;

$P_{\text{КОР}}$ – потужність, затрачувана на виконання корисної роботи;

ΔP_{Σ} – втрати потужності, при споживанні розподілі і перетворенні енергії.

В енергетичному балансі повинні бути відбиті всі джерела надходження енергії з одного боку, і всі витрати енергії – з іншого. У зв'язку з цим виділяють прибуткову і видаткову частини енергобалансу.

Під прибутковою частиною енергобалансу розуміють систему показників енергетичного балансу, що характеризує структуру видобутку і виробництва усіх видів енергоресурсів і енергії, надходження від постачальників і перехідних залишків.

Видаткова частина енергобалансу – це система показників енергетичного балансу, що характеризує структуру і напрямки використання усіх видів енергоресурсів і енергії (включаючи втрати), відпуск їх на сторону і перехідні залишки.

Для виконання корисної роботи, на яку спрямована діяльність розглянутого об'єкта, як правило, необхідні кількарізкові перетворення одного виду енергії в інший. Але при перетворенні і розподілі енергії неминуче виникають її втрати в елементах засобів, що здійснюють ці перетворення. Під втратами енергії розуміють ті одержувані при перетворенні види енергії, які неможливо використовувати для виконання корисної роботи. Крім "неминучих" втрат, у робочому циклі виробництва можуть виникати "додаткові" втрати, обумовлені технічним станом агрегатів, експлуатацією їх у неоптимальних режимах роботи тощо.

У залежності від об'єкта енергоаудита енергетичні баланси можна підрозділити на баланси окремих агрегатів, груп агрегатів або установок і баланси окремих технологічних процесів, ділянок, цехів, промислових підприємств, галузей господарської діяльності та ін.

Для побудови енергетичного балансу необхідно кількісно визначити виявлені складові балансу. Відомі наступні методи вирішення зазначеної задачі: – експериментальний (дослідний); – розрахунково-аналітичний; – комбінований.

При виборі методу необхідно рахуватися з рядом факторів: з наявними технічними засобами, з можливістю проводити дослідження, з точністю і повнотою наявних технічних характеристик устаткування, а також даних енергетичного і технологічного обліку. З іншого боку необхідно враховувати складність структури енергобалансу, вид використовуваної енергії, ступінь сталості зовнішніх умов роботи установки, тип виробництва. Різноманітність цих умов робить недоцільною тверду регламентацію застосування того чи іншого способу для кожного конкретного випадку одержання енергобалансу.

Розглянемо основні переваги і недоліки перерахованих методів.

Найбільше точно енергобаланси устаткування можуть бути отримані експериментальним (дослідним) шляхом. У процесі випробовування устаткування за допомогою лабораторних приладів проводяться виміри підведеної до нього потужності, а також параметрів основного і усіх відгалужених енергопотоків. При цьому продуктивність (навантаження) досліджуваної установки підтримується постійною на заданому рівні. Такі дослідження проводяться для декількох значень продуктивності. У результаті одержуємо ряд енергобалансів, що відносяться до різного навантаження досліджуваної установки (її енергетичну характеристику).

Після закінчення експерименту характеристики підведеної потужності або втрат будуються по отриманим дослідним даним і, як правило, згладжуються (тобто будується не ламана лінія, а деяка монотонна крива). Характеристики питомих показників будуються по точках, що відповідають ординатам згладженої вихідної характеристики. Недотримання цього правила може призвести до розбіжності вихідних і похідних характеристик, що неприпустимо.

Експериментальний спосіб одержання енергобалансів є найбільш точним, проте, його використання вимагає наявності кваліфікованого персоналу і необхідної вимірювальної апаратури, можливості виведення з роботи установки на час її іспитів, проведення відповідних підготовчих робіт та ін. Тому можливості практичного застосування цього методу обмежені.

При використанні розрахунково-аналітичного методу корисна складової витрати енергії і її втрат визначаються розрахунковим шляхом на підставі фізико-хімічних і емпіричних залежностей. Однак, з метою забезпечення більшої точності результатів бажано й у цьому випадку визначати окремі елементи втрат шляхом проведення вимірів за допомогою приладів енергетичного обліку (наприклад, у такий спосіб може бути виконаний вимір втрат холостого ходу устаткування). Розрахунково-аналітичний спосіб дозволяє одержувати енергобаланси агрегатів для будь-яких значень технологічних параметрів і будь-якої продуктивності установки, що досить

корисно для аналізу і нормалізації питомих витрат енергії. При цьому можна побудувати не згладжені, а точні енергетичні характеристики устаткування.

Вочевидь, даний спосіб одержання енергобалансів з технічної й організаційної точок зору набагато простіший ніж експериментальний. Його застосування може бути обмежено лише відсутністю необхідних фізико-хімічних або емпіричних залежностей між потрібними параметрами.

Комбінований спосіб одержання енергобалансів є найбільш універсальним і доступним. Він являє собою сполучення експериментального і розрахунково-аналітичного способів. При використанні даного методу корисна складова витрати енергії визначається розрахунковим шляхом, а втрати енергії – експериментальним і розрахунковим способом. Найбільш часто на практиці застосовується саме комбінований спосіб одержання енергобалансів. Проте, слід пам'ятати, що в результаті використання одночасно двох різних по точності способів визначення корисної витрати і втрат енергії у енергобалансах можливі значні непогодженості.

Також необхідно зазначити, що навіть при використанні одного способу складання балансу при підстановці знайдених складових у формулу балансу строгої рівності часто не виходить. У цьому разі [1] необхідно продовжити теоретичний розгляд об'єкта з метою визначення раніше не врахованих статей витрати енергії і процес побудови балансу повторювати доти, поки не буде отримана строга рівність статей приходу і витрати енергії. Тільки в цьому випадку етап побудови балансу можна вважати завершеним і переходити до розгляду фактичного стану об'єкта.

Методика побудови енергетичного балансу передбачає послідовність робіт, яка містить п'ять етапів:

Етап 1. Обстеження енергетичного господарства і вивчення виробничо-технологічного процесу підприємства з метою одержання вихідних даних для розробки енергетичного балансу. Для одержання вихідної інформації необхідно користуватися дослідно-розрахунковим способом, яким визначають змінні втрати і пускові витрати. Розрахунковим способом

визначають корисну складову витрат і постійні втрати. Проведення вимірювань є найбільш трудомісткою частиною обстеження, тому є припустимим скорочення їхнього обсягу під час використання наявної інформації. Досвід розробки енергетичних балансів показує, що детальне обстеження доцільно проводити лише на енергоємних агрегатах.

Етап 2. На основі отриманої вихідної інформації – на підставі даних приладового обліку витрат і вироблення енергетичних ресурсів, а також за даними обліку їхніх параметрів, складаються енергетичні баланси у робочих формах. Під час складання енергетичного балансу у робочій формі важливим є розрахунок окремих складових балансу, які не можуть бути точно визначені на основі вимірювань (наприклад, втрати енергії в мережах), тому ці статті повинні визначатися розрахунковим методом. Розрахунковий метод також використовується для таких об'єктів енергетичного балансу, частка споживання енергії яких незначна порівняно з іншими об'єктами даної групи, які мають облік засобами вимірювальної техніки. Для таких об'єктів не рекомендується визначати витрати енергії як різницю між показаннями приладу групового обліку і сумою показань приладів обліку об'єктів, які мають окремі прилади обліку. Це пов'язано з тим, що такі розрахунки можуть призвести до великих помилок через похибки приладів обліку. Рекомендується визначати витрати енергії розрахунковим шляхом на основі підключеної потужності агрегатів, коефіцієнтів завантаження і тривалості роботи у звітному періоді. Під час складання фактичного енергетичного балансу мають місце так звані небаланси. Ці небаланси в обов'язковому порядку повинні бути рознесені на всі витратні статті пропорційно їх питомій вазі у загальних витратах енергії або зазначатися у спеціальній статті „небаланси”.

Етап 3. Складання фактичних енергетичних балансів в аналітичній формі. Для складання фактичних енергетичних балансів в аналітичній формі у першу чергу необхідно скласти енергетичні баланси окремих установок і цехів.

Етап 4. Аналізування фактичних енергетичних балансів в аналітичній формі, розроблення енергозощаджуючих заходів і побудування нормалізованих енергетичних балансів з урахуванням цих заходів. Необхідною умовою одержання достовірних результатів розрахунків потенціалу енергозощадження є забезпечення порівняння аналізованих енергетичних балансів. Це досягається шляхом складання нормалізованого і фактичного енергетичного балансу на той самий термін або обсяг робіт, випуск продукції однакового складу і якості.

Етап 5. Складання зведеного фактичного і нормалізованого енергетичного балансу підприємства в аналітичній формі.

Складання зведеного нормалізованого енергетичного балансу підприємства є завершальним етапом аналізу фактичного балансу підприємства. Аналогічно з фактичним енергетичним балансом підприємства нормалізований баланс будується як сума взаємопов'язаних індивідуальних балансів окремих установок і процесів.

Форми фактичного і нормалізованого енергетичного балансу однакові, проте порядок їхнього складання різний. Складання нормалізованого енергетичного балансу завжди здійснюється „знизувгору”. У першу чергу заповнюється стаття „корисне використання енергії”. Величина нормативних втрат по кожній групі установок і процесів визначається як сума нормативних втрат окремих установок. Після визначення нормативних втрат в установках варто перейти до визначення нормативних втрат енергії під час їх розподілу. Їхня величина визначається, виходячи з нормативного коефіцієнта втрат під час розподілу.

Корисно використана енергія визначається як кількість енергії, теоретично необхідна для впровадження тих або інших енергетичних процесів.

Для різних технологічних процесів корисне використання енергії приймається:

— для освітлення — за світловим потоком ламп;

- у силових (з використанням двигунів) процесах – за роботою на валу приводного двигуна;

- в електрохімічних і електрофізичних процесах – за витратами енергії, необхідної відповідно до теоретичних розрахунків;

- в термічних процесах – за теоретичними витратами енергії на нагрівання, плавлення, випаровування матеріалу і проведення ендотермічних реакцій;

- в опаленні, вентиляції, кондиціюванні, гарячому водопостачанні – за кількістю теплоти, отриманої споживачем тощо.

Показником достовірності складення балансу є величина „нев’язкі” між дохідною і витратними частинами. Під час складання енергетичного балансу агрегатів величина „нев’язкі” повинна бути не більша $\pm 3\%$, а для підприємства в цілому $\pm 5\%$.

Для аналізування факторів, які впливають на ефективність використання енергетичних ресурсів, використовують:

- причинно-наслідкові діаграми;
- діаграми Парето; – гістограми;
- методи кореляційного аналізу;
- індексний метод;
- методи експертного оцінювання тощо.

Аналізування енергетичного балансу повинно приводитися у вигляді таблиць, діаграм та графіків. Енергетичний баланс у вигляді таблиць дає змогу одночасно порівнювати його складові, як в іменованих одиницях так і у процентах. Графічне зображення енергетичних балансів у вигляді діаграм дозволяє здійснювати наочне відображення частки споживання енергії у відсотках. Залежно від поставленого завдання для аналізу балансу можуть застосовуватися такі види діаграм:

- а) для порівняння частки споживання декількох енергоносіїв одним об’єктом за певний проміжок часу:

- кругові секторні діаграми;

- односмугові діаграми;
- одностовпчикові діаграми;

б) для порівняння частки споживання за призначенням одного виду енергоносія окремими об'єктами або підприємством в цілому:

- балансові діаграми;
- кругові секторні діаграми;
- односмугові діаграми;
- одностовпчикові діаграми;

в) для порівняння частки споживання одного виду енергоносія окремими об'єктами або підприємством в цілому з урахуванням втрат енергоносія:

- балансові діаграми;
- кругові секторні діаграми;
- односмугові діаграми;
- одностовпчикові діаграми.

Приклад.

1 Складання енергетичного балансу системи електропостачання

Скласти енергетичний баланс активної і реактивної енергії системи електропостачання. Розробити енергозощаджуючі заходи та скласти нормалізований енергетичний баланс.

Схема електропостачання показана на рис. 1.

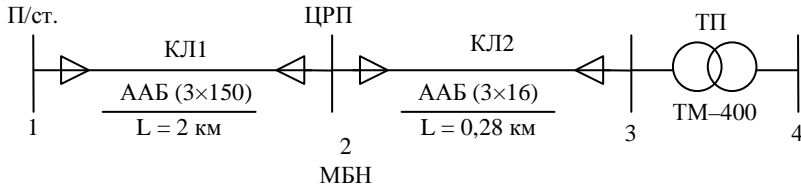


Рис.1. Схема системи електропостачання

Етап 1. Обстеження системи електропостачання.

Облік споживання електричної енергії ведеться електронним лічильником встановленим в точці 4 рис. 1. Межа балансової належності (МБН) встановлена на ЦРП, а відповідно втрати електричної енергії в КЛ1 не входять до балансу підприємства. Під час вимірювань були отримані добові графіки споживання активної і реактивної потужності в точці обліку 4 (рис.2).

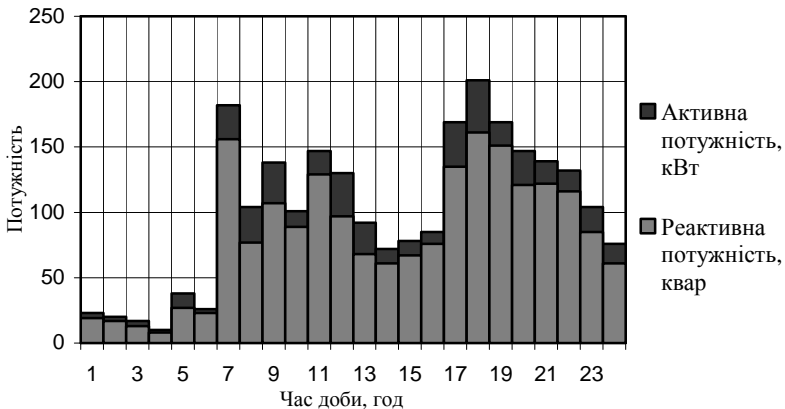


Рис. 2. Добовий графік споживання активної і реактивної потужності споживачем

Етап 2. Складаємо енергетичні баланси у робочих формах. Для цього потрібно розрахувати всі його складові.

З аналізу схеми електропостачання запишемо статті енергетичного балансу:

- а) для активної енергії:
 - втрати кабельній лінії КЛ2;
 - втрати холостого ходу трансформатора;
 - навантажувальні втрати трансформатора;
 - корисно спожита електроенергія;

б) для реактивної електроенергії:

- генерація кабельною лінією КЛ2;
- втрати холостого ходу трансформатора;
- навантажувальні втрати трансформатора;
- корисно спожита електроенергія.

Для визначення втрат електроенергії в елементах системи електропостачання складемо схему заміщення (рис. 3) та обчислимо її параметри.

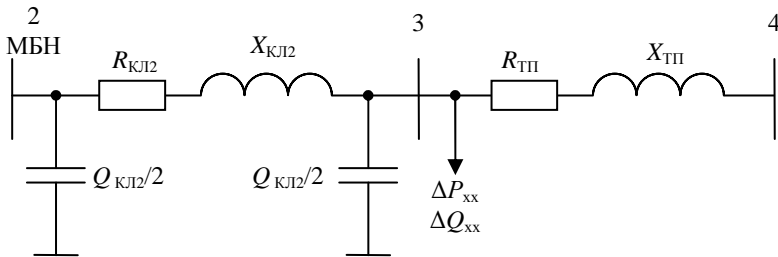


Рис. 3. Схема заміщення системи електропостачання

Реактивна потужність, яка генерується КЛ2

$$Q_{\text{КЛ2}}/2 = q_0 l/2 = 5,9 \cdot 0,28/2 = 0,83 \text{ квар.}$$

Активний опір КЛ2

$$R_{\text{КЛ2}} = r_0 l = 1,94 \cdot 0,28 = 0,54 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір КЛ2

$$X_{\text{КЛ2}} = x_0 l = 0,113 \cdot 0,28 = 0,03 \text{ Ом.}$$

де q_0 , r_0 , x_0 – погонні параметри КЛ (знаходимо з Додадку Б).

Втрати реактивної потужності холостого ходу трансформатора

$$\Delta Q_{\text{хх}} = S_{\text{хх}} \frac{I_{\text{хх}}^2}{100} = 400 \frac{2,1}{100} = 8,4 \text{ квар.}$$

Активний опір ТП

$$R_{\text{ТП}} = \frac{\Delta P_{\text{к3}} U_{\text{н}}^2}{S_{\text{тр}}^2} = \frac{5,5 \cdot 10^2}{400^2} 10^3 = 3,44 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір ТП знаходимо з повного

$$Z_{\text{ТП}} = \frac{U_{\text{к3}} U_{\text{н}}^2}{100 S_{\text{тр}}} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 400} 10^3 = 11,25 \text{ Ом,}$$

$$\text{тоді } X_{\text{ТП}} = \sqrt{Z_{\text{ТП}}^2 - R_{\text{ТП}}^2} = \sqrt{11,25^2 - 3,44^2} = 10,71 \text{ Ом.}$$

де $U_{\text{к3}}$, $I_{\text{хх}}$, $\Delta P_{\text{к3}}$, $\Delta P_{\text{хх}}$, $S_{\text{тр}}$ – паспортні дані трансформатора (з Додадку Б).

Розрахуємо втрати потужності для першої сходинки графіка (0-1 год.).

У трансформаторі ТП:

– навантажувальні втрати активної потужності

$$\Delta P_{\text{ТП}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{Н}}^2} R_{\text{ТП}} \cdot 10^{-3} = \frac{23^2 + 19^2}{10^2} 3,44 \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ кВт};$$

– навантажувальні втрати реактивної потужності

$$\Delta Q_{\text{ТП}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{Н}}^2} X_{\text{ТП}} \cdot 10^{-3} = \frac{23^2 + 19^2}{10^2} 10,71 \cdot 10^{-3} = 0,095 \text{ квар.}$$

Потужність на шинах ТП:

$$P_3 = P + \Delta P_{\text{ТП}} + \Delta P_{\text{xx}} = 23 + 0,031 + 1,45 = 24,481 \text{ кВт},$$

$$Q_3 = Q + \Delta Q_{\text{ТП}} + \Delta Q_{\text{xx}} = 19 + 0,095 + 8,4 = 27,495 \text{ квар.}$$

Втрати у КЛ2:

$$Q_3' = Q_3 - Q_{\text{КЛ2}}/2 = 27,495 - 0,83 = 26,665 \text{ квар},$$

– втрати активної потужності

$$\Delta P_{\text{КЛ2}} = \frac{P_3^2 + (Q_3')^2}{U_{\text{Н}}^2} R_{\text{КЛ2}} \cdot 10^{-3} = \frac{24,48^2 + 26,665^2}{10^2} 0,54 \cdot 10^{-3} = 0,007 \text{ кВт};$$

– втрати реактивної потужності

$$\Delta Q_{\text{КЛ2}} = \frac{P_3^2 + (Q_3')^2}{U_{\text{Н}}^2} X_{\text{КЛ2}} \cdot 10^{-3} = \frac{24,48^2 + 26,665^2}{10^2} 0,03 \cdot 10^{-3} = 0,0004 \text{ квар}$$

Потужність на межі МБН:

$$P_2 = P_3 + \Delta P_{\text{КЛ2}} = 24,481 + 0,007 = 24,488 \text{ кВт},$$

$$Q_2 = Q_3' + \Delta Q_{\text{КЛ2}} - Q_{\text{КЛ2}}/2 = 26,665 + 0,0004 - 0,83 = 25,836 \text{ квар.}$$

Розрахунок втрат в елементах системи електропостачання для інших сходинок графіка є подібним, результати розрахунку для них наведені у табл. 1.

Розрахунок енергій відповідних статей балансу:

а) для активної енергії:

– втрати в кабельній лінії КЛ2

$$\Delta W_{\text{КЛ2}} = \sum_{i=1}^{24} \Delta P_{\text{КЛ2},i} t_i = 0,007 \cdot 1 + 0,006 \cdot 1 + 0,004 \cdot 1 + 0,002 \cdot 1 + 0,015 \cdot 1 + \\ + 0,009 \cdot 1 + 0,341 \cdot 1 + 0,101 \cdot 1 + 0,182 \cdot 1 + 0,110 \cdot 1 + 0,228 \cdot 1 + 0,157 \cdot 1 + \\ + 0,080 \cdot 1 + 0,055 \cdot 1 + 0,065 \cdot 1 + 0,080 \cdot 1 + 0,277 \cdot 1 + 0,393 \cdot 1 + 0,306 \cdot 1 + \\ + 0,216 \cdot 1 + 0,204 \cdot 1 + 0,185 \cdot 1 + 0,109 \cdot 1 + 0,059 \cdot 1 = 3,19 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

втрати енергії у трансформаторі і корисно спожита енергія розраховуються аналогічно, результати розрахунку наведені в табл. 1;

– втрати енергії при холостому ході трансформатора

$$\Delta W_{\text{ТПxx}} = \Delta P_{\text{xx}} t = 1,45 \cdot 24 = 34,8 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

– навантажувальні втрати трансформатора

$$\Delta W_{\text{ТП}} = 18,296 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Таблиця 1. Розрахунок втрат активної і реактивної потужності в елементах системи електропостачання

Час, год.	Навантаження		Навантажувальні втрати в ТП		Потужність на шинах ТП		Втрати в КЛ		Потужність на МБН	
	Р, кВт	Q, квар	$\Delta P_{\text{ТП}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{ТП}}$, квар	Р ₃ , кВт	Q ₃ , квар	$\Delta P_{\text{КЛ2}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{КЛ2}}$, квар	Р ₂ , кВт	Q ₂ , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	23	19	0,031	0,095	24,481	27,495	0,007	0,0004	24,488	25,836
2	20	17	0,024	0,074	21,474	25,474	0,006	0,0003	21,479	23,814
3	17	13	0,016	0,049	18,466	21,449	0,004	0,0002	18,470	19,789
4	10	8	0,006	0,018	11,456	16,418	0,002	0,0001	11,458	14,758
5	38	27	0,075	0,233	39,525	35,633	0,015	0,0008	39,540	33,974
6	26	23	0,041	0,129	27,491	31,529	0,009	0,0005	27,501	29,870
7	182	156	1,977	6,154	185,427	170,554	0,341	0,0190	185,768	168,913
8	104	77	0,576	1,793	106,026	87,193	0,101	0,0056	106,127	85,539
9	138	107	1,049	3,266	140,499	118,666	0,182	0,0101	140,681	117,016
10	101	89	0,623	1,941	103,073	99,341	0,110	0,0061	103,183	97,687
11	147	129	1,316	4,097	149,766	141,497	0,228	0,0127	149,994	139,849
12	130	97	0,905	2,818	132,355	108,218	0,157	0,0087	132,512	106,566
13	92	68	0,450	1,402	93,900	77,802	0,080	0,0044	93,980	76,146
14	72	61	0,306	0,954	73,756	70,354	0,055	0,0031	73,812	68,697
15	78	67	0,364	1,132	79,814	76,532	0,065	0,0036	79,879	74,876
16	85	76	0,447	1,392	86,897	85,792	0,080	0,0044	86,977	84,137

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	169	135	1,609	5,011	172,059	148,411	0,277	0,0154	172,337	146,766
18	201	161	2,281	7,103	204,731	176,503	0,393	0,0218	205,124	174,865
19	169	151	1,767	5,501	172,217	164,901	0,306	0,0170	172,522	163,258
20	147	121	1,247	3,882	149,697	133,282	0,216	0,0120	149,913	131,634
21	139	122	1,177	3,663	141,627	134,063	0,204	0,0113	141,831	132,415
22	132	116	1,062	3,307	134,512	127,707	0,185	0,0103	134,697	126,058
23	104	85	0,621	1,932	106,071	95,332	0,109	0,0061	106,180	93,678
24	76	61	0,327	1,017	77,777	70,417	0,059	0,0033	77,836	68,760
Всього	2400	1986	18,296	56,963			3,190	0,177	2456,286	2204,900

– корисно спожита електроенергія

$$W = 2400 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

б) для реактивної електроенергії:

– втрати в кабельній лінії

$$\Delta V_{\text{КЛ}2} = 0,177 \text{ квар} \cdot \text{год};$$

– генерація кабельною лінією

$$\Delta V_{\text{КЛ}2\text{ген}} = (Q_{\text{КЛ}2}/2) \cdot t \cdot 2 = 0,83 \cdot 24 \cdot 2 = 39,84 \text{ квар} \cdot \text{год};$$

– втрати холостого ходу трансформатора

$$\Delta V_{\text{ТПхх}} = \Delta Q_{\text{хх}} \cdot t = 8,4 \cdot 24 = 201,6 \text{ квар} \cdot \text{год};$$

– навантажувальні втрати трансформатора

$$\Delta V_{\text{ТП}} = 56,963 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

– корисно спожита електроенергія

$$V = 1986 \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

Етап 3. Складаємо енергетичні баланси в аналітичній формі.

Для цього відобразимо розраховані значення статей енергетичного балансу коловою діаграмою з частиною значень, винесених в гістограму (рис. 4, 5).

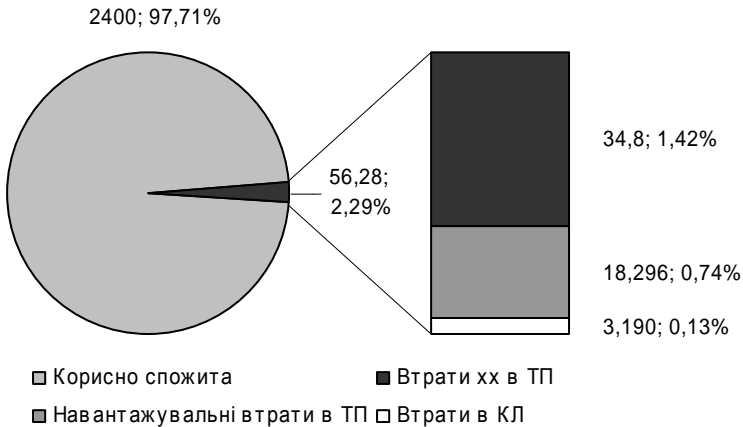


Рис. 4. Енергетичний баланс активної енергії системи електропостачання

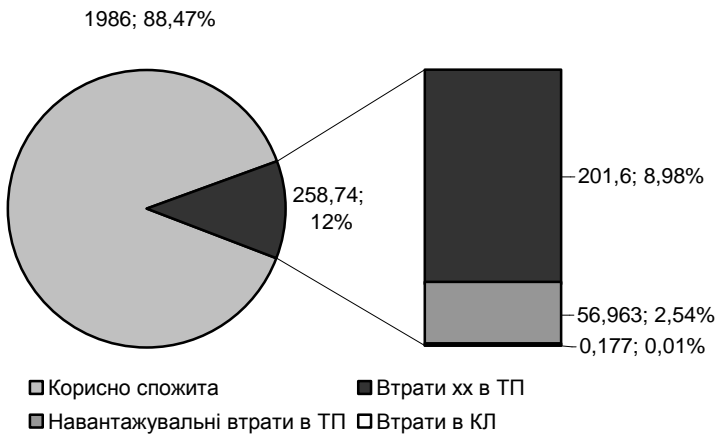


Рис. 5. Енергетичний баланс реактивної енергії системи електропостачання

2. Аналіз енергетичного балансу

Етап 4. Проведемо аналіз фактичних енергетичних балансів в аналітичній формі, запропонуємо заходи з енергозощадження.

Аналіз енергетичних балансів в аналітичній формі

Аналіз енергетичного балансу активної потужності показує, що втрати холостого ходу трансформатора ТП у порівнянні з навантажувальними втратами майже удвічі більші (рис. 4). Це свідчить про неефективне використання трансформаторної потужності.

З аналізу добового графіка споживання потужності видно, що максимальне значення становить:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} = \sqrt{201^2 + 161^2} = 258 \text{ кВА.}$$

Використання конденсаторної установки дозволяє застосувати трансформатор меншої потужності (на 250 кВА) без перевантаження. Це дозволить зменшити втрати активної енергії на її перетворення. Також використання конденсаторної установки дозволить зменшити втрати активної енергії на передачу реактивної та зменшить споживання реактивної енергії з мережі енергосистеми. Аналіз втрат активної енергії в кабельній лінії показує, що її значення в загальному енергетичному балансі незначне та складає менше одного відсотка. Це пояснюється відносно невеликою довжиною кабельної лінії та малою

потужність споживача. Тому розглядати та впроваджувати енергозаощаджуючі заходи в кабельній лінії є недоцільним.

Розробка енергозаощаджуючих заходів

Вибір потужності конденсаторної установки проведемо з умови забезпечення в максимум навантаження нормативного $\text{tg}\varphi = 0,15$. Тоді потужність КУ

$$Q_{\text{ку}} = P_{\text{max}}(\text{tg}\varphi_{\text{пр}} - \text{tg}\varphi) = 201(0,8 - 0,15) = 130,65 \text{ квар},$$

де $\text{tg}\varphi_{\text{пр}} = Q_{\text{max}}/P_{\text{max}} = 161/201 = 0,8$ – природний коефіцієнт потужності.

Приймаємо стандартну батарею конденсаторів УКМ58-0,4-133-33, яка має чотири ступені регулювання по 33 квар кожна.

Замість трансформатора ТМ-400/10 встановлюємо ТМ-250/10.

3. Побудова нормалізованих енергетичних балансів з урахуванням енергозаощаджуючих заходів

Побудова нормалізованих енергетичних балансів з урахуванням енергозаощаджуючих заходів

Для визначення втрат електроенергії в елементах системи електропостачання обчислимо параметри схеми заміщення нового трансформатора.

Втрати реактивної потужності холостого ходу

$$\Delta Q_{\text{xx}} = S_{\text{xx}} \frac{I_{\text{xx}}}{100} = 250 \frac{2,3}{100} = 5,75 \text{ квар}.$$

Активний опір ТП

$$R_{\text{ТП}} = \frac{\Delta P_{\text{к3}} U_{\text{н}}^2}{S_{\text{тр}}^2} = \frac{3,7 \cdot 10^2}{250^2} 10^3 = 5,92 \text{ Ом}.$$

Індуктивний опір ТП

$$Z_{\text{ТП}} = \frac{U_{\text{к3}} U_{\text{н}}^2}{100 S_{\text{тр}}} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 250} 10^3 = 18 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{ТП}} = \sqrt{Z_{\text{ТП}}^2 - R_{\text{ТП}}^2} = \sqrt{18^2 - 3,44^2} = 17 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо втрати потужності для першої сходинки графіка (0-1 год.). Враховуючи, що реактивне навантаження на цій сходинці менше, ніж мінімальна сходинка обраної батареї конденсаторів ($Q = 19 \text{ квар} < 33 \text{ квар}$). – всі секції будуть відключені. В цьому випадку через усі елементи системи електропостачання протікатиме реактивна потужність $Q = 19 \text{ квар}$.

Втрати активної потужності на генерування реактивної батареєю конденсаторів:

$$\Delta P_{\text{ку}} = \Delta p_0 \cdot Q_{\text{ку}} = 0,0045 \cdot 0 = 0 \text{ кВт},$$

Втрати в трансформаторі ТП:

– споживання реактивної потужності з урахуванням генерації батареєю конденсаторів

$$Q' = Q - Q_{\text{кв}} = 19 - 0 = 19 \text{ квар};$$

– навантажувальні втрати активної потужності

$$\Delta P_{\text{ТП}} = \frac{P^2 + (Q')^2}{U_{\text{Н}}^2} R_{\text{ТП}} \cdot 10^{-3} = \frac{23^2 + 19^2}{10^2} 5,92 \cdot 10^{-3} = 0,053 \text{ кВт};$$

– навантажувальні втрати реактивної потужності

$$\Delta Q_{\text{ТП}} = \frac{P^2 + (Q')^2}{U_{\text{Н}}^2} X_{\text{ТП}} \cdot 10^{-3} = \frac{23^2 + 19^2}{10^2} 17 \cdot 10^{-3} = 0,151 \text{ квар}.$$

Потужність на шинах ТП:

$$P_3 = P + \Delta P_{\text{ТП}} + \Delta P_{\text{хх}} = 23 + 0,053 + 1,05 = 24,103 \text{ кВт},$$

$$Q_3 = Q' + \Delta Q_{\text{ТП}} + \Delta Q_{\text{хх}} = 19 + 0,151 + 5,75 = 24,901 \text{ квар}.$$

Втрати в КЛ2:

$$Q_3' = Q_3 - Q_{\text{КЛ2}}/2 = 24,901 - 0,83 = 24,071 \text{ квар},$$

– втрати активної потужності

$$\Delta P_{\text{КЛ2}} = \frac{P_3^2 + (Q_3')^2}{U_{\text{Н}}^2} R_{\text{КЛ2}} \cdot 10^{-3} = \frac{24,103^2 + 24,071^2}{10^2} 0,54 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{ кВт};$$

– втрати реактивної потужності

$$\Delta Q_{\text{КЛ2}} = \frac{P_3^2 + (Q_3')^2}{U_{\text{Н}}^2} X_{\text{КЛ2}} \cdot 10^{-3} = \frac{24,103^2 + 24,071^2}{10^2} 0,03 \cdot 10^{-3} = 0,0003 \text{ квар}$$

Потужність на МБН

$$P_2 = P_3 + \Delta P_{\text{КЛ2}} = 24,103 + 0,006 = 24,488 \text{ кВт},$$

$$Q_2 = Q_3' + \Delta Q_{\text{КЛ2}} - Q_{\text{КЛ2}}/2 = 24,071 + 0,0003 - 0,83 = 23,241 \text{ квар}.$$

Розрахунок втрат в елементах системи електропостачання для інших сходинок графіка подібний, результати розрахунку наведені у табл. 2.

Розрахунок енергій відповідних статей балансу:

а) для активної енергії:

– втрати в кабельній лінії КЛ2

$$\Delta W_{\text{КЛ2}} = \sum_{i=1}^{24} \Delta P_{\text{КЛ2}i} t_i = 0,006 \cdot 1 + 0,005 \cdot 1 + 0,004 \cdot 1 + 0,002 \cdot 1 + 0,014 \cdot 1 + \\ + 0,008 \cdot 1 + 0,192 \cdot 1 + 0,062 \cdot 1 + 0,108 \cdot 1 + 0,062 \cdot 1 + 0,129 \cdot 1 + 0,103 \cdot 1 + \\ + 0,048 \cdot 1 + 0,035 \cdot 1 + 0,035 \cdot 1 + 0,042 \cdot 1 + 0,161 \cdot 1 + 0,236 \cdot 1 + 0,165 \cdot 1 + \\ + 0,126 \cdot 1 + 0,114 \cdot 1 + 0,101 \cdot 1 + 0,064 \cdot 1 + 0,039 \cdot 1 = 1,861 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунок втрат енергії у трансформаторі та корисно спожита енергія розраховуються аналогічно, результати розрахунку наведені у табл. 2;

– втрати енергії при холостому ході трансформатора

$$\Delta W_{\text{ТПхх}} = \Delta P_{\text{хх}} t = 1,05 \cdot 24 = 25,2 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Таблиця 2. Розрахунок втрат активної і реактивної потужності в елементах системи електропостачання.

Час, год.	Навантаження		$Q_{ку}$, квар	Втрати в КУ, кВт	Навантажувальні втрати в ТП		Потужність на шинах ТП		Втрати в КЛ		Потужність на МБН	
	P , кВт	Q , квар			$\Delta P_{ТП}$, кВт	$\Delta Q_{ТП}$, квар	P_3 , кВт	Q_3 , квар	$\Delta P_{КЛ2}$, кВт	$\Delta Q_{КЛ2}$, квар	P_2 , кВт	Q_2 , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	23	19	0	0,000	0,053	0,151	24,103	24,901	0,006	0,0003	24,109	23,242
2	20	17	0	0,000	0,041	0,117	21,091	22,867	0,005	0,0003	21,096	21,207
3	17	13	0	0,000	0,027	0,078	18,077	18,828	0,004	0,0002	18,081	17,168
4	10	8	0	0,000	0,010	0,028	11,060	13,778	0,002	0,0001	11,061	12,118
5	38	27	0	0,000	0,129	0,369	39,179	33,119	0,014	0,0008	39,193	31,460
6	26	23	0	0,000	0,071	0,205	27,121	28,955	0,008	0,0005	27,130	27,295
7	182	156	133	0,599	2,005	5,758	185,654	34,508	0,192	0,0107	185,846	32,859
8	104	77	66	0,297	0,651	1,870	105,998	18,620	0,062	0,0035	106,061	16,963
9	138	107	99	0,446	1,138	3,269	140,634	17,019	0,108	0,0060	140,742	15,365
10	101	89	66	0,297	0,639	1,834	102,986	30,584	0,062	0,0034	103,048	28,928
11	147	129	99	0,446	1,340	3,849	149,836	39,599	0,129	0,0072	149,965	37,946
12	130	97	66	0,297	1,062	3,050	132,409	39,800	0,103	0,0057	132,512	38,145
13	92	68	66	0,297	0,505	1,449	93,852	9,199	0,048	0,0027	93,899	7,542
14	72	61	33	0,149	0,355	1,018	73,553	34,768	0,035	0,0020	73,589	33,110
15	78	67	66	0,297	0,363	1,042	79,710	7,792	0,035	0,0019	79,745	6,134
16	85	76	66	0,297	0,437	1,254	86,784	17,004	0,042	0,0023	86,826	15,346

Продовження табл. 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	169	135	133	0,599	1,703	4,891	172,352	12,641	0,161	0,0090	172,513	10,989
18	201	161	133	0,599	2,452	7,042	205,101	40,792	0,236	0,0131	205,337	39,146
19	169	151	133	0,599	1,722	4,945	172,370	28,695	0,165	0,0091	172,535	27,044
20	147	121	99	0,446	1,316	3,778	149,811	31,528	0,126	0,0070	149,937	29,875
21	139	122	99	0,446	1,182	3,396	141,678	32,146	0,114	0,0063	141,792	30,492
22	132	116	99	0,446	1,056	3,031	134,551	25,781	0,101	0,0056	134,652	24,127
23	104	85	66	0,297	0,665	1,911	106,012	26,661	0,064	0,0036	106,077	25,004
24	76	61	33	0,149	0,390	1,119	77,588	34,869	0,039	0,0022	77,627	33,211
Всього	2400	1986	1555	6,998	19,311	55,454			1,861	0,103	2453,370	584,717

- навантажувальні втрати трансформатора
 $\Delta W_{\text{ТП}} = 19,311 \text{ кВт} \cdot \text{год};$
 - втрати активної енергії на генерацію реактивної
 $\Delta W_{\text{ку}} = 6,998 \text{ кВт} \cdot \text{год};$
 - корисно спожита електроенергія
 $W = 2400 \text{ кВт} \cdot \text{год};$
- б) для реактивної електроенергії:
- втрати в кабельній лінії
 $\Delta V_{\text{КЛ2}} = 0,103 \text{ квар} \cdot \text{год};$
 - генерація кабельною лінією
 $\Delta V_{\text{КЛ2ген}} = (Q_{\text{КЛ2}}/2) \cdot t \cdot 2 = 0,83 \cdot 24 \cdot 2 = 39,84 \text{ квар} \cdot \text{год};$
 - генерація батареєю конденсаторів
 $\Delta V_{\text{ку}} = 1555 \text{ квар} \cdot \text{год};$
 - втрати холостого ходу трансформатора
 $\Delta V_{\text{ТПхх}} = \Delta Q_{\text{хх}} \cdot t = 5,75 \cdot 24 = 138 \text{ квар} \cdot \text{год};$
 - навантажувальні втрати трансформатора
 $\Delta V_{\text{ТП}} = 55,454 \text{ кВт} \cdot \text{год};$
 - корисно спожита електроенергія
 $V = 1986 \text{ квар} \cdot \text{год}.$

Етап 5. Складемо зведений фактичний і нормалізований енергетичний баланси підприємства в аналітичній формі. Для цього відобразимо розраховані значення статей енергетичного балансу гістограмою з накопиченням (рис. 6, 7, 8)

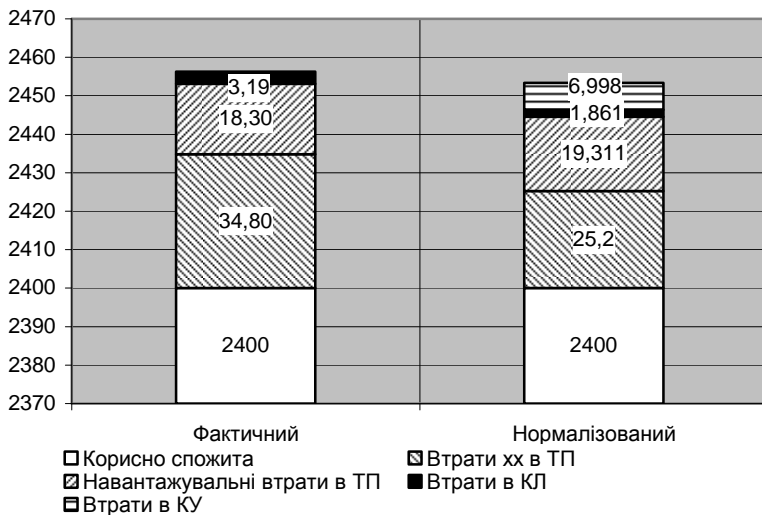


Рис. 6. Енергетичний баланс активної енергії системи електропостачання.

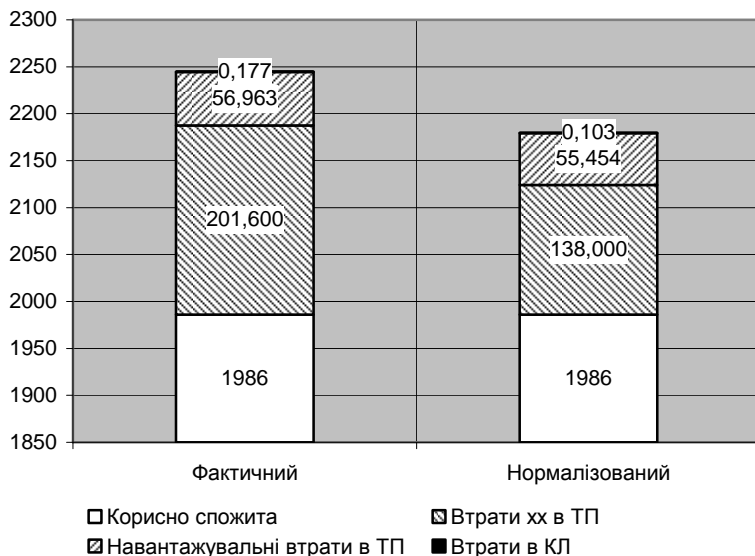


Рис. 7. Енергетичний баланс реактивної енергії системи електропостачання.

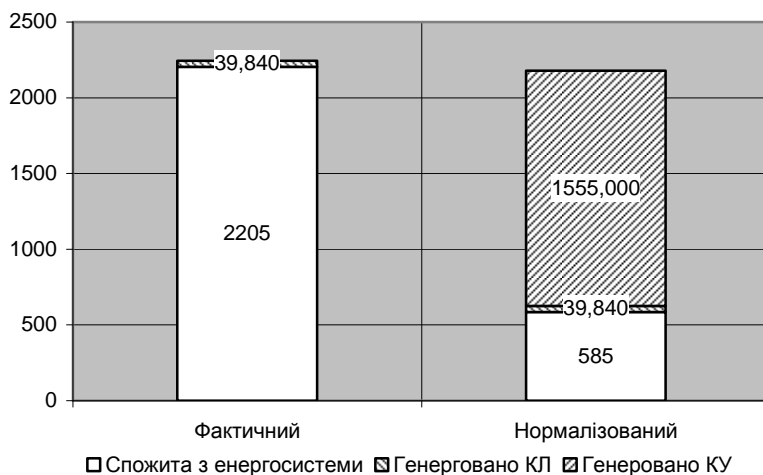


Рис. 8. Енергетичний баланс споживання реактивної енергії.

Аналіз фактичного і нормалізованого енергетичних балансів активної енергії системи електропостачання (рис. 3.6) доводить, що:

- використання трансформатора меншої потужності дозволяє зменшити втрати холостого ходу на 38 %;

- використання батареї конденсаторів – зменшити втрати в кабельній лінії на 71 %;

- використання трансформатора меншої потужності разом з батареєю конденсаторів дозволяє залишити навантажувальні втрати в трансформаторі майже без змін (збільшилися на 5,5 %).

Аналіз фактичного і нормалізованого енергетичних балансів реактивної енергії системи електропостачання (рис..7) показує аналогічні тенденції, що і у енергетичному балансі активної енергії – зменшення втрат холостого ходу на 46 %, втрат в КЛ – на 72 %, збільшення навантажувальних втрат на 3 %.

Використання батареї конденсаторів суттєво змінює фактичний енергетичний баланс споживання реактивної енергії (рис..8). Споживання реактивної енергії з мережі енергосистеми зменшиться у 3,8 рази, що суттєво вплине на зменшення оплати за споживання реактивної енергії.

3.ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

Тема 1. Суть і значення енергетичного менеджменту для ефективного енергозабезпечення підприємства.

Питання :

Основні поняття та визначення.

Енергетичний потенціал України та його складові.

Роль і значення енергетичного менеджменту на підприємстві...

Обов'язки енергоменеджера та вимоги до нього

Прийняття рішень щодо раціонального енергозабезпечення підприємства

Тема 2. Формування стратегій енергозабезпечення

Питання :

Види стратегій енергозабезпечення.

Економічне обґрунтування обраних стратегій енергозабезпечення.

Методи оцінки інвестицій у стратегічне енергозабезпечення

Тема 3. Управління процесами енергозабезпечення

Питання :

Основні принципи керування енерго-використанням.

Координоване планування

Управління енергетичними навантаженням

Маркетинг енергозабезпечення

Тема 4. Нормалізація енергоспоживання та управління процесами енергозабезпечення.

Питання :

Суть і задачі нормалізації енергоспоживання.

Види норм питомих витрат енергії та вимоги до них.

Методика визначення індивідуальних норм витрат електроенергії.

Енергетичні баланси

Тема 5. Економічна ефективність управління енергозбереженням на підприємстві

Питання :

Структура технологічних організаційно-технічних заходів.

Економічні показники організаційно-технічних заходів.

Методика оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження.

Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетичний аудит : навч. посіб. /О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, та інші. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
2. Енергоаудит :. посіб. для слухачів навчальних курсів з енергетичного менеджменту / уклад. А.А.Маліновський. - Львів, 2000. - 92 с.
3. Енергетичний менеджмент : навч. посіб. / А.В. Праховник, В.П. Розен, О.В. Разумовський та інші. - К.: Нот. ф-ка, 1999. - 184 с.
4. Энергетический менеджмент / А. В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. - К: ІЕЕ НТУУ “КПІ”, 2001. – 470 с.
5. Справочник по теплоснабжению в вентиляции. Книга 1-я. / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем, Ф.И. Скороходько, Е.И. Чечик и др. – К.: Будівельник, 1976. – 416 с.
6. Метрологічне забезпечення енергетичного контролю і аудиту : посіб. для слухачів навч. курсів з енергетичного менеджменту / уклад. А.А.Маліновський. - Львів, 2000. – 64 с.

ДОДАТОК А. ВИХІДНІ ДАННІ

Завдання

Скласти енергетичний баланс активної і реактивної енергії системи електропостачання рис.1. Розробити енергозощаджуючі заходи та скласти нормалізований енергетичний баланс. Графік споживання активної і реактивної потужності, а також дані про елементи системи електропостачання по варіантах наведені у табл. 3 Додатку А. Межа балансової належності задається викладачем.

Таблиця 3. Вихідні данні для розрахунку енергетичного балансу

Т, год.	Варіант									
	1		2		3		4		5	
	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар	<i>P</i> , кВт	<i>Q</i> , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	74	64	142	100	132	115	87	67	209	152
2	39	30	113	91	172	124	52	42	240	212
3	44	31	48	43	73	56	24	20	30	23
4	12	11	50	35	31	26	212	172	167	126
5	46	40	38	31	166	146	145	103	50	40
6	19	15	124	100	58	41	108	83	110	78
7	175	150	242	196	481	366	374	319	527	435
8	217	185	292	234	326	240	390	303	391	335
9	155	116	177	139	147	104	217	171	345	256
10	128	98	193	149	224	189	212	182	228	160
11	97	75	122	105	279	217	193	158	445	367
12	176	138	145	104	205	171	182	148	386	299
13	30	27	154	116	193	167	187	151	299	257
14	135	117	89	75	346	263	240	211	305	257
15	103	75	53	43	168	137	343	307	366	292
16	95	78	100	90	325	252	243	189	297	208
17	105	74	210	175	230	180	381	279	566	405
18	240	176	151	127	166	119	218	173	442	342
19	224	167	255	195	262	213	434	353	415	311
20	124	93	287	221	306	253	398	312	540	457
21	119	98	89	68	321	253	212	167	485	350
22	150	116	105	93	199	162	299	214	319	225
23	78	57	195	164	181	157	209	168	60	60
24	40	32	37	30	17	15	189	141	32	28
КЛ1	3×50	1,5 км	3×70	2 км	3×50	2,5 км	3×70	3 км	3×50	3,5 км
КЛ2	3×16	500 м	3×25	200 м	3×25	450 м	3×25	600 м	3×25	250 м
Тр-р	ТМ-400		ТМ-630		ТМ-1000		ТМ-630		ТМ-1000	

	Вариант									
	6		7		8		9		10	
	P , кВт	Q , квар	P , кВт	Q , квар	P , кВт	Q , квар	P , кВт	Q , квар	P , кВт	Q , квар
1	32	27	62	54	128	115	3	3	187	152
2	18	13	9	7	122	97	163	127	184	138
3	86	73	74	55	36	28	25	22	173	152
4	11	9	131	114	137	121	199	158	216	171
5	19	16	94	70	60	47	44	37	113	81
6	27	21	120	101	194	163	101	81	115	89
7	154	109	197	142	157	137	452	401	378	307
8	176	141	196	173	304	230	438	335	472	360
9	110	94	112	91	180	159	287	202	96	82
10	72	57	92	72	206	161	325	238	183	134
11	28	21	191	141	220	193	98	72	30	21
12	109	93	163	115	262	233	140	125	185	163
13	179	137	144	105	173	138	218	155	154	133
14	114	87	163	141	335	288	104	89	190	161
15	76	66	261	212	54	40	184	154	283	202
16	139	112	166	121	347	262	226	159	108	80
17	205	159	147	125	268	227	554	473	296	236
18	196	141	150	114	335	260	133	96	189	137
19	147	123	310	258	295	207	265	202	320	238
20	84	62	126	107	367	264	368	286	528	445
21	36	31	146	126	184	135	287	217	334	264
22	88	63	179	155	355	312	200	160	257	229
23	42	37	76	66	238	174	350	287	332	245
24	31	23	78	58	105	76	24	18	91	77
КЛ1	3×70	1 км	3×50	1,5 км	3×70	2 км	3×50	2,5 км	3×70	3 км
КЛ2	3×16	300 м	3×25	500 м	3×25	450 м	3×25	800 м	3×25	700 м
Тр-р	ТМ-400		ТМ-630		ТМ-630		ТМ-1000		ТМ-1000	

ДОДАТОК Б. Довідникові дані

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИФАЗНИХ ДВООБМОТКОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга к. з. %	Струм х. х. %
		ВН	НН	х. х	к. з		
ТМ – 25	25	6; 10	0,23; 0,4	0,125	0,6	4,5	3,2
ТМ – 40	40	6; 10	0,23; 0,4	0,18	0,88	4,5	3
ТМ – 63	63	6; 10	0,23; 0,4	0,265	1,28	4,5	2,8
ТМ – 100	100	6; 10	0,23; 0,4	0,365	1,97	4,5	2,6
ТМ – 160	160	6; 10	0,23; 0,4	0,54	2,65	4,5	2,4
ТМ – 250	250	6; 10	0,23; 0,4	1,05	3,7	4,5	2,3
ТМ – 400	400	6; 10	0,23; 0,4	1,45	5,5	4,5	2,1
ТМ – 630	630	6; 10	0,23; 0,4	2,27	7,6	5,5	2
ТМ – 1000	1000	6; 10	0,23; 0,4	3,8	12,7	5,5	3

РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛІВ

Переріз жили, мм ²	Активний опір на 1 км довжини при 20 °С		Індуктивний опір x_0 , і зарядна потужність q_0 1 км кабелю напругою			
			6 кВ		10 кВ	
	Мідь	Алюміній	x_0 , Ом/км	q_0 , квар/км	x_0 , Ом/км	q_0 , квар/км
10	1,84	3,1	0,11	2,3	–	–
16	1,15	1,94	0,102	2,6	0,113	5,9
25	0,74	1,24	0,091	4,1	0,099	8,6
35	0,52	0,89	0,087	4,6	0,095	10,7
50	0,37	0,62	0,083	5,2	0,09	11,7
70	0,26	0,443	0,08	6,6	0,086	13,5
95	0,194	0,326	0,078	8,7	0,083	15,6
120	0,153	0,258	0,076	9,5	0,081	16,9
150	0,122	0,206	0,074	10,4	0,079	18,3
185	0,099	0,167	0,073	11,7	0,077	10
240	0,077	0,129	0,071	13	0,075	21,5

КОНДЕНСАТОРНІ УСТАНОВКИ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

№ п/п	Тип конденсаторів	Номінальна потужність, квар	Кількість ступенів регулювання
1. Установки конденсаторні з автоматичним регулюванням			
1	УКМ58-0,4-50-50	50	1
2	УКМ58-0,4-67-67	67	1
3	УКМ58-0,4-100-33	100	3
4	УКМ58-0,4-112,5-37,5	112,5	3
5	УКМ58-0,4-133-33	133	4
6	УКМ58-0,4-150-30	150	5
7	УКМ58-0,4-166-33	166	5
8	УКМ58-0,4-200-33	200	6
9	УКМ58-0,4-225-37,5	225	6
10	УКМ58-0,4-268-67	268	4
11	УКМ58-0,4-300-33,3	300	9
12	УКМ58-0,4-335-67	335	5
13	УКМ58-0,4-337,5-37,7	337,5	9
14	УКМ58-0,4-402-67	402	6
15	УКМ58-0,4-536-67	536	8
2. Установки конденсаторні без автоматичного регулювання			
1	УК 1-0,4-20-20 УЗ	20	1
2	УК 1-0,4-33,3-33,3 УЗ	33,3	1
3	УК 2-0,4-40-20 УЗ	40	2
4	УК 2-0,4-66-33 УЗ	66	2
5	УК 3-0,4-75-25 УЗ	75	3
6	УК 3-0,4-100-100 УЗ	100	1
7	УК 3-0,4-133-133 УЗ	133	4

Позначення: УК- конденсаторна установка; М – регулювання автоматичне за потужністю; 58 – варіант виконання; 0,4 – номінальна напруга; № – потужність номінальна, квар; № – потужність ступені регулювання, квар; УЗ – кліматичне виконання.

**КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ λ БУДІВЕЛЬНИХ,
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ТА ІНШИХ МАТЕРІАЛІВ**

Матеріал	λ , Вт/(м·°С)
Залізобетон	1,55
Шлакобетон	0,70
Бетон з камінним щебенем	1,28
Папір звичайний	0,14
Вата бавовняна	0,042
Гіпс	0,43
Глина	0,8
Деревина:	
дуб упоперек волокон	0,20-0,21
дуб вздовж волокон	0,35-0,43
сосна упоперек волокон	0,14-0,16
сосна вздовж волокон	0,35-0,72
Цегла:	
червона	0,77
силікатна	0,81
Кладка з червоної цегли:	
на холодному розчині	0,81
на теплому розчині	0,67
Кладка із силікатної цегли:	
на холодному розчині	0,87
на теплому розчині	0,76
Кладка бутова з каменів середньої щільності	1,28
Пробкові плити сухі	0,042-0,053
Скло звичайне	0,074
Скло-вата	0,051-0,059
Штукатурка:	
вапняна	0,7
цементно-піскова	1,2
Фанера клеєна	0,15
Пенопласт	0,043
Шлак	0,23

**ДОБАВКИ $\Delta \frac{1}{R_0}$ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВТРАТ НА
ІНФІЛЬТРАЦІЮ ПОВІТРЯ 9-ПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ
Вт/(м²·°C)
(зі спареним плетінням)**

v, м/с	T _з , °C	Поверх, що розраховується								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	2,33	2,10	1,87	1,63	1,40	1,17	0,82	0,58	0,12
	-10	3,50	3,15	2,80	2,57	2,22	1,87	1,52	1,05	0,58
	-20	4,20	3,97	3,62	3,15	2,80	2,33	1,87	1,28	0,70
	-30	5,13	4,78	4,20	3,73	3,27	2,80	2,22	1,63	0,93
	-40	5,83	5,37	4,90	4,32	3,85	3,15	2,57	1,87	1,17
5	0	3,50	3,38	3,27	3,15	3,03	2,92	2,80	2,68	2,57
	-10	4,43	4,20	3,97	3,85	3,62	3,38	3,15	3,03	2,92
	-20	5,25	4,90	4,67	4,32	3,97	3,73	3,50	3,27	3,03
	-30	5,95	5,60	5,25	4,78	4,55	4,20	3,85	3,50	3,27
	-40	6,53	6,18	5,72	5,37	4,90	4,55	4,08	3,62	3,38
10	0	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48	5,60	5,60	5,60	5,83
	-10	6,18	6,18	6,18	6,18	6,18	6,07	6,07	6,07	6,07
	-20	6,88	6,77	6,65	6,53	6,42	6,42	6,30	6,30	6,30
	-30	7,47	7,35	7,23	7,00	6,88	6,77	6,65	6,53	6,53
	-40	8,17	7,93	7,58	7,47	7,23	7,00	6,88	6,88	6,88
15	0	7,93	7,93	8,05	8,17	8,28	8,40	8,52	8,52	8,98
	-10	8,63	8,63	8,75	8,75	8,75	8,87	8,98	9,10	9,22
	-20	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22	9,33	9,33	9,45	9,68
	-30	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	10,15
	-40	10,62	10,50	10,50	10,38	10,38	10,38	10,38	10,50	10,62

**ЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ДЛЯ ВІКОН І ДВЕРЕЙ З
ДЕРЕВ'ЯНИМИ ПЕРЕПЛЕТІННЯМИ**

Заповнення	Відстань між склом, мм	R_0 (м ² ·°C)/Вт
Одинарне переплетіння	-	0,17
Подвійне переплетіння	50	0,34
Подвійне переплетіння роздільне	110	0,38
Вертикально розташовані скляні блоки	-	0,43
Зовнішні двері одинарні	-	0,21
Зовнішні двері подвійні	-	0,43
Внутрішні двері одинарні	-	0,34

Методичні вказівки для виконання
індивідуальної та самостійної роботи
з дисципліни
«Керування енергетичними потоками. Частина 2»

для студентів денної та заочної форм навчання технічних
спеціальностей.

Комп'ютерний набір і верстка: Любименко Олена Миколаївна

Укладачі: Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц

Донецький національний технічний університет
83502, м. Покровськ, вул. Шибанкова, 2.

Покровськ
2020