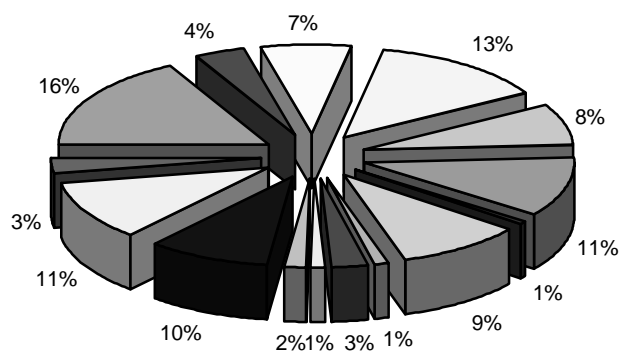


О. Д. Демов

**ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. Д. Демов

ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.000008 7.090603.

Вінниця ВНТУ 2006

УДК 621.311

Д 31

Рецензенти:

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

Л. Б. Терешкевич, кандидат технічних наук, доцент

В. І. Нагул, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Демов О. Д.

Д 31 Економія електроенергії на промислових підприємствах.

Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95с.

В посібнику описані організаційно-методичні та технічні заходи по економії електроенергії на промислових підприємствах. Приведені приклади техніко-економічних розрахунків обґрунтування заходів по економії електроенергії. Дана характеристика інформаційної бази по енергозбереженню. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмою дисципліни «Енергозбереження» та «Основи енергозбереження» .

УДК 621.311(075)

© О.Демов 2006

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Характеристика споживачів промислових підприємств.....	6
2 Організаційно-методичні заходи по економії електроенергії на промислових підприємствах.....	8
2.1 Управління енергозбереженням.....	8
2.2 Облік і контроль електроенергії.....	10
2.3 Нормування витрат енергії.....	13
2.4 Енергетичні баланси.....	18
2.5 Енергетичний менеджмент.....	24
2.6 Енергетичний аудит.....	27
2.7 Енергетичний консалтинг.....	32
2.8 Економічне стимулювання раціонального використання енергії в промисловості.....	33
3 Технічні заходи по економії електроенергії.....	35
3.1 Електропривід.....	35
3.2 Електрозварювальні установки.....	45
3.3 Насоси.....	50
3.4 Вентилятори.....	52
3.5 Освітлення.....	54
3.6 Холодильне обладнання.....	63
3.7 Компресори.....	66
4 Техніко-економічні розрахунки по економії електроенергії.....	73
4.1 Електропривід.....	73
4.2 Вентилятори.....	74
4.3 Освітлення.....	75
4.4 Холодильники.....	75
4.5 Компресори.....	76
5 Інформаційна база по електрозбереженню.....	77
6 Приклад проведення енергетичного аудита підприємства.....	81
6.1 Опис підприємства.....	81
6.2 Існуючий стан в енергозбереженні.....	82
6.3 Скорочена експертиза.....	82
6.4 Енергетичний менеджмент.....	84
6.5 Проведення енергетичного аудита.....	85
6.6 Профіль використання енергії.....	88
6.7 Характеристика заходів по економії енергії.....	90

Вступ

Ріст суспільного виробництва, підвищення продуктивності праці, прискорення науково-технічного процесу вимагають удосконалення розвитку всього паливно-енергетичного комплексу. Вирішальне значення в досягненні нових кількісних і якісних показників інтенсивного розвитку промисловості має підвищення рівня використання електричної енергії. Поруч із цим інтенсивний розвиток та електрифікації різних виробничих процесів в промисловості вимагає підвищення ролі раціонального використання електроенергії і вирішення всіх аспектів проблеми, пов'язаної з покращенням нормування і обліку електроенергії, регулювання режимів електроспоживання, удосконалення системи економічного стимулювання.

В умовах невиправдано енергоємної структури сучасного виробництва, його низької енергоефективності та дефіциту паливно-енергетичних ресурсів як одне з найважливіших питань є підвищення ефективності використання електроенергії.

Основним споживачем електроенергії є промисловість, яка використовує більше 70% від виробленої електроенергії. Споживання її постійно зростає, що обумовлено не тільки абсолютним ростом виробництва, але й якісними змінами технологічних процесів, які забезпечують ріст продуктивності праці та покращення якості продукції.

Основними причинами низької ефективності використання електроенергії є загальний спад виробництва, застарілі технології та обладнання, нерациональне використання енергоресурсів.

Головним напрямком програми електрозбереження є суттєве зниження питомих витрат електроенергії на виробництво продукції.

До основних заходів з економії електроенергії відносяться:

- перехід на енергозберігаючі технології виробництва, підвищення рівня організації виробництва, зниження матеріалоємності продукції;
- вдосконалення структури енергетичного обладнання та реконструкція застарілого обладнання;
- розробка та впровадження більш ефективних електроспоживачів, вдосконалення керування їх режимами;
- скорочення втрат і підвищення використання вторинних паливно-енергетичних ресурсів(ПЕР) та інше.

Перераховані заходи пов'язані з відповідними капіталовкладеннями. Враховуючи напружений баланс інвестицій, необхідно спочатку використовувати заходи, не пов'язані з суттєвими капіталовкладеннями, тобто, в першу чергу заходи по підвищенню не виробничих втрат електроенергії.

При експлуатації системи електропостачання промислових підприємств особливе значення набувають організаційні заходи по

економії електроенергії: застосування засобів контролю та обліку електроспоживання на базі сучасних інформаційно-вимірювальних систем, нормування витрат, складання енергетичних балансів. Економія електроенергії можлива лише там, де є її перевитрата, відповідно, знаходження ділянок підвищеного електроспоживання – ключова задача при виробленні заходів по економії електроенергії, яку неможливо вирішити без відповідного контролю за електроспоживанням на кожній ділянці, кожному цеху, підприємству.

Для оцінки реальних можливостей використання електроенергії доцільно мати банк даних з електрозбереження, який дозволяє систематизувати необхідну інформацію по економії електроенергії та здійснювати пошук згідно заданих критеріїв.

Сучасний спеціаліст з області електроенергетики повинен знати названі задачі по економії електроенергії і вміти їх вирішувати. Мета даного посібника якраз і допомогти студентам спеціальностей 7.00008 та 7.090603 в цьому.

Автор виражає подяку за допомогу в підготовці посібника до друку ст. гр. 2ЕСЕ-01 Маташ О. С.

1 Характеристика споживачів промислових підприємств

Для більшості промислових підприємств найбільш характерними споживачами електроенергії є електроприводи різних машин і механізмів, електропечі та електротермічні установки, компресори, насоси, вентилятори, електричне освітлення.

Для сучасних електроприводів застосовують всі типи двигунів. У верстатах, де необхідно регулювати швидкість обертання, застосовують двигуни постійного струму. Коефіцієнт потужності електроприводу складає 0,8-0,85. По надійності електропостачання ця група приймачів належить, як правило, до другої категорії.

До термічних установок належать електрозварювальне обладнання, печі опору, дугові печі. Електрозварювальне обладнання живиться напругою 380-220В змінного струму промислової частоти. Електрозварювання на змінному струмі виконується за допомогою однофазних або трифазних зварювальних трансформаторів або машинних перетворювачів. На постійному струмі застосовують зварювальні двигуни-генератори. Електрозварювальне обладнання працює в повторно-короткочасному режимі. Однофазні зварювальні приймачі дають нерівномірне навантаження по фазам трьохфазної живлячої мережі. Коефіцієнт їх потужності знаходиться в межах 0,3 – 0,7. Зварювальні установки за ступенем надійності відносяться до другої категорії.

Печі опору отримують живлення від трьохфазних мереж змінного струму частотою 50 Гц в основному по напрузі 380/220 В або на більш високій напрузі через понижувальні трансформатори. Характер навантаження рівний, але однофазні печі є несиметричним навантаженням. Коефіцієнт потужності для печей прямої дії становить 0,7 – 0,9, а для печей непрямої дії – 1,0.

Технологічний процес дугових печей полягає в наступному. В період плавлення шихти виникають часті короткі замикання в процесі плавки та безструмові паузи при випуску сталі та нового завантаження печі, в результаті чого в живлячих мережах спостерігаються стрибки навантаження. Стосовно надійності електропостачання дугові печі відносяться до приймачів першої категорії. Коефіцієнт потужності цих печей складає 0,85 – 0,95.

Двигуни компресорів, вентиляторів та насосів працюють практично з постійним навантаженням і в залежності від потужності живляться електроенергією на напрузі від 0,22 до 10 кВ. Живлення двигунів здійснюється струмом промислової частоти 50 Гц. Перерва в електропостачанні цих споживачів в багатьох випадках є недопустимою і може викликати небезпеку для життя людей, порушення технологічного процесу або пошкодження обладнання. Наприклад, зупинка подачі стиснутого повітря на машинобудівному заводі, де ріжучий інструмент

зупиняється за допомогою пневматичних пристроїв, може викликати поранення обслуговуючого персоналу. Наслідки відключення насосних установок під час пожежі є досить очевидними. В наведених випадках установки належать до споживачів першої категорії. Стрибки навантаження ці споживачі зумовлюють лише при пуску. Коефіцієнт потужності досить стабільний і має значення 0,8-0,85. Для електропривода великих насосів, компресорів та вентиляторів застосовуються синхронні двигуни, які працюють з випереджаючим коефіцієнтом потужності. По надійності установки належать до споживачів другої категорії.

Компресори призначені для виробництва та транспортування стиснутого повітря або іншого газу. Виробництво стиснутого повітря – це процес, який може споживати до 30% від загального об'єму електроенергії підприємства. У зв'язку з цим скорочення витрат електроенергії в компресорних пристроях повинно бути одним з головних завдань експлуатації.

Для забезпечення у виробничих приміщеннях необхідних санітарно-гігієнічних умов використовуються вентилятори, які споживають значну частину енергії від її загального об'єму на підприємстві. У багатьох виробничих компаніях рекомендується, щоб була встановлена одна центральна вентиляційна система, доповнена декількома місцевими витяжними пристроями. Використання місцевих витяжних пристроїв дозволяє зменшити навантаження на основну вентиляційну систему.

Електроосвітлювальні установки є в основному однофазними приймачами. Лампи світильників мають потужність від десятків ватт до кількох кіловат і живляться на напрузі 220 В. Світильники місцевого освітлення з лампами розжарення на 12 і 36 В живляться через понижувальний однофазний трансформатор. Рівномірне завантаження фаз трьохфазної мережі досягається шляхом компонування світильників по фазам. Характер навантаження тривалий і рівномірний, але його значення змінюється в залежності від часу доби, географічного положення.

Найбільш поширеним споживачем електроенергії на харчових підприємствах є холодильники. Багато виробничих холодильників оснащені потужними охолодними і морозильними установками, але мають невелику місткість камер зберігання. Робота холодильників цього типу характеризується нерівномірністю, що пояснюється сезонністю надходження харчових продуктів.

Практично любе промислове підприємство можна представити як сукупність типових споживачів, що дозволяє певним чином систематизувати заходи по економії електроенергії на цих підприємствах.

2 Організаційно-методичні заходи по економії електроенергії на промислових підприємствах

2.1 Управління енергозбереженням

Однією з багатьох причин незадовільного вирішення проблеми енергозбереження є відсутність ефективних систем управління енергозбереженням.

Для реалізації політики енергозбереження в масштабі всієї країни програми енергозберігаючих заходів і механізми їх впровадження повинні бути розроблені на всіх рівнях управління (національному, галузевому, регіональному, місцевому і на рівні підприємств) і відповідно взаємопов'язані між собою. Програми нижчого рівня повинні включати елементи програм більш високого рівня, якщо вони стосуються даного регіону, галузі, міста, підприємства і доповнювати їх заходами, які відображають місцеву специфіку. На більш високому рівні централізовано формуються цілі, які реалізуються за допомогою механізмів економічного регулювання. На більш низькому рівні пропонується форма індикативного управління, яка передбачає визначену цілісну систему заходів і методів цілеспрямованого впливу на процеси енергозбереження. Реалізація лише всієї системи заходів може дати позитивні результати в досягненні кінцевих (часто різнопланових) цілей.

Задача формування системи енергозберігаючих заходів на підприємстві носить поетапний характер. На даному етапі розвитку економіки система першочергових заходів і методів, направлених на стимулювання і регулювання енергозбереження, повинна мати комплекс адміністративних, економічних і суспільних заходів, що включаються в загальну схему системи управління енергозбереженням (рис.2.1).

До першочергових адміністративних заходів в початковій системі необхідно віднести: створення спеціальних органів управління енергозбереженням, основними функціями яких є програмування енергозбереження і організація виконання програм; удосконалення системи контролю за споживанням енергоресурсів і управління енергозбереженням, а також внутрішньозаводської статзвітності із виконання різних організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з економії енергії; організація правового регулювання енергозбереження.

До економічних заходів відносяться:

- 1) застосування систем стимулювання працівників підприємства за впровадження заходів із енергозбереження, пільг за ефективне використання енергоресурсів, податків за невиконання установлених нормативів, дотацій;
- 2) відстрочення платежів;
- 3) пільгове і безвідсоткове кредитування енергозберігаючих заходів;

- 4) пільгові нормативи плати за енергозберігаючі фонди;
- 5) прискорені строки амортизації енергозберігаючого обладнання;

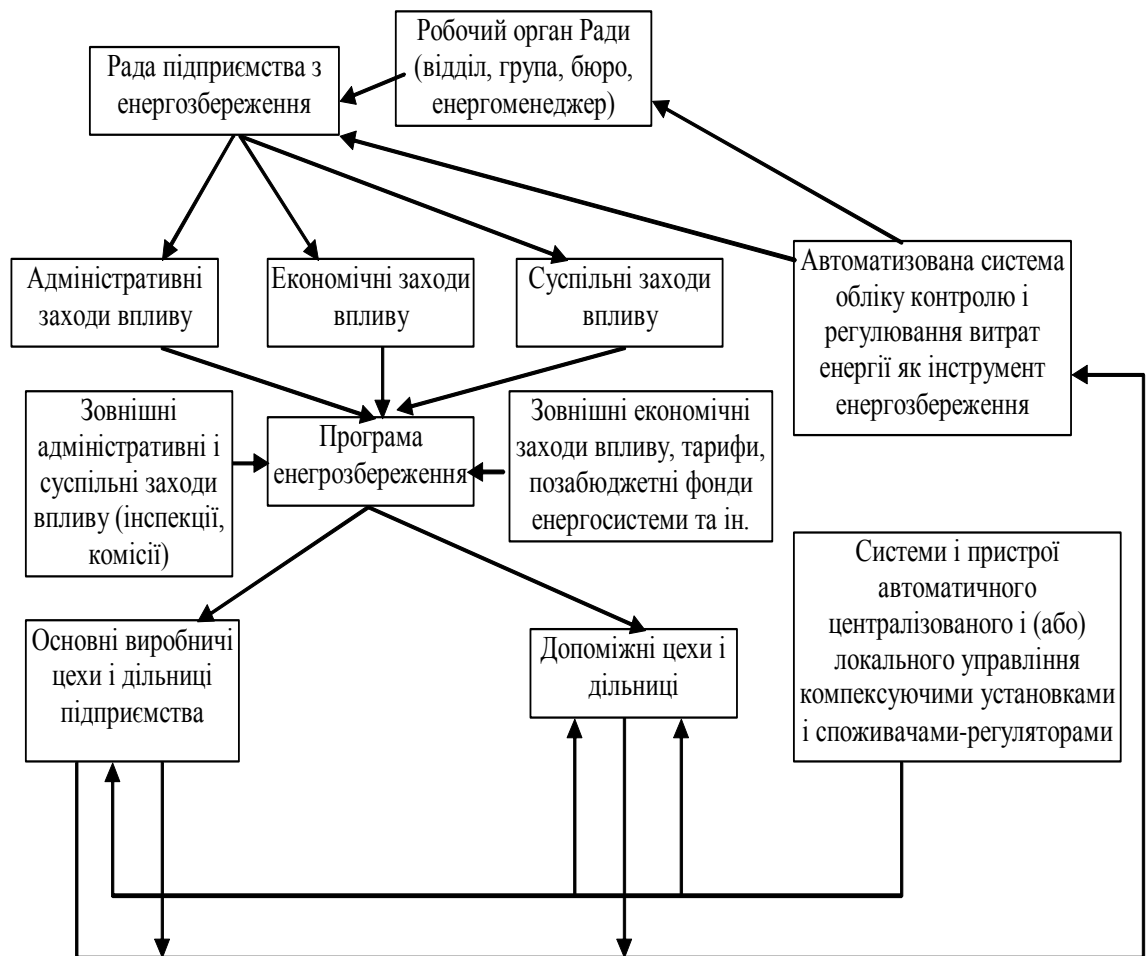


Рисунок 2.1 – Загальна схема системи управління енергозбереженням на підприємстві

б) фонди преміювання в держбюджетних організаціях в розмірі 100% суми економії електроенергії і т.ін.

Першочергові суспільні заходи: популяризація економічних, екологічних, соціальних і інших переваг енергозбереження; підвищення освіти працівників підприємства в області енергозбереження; залучення енергопостачальних, суспільних і неформальних організацій до проведення політики енергозбереження на підприємствах.

Для впровадження і контролю за виконанням вище згаданих заходів на підприємстві пропонується створити: раду з енергозбереження в складі головного інженера – голови ради, головних спеціалістів і начальників цехів – членів ради; відділ або групу з енергозбереження в складі

спеціалістів енергетиків, технологів і механіків. На невеликих підприємствах це може бути замісник головного енергетика з енергозбереження (енергоменеджер).

Завданням відділу (групи, енергоменеджера) є: програмування енергозбереження; контроль виконання і оцінка ефективності заходів; розробка системи стимулювання енергозбереження; контроль за відповідністю обладнання, технологій і установок, побутової техніки, теплопровідності приміщень нормам і енергетичним стандартам.

2.2 Облік і контроль електроенергії

До основних напрямків вирішення задачі економії паливно-енергетичних ресурсів поряд із створенням енергозберігаючих технологій і устаткування відноситься вдосконалення контролю й обліку витрат енергоносіїв на промислових підприємствах. Від ефективності контролю залежить якість оперативного керування енергоспоживанням, можливість одержання об'єктивних даних для розрахунків, пов'язаних з упорядкуванням енергобалансів, нормуванням витрат енергоресурсів.

Керування процесами вироблення і розподілу енергоресурсів ускладнюється через наявність великого числа територіально розосереджених енергетичних і технологічних об'єктів, що входять до складу підприємства, розмаїття параметрів енергоносіїв, складності енергетичних мереж і, як наслідок, необхідність збору й опрацювання великих об'ємів оперативної інформації, що характеризує поточний стан виробництва і споживання енергоресурсів.

За останні роки на підприємствах різних галузей зросло використання приладів контролю витрат енергоносіїв, все більше розповсюдження отримали автоматизовані системи керування енергозбереженням.

Витрата електричної енергії, а також відпуск на сторону електричної енергії промисловими підприємствами оцінюється розрахунковим обліком. Використання електроенергії окремими виробничими підрозділами й енергоємними споживачами промислового підприємства визначається технічним (контрольним) обліком. Необхідність і доцільність установки приладів технічного обліку залежить від об'єму електроспоживання і комплексу взаємозалежних робіт, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання, включаючи нормування. Доцільність установки приладів, що вимірюють витрату електроенергії для технічного обліку, визначається розрахунковим або дослідно-розрахунковим способом.

На підприємствах, що мають власні джерела електропостачання, здійснюється приладовий облік активної складової електричної енергії – від власних джерел, від енергетичної системи і відпущеної стороннім споживачем, а також облік реактивної складової електричної енергії –

виробленої генераторами, батареями конденсаторів, отриманої від енергосистеми і переданої стороннім споживачам.

Облік по підприємству в цілому служить для визначення кількості електричної енергії, отриманої від енергопостачальної організації. Він здійснюється за допомогою розрахункових лічильників електричної енергії, що розміщують на межі поділу мережі енергопостачальної організації й підприємства. При енергопостачанні від мереж 35...110 кВ розрахункові лічильники встановлюють на вторинній стороні прийомних трансформаторів, при енергопостачанні кабельними лініями 6 кВ – на вводах у розподільні пункти підприємства.

Облік по основним цехам і окремим енергоємним установкам слугує для контролю за виконанням питомих норм витрати електричної енергії. Облік по допоміжним цехам і об'єктам дозволяє визначити норми витрати електричної енергії на допоміжні потреби.

Для складних і розгалужених електричних мереж промислових підприємств одержання достовірної інформації щодо зазначених показників з врахуванням сучасних вимог існуючих директивних і нормативних документів, а також удосконалення нормування електроспоживання можливі лише з допомогою спеціальних інформаційно-вимірювальних і керуючих систем.

В даний час при створенні оптимальної структури керування енергогосподарством промислових підприємств однією з найважливіших задач є правильний вибір принципів керування системою електроспоживання в цілому. У зв'язку із цим виникає необхідність створення цільової функціональної системи керування процесами в промисловій енергетиці – автоматизованої системи керування енергопостачанням (АСУЕ). Водночас, вирішуючи функціональні задачі керування енергогосподарством, АСУЕ нерозривно зв'язана з автоматизованою системою управління технологічним процесом виробництва (АСУТП).

Як показує практика, застосування АСУЕ сприяє підвищенню ефективності використання ПЕР, тому що за рахунок зниження перевитрат і прямих втрат енергоспоживання зменшується в середньому на 5%. Крім того, за рахунок підвищення надійності забезпечення енергоресурсами підвищується продуктивність виробництва.

Інформаційно-керуючі підсистеми АСУЕ в якості самостійних систем диспетчерського керування енергопостачанням підприємств успішно функціонують у деяких галузях промисловості. В даний час на промислових підприємствах створена система автоматизації процесів керування і контролю над плануванням й прогнозуванням електроспоживання.

Впровадження оптимального планування й керування електропостачанням промислових підприємств доцільно здійснювати на базі автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем обліку і

контролю режимів електроспоживання.

Використання АСУЕ дозволяє вирішувати наступні задачі:

1) комплексний автоматизований комерційний і технічний облік електроенергії і енергоносіїв по підприємству з метою зовнішніх і внутрішніх розрахунків відповідно до діючих тарифних систем і забезпечення раціональної витрати енергоресурсів;

2) контроль електроспоживання по всіх енергоносіях, точках обліку і структур обліку в заданих тимчасових інтервалах (3 і 30 хв., зона, зміна, доба, місяць, квартал і т.д.) щодо заданих лімітів, режимних і технологічних обмежень з метою економії енергоресурсів і забезпечення безпеки енергопостачання;

3) фіксація відхилень контрольованих величин енергообліку і їх оцінка;

4) сигналізація відхилень контрольованих величин понад допустимий діапазон значень із метою прийняття оперативних рішень;

5) прогнозування значень параметрів енергообліку з метою планування електроспоживання;

6) автоматичне керування енергоспоживанням на основі заданих критеріїв і пріоритетних схем вмикання-вимикання споживачів;

7) внутрішній госпрозрахунок по енергоресурсах між цехами й підрозділами заводу з метою економії енергоресурсів і їхньої раціональної витрати на робочих місцях;

8) точний розрахунок із субабонентами підприємства за енергоспоживання з метою пропорційного розподілу енерговитрат.

Керування електропостачанням промислового підприємства являє собою складний комплекс взаємозалежних процесів, обумовлених необхідністю дотримання режимів електроспоживання, що задаються енергосистемою, і забезпечення випуску продукції, виходячи з вимог технологічного процесу виробництва підприємства. При цьому важливим є визначення необхідної інформації про процеси, що протікають. Одержання достовірної інформації вимагає витрат, що збільшуються зі збільшенням об'єму інформації й швидкості її доставки. Якщо інформація необхідна з метою підтримки параметрів електроспоживання для забезпечення надійної роботи енергосистеми, то швидкість її доставки повинна бути максимальною, а якість інформації достатньою для ухвалення рішення оперативного впливу на систему. Для проведення техніко-економічного аналізу режимів електроспоживання швидкість доставки інформації не має визначального значення. В цьому випадку із загального масиву інформації необхідно вибрати показники, що більш повно відображають перебіг процесу.

Питання раціональної організації обліку витрати енергоресурсів на промислових підприємствах вирішується лише на основі системного підходу в комплексі з іншими елементами раціональної організації енерговикористання (впорядкуванням і аналізом енергобалансів

підприємства, окремих цехів і найбільш енергоємних агрегатів, розробкою й проведенням організаційно-технічних заходів щодо поліпшення енерговикористання; організацією діючої системи матеріального заохочення до раціонального використання й економії енергії).

Сьогодні в Україні впроваджується трьохзонна система обліку, принцип дії якої базується на тому, що в різні періоди доби електроенергія має різні тарифи (рис. 2.2).

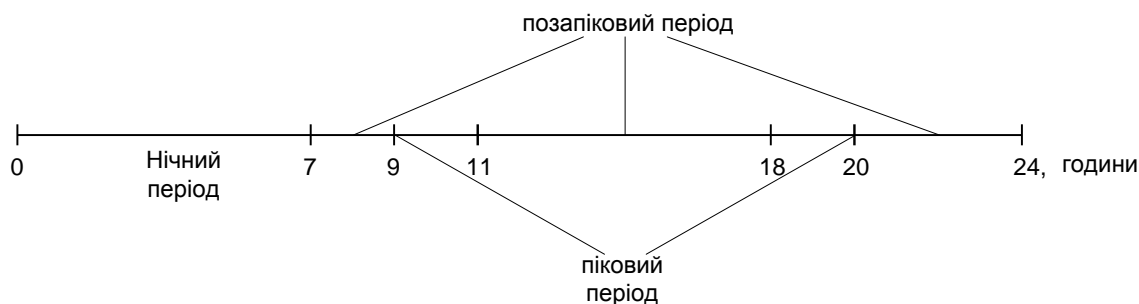


Рисунок 2.2 – Часові періоди трьохзонної системи обліку.

Економічну доцільність впровадження системи трьохзонного тарифу можна визначити шляхом порівняння затрат на оплату електроенергії до впровадження системи $Z^{до}$ і після $Z^{після}$:

$$Z^{до} = W \cdot T , \quad (2.1)$$

$$Z^{після} = W_1 \cdot T_1 + W_2 \cdot T_2 + W_3 \cdot T_3 + B , \quad (2.2)$$

де: W – кількість спожитої електроенергії; T – існуючий тариф на електроенергію; $W_1, W_2, W_3, T_1, T_2, T_3$ – кількість спожитої електроенергії та тарифи на неї в нічний, піковий та позапіковий періоди відповідно; B – вартість системи обліку.

2.3 Нормування витрат енергії

Всі промислові підприємства з приєднаною (встановленою або дозволеною до використання) електричною потужністю 100 кВт і вище зобов'язані мати розроблені і затверджені у встановленому порядку норми питомої витрати електричної енергії незалежно від джерел електропостачання (енергосистема або власна електростанція).

Нормуванню підлягає вся витрата електроенергії по підприємству як на основні і допоміжні технологічні процеси, так і на підсобні потреби

виробництв, включаючи виробництво стиснутого повітря, кисню, освітлення, водопостачання, опалення, вентиляцію і втрати у внутрішньозаводських мережах і перетворювачах.

Під нормуванням витрати електроенергії розуміється встановлення планового розміру витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції, переробку сировини або виконуваний об'єм роботи.

Норми витрати електроенергії і плани організаційно-технічних заходів щодо економії електроенергії, як правило, розробляються на підприємствах і затверджуються керівником підприємства або міністерством.

Кількість електроенергії, що витрачається на виробництво одиниці продукції, прийнято називати питомою витратою електроенергії.

При цьому плановий розмір питомої витрати називається нормою питомої витрати (або просто питомою нормою), а фактична витрата електроенергії на одиницю продукції – питомою витратою. Така термінологія прийнята і при нормуванні витрати інших енергоносіїв (тепла, палива, стиснутого повітря, газу та ін.).

Під питомою нормою витрат розуміється не довільно прийнятий їх розмір, а об'єктивно необхідна витрата електричної енергії на виробництво одиниці продукції або об'єму роботи за даних умов виробництва, обумовленого організацією і технологією процесу виробництва; технічним рівнем застосовуваного технологічного й енергетичного устаткування; технічним станом і режимом роботи виробничого устаткування.

Норма питомої витрати електроенергії встановлюється на основі техніко-економічного розрахунку і є максимально допустимою величиною витрат електроенергії для виробництва одиниці продукції (або об'єму роботи) установленної якості.

Норми питомої витрати повинні бути прогресивними. Цій вимозі відповідають норми, що:

- в найбільш повній мірі відбивають науково-технічний прогрес у виробництві, що забезпечує найбільше ефективне і раціональне використання електричної енергії;

- враховують здійснення намічених планів організаційно-технічних заходів щодо економії електроенергії;

- сприяють виявленню і мобілізації внутрішніх резервів економії електроенергії у виробництві на основі поширення і впровадження передових прийомів і методів роботи, найбільш раціональних режимів роботи технологічного й енергетичного устаткування.

Як правило, для промислових підприємств установлюються річні норми питомих витрат електричної енергії з диференціацією їх по кварталах року з обліком впливу сезонності, а також по цехах, енергоємним технологічним процесам і агрегатам.

При цьому середнє значення диференційованих норм не повинно перевищувати затверджену загальнозаводську річну норму.

Норми витрати енергії повинні переглядатися при вдосконаленні (зміні) технології й організації виробництва і впровадженні нової техніки.

Безпосередніми цілями нормування електричної енергії є:

- визначення для конкретних умов виробництва технічно необхідної витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції;

- забезпечення раціональної й ощадливої витрати електроенергії в процесі виробництва;

- визначення потреби в електроенергії на планований період.

Найважливішою задачею нормування електроенергії є розробка і впровадження в промисловість науково і технічно обґрунтованих, прогресивних норм витрат електроенергії з метою найбільш ефективного їх використання в процесі виробництва. Нормування витрат електроенергії має вирішальне значення для здійснення основного принципу – режиму економії, досягнення найбільших результатів при найменших витратах енергії.

Норми витрати палива, теплової й електричної енергії у виробництві класифікуються за наступними основними ознаками:

а) за ступенем агрегації – на індивідуальні і групові;

б) за складом витрат – на технологічні й загальновиробничі;

в) за періодом дії – на річні і кварталні (на підприємствах можуть установлюватися також і норма по місяцях).

Індивідуальною називається норма витрати палива, теплової й електричної енергії на виробництво одиниці продукції (роботи), що встановлюється по типах або окремим енергоспоживаючим установкам, машинам (печам, автомобілям і т.п.), технологічним схемам стосовно визначених умов виробництва продукції (роботи).

Груповою називається норма витрати палива, теплової й електричної енергії на виробництво планованого об'єму однойменної продукції (роботи) відповідно до встановленої номенклатури по рівнях планування: народне господарство, міністерство (відомство), об'єднання, підприємство.

Технологічною називається норма витрати палива, теплової й електричної енергії, що враховує їх витрати на основні і допоміжні технологічні процеси виробництва даного виду продукції (роботи), витрати на підтримку технологічних агрегатів у гарячому резерві, на їх розігрів і пуск після поточних ремонтів і простоїв, а також технічно немінучі втрати енергії при роботі устаткування, технологічних агрегатів і установок.

Загальновиробничою називається норма витрати теплової й електричної енергії, що враховує витрати на основні і допоміжні технологічні процеси, на допоміжні потреби виробництва (загальновиробниче цехове і заводське споживання на опалення, вентиляцію, освітлення й ін.), а також технічно немінучі втрати енергії в перетворювачах, теплових і електричних мережах підприємства (цеху), віднесені на виробництво даної продукції (роботи).

Одним з основних чинників, що визначають проведення

енергозберігаючої політики і її ефективності, є вдосконалення нормування енергоспоживання на промислових підприємствах. Водночас положення справ у цьому питанні ще далеке від досконалості. Пояснюється це розмаїттям чинників, що ускладнюють правильне визначення показників нормування електроспоживання, і складнощами суб'єктивного характеру. Це призводить в деяких випадках до завищення планової питомої норми електроспоживання на окремих підприємствах, наслідком чого є нереальна економія електроенергії, яка не підтверджується ні техніко-економічними розрахунками, ні фактичним зниженням електроспоживання. Через необ'єктивне нормування електроспоживання економія електричної енергії відповідно до представленої промисловими підприємствами звітності в ряді випадків досягає десяткох відсотків і більше і не підтверджується при цьому відповідним розрахунком і обґрунтуванням. В умовах наростаючого дефіциту енергоресурсів дане положення є неприпустимим. Водночас, окремі підприємства, особливо неенергоємних галузей промисловості, відносяться до питань нормування формально з тієї причини, що частка витрат на паливо й енергію в собівартості продукції для них порівняно невелика – у межах 3-5% або навіть менше. У той же час середній збиток від недопоставки 1 кВт год електроенергії в народному господарстві в десятки разів більше собівартості її виробництва.

Тому такі підприємства не зацікавлені в зниженні витрати енергоресурсів і економічно майже не страждають у випадку перевитрати. Одним з істотних недоліків у нормуванні є і той факт, що норми для підприємств затверджуються галузевими міністерствами, які в першу чергу зацікавлені в тому, щоб промислові підприємства одержали більше енергоресурсів, незалежно від можливостей енергосистеми. Недосконалість нормування приводить у ряді випадків до завищених фондів, одержуваних споживачами. Створюється положення, при якому інтереси промислових підприємств, зацікавлених в одержанні більшої кількості енергоресурсів для забезпечення непередбачених і можливих зривів виробництва, вступають у протиріччя з інтересами народного господарства.

У зв'язку із цим, нормування енергоспоживання необхідно розглядати як найважливіший показник енергозберігаючої політики, і тим самим створювати для промислових підприємств умови економічної зацікавленості в проведенні постійної і цілеспрямованої роботи з підвищення ефективності використання енергоресурсів.

Нормування електроспоживання на промисловому підприємстві повинно розглядатися: як планування випуску необхідної кількості продукції, як показник ефективності використання електроенергії.

Але необхідно завжди мати на увазі, що визначення питомої норми електроспоживання можливо тільки при здійсненому обліку і контролі електроспоживання, у іншому випадку вся робота з нормування втрачає практичний зміст.

У загальному вигляді економічна доцільність організації нормування

електроспоживання на промисловому підприємстві визначиться з виразу

$$\Delta Z_e \geq \Delta Z_n, \quad (2.3)$$

де ΔZ_e – зниження приведених витрат у результаті економії електроенергії від упровадження нормування електроспоживання, грн/рік;

ΔZ_n - додаткові приведені витрати, зв'язані з нормуванням електроспоживання, грн/рік.

Норми електроспоживання необхідно встановлювати при обов'язковому їхньому контролі в наступних процесах і виробництвах:

- енергоємні технологічні процеси й агрегати;
- цехові норми електроспоживання;
- норми електроспоживання на виробітку енергоносіїв, освітлення, внутрішній цеховий електротранспорт, комунально-побутові потреби;
- норми витрат електроенергії в мережах і перетворювальних установках;
- загальнозаводські норми електроспоживання.

Доцільно приймати за базові прогресивні норми електроспоживання, розроблені з врахуванням вибору найбільш прогресивних інженерних рішень енергопостачання. У першу чергу це відноситься до норм електроспоживання на енергоємні процеси й агрегати, до нормування електроспоживання на виробітку енергоносіїв. Тут потрібна якнайшвидша розробка в масштабі всіх галузей народного господарства єдиних загальних норм електроспоживання, які за допомогою відповідних коефіцієнтів можуть коректуватися.

Об'єктивність оцінки планування й ефективності електроспоживання в значній мірі залежить від формування структури норм електроспоживання.

Методологічною основою нормування електроспоживання повинен бути системний підхід. При формуванні структури норм електропостачання необхідно виходити з конкретних умов виробничого процесу, конфігурації електричних мереж підприємства, територіального розміщення різного технологічного устаткування, ділянок і цехів підприємства. Доцільним є комплексний розгляд усіх технологічних, організаційних і енергетичних взаємозв'язків виробництва між собою.

При визначенні структури норм питомої витрати необхідно встановлювати для промислових підприємств норми електроспоживання на виробіток енергоносіїв. З огляду на ймовірний характер питомої витрати енергоресурсів, не в усіх випадках доцільна розробка цехової і заводської норм шляхом підсумовування технологічних. Зазначений підхід в цілому некоректний при системному аналізі електроенергетичного господарства промислового підприємства, тому що просте підсумовування окремих його складових не дає точного опису стану режиму роботи системи. Від того, наскільки вірогідно виконаний розрахунок норм питомого

електроспоживання, у значній мірі залежить і вся подальша робота з економії і раціонального використання енергоресурсів.

Розмірність норми повинна відповідати одиницям виміру, прийнятим при плануванні об'єму виробництва продукції, і забезпечувати можливість контролю за виконанням даної норми. При цьому в якості показника виміру виробленої продукції при розробці норм питомого електроспоживання можуть застосовуватися натуральні одиниці або може вимірюватися випущена продукція в грошовому вираженні. Водночас, незалежно від вибору одиниці виміру, характер її зміни в практичних умовах промислового підприємства буде визначатися цілим рядом чинників, що формують випадковий характер цієї зміни. В цьому зв'язку питома норма електроенергії буде являти собою складну функцію значної кількості складових її змінних величин, що залежать від режиму електроспоживання, ритмічності виробництва, якості перероблюваної сировини, технічного стану устаткування й інших показників.

2.4 Енергетичні баланси

При розгляді питань з підвищення ефективності раціонального використання електроенергії та нормування електроспоживання важливе значення має проведення об'єктивної оцінки аналізу режимів електроспоживання на базі електробалансу промислового підприємства.

Енергетичний баланс промислових підприємств – система взаємозалежних показників одержання і використання усіх видів палива й енергії – є основним узагальнюючим документом для комплексного вивчення, планування роботи і розробки заходів щодо раціоналізації енергетичного господарства підприємства, створення науково-технічної бази нормування витрат палива та енергії.

Енергетичні баланси підприємств підрозділяються на баланси: окремих процесів, агрегатів або груп однотипних агрегатів; сукупних виробничих процесів, ділянок, цехів; всього промислового підприємства. За призначенням вони поділяються на планові і фактичні. Останні, у свою чергу, бувають звітними й аналітичними.

Основна спрямованість звітних балансів полягає у виявленні непродуктивних витрат енергії агрегатами, цехами, окремими групами споживачів і підприємством у цілому. Для більш глибокого аналізу розробляються наступні баланси: агрегатні – для декількох однотипних агрегатів; по видах енергії і загальні (синтезовані) паливно-енергетичні баланси по підприємству в цілому за декілька років. Це дозволяє зробити порівняння декількох паливно-енергетичних балансів, виявити можливість застосування найбільш ефективних видів енергії, спланувати заходи щодо раціонального енерговикористання й розробити норми енергоспоживання.

Основною задачею упорядкування звітних паливно-енергетичних балансів є визначення оптимальних енергетичних співвідношень:

а) між окремими видами установок і апаратів, що споживають енергію;

б) між окремими видами енергогенеруючих установок;

в) між окремими видами паливно-енергетичних ресурсів.

Таким чином, розробкою раціонального паливно-енергетичного балансу вирішуються три основних питання енергетичного господарства:

1) правильний вибір енергії і палива для окремих категорій виробничих і побутових процесів з обліком усіх технічних і економічних показників, що впливають на ефективність технології виробництва ;

2) раціональний вибір енергогенеруючих установок;

3) вибір паливно-енергетичних ресурсів для окремих типів енергетичних установок.

Планові баланси є основою для планування енергоспоживання й енергопостачання підприємства. Вони розробляються на рік із розбивкою по кварталах, виходячи із заданої виробничої програми і планових питомих витрат енергії.

Поряд із плановими і фактичними складаються нормалізовані й перспективні енергетичні баланси. Нормалізований енергетичний баланс характеризує нормально досяжний рівень енерговикористання. Він розробляється шляхом нормалізації втрат енергії, що були виявлені при упорядкуванні й аналізі фактичного енергетичного балансу.

Аналіз фактичних і розробка перспективних енергетичних балансів дозволяють:

-виявити зайві втрати палива й енергії і розробити заходи щодо їхнього усунення;

-визначити найбільш раціональні напрямки технічної реконструкції морально й фізично застарілого обладнання і впровадження нової техніки;

-здійснити переведення технологічних процесів на найбільш економічні види й параметри енергоносіїв;

-визначити найбільш ефективні напрямки, способи й об'єми використання енергоресурсів;

-обґрунтувати масштаби й режими енергоспоживання на перспективний період;

-обґрунтувати раціональні схеми енергопостачання підприємства (типи, потужності й параметри джерел енергопостачання).

Промислові підприємства споживають різні види енергоносіїв, для яких складаються матеріальні й енергетичні баланси. Сукупність цих балансів прийнято називати паливно-енергетичним балансом підприємства.

Упорядкування паливно-енергетичного балансу на промисловому підприємстві призначене для :

- аналізу ефективності використання енергії й палива у виробничих процесах;

- розробки прогресивних норм витрати енергії й палива по агрегатам,

цехам і підприємству в цілому;

- визначення зміни структури енергоспоживання й виявлення ефективності заміни енергоносіїв більш економічними;
- виявлення потреби підприємства в енергії й паливі в перспективі;
- раціонального покриття потреби в енергії й паливі з різних джерел.

Відомості енергетичного балансу повинні бути подані у формі, що дозволяє визначити ефективність використання енергії у цілому по підприємству. По можливості повинна бути забезпечена послідовність структури балансів агрегатів, окремих ділянок і цехів. Для цього необхідно об'єднувати в групи економічно однорідні елементи балансу в масштабі всього підприємства, тобто виділяючи корисну енергію, втрати по елементах і вторинні енергоресурси.

Для аналізу цільового використання енергії варто виділяти витрати на силові, технологічні і господарсько-побутові потреби (освітлення, опалення, вентиляція, гаряче водопостачання). З метою контролю використання енергії установками окремих ділянок і цехів, баланси енергії варто будувати у виробничо-територіальному розрізі з виділенням витрати по цехам і установкам. Баланси повинні відображати внутрішній оборот енергії в енергоносіях різного виду й параметрів і погоджуватися з матеріальними балансами відповідних енергоносіїв.

З метою виявлення збитку, що заподіюється внаслідок низької якості палива й енергії, у балансах доцільно вказувати якісну характеристику використаної енергії (тиск, температуру, сорт, марку, зольність, вологість і ін.).

Енергетичні баланси в робочій формі дають можливість оцінювати витрату енергії на підприємстві (що важливо при плануванні й прогнозуванні енергетичних навантажень), виявляти втрати, визначати фактичні й нормативні витрати енергії. Але ці баланси не вирішують питань раціональної витрати енергії в технологічних агрегатах, не дозволяють судити про раціональне енергозабезпечення технологічного процесу. Відзначені недоліки усуваються аналітичною формою. Баланс будується по економічній і цільовій ознакам по підприємству в цілому із виділенням корисної енергії та втрат по видах і місцю виникнення.

При цьому основною метою аналізу електробаланса промислового підприємства є визначення напрямків економії і раціонального використання електроенергії, вибір оптимальної стратегії управління плануванням електроспоживання. Електробаланс характеризується балансом активної потужності й балансом реактивної потужності за досліджуваний проміжок часу.

Умова балансу активної енергії (потужності) визначається рівністю прибуткової частини та суми всієї споживаної електроенергії, включаючи сумарні втрати в мережі, перетворювальних установках і безпосередньо в робочих машинах, кВт•год:

$$W_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{пi}} + \sum_{j=1}^m \Delta W_j, \quad (2.4)$$

де $W_{\text{пр}}$ – прибуткова частина електробаланса;

$W_{\text{пi}}$ – корисна витрата електроенергії i -ми споживачами електроенергії;

ΔW_j – втрати електроенергії в різних j -х елементах електропостачання.

Прибуткова частина електробаланса відображає надходження електроенергії від мережі енергосистеми, інших джерел електроенергії чи власних генеруючих потужностей промислового підприємства. Видаткова частина характеризує структуру електроспоживання по окремим виробничим підрозділам, технологічним і енергетичним установкам з обліком втрат електроенергії.

Структура електробаланса промислового підприємства є практично основним джерелом інформації, що дає можливість вибору найбільш пріоритетних напрямків проведення енергозберігаючої політики і зниження втрат електроенергії. Зокрема, при аналізі електроспоживання підприємств електротехнічної промисловості виявилось, що найбільш ефективним є проведення енергозберігаючих заходів в процесах металообробки, електротермічних процесах. Значний резерв економії електроенергії пов'язаний також із зниженням втрат електроенергії в силових трансформаторах, реакторах, інших електроустановках і в електричних мережах промислових підприємств.

Питання вдосконалення нормування електроспоживання нерозривно зв'язані з електробалансом промислового підприємства. Від того, наскільки достовірно були визначені витрати та втрати електроенергії, залежить і точність подальшої розробки планової питомої норми електроспоживання. При цьому формування електробаланса по напрямках використання електроенергії в першу чергу повинно визначатися структурою питомих норм витрати електроенергії. Видаткова частина електробаланса повинна визначатися прийнятою структурою питомих норм електроспоживання, а також містити в собі відпуск електроенергії стороннім споживачам і враховувати як досягнутий, так і прогресивний рівень оптимальних режимів електроспоживання. Зазначене положення повинно бути визначальним незалежно від виду електробаланса. Видаткова частина електробаланса по своїй структурі повинна бути диференційована тільки по тим напрямкам, що надалі піддаються обліку і контролю приладовим або розрахунковим способом. Тому видаткова частина по окремим видам електроспоживання повинна бути практично прийнятною для подальшого аналізу ефективності використання електроенергії на промисловому підприємстві.

Для вирішення проблеми компенсації реактивної потужності складається баланс реактивної потужності. Він визначається умовою рівності генеруючих реактивних потужностей сумі всіх споживаних потужностей із врахуванням втрат реактивної потужності в мережі й інших елементах системи електропостачання промислового підприємства, кВар:

$$Q_r = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{j=1}^m \Delta Q_j \quad (2.5)$$

де Q_i – реактивна потужність, споживана i -ми споживачами;

ΔQ_j – втрати реактивної потужності в j -х елементах електропостачання.

Значення Q_r буде визначатися реактивною потужністю, що генерується енергосистемою в даному вузлі навантаження, і реактивною потужністю компенсуючих пристроїв промислового підприємства (синхронні двигуни, конденсаторні установки поперечного вмикання). Біля 80% усієї реактивної потужності споживають асинхронні двигуни і силові трансформатори, інша частина відводиться на різні індукційні апарати, повітряні електричні мережі і т.д.

Методологічні питання упорядкування й аналізу електробаланса в даний час розроблені і досліджені досить докладно. Водночас на практиці виникає ряд проблем, пов'язаних із достовірністю інформації, одержаної при упорядкуванні електробалансу, при відповідних методах розрахунку видаткової частини. Похибки розрахунків електричних навантажень за визначеними формулами із врахуванням різних емпіричних коефіцієнтів будуть характерні і для розрахунків видаткової частини електробаланса.

В даний час основним методом розрахунків електричних навантажень і витрат електроенергії є метод упорядкованих діаграм. У ряді випадків витрати електроенергії при упорядкуванні електробаланса визначаються із використанням коефіцієнта попиту або іншим розрахунковим способом. При цьому в усіх випадках, пов'язаних із визначенням видаткової частини електробаланса за різними формулами і з врахуванням визначених числових коефіцієнтів, результати будуть мати деяку похибку. Відмінність розрахункових даних від фактичного електроспоживання може досягати 10-15%. Використання в подальшому отриманих значень споживання електроенергії в розрахунковій частині електробаланса й для аналізу питомого електроспоживання буде характеризуватися значною неточністю.

Тому при визначенні видаткової частини електробаланса рекомендується проведення експериментальних досліджень, якщо це дозволяють умови виробництва. Наведений метод є більш трудомістким, але дає можливість одержати достовірну інформацію.

Загальна витрата електроенергії за визначений час окремими споживачами і групами електроріймачів є інтегральним показником

режиму електроспоживання. При цьому зміна електричних навантажень у часі носить ймовірний характер, і їх фактичні значення є випадковими в залежності від характеру зміни виробництва й інших чинників. У зв'язку із цим прогресивною базою для визначення рівня використання електроенергії при упорядкуванні видаткової частини електробаланса є застосування ймовірних статистичних методів аналізу електроспоживання для різних виробничих процесів. Однак, виходячи з конкретних умов виробництва, при упорядкуванні електробаланса є доцільним застосування розрахункового або статистичного методу, і в окремих випадках – дослідно-експериментального методу визначення витрат електроенергії.

Використання розрахункового й експериментального методів при упорядкуванні електробалансу є найбільш прийнятним при визначенні витрати електроенергії по технологічним процесам і установкам, що мають встановлений режим роботи. При аналізі електроспоживання, що носить ймовірний характер, використання детермінованих методів розрахунку видаткової частини електробалансу буде приводити до значних похибок результату. Зокрема, при упорядкуванні балансу електроспоживання багатомножинного виробництва, складних технологічних процесів найбільш достовірний результат можна одержати лише на базі статистичного матеріалу обліку електроспоживання.

Обов'язковою умовою одержання оптимальних рішень підвищення економічності енергогосподарства є комплексний підхід до аналізу енерговикористання, тобто спільний розгляд технологічних і енергетичних схем, дослідження взаємозв'язків між окремими ділянками енергогосподарства, одержання режимів роботи устаткування й оцінка впливу всіх чинників на енергетичну економічність підприємства.

Результатом аналізу енергобалансів окремих установок є :

- розробка заходів, що поліпшують економічність їхньої роботи;
- підвищення їх коефіцієнта корисної дії зниження питомих витрат енергії.

На відміну від цього при аналізі енергетичного балансу всього підприємства розробляються заходи загальнозаводського характеру, спрямовані в основному не на підвищення економічності окремих установок, а на зниження загальної витрати енергії по підприємству в цілому. До них відносяться: переведення установок і процесів на раціональні види і параметри енергоносіїв, збільшення використання вторинних енергоресурсів, розвиток систем збору і повернення конденсату, гарячої води, пари, впровадження більш економічних енергогенеруючих установок.

2.5 Енергетичний менеджмент

Енергоменеджмент — управління раціональним використанням енергії на всіх стадіях її виробництва, передачі, розподілу і споживання, включаючи комплексне оптимальне розв'язання технічних, економічних та екологічних проблем, пов'язаних з цим процесом.

Енергетичний менеджмент є системою керування, заснованою на проведенні типових вимірів і перевірок, що забезпечують на підприємстві споживання кількості енергії необхідної для нормального виробництва. Енергетичний менеджмент – це інструмент керування підприємством, що надає інформацію про розподіл і рівень споживання енергоресурсів на підприємстві, а також забезпечує оптимальне використання енергоресурсів як для виробництва, так і для невиробничих потреб.

Основні обов'язки енергетичного менеджера полягають у наступному:

- участь у складанні карти споживання енергії на підприємстві (у співробітництві зі стороннім консультантом – енергетичним аудитором);
- збір даних по споживанню ПЕР;
- збір даних по потоках сировини і готової продукції;
- визначення ключових даних по підвищенню ефективності використання енергії у цілому і по окремих виробництвах;
- визначення і впровадження заходів для економії енергії, не потребує значних інвестицій чи з мінімальними інвестиціями;
- визначення пріоритетності заходів по економії енергії, що потребують значних інвестицій;
- інформування персоналу підприємства про заходи по економії енергії;
- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- співучасть у вирішенні виробничих питань підприємства нарівні з іншими керівниками.

Енергетичний менеджер має бути обізнаним із поточною політикою в енергетичній галузі і з супутніми аспектами (наприклад, нове законодавство по оподатковуванню, існуючі обмеження рівня споживання енергії, субсидії, питання захисту навколишнього середовища і т.д.).

На етапі впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві складання карти споживання енергії для всього підприємства є складною справою. Тому доцільно зосередитися на попередньому підрахунку споживання енергії найбільш важливими установками і системами. Усі види енергії (електроенергія, газ, мазут і т.д.) повинні бути враховані, включаючи споживання води. По можливості, допомога при складанні карти споживання енергії енергетичним менеджером повинна бути надана енергетичним аудитором.

Покази основних лічильників необхідно знімати щодня або не рідше, ніж раз у тиждень. При наявності додаткових лічильників необхідно

перевірити, чи встановлені вони в необхідному місці і на необхідних установках (системах), оскільки іноді потрібна їхня перестановка. Покази додаткових лічильників знімаються щодня, щотижня чи щомісяця в залежності від рівня споживання енергії, але тільки при необхідності використання цих даних.

Збір даних необхідно здійснювати за обсягом виробництва і за використанням сировини. Якщо споживання енергії залежить від визначених параметрів, наприклад, від якості вихідних матеріалів чи температури повітря, то ці фактори повинні бути прийняті до уваги.

На етапі аналізу енергетичний менеджер робить розрахунок даних (питомого споживання енергії) по підприємству в цілому і для енергоємних установок і систем. Ці дані використовуються для порівняльного тимчасового аналізу з метою виявлення впливу енергозберігаючих заходів на вищезгадані параметри і загальний обсяг виробництва (часто питоме споживання енергії різко зростає при скороченні виробництва). Можна зробити також порівняльний аналіз даних інших підприємств для оцінки загальної ефективності виробництва.

При необхідності енергетичний менеджер може використати розрахункові дані в якості «індикаторів» для швидкого реагування на раптове підвищення рівня споживання енергії. З цією метою доцільно розробити математичну модель споживання енергії, що враховує обсяг виробництва та всі важливі параметри. Використовуючи дану модель, можна досить просто зробити порівняння розрахункового і дійсного рівнів споживання.

Зібрані дані використовуються для складання бюджету по енергозбереженню на наступний рік.

Для узгодження загальних цілей енергетичний менеджер обговорює складені плани з керівником підприємства.

Необхідною умовою, що забезпечить ефективність впровадження енергозберігаючих заходів, є циклічний характер енергетичного менеджменту, зображений на рисунку 2.3.

Після проведення початкового аудита і створення карти споживання енергії, здійснюється контроль основних показників споживання енергії. Вони повинні бути проаналізовані, і на основі цього аналізу плануються наступні першочергові кроки для підвищення ефективності. Після впровадження запланованих заходів основні показники (тобто досягнуті результати) знову перевіряються, аналізуються, плануються наступні заходи, впроваджуються і так далі.

Задача енергетичного менеджера – організувати справу так, щоб показаний цикл повторювався знову і знову. У цьому випадку зміна умов роботи підприємства, упровадження нових технологій, запуск у виробництво нових видів продукції не будуть виводити підприємство з енергетично ефективного режиму.

Одна з задач енергетичного менеджера – особиста участь у складанні бюджету по енергозбереженню на наступний рік. Тому уміння працювати з комерційними і фінансовими аспектами (чи, хоча б, розуміння їх) необхідні для забезпечення успіху проекту так само, як і технічні знання.

Багато проектів фінансуються з зовнішніх джерел. Необхідна умова одержання кредиту – це впевненість кредитора в життєздатності проекту. Для цього він повинен отримати розумний бізнес -план.

У вступному розділі бізнес плану зазначаються основні моменти, вказуються причини, на підставі яких кредитор переконується у необхідності підтримки саме цього плану підвищення енергетичної ефективності.

Енергетичні проекти стосуються, як правило, стаціонарного устаткування. У випадку помилки, допущеної інвестором чи кредитором, вилучення інвестиції ускладнено: ніхто не в змозі відправити ТЕЦ, електростанцію, чи опалювальну систему на перепродаж.

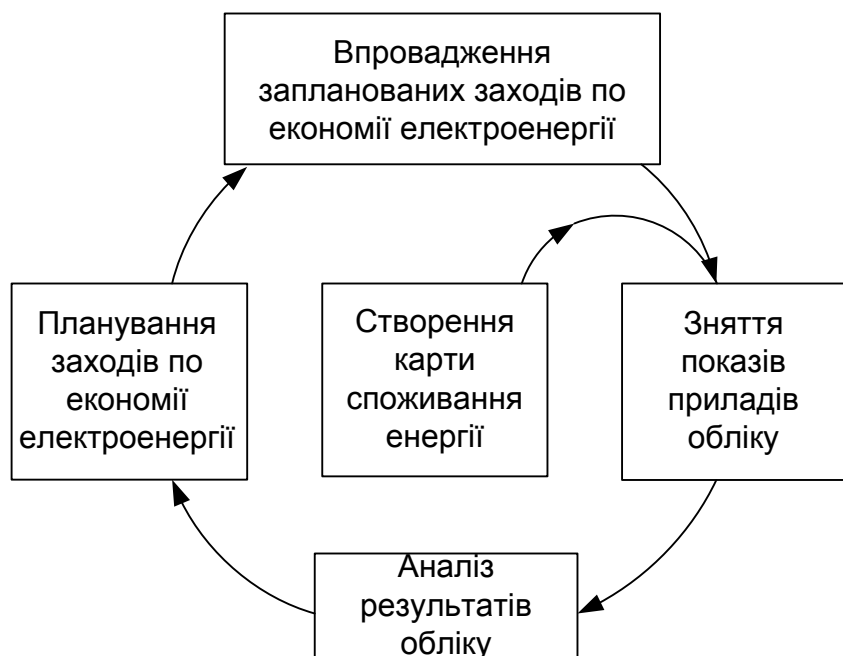


Рисунок 2.3 – Циклічність енергетичного менеджменту

Перший розділ бізнес-плану в основному повинен містити інформацію про прибутки. Реалізація проекту по енергоефективності приносить вигоду багатьом: національному і місцевому урядам, населенню, інвесторам. Інтереси цих сторін різні, але в даному випадку не суперечливі. План повинен переконувати у вигоді всіх учасників, задіяних у його здійсненні.

Другий розділ бізнес-плану повинен пояснити, що план і передбачувана інвестиція рентабельні. Однак, слід розрізняти економічні переваги проекту для підприємства та його окупність для інвестора і кредитора.

Третій розділ бізнес плану повинен бути присвячений результатам впровадження проекту для енергопостачальних організацій. Енергетично ефективний проект може стати і «енергозберігаючим» проектом з погляду енергопоставок.

Часом доцільно звертатися до суспільних джерел фінансування, тому що впровадження енергоефективності і зменшення забруднення навколишнього середовища відповідають інтересам суспільства.

На етапі економічної підготовки проекту основна задача – забезпечити підтримку проекту, вдало «продати» його власнику підприємства. Кілька прийомів можуть зробити інвестиції більш привабливими:

- а) скорочення періоду окупності в інтересах інвесторів;
- б) зведення до мінімуму витрат на суспільні фонди, міську владу і т.п.;
- в) скорочення великих затрат, які вимагають від інвесторів залучення іноземної валюти .

2.6 Енергетичний аудит

Енергетичний аудит – це технічне інспектування підприємства з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги підприємству в здійсненні цього на практиці, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Основні задачі енергоаудиту це визначення:

- а) об'ємів постачання і споживання енергії на рівні окремих підприємств і в цілому по регіоні;
- б) можливостей економії енергії за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій і устаткування, більш ефективного його використання;
- в) потенціалу вторинних і поновлюваних енергоресурсів з оцінкою можливості їх введення в енергетичний баланс регіону;
- г) заходи по оптимізації використання енергоресурсів;
- д) усунених екологічних збитків від нових енергоустановок;
- є) можливості самозабезпечення регіону енергією.

Для енергоаудиту в першу чергу необхідна об'єктивна інформація про виробникам і споживачам енергії. Вона повинна містити відомості про розміщення об'єкта, об'єми виробництва і споживання енергії, установлену потужності агрегатів і їхні характеристики.

Серйозний енергетичний аудит – велика і трудомістка робота, яка вимагає значних коштів. Тому вона повинна проводитися поетапно. Користуючись генеральною стратегією, аудитор повинний мати можливість легко ідентифікувати етапи виконання обстеження на даному підприємстві. Стратегія повинна дати аудитору чітку картину «віх» для

просування вперед.

Приймаючи до уваги складність і високу вартість енергетичного аудиту, його необхідність і корисність аж ніяк не очевидні для керівництва обстежуваного підприємства. Тому загальноприйнято, щоб аудитор і обстежуване підприємство на кожному з етапів приходили до консенсусу про досягнуті результати, наступні намічувані кроки і вартість робіт.

Загальні вимоги до стратегії енергетичного аудиту слідує:

- а) можливість її застосування для всіх типів виробництв і компаній;
- б) облік усіх видів енергії;
- в) сприяння зменшенню тимчасових витрат аудитора за рахунок стандартизації рішень;
- г) можливість ідентифікації етапів для продовження роботи чи умов її припинення;
- д) можливість співробітництва між різними аудиторами.

В цілому проведення енергетичного аудиту можна розбити на наступні чотири основні етапи:

етап 1

- 1) попередній контакт аудитора з керівництвом підприємства;
- 2) ознайомлення з підприємством, основними виробничими процесами і лініями;
- 3) узгодження плану аудиту з керівництвом підприємства.

етап 2

- 1) складання карти споживання енергії на підприємстві;
- 2) ідентифікація можливостей економії енергії;
- 3) заключення угоди з керівництвом підприємства про проведення аудиту.

етап 3

- 1) оцінка економії енергії від впровадження розроблених заходів;
- 2) вибір першочергових заходів для впровадження;
- 3) складання і представлення керівництву підприємства звіту по енергетичному аудиту;
- 4) ухвалення рішення про проведення подальшого аудиту;

етап 4

- 1) впровадження програми енергозбереження;
- 2) запуск системи енергетичного менеджменту;
- 3) продовження діяльності, дослідження, вивчення досягнутих результатів і т.д.

Розглянемо наведені етапи більш детально.

Етап 1

Після встановлення першого контакту з підприємством і формування основи для майбутнього співробітництва, необхідно з'ясувати думку співробітників і працівників підприємства про енергозбереження і їхні підходи в цій галузі. Зокрема, з'ясувати, що було зроблено раніше даним підприємством по енергозбереженню, і чи є плани на майбутнє. Зі своєї

сторони енергетичний аудитор може проінформувати керівництво компанії про основні напрямки енергетичного аудиту й очікувані результати.

Потім збираються дані по енергоспоживанню за минулі періоди часу, так названі «історичні дані». У ході збору даних накопичується інформація з основних виробництв і установок (при цьому рекомендується використовувати спеціальну стандартну форму).

Етап 2

Загальне енергоспоживання різних енергоносіїв, яке, як правило, керівники фірми добре знають зі своєї фінансової звітності (вони платять за енергоносії), розбивається по окремим об'єктам, групам технологічних процесів, окремим основним процесам і установкам. Ця робота іменується створенням карти споживання енергії. Карту звичайно створюють, проводячи додаткові виміри у вузлових точках підприємства за допомогою різних переносних чи стаціонарних лічильників. Досить часто карта ґрунтується не на вимірах, а на розрахунках (наприклад, коли відомі номінальна потужність і річний наробіток двигунів, то загальне споживання ними електроенергії легко розрахувати).

У процесі ознайомлення з підприємством, аналізу даних на етапі 1 і в процесі складання карти споживання енергії збирається інформація про енергоспоживання по окремим технологічним процесам і установкам. На основі цього поступово виявляються можливості економії енергії. Для визначення теоретичних можливостей економії енергії корисно зробити порівняння ключових даних (таких, як, наприклад, витрата енергії на одну тону сировини) з даними, відомими зі спеціальної літератури, інформацією, яку можна дістати на аналогічних виробництвах, і іншими подібними матеріалами.

Досвідчений аудитор може швидко визначити безліч типових місць економії енергії (розігряті поверхні, теплові витоки, погана ізоляція, безупинно працюючі двигуни, висока температура газів, що відходять, і т.п.).

Усі виявлені можливості економії енергії повинні бути внесені в перелік місць можливої економії з вказівкою пріоритетності (у залежності від потенціалу економії у випадку впровадження кожної з можливостей). Якщо на окремому процесі чи установці витрачається велика кількість енергії (наприклад, 20 % від загальної витрати, за даними карти споживання енергії), і є реальні можливості економії (наприклад, 30 %), то така економія повинна мати високий пріоритет. У випадку, якщо система (наприклад, система освітлення) споживає тільки 2 % від загальної кількості енергоспоживання, то, відповідно, аудитору не слід приділяти багато часу цій системі, незважаючи на те, що можливості економії визначаються в 50 %. Однак це не означає, що ці можливості не будуть реалізовані, а тільки те, що аудитор повинний ефективно витратити свій час.

Етап 3

Можливості економії енергії, що мають високий пріоритет (великий потенціал) оцінюються більш детально з технічної й економічної точки зору. У ході виконання оцінки, можливо, будуть потрібні додаткові виміри, консультації з фахівцями (наприклад, виробниками, науковими і технологічними інститутами) і співробітниками підприємства для складання «Огляду програм економії енергії». Як і раніше, в цьому огляді окремим можливостям економії повинні бути додані визначені чіткі пріоритети.

Наприкінці третього етапу керівництву підприємства подається звіт по енергетичному аудиту. Вкрай важливо перед представленням звіту керівництву провести його обговорення з відповідними співробітниками підприємства і здійснити необхідний перегляд тих пунктів, які викликали пряму чи непряму критику персоналу. Ще одна важлива особливість представлення звіту – це своєчасність його подачі, без необґрунтованих затримок, таким чином, щоб рішення про його реалізацію було прийнято негайно. Як показує досвід, якщо терміни ухвалення рішення переносяться, то підвищується імовірність його відхилення.

Етап 4

Цей етап містить у собі планування і впровадження обраної в підсумку конкретної програми економії енергії. Енергетичний аудитор може не приймати участі в цій роботі, оскільки, найчастіше, він є (чи, вірніше, повинний бути) лицем, незалежним від постачальників і виробників різного устаткування. Однак він може укласти контракт із підприємством на здійснення функцій контролю і консультування в процесі впровадження програми.

Ще один вид діяльності аудитора може полягати в вдосконаленні системи енергетичного менеджменту на підприємстві. На основі карти розподілу енергії можна оснастити лічильниками основні виробництва й установки (мова йде про лічильники, що враховують час роботи, обсяг виробництва, витрату енергії) і розробити схему аналізу даних.

По можливості, після завершення здійснення початкової програми енергозбереження, аудитору необхідно підтримувати контакт із підприємством для одержання наступної інформації або час від часу робити контрольні виміри. Викладена програма проведення енергетичного аудита ілюструється рисунком 2.4.

Таким чином, енергоаудит — складова частина енергоменеджменту, зорієнтована на обстеження об'єкта з метою виявлення фактів нераціонального використання енергії, визначення заходів для енергозбереження, оцінки технічних та економічних можливостей щодо їх реалізації. Цей вид діяльності спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання за рахунок підвищення ефективності використання енергії.



Рисунок 2.4 – Схема проведення енергетичного аудиту

Розглянемо основні положення енергоаудиту електроприводу.

При проведенні цього аудиту необхідно:

- встановити паспортні дані фактично працюючого устаткування (електродвигунів, перетворювачів, понижувальних трансформаторів, перетинів силових проводів, шин і кабелів і т.д.) та основні схемні рішення;
- визначити характеристики експлуатаційних режимів системи електропривода;
- з'ясувати відповідність фактичних характеристик устаткування і його експлуатаційних режимів проектним рішенням;
- визначити вимоги, які висувуються до електропривода та порівняти їх із представленими в проекті;
- з'ясувати думку експлуатаційного персоналу про недоліки в роботі електропривода та про можливі шляхи економії енергоресурсів;
- розробити енергозберігаючі заходи та обґрунтувати їх економічно, приділяючи першочергову увагу найбільш енергоємним машинам та технологічним процесам.

Паспортні дані фактично працюючого устаткування визначають по паспорту(сертифікату) заводу-виробника. При цьому фіксують наявність конкретних типорозмірів устаткування в місцях їх установки. Для з'ясування характеристик експлуатаційних режимів визначають тип

режиму роботи, діапазон і спосіб регулювання швидкості, навантажувальну діаграму (тривалість паузи, тривалість роботи при повному та частковому навантаженні та у режимі холостого ходу; рівень навантаження (коефіцієнт завантаження) для відповідного періоду технологічного процесу) і т.д. Виявлені розбіжності між проектною документацією та фактичними характеристиками є вхідною інформацією для розробки енергозберігаючих заходів.

Перелік можливих енергозберігаючих заходів визначають з врахуванням розбіжності між фактичними характеристиками устаткування та проектною документацією, приймаючи до уваги її недоліки. Для прийняття остаточного переліку енергозберігаючих заходів необхідно:

-виявити групи типових електроприводів та енергоспоживання кожної групи окремо;

-при виборі енергозберігаючих заходів перевагу варто віддавати найбільш енергоємним групам устаткування. Наприклад, більш раціонально проведення робіт по модернізації електропривода однієї компресорної установки потужністю 4 тис. кВт, ніж 40 компресорів по 100 кВт кожний (вважаємо, що енергоспоживання в обох випадках однакове);

-перспективність енергозберігаючих заходів, як правило, визначається значенням їхньої економічної ефективності, однак, при цьому необхідно враховувати, що:

а) найбільш перспективні є заходи з мінімальним терміном окупності, що вимагають мінімальних капіталовкладень (мінімальних переробок);

б) якщо термін окупності енергозберігаючих заходів перевищує два роки, ухвалення рішення про їхню реалізацію потребує додаткового обґрунтування;

в) якщо економічний ефект від впровадження декількох енергозберігаючих заходів відрізняється менш, ніж на 5%, перевагу варто віддавати тим із них, що вимагають менших капітальних вкладень.

2.7 Енергетичний консалтинг

Енергоконсалтинг – консультативна діяльність, спрямована на роз'яснення та обґрунтування переваг енергозбереження; на популяризацію знань про енергозбереження та надання практичної допомоги в реалізації розроблених заходів.

Енергосервісна компанія здійснює як енергоконсалтингову діяльність, так і пошук інвесторів для реалізації конкретних проектів енергозбереження або сама виступає як такий інвестор.

Як правило, консалтингові схеми містять в собі одну або декілька організаційних структур, задача яких – забезпечення виконання комплексу заходів по мінімізації енергоспоживання.

Раціональне використання енергії досягається за рахунок вдосконалення технології і цілого комплексу методів для оптимального впровадження і використання новітніх технологічних досягнень.

У загальному випадку вдосконалення енерготехнологій стосується наступного устаткування:

- тепловиробничі системи: установки центрального опалення, ТЕЦ, котлоагрегати, печі;
- системи розподілу тепла: підстанції, підземні тепломережі;
- теплоізоляція приміщень, труб, резервуарів гарячої води, теплообмінників;
- вентиляційне устаткування приміщень;
- устаткування для вироблення електроенергії (електростанції, вітроагрегати, гідротурбіни);
- системи електропостачання;
- типові електроустановки (двигуни, трансформатори, перетворювачі і т. і.).

Для впровадження енергоконсалтингу необхідно створити законодавчу базу і нову інфраструктуру, нагромадити відповідні знання і методи, змінити ставлення людей до споживання енергії, вдосконалити енергетичний менеджмент, збільшити обсяг спеціальної інформації, що надходить до всіх учасників енергоспоживання. Перераховані умови вимагають великих змін як у технології, так і в рівні знань у різних галузях. Тому має сенс створення двох чи більшої кількості консультаційних схем для кожної з конкретних областей. Ці схеми повинні охоплювати визначені професійні групи, наприклад, групи архітекторів чи консультантів, що займаються крім традиційної діяльності ще й питаннями теплоізоляції і вентиляції приміщень, чи інженерів, що можуть працювати з тепловиробничими установками.

У загальному випадку ефективність використання енергії досягається за рахунок впровадженні заходів з удосконалення постачання енергії, її розподілу і споживання. Що стосується ресурсів, необхідних для їхнього впровадження, то важливо, щоб схеми мали чітко обкреслені межі (торгові групи, цільові групи, політичну основу). Робота консалтингових схем повинна координуватися таким чином, щоб консультанти-фахівці з різних питань могли спільно вирішувати загальні проблеми, створюючи загальну базу знань. Ця координація повинна забезпечувати також поширення інформації серед консультантів, підвищення їхньої кваліфікації і спільний аналіз отриманих результатів.

2.8 Економічне стимулювання раціонального використання електроенергії в промисловості

Впровадження енергозберігаючих заходів потребує проведення енергозберігаючої політики з використанням економічних стимулів.

Система організації економічного стимулювання повинна спрямовувати не лише енергетиків, а й конструкторські і технологічні служби на пошук більш економічних варіантів використання енергетичного і технологічного обладнання.

Якщо матеріальне винагородження за досягнуті показники відсутнє, то й сама система стимулювання не забезпечує зацікавленості в економії паливно-енергетичних ресурсів. Коли з ростом показників преміювання росте джерело премії й сама премія, то забезпечується матеріальна зацікавленість у покращенні цього показника.

Розміри преміального заохочення повинні мати мінімальні і максимальні межі. Спеціальні дослідження свідчать про те, що премія починає виступати в якості діючого фактору заохочення, якщо вона складає не менше 10% заробітної плати.

Преміювання можливе лише на підприємствах, де затверджені норми витрати електроенергії й облік ведеться з допомогою контрольно-вимірювальних приладів. Загальна сума премії при цьому не повинна перевищувати для одного працівника 75% місячної тарифної ставки. Джерелом преміювання є частина коштів, отриманих від економії енергоресурсів.

Формування системи економічного стимулювання раціонального використання електроенергії слід розглядати у взаємозв'язку з питаннями раціонального використання електроспоживання і ущільнення графіків навантаження промислових підприємств.

Раціональне використання сумарних витрат електричної енергії є визначальним моментом удосконалення всіх аспектів структури електроспоживання, планування і організації роботи на підприємстві по економії і раціональному використанню електроенергії.

Ущільнення графіків електричного навантаження промислових підприємств пов'язано зі зниженням їх електроспоживання за рахунок лімітування в години максимального навантаження. При цьому необхідним є вирішення питань зацікавленості промислових підприємств у найбільш повному використанні електроенергії в години провалів навантаження.

Перелік заходів по економії електроенергії, за які доцільно стимулювати персонал промислових підприємств, показані відповідно на рис. 2.5-2.6.

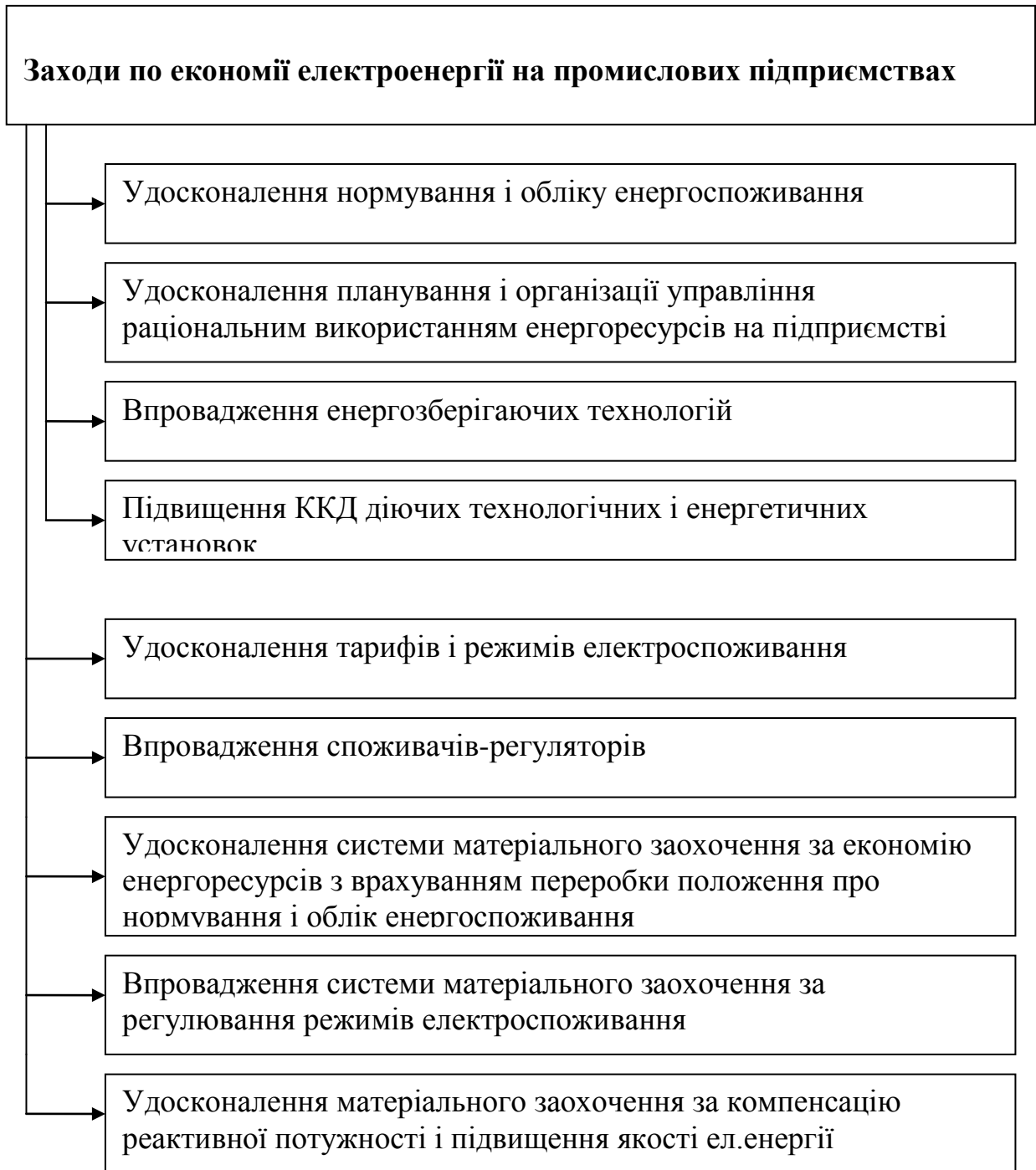


Рисунок 2.5 – Перелік заходів по економії електроенергії, за які доцільно стимулювати персонал промислових підприємств

3 Технічні заходи по економії електроенергії

3.1 Електропривід

Загальні відомості

Електропривід – це основний постачальник механічної енергії на

промислових підприємствах, так само, як і основний споживач електричної енергії.

Структура електропривода в його найбільш розвинутій сучасній версії показана на рисунку 3.1. Вона містить у собі два канали: силовий (електричний, електромеханічний та механічний перетворювач) і інформаційний, що здійснює усі види керування, діагностику стану, інформацію про хід процесу і т.п. Водночас, дотепер таку структуру мають лише 5-10% всіх електроприводів, головним чином в установках із складним технологічним процесом (верстати, роботи, машини обробної промисловості, металургійні, текстильні, кабельні агрегати й ін.). У більшості масових пристроїв загального застосування (насоси, вентилятори, конвеєри, транспортери і т.п.) традиційно використовується найпростіший нерегульований електропривід.

Якщо розглядати розподіл електроприводів по потужності двигунів, то можна відзначити, що основна маса (77%) – приводи малої (0,75-7,5 кВт) і середньої (7,5-75 кВт) потужності – це короткозамкнені асинхронні двигуни. Приводи потужністю 75 кВті вище, обладнані засобами регулювання, складають лише 23%. Таким чином, основне споживання електроенергії в масовому сучасному електроприводі здійснюється асинхронними електродвигунами з постійною швидкістю обертання.

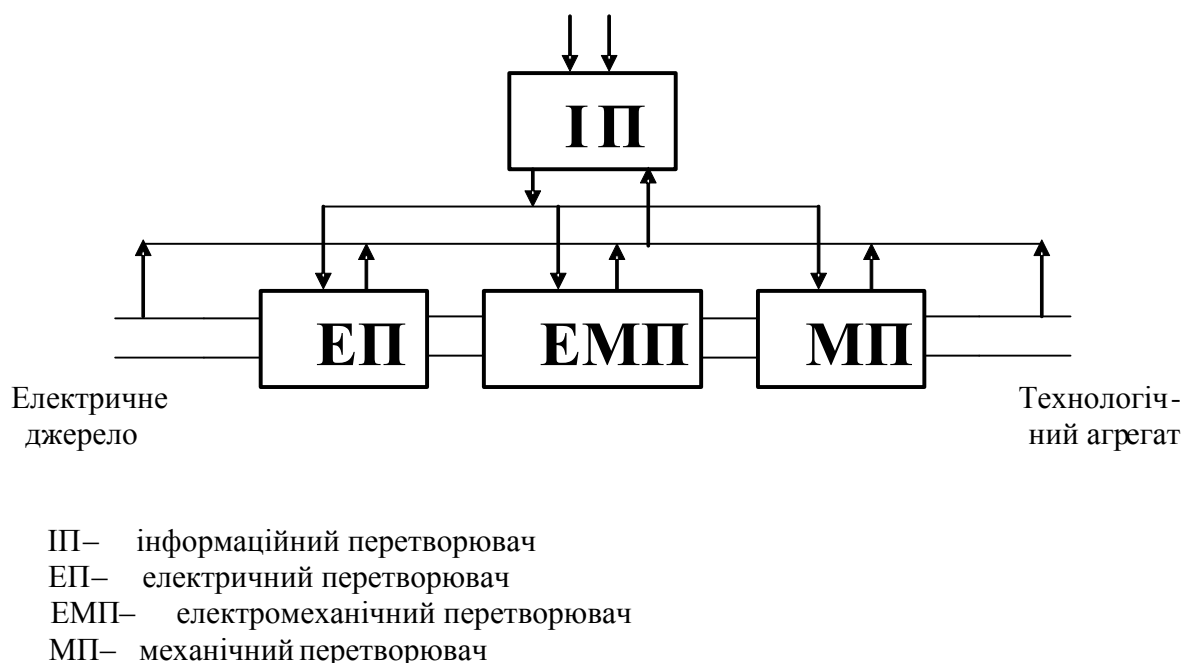


Рисунок 3.1 – Структура електропривода
Якщо двигуни перевантажені, то вони швидко виходять з ладу, якщо

вони недовантажені – то двигун працює неефективно, знижується його коефіцієнт корисної дії (ККД) і коефіцієнт потужності $\cos \varphi$.

Капітальні витрати на установку двигуна меншої потужності окупаються за рахунок економії електроенергії. Двигун доцільно замінити при навантаженні менш 45%, При навантаженні його на 45-70% для заміни вимагаються серйозні економічні оцінки. При навантаженні двигуна більш, ніж на 70%, його заміна недоцільна.

Безліч двигунів залишаються працювати і тоді, коли цього не вимагають технологічні потреби. Причому часто це відбувається через те, що їх незручно виключати.

Використання систем регульованого привода

У будь-якій системі приводів сам двигун являє собою найбільш ефективну її частину. Тому найбільш розумним при роботі над підвищенням загальної ефективності системи є дослідження всієї системи в цілому.

Оскільки всі енергетичні процеси (передача, перетворення, розподіл, споживання) супроводжуються втратами енергії, важливо оцінити, від чого можуть залежати ці втрати і наскільки вони великі.

Ефективність будь-якого енергетичного процесу визначається двома чинниками.

Перший – наскільки добре підведена споживачу потужність відповідає вимогам оптимального технологічного процесу.

Другий – наскільки великі втрати, що супроводжують процес.

Основний шлях енергозбереження – подача кінцевому споживачу необхідної потужності. Це може бути досягнуто за рахунок керування величинами, від яких залежить потужність. Керованими можуть бути одна або декілька величин (так, при обробці металів різанням існують оптимальні режими, що характеризуються найкращим сполученням швидкості і сили різання).

Тут особливо істотний вибір з технічної й економічної точок зору раціонального способу керування величинами, від яких залежить споживана машинами потужність.

З точки зору енерго- і ресурсозбереження раціональним є використання систем регульованого приводу змінного струму, особливо в металургії і машинобудуванні, а також для насосів, вентиляторів, компресорів. Застосування систем регульованого електропривода в зазначених механізмах може в окремих випадках дозволити заощадити до 25-50 % електроенергії. У багатьох випадках застосування регульованого приводу дозволяє заощаджувати енергію не тільки в самому приводі, але й ту, яка використовується по всьому технологічному ланцюжку.

З урахуванням останніх досягнень та вдосконалення регульованого

електропривода цілком реально може (принаймні для окремих підприємств) з'явитися можливість стовідсоткового оснащення машин і механізмів регульованим електроприводом. Тому питання про використання регульованого приводу повинно вирішуватися в кожному конкретному випадку, для кожного типу устаткування, для кожного інвестиційного проекту або проекту реконструкції (модернізації) робочих машин і механізмів.

Ціль застосування будь-яких приводів із керованою швидкістю – це підтримка швидкості двигуна якнайближче до оптимальної чи заданої, що диктується вимогами технологічного процесу чи необхідністю зниження питомої витрати електроенергії.

Величина економії електроенергії при заміні нерегульованого електропривода регульованим такі: для вентиляційних систем – 50%, для компресорів – 40-50%, для повітродувок і вентиляторів – 30%, для насосів – 25%. Існують кілька типів приводів з регульованою швидкістю.

Найбільш перспективний спосіб регулювання продуктивності механізму – зміна частоти обертання.

Частіше всього для цього використовуються регульовані електроприводи на основі напівпровідникових перетворювачів. У цьому випадку механізм працює з практично постійним коефіцієнтом корисної дії (ККД). Система з регульованим електроприводом має у своєму складі напівпровідниковий перетворювач, що формує параметри живлення електродвигуна (напругу або частоту) і регулюючу частоту обертання електродвигуна в залежності від сигналу, який виробляється технологічним регулятором (тиск, рівень і т.д.) або задається програмно. При цьому можливо також реалізувати будь-який ступінь автоматизації роботи декількох механізмів у складі станції (пуск, зупинка, погоджене регулювання, автоматичне введення резерву, захисти, сигналізації, діагностика) засобами сучасної мікропроцесорної і комп'ютерної техніки.

Найбільше поширення в таких системах одержали перетворювачі частоти на основі автономних інверторів із ланкою постійного струму (Див. рис. 3.2).

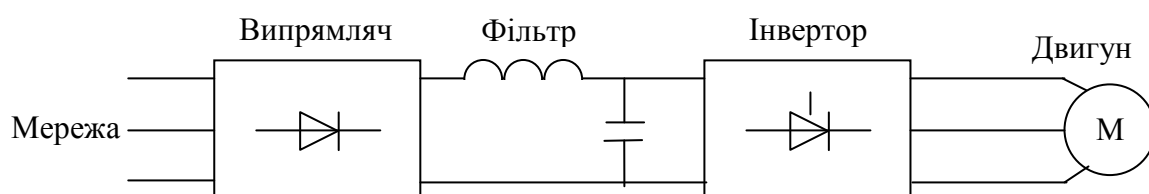


Рисунок 3.2 – Схема перетворювача частоти з ланкою постійного струму

Змінна напруга мережі випрямляється, фільтрується, а потім

перетворюється в змінну із перемінною частотою. Щоб підтримати магнітний потік двигуна незмінним навіть при низьких частотах, необхідно регулювати напругу в залежності від частоти. Існують два основних типи: із проміжною ланкою постійного струму і проміжною ланкою постійної напруги.

У перетворювачах із ланкою постійного струму випрямлення здійснюється тиристорним випрямлячем, в фільтруючому колі передбачений лише дросель, а інвертором служить тиристорний перетворювач із примусовою комутацією. Істотно те, що завжди забезпечується безпосередній зв'язок якої-небудь фази з двигуном і навпаки, тобто визначальним чинником є струм.

Однак такі перетворювачі для потужних високовольтих двигунів поки що досить дорогі, громіздкі і складні в експлуатації. У ряді випадків, особливо коли достатньо здійснювати тільки вмикання/вимикання механізмів, варто віддавати перевагу пристроям плавного пуску. У порівнянні з перетворювачами частоти такі пристрої відрізняє простота, дешевизна і малі габарити.

При розрахунку економічної ефективності застосовуваного в кожному конкретному випадку електропривода варто враховувати, що насос, вентилятор, компресор і т.д. є кінцевою ланкою енергетичного ланцюжка, у який входять електростанція, система передачі і перетворення електроенергії.

Для керування швидкістю потрібний сигнал зворотного зв'язку від відповідного датчика (тиску, температури, швидкості, потоку і т.д.). Ідеальний варіант – використання спеціального мікропроцесора, контролера чи комп'ютера для керування швидкістю.

Такі системи можна застосувати для широкого спектра типів двигунів:

- а) зі змінним обертовим моментом для насосів, вентиляторів, транспортерів, конвеєрів, відцентрових компресорів, нагнітачів;
- б) із постійним обертовим моментом для змішувачів, перемішувачів, дробарок, млинів і т.д.;
- в) з постійною потужністю – для електроінструментів.

Їх можна застосовувати як із синхронними, так і з асинхронними двигунами. Другий випадок відповідає синхронізації асинхронних двигунів, коли в режимі пуску двигун працює як звичайний асинхронний, а в робочому режимі він має властивості синхронного двигуна.

Мікропроцесорні системи керування двигунами дуже ефективні і можуть використовуватися в багатодвигуних системах. Крім того, у випадку відмови їх можна виключити з роботи і на час ремонту обійтися без них.

Перш, ніж застосовувати систему електронного керування роботою двигуна, потрібно досліджувати всю конструкцію приводу. Зменшення швидкості двигуна приведе також до зниження швидкості обертання його

охолоджувальної крильчатки. Ефективність охолодження при цьому знизиться, і виникне небезпека перегріву мотора. Якщо планується використовувати двигун на швидкостях більш високих, ніж стандартні для нього, то необхідно дуже прораховувати вплив на трансмісію, силові з'єднання, а також на корисне навантаження мотора. У той же час зниження швидкості транспортера, наприклад, знижує зношування тягнучого органа трансмісії. Зниження тиску, що розвивається насосами, збільшує термін служби трубопроводів і арматури, знижує надлишкові витрати рідин і газів.

При вирішенні заходів регульованого електроприводу необхідно врахувати основні переваги синхронних електродвигунів перед асинхронними:

а) можливість споживання випереджального струму і регулювання $\cos \varphi$ струмом збудження;

б) менша чутливість до зміни напруги живильної мережі: обертальний момент пропорційний напрузі живильної мережі, а не його квадрату, як в асинхронних двигунів;

в) більший ККД на 0,6 – 3,5% (менше втрати активної потужності).

ККД синхронних двигунів залежить від типу, швидкості і навантаження двигуна, а також від його потужності:

1) при 100% навантаженні: 80% для двигуна потужністю 5 кВт, і 90% для двигуна потужністю 150 кВт;

2) при 50% навантаженні: 55% для двигуна потужністю 5 кВт і 65% для двигуна потужністю 150 кВт.

Звичайно системи керування швидкістю двигунів устатковуються з метою оптимізації технологічного керування, заощадження енергії, поліпшення якості виробленого продукту, чи з метою підвищення продуктивності праці. Будь-які спроби розглянути можливості економії енергії повинні містити в собі дослідження таких факторів як загальний наробіток (у годинах), часовий графік навантаження, вартість електроенергії, робочі технологічні цикли, і так далі. У визначених умовах є можливість заощадити до 50% електроенергії.

Відзначимо, що застосування керованих електроприводів у сфері технології приводить не лише до економії електроенергії. Такі пристрої, як перетворювач напруги, частоти, контролер ККД, контролер коефіцієнта потужності чи стабілізатор швидкості, відслідковують завантаженість двигуна. Коли двигун виявляється завантаженим менш, ніж на 50 % і його ефективність починає швидко падати через перевагу втрат, регулятор знижує напругу. Це знижує втрати в сталі і збільшує енергетичну ефективність двигуна і його ККД. Самі регулятори споживають мало електроенергії. Регулювання магнітного потоку при змінному навантаженні і постійній швидкості дозволяє зменшити втрати електропривода на 20-25% від повних втрат у номінальному режимі. Мінімуми втрат струму статора і споживання активної потужності

асинхронного двигуна можна реалізувати при підтримці сталості ковзання чи швидкості. Вимірювати ковзання доцільно проводити непрямим чином, по куту зсуву між першими гармоніками напруги і струму статора. При середніх навантаженнях (на лінійній ділянці кривої намагнічування) ефект від такого регулювання напруги підвищується, при малих навантаженнях – знижується через зростання втрат на вищих гармоніках струму.

Контролери м'якого старту (чи регулятори плавного пуску і гальмування) поступово підвищують напругу, що прикладається до двигуна протягом стартового моменту, мінімізуючи пускові надструми. Пристрій м'якого пуску і гальмування, а також пристрій захисту і діагностики можуть поєднуватися в один прилад – регулятор-перетворювач. Такі пристосування потрібно використовувати скрізь, де тільки можливо, оскільки їхня вартість відносно невисока.

Отже, загальні рекомендації з енергозбереження двигунів слідуючі.

Двигуни повинні бути ретельно підібрані по потужності відповідно до потреб навантаження і при необхідності легко виключатися.

На двигунах повинен бути встановлений захист, що запобігає ушкодженню крильчаток вентиляторів на осях моторів.

Необхідно поліпшувати елементи трансмісії і контролювати стан системи змащування.

Необхідно розглянути можливість установки приводів з перемінною швидкістю, особливо в таких місцях, де двигуни частину часу працюють не з повним навантаженням.

Варто відмовитися від експлуатації несправних, чи погано відремонтованих двигунів. Ремонт двигунів варто робити без зміни їхніх номінальних даних.

Energy Efficient Motors-EEM

Із середини 70-х рр. пропагується використання енергозберігаючих двигунів (Energy Efficient Motors-EEM).

У ЕЕ двигунах використовуються якісні матеріали (сталь і мідь), що зменшують активні втрати. ЕЕ двигуни на 2 -5% більш ефективні, ніж стандартні. У них більш високий ККД, більш широкі можливості роботи в термічно перевантаженому стані, вони менш вимогливі до обслуговування. Крім того, вони менш чутливі до зміни напруги і менше шумлять.

ЕЕ двигуни найбільш ефективні при 70% навантаженні. Виграш за ціною складає від 60% до 30% для ЕЕ моторів потужністю відповідно від 100 до 300 кВт.

Водночас цей напрямок містить ряд суперечливих обставин. По-перше, мова йде про нерегульований електропривод, а відповідно, зекономивши декілька відсотків на втратах у двигуні, можна втрачати в досить масових та енергоємних системах (насоси, вентилятори і т.п.) у десятки разів більше.

По-друге, розрахункову економію вдається отримати лише при мало змінному та близькому до номінального навантаженні, а в умовах різко змінного навантаження економія суттєво зменшиться.

І, по-третє, економія може виявитися помітною (рекламовані 4-5%) лише у випадку, коли всі елементи силового каналу правильно обрані і налаштовані.

Таким чином, існує багато причин, що приводять до практичного знецінювання цього популярного в США і Європі способу енергозбереження в електроприводі.

Електропривід відцентрових механізмів

З усієї споживаної електроенергії біля 30% доводиться на електропривод відцентрових механізмів – насосів, компресорів, вентиляторів, димососів і т.д. Тому проблема енергозбереження в цій галузі застосування електропривода дуже актуальна.

Подібні пристрої, як правило, працюють із навантаженням, що змінюється в залежності від технологічної потреби протягом доби, тижня або сезону. Середня продуктивність, із яким працює механізм, може складати при цьому лише невелику частину від максимальної. Крім того, нерідко механізми вибираються з завищеною потужністю (приблизно на 25%). Все це робить необхідним регулювання продуктивності цих механізмів.

Між продуктивністю і потужністю відцентрового механізму існує кубічна залежність, тому навіть невелика зміна продуктивності дуже істотно впливає на споживану потужність. Це означає, що за рахунок адекватного регулювання продуктивності відцентрових механізмів можливе істотне енергозбереження. Частіше всього продуктивність регулюється або дроселюванням, або вмиканням/вимиканням, або зміною частоти обертання (рисунок 3.2).

Регулювання дроселюванням – за допомогою засувки, вентилів, клапанів і т.д. – не приводить до економії енергії, тому що при цьому зміна характеристик витрат-тиску трубопроводу (магістралі) досягається за рахунок зростання втрат у системі, а не за рахунок зменшення потужності компресора або вентилятора.

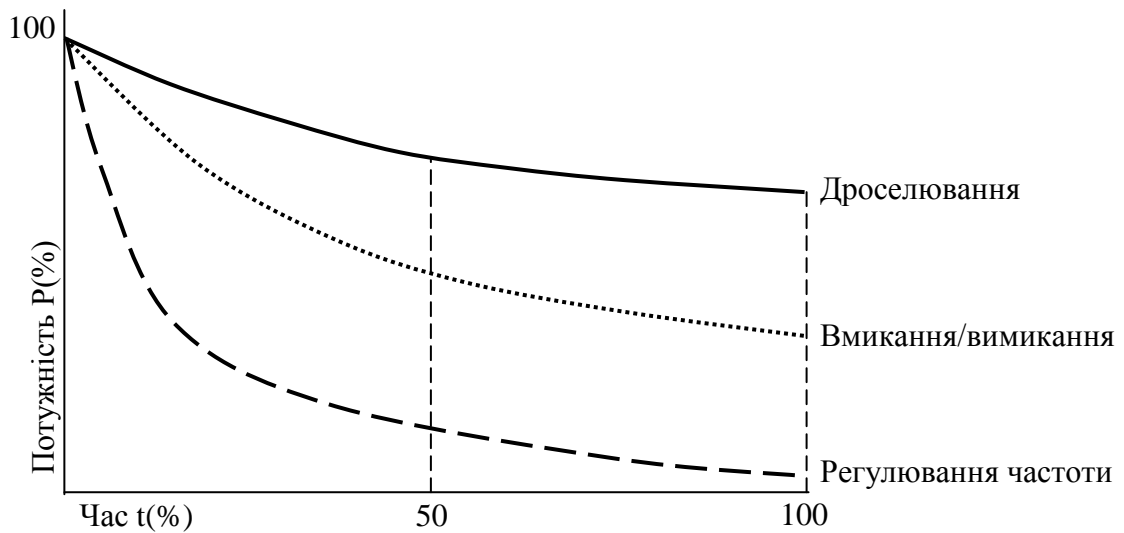


Рисунок 3.3 – Способи регулювання продуктивності відцентрових механізмів

Пристрої «плавного» пуску

При прямих пусках механізмів, коли приводний електродвигун підключається безпосередньо до повної номінальної напруги мережі, зростає навантаження на трубопроводи, механічну частину й електроустаткування, оскільки пускові струми перевищують номінальні в 6-7 разів. Кожен прямий пуск механізму знижує його ресурс і надійність роботи. Особливо це стосується потужних відцентрових механізмів, для приводу яких використовуються високовольтні синхронні й асинхронні електродвигуни. Прямі пуски і супутні їм кидки струму й електродинамічні перевантаження приводять і до інших негативних ефектів: ушкодженню і пробію ізоляції в місцях пайки обмоток і в їх лобових частинах. Ремонт обмоток вимагає істотних витрат. Крім того, при прямому пуску за короткий період розгону на електродвигун впливають короточасні температурні перевантаження через виділення великої кількості теплової енергії, пропорційної квадрату струму. З цієї причини для деяких двигунів підприємством-виробником встановлене обмеження на число пусків.

Виникає альтернатива – або часто відключати механізми відповідно до технологічної необхідності, що знижує їх ресурс і збільшує імовірність виходу з ладу, або залишати їх працюючими, що веде до надлишкового споживання електроенергії. Рішення проблеми – у безударному вмиканні електродвигунів за допомогою так званих пристроїв «плавного» пуску.

На рисунку 3.4 приведена схема одного з таких пристроїв. У кожній фазі міститься пара (або декілька пар – у випадку високовольного двигуна) зустрічно-паралельно включених тиристорів.

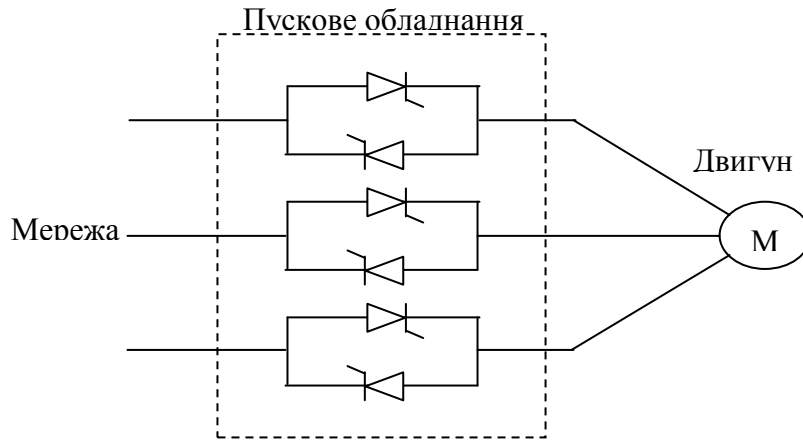


Рисунок 3.4 – Схема керування «плавного» пуску

Шляхом зміни моменту вмикання тиристорів вдасться регулювати значення напруги і формувати необхідний закон зміни струму. Як правило, на початковому етапі розгону струм наростає до значення, при якому ротор рушає з місця, за досить короткий час. Вал двигуна починає розкручуватися, і подальший розгін забезпечується при лінійному наростанні струму до максимального значення наприкінці розгону. По закінченні розгону двигун може бути переключений на роботу безпосередньо від мережі.

Один із прикладів використання подібного пристрою представлений на рисунку 3.5. У процесі пуску замкнутий вимикач Q1, двигун розганяється від пускового пристрою. По закінченні розгону і при досягненні частоти обертання, близької до номінальної, замикається вимикач Q2, а вимикач Q1 розмикається. Такий пристрій може бути застосований для пуску як синхронних, так і асинхронних електродвигунів. В останньому випадку пуск робиться в асинхронному режимі, а переведення у синхронний режим здійснюється після переключення на роботу від мережі.

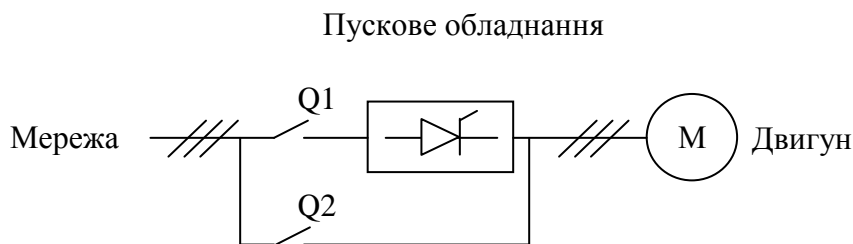


Рисунок 3.5 – Схема вмикання тиристорного пристрою для пуску трифазних електродвигунів

Зниження напруги живлення

При неможливості заміни малоавантаженого асинхронного двигуна (АД) двигуном меншої потужності, необхідно перевірити доцільність зниження напруги на його затискачах. Зниження напруги на затискачах асинхронного двигуна до деякого мінімально допустимого значення U_{\min} призводить до зменшення споживання ним реактивної потужності (за рахунок зменшення струму намагнічування) і тим самим до збільшення коефіцієнта потужності. При цьому одночасно зменшуються втрати активної потужності і, відповідно, збільшується коефіцієнт корисної дії двигуна.

На практиці застосовують наступні способи зниження напруги у малоавантажених АД:

- 1) перемикання статорної обмотки з трикутника по зірку;
- 2) секціонування статорних обмоток;
- 3) перемиканням відпайок понижувальних трансформаторів.

Перемикання статорної обмотки АД з трикутника на зірку доцільне для двигунів з напругою до 1000 В, систематично завантажених менше ніж на 35-40% номінальної потужності. При перемиканні двигуна з трикутника на зірку внаслідок зменшення максимального обертового моменту в 3 рази необхідно здійснювати перевірку за умовою стійкості граничного коефіцієнту завантаження двигуна

$$K_{з.гр.} = K_{м.м.} / 4,5;$$

де $K_{м.м.}$ – кратність максимального обертового моменту по відношенню до номінального, вибирається з каталогу.

Секціонування статорних обмоток АД бажане в тих випадках, коли неможливо здійснити перемикання обмотки статора з трикутника на зірку. Якщо двигуни виготовлені паралельними вітками в статорній обмотці, то секціонування здійснюється перепайкою лобових з'єднань обмотки.

Складніше перемикати статорну обмотку двигуна на іншу схему з'єднання, якщо вона виконана одиночним проводом. В таких випадках перемикання відпайок понижувального трансформатора для зниження робочої напруги АД є нормальним експлуатаційним заходом, який направлений на підвищення коефіцієнта потужності, якщо даний трансформатор одночасно не живить інші приймачі, які не допускають зниження напруги на їх затискачах

3.2 Електрозварювальні установки

Питома витрата електроенергії на електроплавлення визначається за формулою, кВт·год/кг,

$$\Delta E = \frac{U}{\eta \cdot k_H} \cdot C, \quad (3.2)$$

де η – коефіцієнт корисної дії джерела живлення; C – коефіцієнт, що враховує втрати холостого ходу джерела живлення; U – напруга зварювальної дуги, В; k_H - коефіцієнт наплавлення.

Коефіцієнт C при змінному струмі і при живленні апарата через зварювальний трансформатор і відключенні його на холостому ходу може бути прийнятий рівним одиниці; на постійному струмі $C=1,17$.

Коефіцієнт наплавлення k_H приймається:

$k_H = 6-18$ г/(А·ч) при електрозварюванні на змінному струмі електродами з товстим покриттям;

$k_H = 11-24$ г/(А·ч) при автоматичному електрозварюванні під флюсом.

У таблиці 3.1 приведена витрата електроенергії при ручному дуговому електрозварюванні та електрошлаковому зварюванні на 1 кг наплавленого металу. Приведені питомі витрати електроенергії при зварюванні на постійному струмі отримані при використанні машинних перетворювачів. При використанні зварювальних випрямлячів замість машинних перетворювачів питомі витрати електроенергії знижуються за рахунок більш високого ККД випрямлячів і зменшення потужності холостого ходу. У табл. 3.2 приведені питомі витрати електроенергії для різних процесів контактного електрозварювання.

Основні заходи щодо зниження питомих витрат електроенергії на зварювання:

- оптимальний вибір способу електрозварювання;
- усунення або скорочення холостого ходу зварювальних агрегатів;
- вдосконалення технології електрозварювання.

Таблиця 3.1 – Питома витрата електроенергії при зварюванні

Рід струму і спосіб зварювання		Питома витрата електроенергії, кВт год / кг
<i>Змінний струм:</i>		
Ручне дугове зварювання	однофазна схема	3,5-3,8
	трифазна схема	2,65-3,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом		2,8-3,5

Електрошлакове зварювання		1,8-2,4
<i>Постійний струм:</i>		
Ручне дугове зварювання	Однопостова схема	5,0-6,5
	Багатопостова схема	8,0-9,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом		4,2-6,0
Автоматичне і напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу		2,2-3,2

Покращення способу електрозварювання здійснюється слідуєчим чином.

1. Переведення зварювання з постійного на змінний струм, що може дати зниження питомих витрат електроенергії на 1 кг наплавленого металу:

- для ручного дугового зварювання – 2,9 кВт·год/кг,
- для автоматичного і напівавтоматичного зварювання під флюсом – 2,0 кВт·год/кг.

Таблиця 3.2 – Питома витрата електроенергії при контактному зварюванні

<i>Стикове електрозварювання оплавленням</i>			
Площа поперечного перетину (місця зварювання), мм ²	Витрата електроенергії на зварювання одного стику, кВт·год	Площа поперечного перетину в місці зварювання, мм ²	Витрата електроенергії на зварювання одного стику, кВт·год
100	0,024	1000	0,4
200	0,06	1500	0,825
300	0,06	2000	1,275
500	0,125	2500	1,725
<i>Точкове електрозварювання на автоматичних машинах</i>			
Сумарна товщина листів, що зварюються, мм	Витрата електроенергії на 100 точок, кВт·год	Сумарна товщина листів, що зварюються, мм	Витрата електроенергії на 100 точок, кВт·год

2	0,04	8	0,23
4	0,08	10	0,38
6	0,13	12	0,62
0,5	0,04-0,08	2	0,12-0,24
1,0	0,08-0,14	3	0,25-0,5
1,5	0,1-0,2	4	0,5-0,1

2. Заміна ручного дугового зварювання механізованими й автоматизованими способами зварювання забезпечує зниження питомих витрат електроенергії на 1 кг наплавленого металу при змінному струмі на 0,17 кВт·год/кг і при постійному струмі на 0,65 кВт·год/кг; заміна ручного дугового зварювання на точкове контактне зварювання вимагає конструктивних змін виробів, що зварюються, і установки спеціальних зварювальних машин. Різке підвищення продуктивності зварювання і значне зниження витрати електроенергії, як правило, окупають витрати, пов'язані зі зміною технології зварювання. Ефективність переходу на точкове контактне зварювання оцінюється зниженням витрати електроенергії в 2-2,5 рази. Заміна ручного дугового зварювання на контактне шовне зварювання знижує витрату електроенергії на 15%.

3. Усунення або скорочення холостого ходу зварювальних агрегатів, що забезпечує річну економію електроенергії в розмірі 6-20 тис. кВт·год на рік на кожну установку.

4. Удосконалення технології електрозварювання:

4.1 Правильний вибір електродів. Застосування електродів із покриттям, в яке введений залізний порошок, дозволяє значно збільшити силу зварювального струму, підвищити продуктивність праці і знизити питому витрату електроенергії. Ці електроди дозволяють збільшити коефіцієнт наплавлення до 12- 20 р/ (А -ч), тобто знизити питомі витрати електроенергії приблизно на 8%. Застосування рутілових електродів підвищує продуктивність праці на 12% і поліпшує якість зварювальних швів. Приблизна економія електроенергії в цьому випадку досягає 10%. Заміна електродного суцільного дроту на порошковий підвищує продуктивність праці на 10-15% і знижує питому витрату електроенергії на 8-12%.

4.2 Механізація й автоматизація зварювальних процесів. Застосування напівавтоматичного й автоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу забезпечує високу продуктивність за рахунок глибокого проплавлення основного металу і малої частки зварювального дроту в металі зварювального шва (таблиця 3.3). Автоматичне дугове зварювання під флюсом є найбільш поширеним

способом зварювання. Для підвищення продуктивності і зниження питомих витрат електроенергії застосовують присадку у флюсі у виді металевого порошку, металевої стружки або рубаного дроту. Використовується збільшення густини зварювального струму. Все це дозволяє знизити питому витрату електроенергії на 30-40%. Для попередніх розрахунків ефективності можна користуватися даними зміни коефіцієнта наплавлення (таблиця 3.4), маючи на увазі, що питомі витрати електроенергії змінюються обернено пропорційно зміні цих коефіцієнтів.

4.3 Застосування електрошлакового зварювання. Електрошлакове зварювання на змінному струмі застосовуються для з'єднання деталей товщиною більше 30-40 мм. Відсутність відкритої дуги при електрошлаковому зварюванні забезпечує стійкість процесу на змінному струмі і найбільш повне використання електроенергії.

Таблиця 3.3 – Порівняльні дані, отримані при переході від ручного дугового зварювання на постійному струмі до напівавтоматичного

Електрозварювання	Встановлена потужність, %	Питома витрата енергії, %	Швидкість зварювання, %
Ручне дугове на постійному струмі (однопостовий генератор)	100	100	100
Напівавтоматичне в середовищі вуглекислого газу	250	55	300

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт наплавлення для різних способів зварювання

Зварювальний струм, А	Коефіцієнт наплавлення, г/(А·ч)		
	Ручне дугове зварювання	Зварювання під флюсом, постійний струм	Зварювання під флюсом, змінний струм
200	6	11	—
300	—	14	15
400	—	16,5	18
500	—	20	21
600	18	23	24

3.3 Насоси

Насоси – це пристрої, що знаходяться в складі більшості нагрівальних чи охолоджувальних систем, а також систем водопостачання, передачі різних рідин і суспензій. Якщо керування насосами неправильно організовано, то вони можуть серйозно збільшувати споживання енергії. Якщо насоси працюють довго вхолосту, то вони також істотно впливають на загальне споживання енергії.

Споживання електроенергії насосами W досить просто оцінити, базуючись тривалість їх роботи. При цьому зручно користуватися наступною формулою:

$$W = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{367200 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} \cdot T_p, \quad (3.3)$$

де Q – продуктивність або діюча подача насосу, $M^3/год$

H – повний напір з врахуванням висоти всмоктування, M

γ – густина рідини, $кг/см^3$

η_1, η_2, η_3 – ККД передачі, насосу, двигуна.

Досить важливим є вивчення реальної потреби в перекачуванні насоса. Слід дослідити, чи змінилося навантаження після того, як була спроектована і встановлена система насосів, розглянути основне навантаження (теплове, охолоджувальне чи транспортне) та часовий графік цього навантаження протягом дня, тижня, року. Дуже часто системи експлуатуються з надмірною продуктивністю протягом тривалого часу, або навпаки, вони довго працюють недовантаженими, тому ґрунтуючись на реальному навантаженні насоса, потрібно відповідним чином підкорегувати його продуктивність. Найчастіше керування продуктивністю ґрунтується на принципі тимчасової залежності. Це досягається шляхом ручного керування чи автоматично, за допомогою годинникового механізму. У випадку ручного керування важливо, щоб органи керування знаходилися в межах досяжності операторів. Досвід показує, що керування продуктивністю повинне бути автоматизоване, і установки цієї автоматики повинні перевірятися досить часто. Керування швидкістю потоку для підтримки визначеного рівня тиску може привести до дуже значної економії.

Розроблена енергозберігаюча система керування режимами роботи насосної установки, яка базується на використанні регульованих електроприводів. Система забезпечує автоматичну зміну водоподачі насосної установки відповідно до зміни водоспоживання. При збільшенні останнього, частота обертання регульованих агрегатів зростає, відповідно підвищується водоподача і тиск усієї насосної установки. Якщо водоспоживання збільшується настільки, що робота насосних агрегатів на максимальній частоті обертання не забезпечує необхідної водоподачі, система видає сигнал оперативному персоналу про необхідність вмикання

в роботу додаткових насосних агрегатів. При необхідності сигнал може бути перетворений у команду на автоматизований пуск додаткового агрегату. У випадку зменшення водоспоживання, система автоматично знижує частоту обертання регульованих агрегатів і при необхідності видає сигнал на зменшення кількості працюючих агрегатів. У результаті насосна установка працює без зайвих напорів і, отже, без втрат енергії на їх створення.

Рекомендовані заходи по економії електроенергії в насосах:

1) замінити насоси з низьким ККД на агрегати з більш високим ККД(якісний ремонт насосів, ретельне балансування робочих коліс, нові ущільнення забезпечують підтримання ККД насосів на рівні паспортних;

2) максимально завантажувати насоси; найменша питома витрата електроенергії спостерігається при максимальній подачі насоса;

3) якщо характеристика трубопроводу не відповідає його паспортним даним, то для забезпечення максимальної подачі необхідно узгодження паспортних даних насоса з опором трубопроводів системи водопостачання;

4) підвищувати ККД насосів до їхніх паспортних значень установкою нових ущільнень і ретельним балансуванням робочих коліс;

5) ККД передачі набагато вище, якщо робоче колесо знаходиться безпосередньо на валу мотора;

6) якщо потужність електродвигуна вище потужності, споживаної насосом, у 1,2 – 1,25 рази, то він працює в режимі з максимальним ККД;

7) якщо продуктивність контролюється за допомогою дросельної заслонки, необхідно розглянути інші способи керування продуктивністю (кілька невеликих насосів, що працюють паралельно, керування швидкістю потоку – безупинне, чи ступеневе);

8) якщо продуктивність насосної системи постійно завищена, потрібно спробувати змінити передаточне число ремінної чи іншої передачі. При цьому важливим є дотримання наступних модельних законів:

З метою економії електроенергії необхідно також:

- уникати кавітації;
- розміщати насос якнайнижче чи рідину якнайвище;
- у простих замкнутих системах, наприклад, у випадку бойлера, розміщати діафрагмений розширювальний бак як перший елемент системи, а потім насос у прямій лінії теплорозподільної системи;
- робити забірні патрубки як можна більш короткими з мінімальною кількістю з'єднань у них, щоб уникнути стрибків тиску;
- по можливості збільшувати діаметр забірних патрубків;
- знижувати температуру рідини.

У системах водопостачання з насосними агрегатами, розрахованими на максимальне споживання води при максимальному напорі, доцільна установка нагромаджувача води на висоті необхідного напору з пристроєм автоматичного відключення насосного агрегату при заповненні

нагромаджувача водою. Це врахує той факт, що потреба в максимальній потужності на практиці буває короткочасна.

Для того, щоб забезпечити ефективну, з погляду енергетики, роботу насосів на підприємстві, необхідно забезпечити їх постійне і систематичне обслуговування. Система насосів повинна бути включена в загальну систему енергетичного менеджменту підприємства, і ключові дані по них повинні збиратися й оброблятися.

3.4 Вентилятори

Вентиляційні системи споживають значну частину від загального споживання енергії на підприємстві. Вони звичайно є елементами технологічних установок і засобом забезпечення у виробничих приміщеннях необхідних санітарно-гігієнічних умов. У той же самий час, ці системи значно впливають на споживання енергії системами опалення чи охолодження будинків. Можна припустити, що в зв'язку з прийняттям нових стандартів у відношенні кліматичних умов усередині виробничих і інших будинків, у майбутньому буде встановлюватися усе більша кількість вентиляційних систем.

Споживання енергії працюючими вентиляторами дуже просто оцінити, виходячи з часу їхнього наробітку. Однак загальне споживання енергії з урахуванням нагрівання повітряного потоку може бути значно великим. Як приклад, можна сказати, що споживання електроенергії постійно діючою вентиляцією при потоці 1 кГ/г (чи 3000 М³/година) складе близько 20 000 квт·год/рік. Однак, якщо врахувати і споживання енергії на нагрівання повітря в холодні дні, то загальне споживання енергії буде близько 100 000 квт·год/рік.

Грунтуючись на даних про споживання енергії на потреби вентиляції, можна приймати рішення щодо того, які міри варто починати у відношенні економії. Для початку необхідно розглянути необхідне навантаження, з'ясувати, яка реальна потреба у вентиляції, а також чи змінилася ця потреба з того моменту, коли конструювалася і споруджувалася вентиляційна система. Перед тим варто визначити параметри нового навантаження: теплове навантаження, вологість, наявність викидів різних газів у вентиляційному приміщенні, наявність в повітрі твердих часток і т.д. Необхідним є також визначення цих параметрів у часі протягом дня, тижня, року. Занадто часто системи вентиляції працюють з надлишковою продуктивністю.

Іноді теплове навантаження чи, наприклад, деякі гази, які генеруються одним якимось пристроєм, що знаходиться в вентиляційній зоні, вимагають майже всієї потужності вентиляційної системи. Модифікуючи такий пристрій чи процес, можна одержати деякі переваги як в ефективності самого технологічного процесу, так і витрати за рахунок

підвищення ефективності вентиляції. Типовий приклад: заміна застарілих освітлювальних систем у приміщеннях, які кондиціонуються. Економія, скажімо, 100 000 квт·год у рік на освітлювальній системі приведе, крім того, до додаткової економії близько 30000 квт·год у рік на установці кондиціонування повітря, при цьому потік повітря від системи вентиляції може бути також зменшений.

При охолодженні чи обігріві будинків за допомогою вентиляційних систем великі втрати можуть виникнути за рахунок інфільтрації зовнішнього повітря. Мінімізуючи час, протягом якого двері знаходяться у відкритому стані, використовуючи можливості створити закриті перехідні «камери» на двері, застосовуючи пластикові завіси чи інші пристрої, можна ці втрати значно скоротити.

Аналогічним чином витoki з вентиляційних труб можуть збільшувати втрати і тим самим збільшувати навантаження на вентилятори. Витoki повітря можуть бути особливо значними з погано з'єднаних труб прямокутного перетину.

Потрібно враховувати необхідність відключення вентиляторів у нічний час, коли не виконуються роботи. Частина вентиляторів також варто відключати на час обідніх перерв.

Необхідно узгодити існуючу продуктивність вентиляторів і необхідне навантаження. Після того, як буде знижене навантаження, необхідно знову узгодити продуктивність вентиляційної системи з навантаженням. Найчастіше керування продуктивністю повинне залежати від часу доби. Відповідне керування робиться або вручну, або за допомогою простого годинного механізму, чи таймера. Якщо керування ручне, то важливо, щоб вимикачі і перемикачі знаходилися в межах досяжності операторів. Досвід говорить, що ефективність набагато краще, якщо керування продуктивністю автоматичне. Стан і установки цієї автоматики повинні перевірятися якнайчастіше. Автоматика керування вентиляційними системами повинна враховувати температуру зовнішнього повітря.

У багатьох виробничих компаніях рекомендується, щоб була встановлена одна центральна вентиляційна система, доповнена декількома місцевими витяжними пристроями. Використання місцевих витяжних пристроїв дозволяє зменшити навантаження на основну вентиляційну систему.

Бажано, щоб автоматичне керування вентиляційними системами враховувало температуру зовнішнього повітря.

При роботі над поліпшенням ефективності вентиляційної системи необхідно звернути увагу на наступні аспекти:

- потрібно розглянути, проаналізувати тиск в системі, так як підвищення цих втрат може призвести до збільшення споживання електроенергії;
- у випадку, якщо продуктивність керується шляхом дроселювання

заслонки, потрібно розглянути якісь інші способи керування продуктивністю: кілька невеликих вентиляторів, що працюють у паралель (керування шляхом вмикання /вимикання необхідної кількості вентиляторів), керування швидкістю потоку повітря – безупинно чи дискретними ступенями;

- дуже ефективно можна керувати продуктивністю вентиляторів шляхом зміни частоти їхнього обертання; це особливо корисно у випадках, коли вентиляційні системи тривалий час працюють зі зниженою продуктивністю;

- якщо продуктивність постійно занадто висока, то потрібно спробувати змінити передаточне число ремінного приводу вентиляторів.

Для того, щоб ефективно використовувати вентиляційну систему, необхідно її добре і систематично обслуговувати. Наприклад, дуже важлива, хоча і часто недооцінювана операція – це очищення.

Вентиляційні системи повинні бути включені в загальну систему енергетичного менеджменту підприємства, так, щоб ключові дані з неї збиралися та оброблялися.

3.5 Освітлення

Загальні відомості

Істотну частку (40-60%) в енергоспоживанні складають витрати електроенергії на освітлення, які можна зменшити шляхом більш раціонального її використання.

Енергоспоживання освітлювальної установки за деякий період визначається потужністю освітлювального устаткування і його сумарним наробітком за цей період. Отже, знизити споживання електроенергії можливо двома основними способами: зниженням номінальної (або поточної) потужності освітлення і зменшенням часу використання світильників. Причому це не повинно приводити до зниження якості освітлення.

Зниження номінальної встановленої потужності освітлення означає перехід до більш ефективних джерел світла, що дає потрібні світлові потоки при істотно меншому енергоспоживанні.

Підвищення якості освітлювального устаткування вже саме по собі може приводити до економії електроенергії. Більш стабільні в часі характеристики ламп і світильників зменшують потребу в запасі номінальної потужності освітлення, що закладається в проект.

Однак, зниження номінальної потужності освітлення має обмежений потенціал енергозбереження. Наприклад, кращі з джерел світла, що застосовуються у даний час для внутрішнього освітлення, за характеристиками світлової віддачі практично досягли максимуму у 96-104 лм/Вт при одночасному зниженні відносних втрат у пускорегулювальній

апаратурі до 10% і менше. Це відноситься і до найбільш сучасних типів світильників, реальні значення ККД яких складають 70-80%, а їхнє зниження в часі незначне.

Економність джерел світла характеризується таким показником, як світловіддача, що являє собою відношення світлового потоку джерела світла до потужності, що споживається (лм/Вт). Чим вище світловіддача, тим менше буде споживання електричної енергії з мережі живлення при тому ж самому світловому потоці.

Порівняння електричної ефективності різних джерел світла для орієнтовної оцінки можливої економії електричної енергії при заміні ламп з урахуванням допущень на розрахункову освітленість наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Економічна ефективність заміни ламп

Джерела світла, що замінюються	Середнє значення можливої економії електроенергії, %
<i>Люмінесцентні лампи на</i>	
- металогалогенні	24
<i>Ртутні лампи на</i>	
- металогалогенні	42
- люмінесцентні	22
- натрієві	45
<i>Лампи розжарення на</i>	
- металогалогенні	66
- люмінесцентні	55
- ртутні	42
- натрієві	68

У процесі експлуатації світильники знижують світловіддачу як внаслідок їхньої запиленості, так і через старіння ламп. Тому необхідно регулярно очищувати світильники від пилу та замінювати світильники після вичерпання їхнього ресурсу.

Для підвищення коефіцієнту використання світильників (відношення світлового потоку, що падає на робочу поверхню, до загального світлового потоку всіх світильників) необхідно внутрішні поверхні приміщень фарбувати в світлі кольори.

При регулярному протиранні засклених поверхонь приміщень (не рідше 2-х разів на рік) можливо скоротити термін горіння ламп при двозмінній роботі на 15% в зимовий період і на 50-70% в літній період.

Значну економію електроенергії можна отримати при управлінні освітленням. Входячи в темне приміщення, людина завжди вмикає освітлення, а виходячи з нього, не завжди вимикає. Встановлення датчиків присутності забезпечить вимкнення освітлення при відсутності в приміщенні людей. У виробничих приміщеннях в період перезміни, перерви на обід можливо зменшити освітленість за допомогою спеціальних таймерів (датчиків часу).

У широких приміщеннях світильники доцільно встановлювати рядами відносно вікон, аби було можливо відключати окремі ряди при нормальному сонячному освітленні.

Приблизно 10 % промислового споживання електроенергії іде на освітлення приміщень. З застосуванням прогресивних систем освітлення і технологій можна значно знизити витрати на освітлення:

- сучасні системи керування освітленням;
- сучасну освітлювальну арматуру;
- апаратуру для зонального відключення світильників, що дозволяє здійснювати оперативне керування декількома джерелами світла (наприклад, у прольотах цехів, складах і т.д.), що можуть бути відключені без збитку для виробництва;

- ефективні електротехнічні компоненти, такі як, наприклад, баластові опори з низьким рівнем втрат і високочастотних баластів.

Сучасні розробники систем освітлення використовують комп'ютерне програмне забезпечення. У ході розробки систем освітлення необхідно максимально використовувати переваги природного світла. При монтажі розведення проводів рекомендується передбачити можливість її наступної модернізації (підключення нових світильників, використання сучасних систем керування).

Найбільш ефективний спосіб економії витрат на освітлення – це його відключення при відсутності необхідності в ньому. Робити це вручну незручно. Системи керування освітленням дозволяють автоматично відключати чи зменшувати рівень освітленості:

- відключення: у залежності від часу доби, розташування, природної освітленості, наявності працівників у приміщенні;

- зменшення рівня освітленості: по зміні природної освітленості за допомогою регуляторів напруги, чи частоти.

Системи керування освітленням найбільш ефективні, якщо вони сумісні із сучасними чи повністю модернізованими системами освітлювальної арматури.

Модернізовані освітлювальні системи дозволяють заощаджувати від 20 до 30 % електроенергії без погіршення комфортності.

Використання баластів

У сучасних системах освітлення використовуються лампи, баласты,

рефлектори і жалюзі з високим ступенем ефективності. Звичайні баласты являють собою пристрої індукційного типу для обмеження струму ламп і стабілізації напруги, поданої на них. Ці пристрої характеризуються високим рівнем втрат. Нові баластові пристрої дозволяють знизити втрати в залізі і міді й у той же час забезпечують роботу ламп на номінальному чи наближеному до номінального рівні активної потужності. У таблиці 3.6 приведені дані по активній потужності (мережа 220 В) на основі звичайної подвійної лампи (26 мм)

Таблиця 3.6 – Характеристики баластів різного типу

Джерело світла (подвійний)	Звичайний баласт	Баласт із низьким рівнем втрат	Високочастотний баласт
2 x 18 Вт	54 Вт	48 Вт	40 Вт
2 x 36 Вт	90 Вт	82 Вт	72 Вт
2 x 58 Вт	140 Вт	132 Вт	100 Вт

Використання високочастотних джерел світла дозволяє не тільки знизити споживання енергії самою лампою і баластом, але і продовжити термін їхньої служби. Для декількох ламп досить єдиного баласту. Стробоскопічний ефект при використанні таких світильників не виникає. Баласт миттєво запускає лампу і відключає її автоматично, якщо вона вийшла з ладу, зменшуючи імовірність виникнення мерехтіння.

Високочастотні системи освітлення мають більш високий ККД, більш низьку чутливість до змін напруги і менший рівень світлової деградації в часі в порівнянні із системами, що використовують звичайний баласт. При використанні систем керування, що контролюють роботу освітлення в залежності від природної освітленості за допомогою баластового опору, можна знизити світловий потік до 10 % від повного навантаження малогабаритних ламп, зменшити рівень штучного освітлення й одержати істотну економію.

У системі «баласт + лампа» можна досягти наступних рівнів економії, якщо використовувати високочастотну систему замість:

- а) арматури зі стандартним баластовим опором і 38 мм лампами – 30%,
- б) арматури зі стандартним баластовим опором і 26 мм лампами – 25%

Лампи розжарення, що використовуються в коридорах, приймальнях, на сходах і в туалетах, замінюються на малогабаритні люмінесцентні лампи з інтегральними вбудованими пристроями керування. Такі лампи можна просто вкручувати у патрони, де раніше стояли звичайні лампи розжарення.

З економічної точки зору, у нових освітлювальних системах

доцільно використовувати окремий (досить дорогий) пристрій керування зі змінними люмінесцентними трубками. У цьому випадку, після виходу лампи з ладу, можна зробити заміну лампи без заміни пристрою керування, оскільки термін його служби набагато більше ніж у лампи. Економія енергії складає в такому випадку 75 % (зі зниженням витрат на заміну ламп).

Застосування рефлекторів

Велика частина існуючих систем освітлення обладнана старою арматурою і лампами. Після внесення яких-небудь змін в організацію виробництва вони вже не відповідають вимогам оптимального освітлення. У цьому випадку строк окупності засобів, витрачених на повну заміну арматури новими системами освітлення, найчастіше може скласти близько 3 років.

Шляхом внесення змін в існуючі системи освітлення можна одержати значну економію і, у деяких випадках, досягти поліпшення рівня освітленості. Строк окупності інвестицій, спрямованих на модернізацію відбивачів і регуляторів напруги на існуючих системах, невеликий.

На рисунку 3.8 показано перетин типової промислової освітлювальної арматури для люмінесцентних ламп. Тільки близько 30% світлового потоку ламп спрямовано на освітлення робочих місць. Інший світловий потік йде на освітлення лампами один одного, а також на освітлення брудної світлопоглинальної стелі. Середній рисунок показує, як установлений прямо на існуючу арматуру рефлектор направляє весь світловий потік на робочі місця. Правий рисунок показує ту ж арматуру, але з однією вилученою лампою. Світловий потік на робочих місцях – майже такий же, як і раніше, але для його створення використовується в 2 рази менше ламп! Ефективність роботи рефлекторів підвищується при використанні в їхніх конструкціях поліефірної плівки з тонким покриттям з срібла чи відполірованого до дзеркального блиску анодированого листового алюмінію. Найчастіше після заміни рефлекторів в існуючих арматурах, половина ламп і баластових опорів може бути вилучена, що дозволить скоротити витрату електроенергії на 50%, при збереженні рівня освітленості на рівні 80%, у порівнянні з первісним рівнем.

Найбільша економія може бути досягнута у великих системах освітлення, що працюють близько 3000 годин щорічно, де рівень освітленості повинний відповідати вимогам спеціальних стандартів. Як правило, економія складає приблизно 50 %.

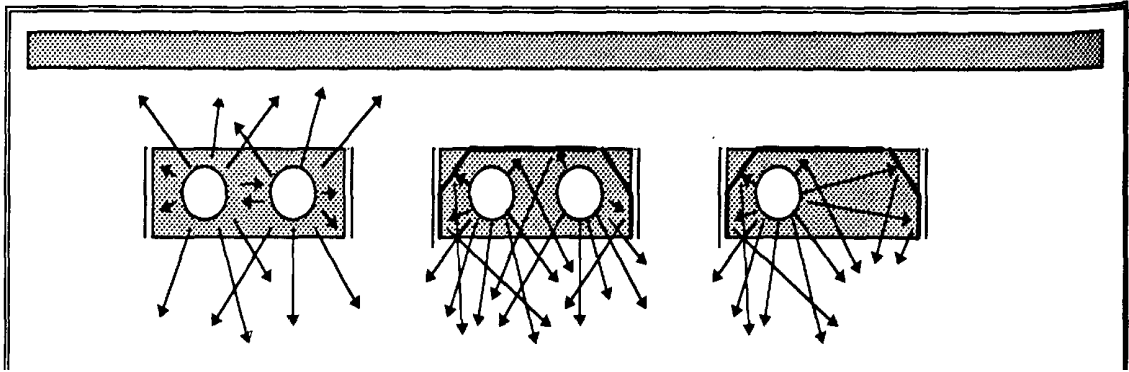


Рисунок 3.6 – Застосування дешевих рефлекторів на старій освітлювальній арматурі

Регулятори напруги

Регулятори напруги включають систему освітлення при номінальному рівні напруги, що потім може бути знижений у залежності від необхідного рівня освітленості. Знизивши напругу на 10 % можна зменшити споживання електроенергії на 20 %, при цьому рівень освітленості знизиться на 15.

Регулятори напруги використовуються, як правило, для великих відкритих приміщень, обладнаних системами освітлення, потужністю більш 15 кВт, з відносно невеликою кількістю відключень у день, що працюють більш 2500 годин у рік. У залежності від рівня освітленості, рівень економії коливається в межах 25%.

Якщо враховувати, що сьогодні більшість освітлювальних установок містить застаріле обладнання, то значну економію електроенергії в цих установках можна одержати за рахунок їх модернізації.

Системи керування і контролю

На довгострокову ж перспективу можна вишукати більш істотні можливості по економії електроенергії в освітлювальних установках. Ці можливості пов'язані з упровадженням сучасних систем керування, регулювання і контролю освітлювальних установок. Застосування регульованих люмінесцентних світильників дозволяє експлуатувати їх при понижений (у порівнянні з номінальною) потужності. А це значить, що при незмінній установленій потужності освітлення знижується поточна (фактично споживана) потужність і енергоспоживання.

Використовувати цю перевагу без зниження якості освітлення можна декількома способами.

По-перше, можливо дещо знизити світловий потік (і, як результат, потужність) ламп у початковий період їхньої експлуатації, коли

створюваний новими лампами світловий потік перевищує необхідне значення. В міру старіння ламп він може бути плавно збільшений, що, крім економії електроенергії, забезпечує і підвищену стабільність освітлення в часі.

По-друге, нерідко кількість світильників за будівельно-конструктивними, архітектурними або іншими рішеннями перевищує необхідне за світлотехнічними розрахунками. Єдиний спосіб уникнути перевитрати енергії в такому випадку - додаткове зниження потужності освітлення. За деякими оцінками, потенціал економії електроенергії тільки в цих випадках може складати від 15 до 25%.

По-третє, якщо взяти до уваги наявність у приміщеннях природного освітлення у світлий час доби, то раціональним використанням денного освітлення (переходом від штучного освітлення до комбінованого) вдасться домогтися найбільше значної економії енергії, тому що для багатьох моментів часу доби світильники можуть бути узагалі відключені або включені на мінімальну потужність (1-10% від номінальної). Економія електроенергії при цьому складе 25-10%.

Повний і точний облік наявності денного світла і облік присутності людей у помешканні можна здійснити, застосовуючи засоби автоматичного керування освітленням двома основними способами: відключенням усіх або частини світильників (дискретне керування) і плавною зміною потужності світильників (однаковим для усіх або індивідуальним).

До систем дискретного керування, в першу чергу, відносяться різні фотореле (фотоавтомати) і таймери. Принцип дії перших заснований на

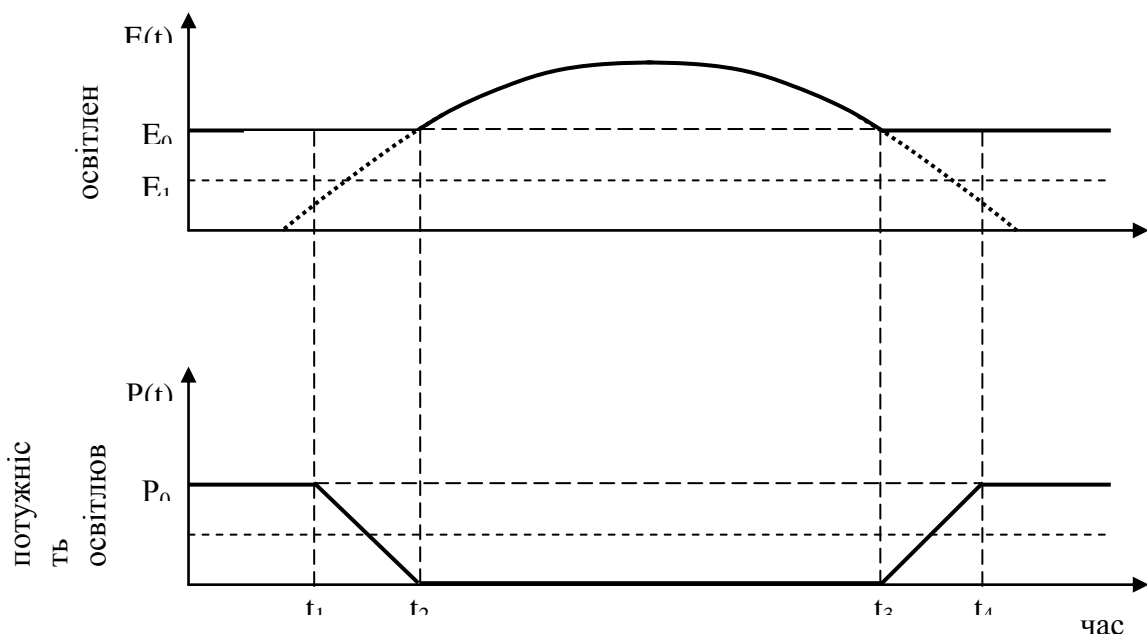


Рисунок 3.7 – Принцип дії системи плавного регулювання освітлення

вмиканні і вимиканні навантаження за сигналами датчика зовнішньої природної освітленості. Другі здійснюють комутацію освітлювального навантаження в залежності від часу доби по попередньо закладеній програмі. Автомати, оснащені датчиками присутності, відключають світильники в помешканні через заданий проміжок часу після того, як із нього вийде остання людина. Це економічний вид систем дискретного керування, однак до побічних ефектів їх використання відноситься можливе скорочення терміна служби ламп за рахунок частих вмикань і вимикань.

Системи плавного регулювання потужності освітлення за своїм принципом дещо складніші. Принцип їх дії пояснює рисунок 3.9. У момент часу t_1 , коли природне світло відповідає початковому рівню E_1 ,

потужність світильників починає плавно знижуватися до моменту t_2 , коли природного світла цілком досить для забезпечення заданої освітленості (рівень E_0). Момент t_3 – початок зворотного зниження рівня денного світла до рівня E_1 і збільшення потужності освітлювальної установки.

У останнє десятиліття багатьма закордонними фірмами налагоджено виробництво устаткування для автоматизації керування внутрішнім освітленням. Сучасні системи сполучають у собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів.

Системи автоматичного керування освітленням умовно можна розділити на два основних класи – так називані локальні і централізовані.

Для локальних систем (виробництва фірм Philips, Thom, ETAP, Altenburger Electronic) характерно керування тільки однією групою світильників, у той час як централізовані системи (які випускаються фірмами Philips, Siemens, Tridonic, Zumtobel) допускають підключення практично нескінченного числа роздільно керованих груп світильників. У свою чергу, локальні системи можуть бути поділені на «системи керування світильниками» і «системи керування освітленням приміщень», а централізовані – на спеціалізовані (тільки для керування освітленням) і загального призначення (для керування всіма інженерними системами будинку – опаленням, кондиціонуванням, пожежною й охоронною сигналізацією і т.д.). Локальні системи керування освітленням приміщень являють собою блоки, розташовувані за порожнинами підвісних стель, що конструктивно вбудовуються в електророзподільні щити. Системи цього типу, як правило, здійснюють одну функцію або їхній фіксований набір. В число цих функцій входить, наприклад, облік присутності людей і рівня природної освітленості в помешканні, а також робота із системами безпроводного дистанційного керування. Локальні «системи керування світильниками» у більшості випадків не вимагають додаткової проводки. Конструктивно вони виконуються в малогабаритних корпусах, що закріплюються безпосередньо на світильнику або на колбі однієї з ламп. Всі датчики як правило, складають один електронний прилад, у свою

чергу, вбудований у корпус самої системи. Цікавим є рішення, запропоноване фірмою Stompton Lighting. У цій системі, названій “Intellect/MLS,” світильники, обладнані датчиками, обмінюються між собою інформацією по проводам електричної мережі.

Централізовані системи керування освітленням, будуються на основі мікропроцесорів, які забезпечують можливість практично одночасного різноманітного керування значним (до декількох сотень) числом світильників. Такі системи можуть застосовуватися або тільки для керування освітленням, або також і для взаємодії з іншими системами приміщень. Централізовані системи видають також керуючі сигнали на світильники по сигналах локальних датчиків. Однак перетворення сигналів відбувається в єдиному (центральному) вузлі, що дає додаткові можливості вручну управляти освітленням приміщення. Одночасно спрощується ручна зміна алгоритму роботи системи.

Найбільша економія досягається при спільному використанні дискретного і плавного керування освітленням.

Основні заходи по економії електроенергії

Таким чином, можна рекомендувати наступні заходи по економії електроенергії в освітлювальних установках:

1) прості люмінесцентні світильники, що працюють більш 5000 годин у рік, повинні бути обладнані відбивачами, що дозволить збільшити світловий потік у два рази (чи при тому ж світловому потоці – у два рази скоротити кількість ламп).

2) звичайні лампи розжарення, працюючі більше 4000 годин у рік, необхідно замінити на більш ефективні системи освітлення; при однаковому рівні світлового потоку лампа розжарення споживає електроенергії в 6 разів більше, ніж люмінесцентна лампа;

3) не рекомендується встановлювати лампи розжарення, що напрацьовують більше 3000 годин у рік, у холодильниках чи інших охолоджуваних приміщеннях;

4) здобуваючи нові люмінесцентні системи освітлення (при наробітку більш 5000 г/рік), рекомендується застосувати електронні високочастотні баласты, що дозволяють заощаджувати до 30 % електроенергії;

5) для систем освітлення, що встановлюються на висоті більше 5 м від рівня освітлюваної поверхні, рекомендується використання металогалогенних ламп ;

6) малогабаритні люмінесцентні лампи рекомендується встановлювати в коридорах, приймальнях, на сходах і в туалетах;

3.6 Холодильне обладнання

Холодильні системи, схема якої показана на рис.3.8, споживають велику частину електроенергії в різних галузях промисловості. Більшість холодильних установок працює на основі стандартного циклу випару компресії, як це показано на рисунку. Значної економії енергії можна досягти шляхом поліпшення конструкції, експлуатації й обслуговування холодильних установок.

Навантаження холодильників складається із декількох складових:

- втрати при передачі;
- втрати на вентиляцію, або пропускання повітря;
- внутрішні джерела тепла (освітлення, вентилятори, насоси, пристрої розморожування, люди в холодильній камері, вантажівки, і т.д.);
- охолодження товарів від початкової високої температури до кінцевої низької.

На рис. 3.9 показана схема холодильної системи і напрямки основних втрат енергії.

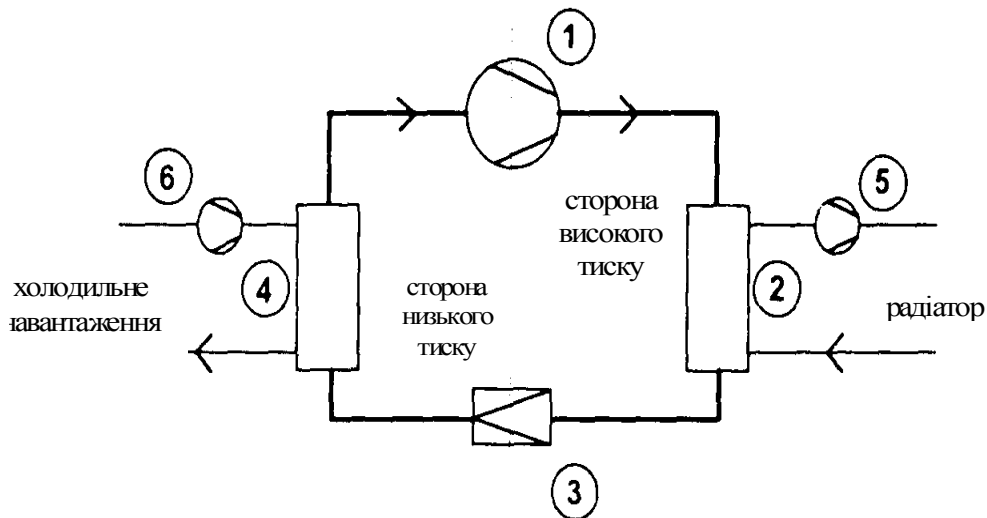


Рисунок 3.8 – Схема простою одноступінчатої холодильної системи

- 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – розширювальний клапан; 4 – випарник;
5 – насос чи вентилятор для охолодження конденсатора; 6 – насос чи вентилятор для холодної сторони

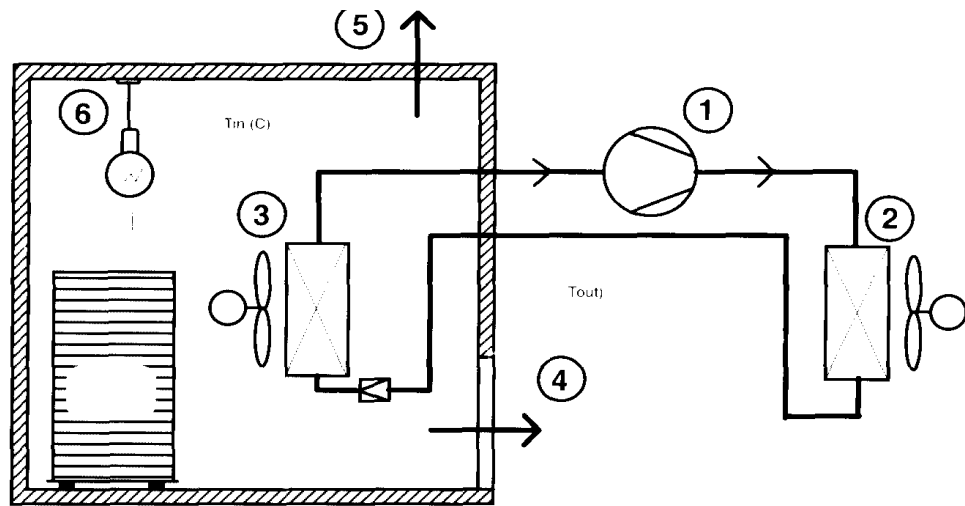


Рисунок 3.9 – Схема холодильної системи і напрямки основних втрат

- 1- компресор; 2- конденсатор з повітряним охолодженням; 3- випарник;
 3 - втрати через протікання повітря; 5- втрати через теплопередачу;
 6 – втрати через наявність джерел тепла усередині холодильної камери

Аналізуючи навантаження холодильного устаткування, можна знизити споживання енергії в холодильній установці. В першу чергу – це типові маловитратні заходи (наприклад, зменшення часу, протягом якого відкриті двері в холодильній камері). Типові можливості для економії найчастіше зв'язані зі стратегією керування. Дуже важливо уникати роботи при частковому завантаженні.

Часто можна локалізувати деяку економію на «гарячій стороні» холодильної машини, тобто біля конденсатора. Іноді можна зменшити температуру конденсації за рахунок поліпшення теплопередачі (наприклад, на практиці часто зустрічаються сильно засмічені чи заржавілі форсунки випарника). На кожному градусі, на якому ми знижуємо температуру конденсатора, ми заощаджуємо 2 – 5 % енергії.

Типові можливості для економії енергії:

- уникати навантаження (чи принаймні зменшувати його), яке створюється за рахунок охолодження, чи переохолодження без технологічної необхідності заморожування;
- зменшувати холодильне навантаження шляхом поліпшення термоізоляції холодильних камер і зменшення їхньої внутрішньої вентиляції;
- підвищувати ефективність шляхом збільшення рівня температури на холодній стороні і зниження рівня температури на гарячій стороні. (кожний градус такої зміни приведе до зниження загального споживання енергії на 2 – 5 %);
- поліпшувати розмороження системи (ефективність обмерзлого випарника вкрай низка);
- уникати відкритих дверей і прорізів, а також інших витоків у

холодильних камерах; якщо за технологією двері та прорізи неминучі, то час, протягом якого вони відкриті, повинен бути зведений до мінімуму; де тільки можливо, потрібно використовувати автоматичні двері чи хоча б теплоізолюючі завіси; оптимізувати транспортні потоки через холодильну камеру(рисунок 3.10 характеризує втрати через відкритий дверний проріз);

- продуктивність холодильних машин повинна мати автоматичне керування (наприклад, за допомогою термостата, особливо, у випадку, якщо навантаження змінне);

- зменшувати теплові втрати в мережі передачі хладагента за рахунок поліпшення термоізоляції;

- зменшувати кількість тепла, що віддається в холодильній камері різними об'єктами – насосами, освітленням, присутніми там людьми і т.д; освітлення в холодильній камері повинне бути виключено, і краще застосовувати «холодні» джерела світла, наприклад, люмінесцентні лампи.

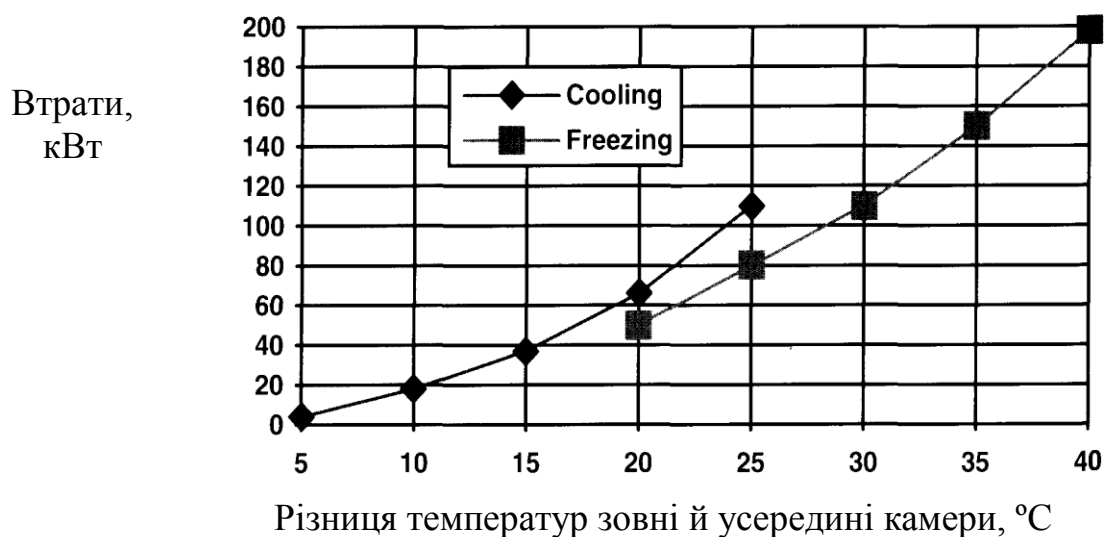


Рисунок 3.10 – Втрати енергії через відкритий дверний проріз 2x3 м з холодильної чи морозильної камери при різних значеннях різниці температури зовні й усередині камери

- перевіряти, щоб теплопередача на випарнику і на конденсаторі була якнайкращою (тобто перевіряти, чи гарний до них доступ повітря, чи немає намерзання) (якщо це можливо, уникати роботи компресорів у напівнавантаженому стані(особливо це стосується гвинтових компресорів);

- у випадку, якщо тиск у конденсаторі контролюється термостатом, необхідно переконатися, що він не зафіксований на рівні високого тиску(при необхідності зменшити встановлене значення);

- у випадку низькотемпературних систем на основі аміаку, необхідно

перевірити повітряно-вентиляційну систему конденсатора.

Крім того, холодильна система повинна бути включена в сферу інтересів загального енергетичного менеджменту на підприємстві. Рекомендується оснастити холодильну систему постійно діючим вимірювальним устаткуванням.

3.7 Компресори

Компресорні установки – це механізми, що призначені для отримання та транспортування стиснутого повітря або іншого газу.

Для виробництва стисненого повітря необхідні значні витрати електричної енергії. Виробництво стиснутого повітря – це процес, який може споживати до 30% від загального балансу споживання електроенергії підприємства. У зв'язку з цим скорочення витрат електроенергії в компресорних пристроях повинно бути одним з головних завдань експлуатації. Ця обставина потребує щоденної уваги до таких питань:

- 1). організація і експлуатація повітряного господарства підприємства;
- 2). скорочення втрат стисненого повітря до мінімуму;
- 3). максимальне використання встановленої продуктивності компресорної установки;
- 4). питання технічного удосконалення.

На рис. 3.11 представлена схема роботи компресора.

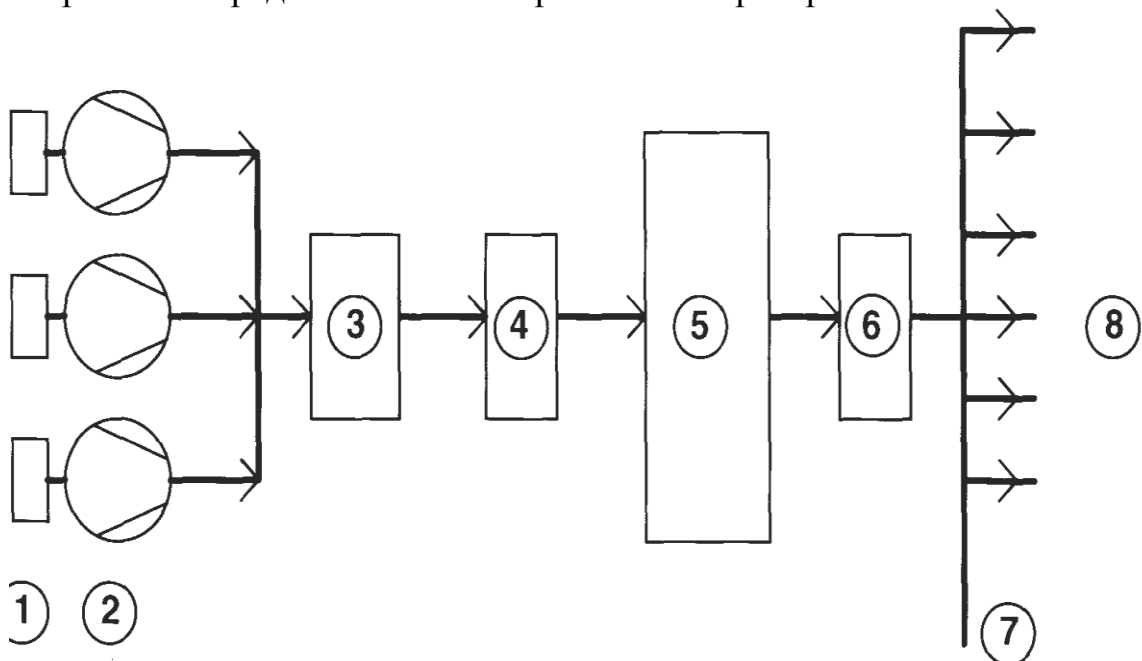


Рисунок 3.11 – Принципова схема установки високого тиску

- 1 – всмоктувальний повітряний фільтр; 2 – компресори;
3 – охолоджувач на виході; 4 – вологовідділювач;
5 – повітроприймач; 6 – додаткова повітряна сушарка; 7 – розподільча мережа; 8 – пневмоінструмент.



Рисунок 3.12 – Енергетична діаграма компресора

Енергетична діаграма процесу виробництва стиснутого повітря (рис.3.12) показує, як іде процес перетворення підведеної електричної енергії до установки високого тиску в енергію стиснутого повітря.

Заходи по економії електричної енергії в компресорах,

I. Технічні заходи, що використовуються в процесі експлуатації:

а) заходи, що для своєї реалізації потребують суттєвих капіталовкладень:

- введення в роботу нового компресора;
- рекуперація тепла.

б) заходи, що не потребують додаткових капіталовкладень:

- розділення живильних повітряних потоків;
- контроль енергетичних показників;
- профілактично-ремонтні заходи;
- заходи по технічному та експлуатаційному удосконаленню;

Введення в роботу нового компресора.

У випадку, якщо підприємство вирішує придбати або установити нову систему стиснутого повітря, то необхідно звернути увагу на наступні важливі моменти:

а) необхідно запобігти збільшенню тиску в системі вище 5 Бар. (зниження тиску в системі на 1 Бар дозволяє знизити витрати електроенергії на 5-10%);

б) необхідно передбачити автоматичне відключення компресора при нульовому навантаженні;

в) у компресор повинне всмоктуватися повітря, охолоджене до мінімально можливої температури (збільшення температури всмоктуваного компресором повітря на кожні 4⁰С збільшує витрату енергії на 1%).

У сучасних компресорах споживання енергії при холостому ході складає усього 30% від споживання при повному навантаженні. У типових компресорах старих конструкцій ця цифра складає 90 %.

При заміні компресорів застарілої конструкції на нові з більш високими значеннями ККД річна економія електроенергії (кВт·год/рік) може бути визначена за виразом

$$\Delta W=(P_1-P_2)\cdot T \quad (3.6)$$

де P_1 , P_2 – фактична потужність, що споживається двигунами компресора із мережі відповідно старої і нової конструкції, кВт;

T – кількість годин роботи компресора на рік, год/рік.

В гвинтових компресорах підвищення ефективності може бути здійснено шляхом вдосконалення їх масляних охолоджувачів, в яких втрачається 20-30% електроенергії, що споживається компресорами.

Рекуперация тепла.

Температура стисненого повітря на виході поршневого компресора становить приблизно 125⁰С, турбокомпресора – 150⁰С. Утилізація цієї теплової енергії може значно підвищити ефективність системи стисненого повітря. Досвід експлуатації показує, що використання тепла стисненого повітря для підігріву води на технологічні потреби збільшує енергетичний ККД компресора на 4-5%.

Розділення живильних повітро потоків.

Одним з шляхів зниження витікання повітря є розділення живильних повітро потоків. У більшості випадків для споживачів високого і низького тиску використовується повітро ток високого тиску, що пов'язано з додатковими втратами. Використання повітро токової мережі низького і високого тисків для відповідних споживачів дасть певний економічний ефект. В окремих випадках може бути використане дроселювання повітря у споживачів низького тиску при живленні від мережі високого тиску.

Як будь-яке відгалуження в електричній мережі повинно мати захист від коротких замикань, так і будь-яке відгалуження повітро току повинно мати вентиль. Це забезпечить перекриття повітро току в неробочий час і зменшить втрати стисненого повітря. В деяких випадках ефективним є

розділення повітро потоків для живлення споживачів з рівномірним і змінним режимом роботи. До останнього випадку можна застосувати перекриття повітро потоку в режимі відключення. Зниження витікання стисненого повітря досягається також герметизацією фланцевих з'єднань, замикально-з'єднувальної апаратури, магістральних і гнучких повітро потоків.

Якщо в одній і тій же системі використовуються різні рівні тиску, то можна розглянути можливість поділу цієї системи на дві або більше систем, що дозволяє скоротити витрати енергії.

Контроль енергетичних показників.

Для контролю роботи компресорної установки треба мати облік стисненого повітря, що витрачається. Рекомендується включати до складу системи стиснутого повітря набір постійно діючого вимірювального устаткування. Воно повинно ввійти до складу загальної системи енергетичного менеджменту на підприємстві. Наведемо приблизний перелік необхідного устаткування:

- два лічильники на кожний компресор, один з яких проводить би вимірювання в навантаженому стані, а інший – на холостому ходу;
- лічильник вмикань/вимикань компресора;
- портативне вимірювальне устаткування.

У випадку, якщо ніяке стаціонарне устаткування не встановлене, то можна скористатися портативними переносними приладами:

- вимірювач електричного навантаження (Вт) або струму (А) для перевірки споживання під час роботи під навантаженням і під час холостого ходу;
- термометр для виміру температури повітря на вході і виході компресора;
- секундомір для перевірки продуктивності (тобто часу підйому тиску з початку і до кінця при нульовому навантаженні).

Облік можна робити за допомогою витратомірів, які встановлюються на головній магістралі повітро потоку і відгалуженнях (на окремі частини). Це дозволить:

- аналізувати споживання стисненого повітря технологічними частинами і окремими пневмоспоживачами;
- визначати причини недоцільної витрати стисненого повітря і прийняття відповідних рішень;
- нормувати споживання пневмоенергії.

Контроль витікання стисненого повітря необхідно вести систематично і своєчасно. Найпростішим способом визначення витікання повітря за час випробування V ($\text{м}^3/\text{с}$) є заповнення повітро потоку і визначення параметрів повітря до і після випробування без вмикання споживачів. Розрахунок ведеться за виразом

$$V = 2694 \frac{V_0}{\tau} \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right), \quad (3.8)$$

де V_0 – об'єм системи, м³;

P_1, P_2 – тиск повітря перед випробуванням і наприкінці випробування, МПа;

T_1, T_2 ; – температура повітря перед випробуванням і після випробування, К;

τ – термін випробування, с.

Після цього проводиться визначення місця витікання і його локалізація.

Проміжні системи охолодження компресора значною мірою впливають на електроспоживання. Температура стисненого повітря, що виходить з проміжної системи охолодження, не повинна перевищувати для турбокомпресорів 70°C, для поршневих компресорів — 60°C. Зниження температури стисненого повітря на кожні 6°C знижує електроспоживання на 1%.

Температура охолоджуючої води на виході повинна бути не більше 5-10°C від температури стисненого повітря на виході з проміжної системи охолодження. Якщо перепад температур збільшується до 20°C, то додаткові витрати електроенергії можуть становити до 14%.

Профілактично-ремонтні заходи

Основна можливість заощадити електроенергію, якою заживлюються компресори системи стиснутого повітря – це усунути витіки з цієї системи. Втрати стисненого повітря відбуваються через зазори пневмоспоживачів, нещільності в різьбах сальників, прокладках фланців, несправних шлангах, трубопроводах, вентилях з'єднувальних частин тощо. Витік повітря відбувається як під час роботи споживачів, так і при простоюванні обладнання і невідключеному повітротоку. При цьому величина витіку тим більша, чим вищий тиск. Зниження витоків і перетоків повітря в компресорах, витікання в повітроточних мережах є найбільш ефективним заходом щодо зниження питомої витрати енергії, оскільки тільки в пневмосистемі внаслідок прямого витіку втрачається до 20-30% енергії, що використовується.

Для пошуку витоків зручно користуватися ультразвуковими витікошукачами. Перевірка на наявність витоків повинна проводитися щорічно. Витік повітря через отвір діаметром 1,6 мм при тиску в системі 7 Бар складає 3 дм³/с або додатковій витраті енергії – 1 кВт·год.

Необхідно проводити систематичні випробування на спеціальних стендах пневмодвигунів і пневмоінструменту, робити своєчасний профілактичний ремонт пневмообладнання із зміною зношених деталей.

Слід звертати увагу на регулярне очищення всмоктуючих фільтрів. Допустимі втрати тиску для матерчатих фільтрів становлять 10 мм вод. ст., для металевих — 25 мм вод. ст. Збільшення опору фільтра на кожні 10 мм вод. ст. збільшує витрати електроенергії на 0,1% і настільки ж знижує продуктивність компресора. Використання жалюзійних фільтрів, а також фільтрів, що самі очищуються, підігрів масла в зимовий період – все це забезпечує економію електроенергії на 1-1,5% при збільшенні продуктивності компресора.

Заходи по технічному і експлуатаційному удосконаленню.

Всі споживачі стисненого повітря отримують живлення від загальної повітропотокової мережі, однак для багатьох процесів роботи необхідний різний тиск. При тиску повітря, вище необхідного значення, мають місце перевитрати енергії, що витрачається на вироблення стисненого повітря. Отже, для зниження витрат електроенергії потрібно підтримувати найменший необхідний тиск в системі. Зниження тиску у споживачів стисненого повітря можна здійснити за допомогою редуктора, інжектора дроселювання і регуляторів тиску (останні мають найбільшу ефективність).

В цілому досліди показують, що зниження тиску стисненого повітря на 1% знижує витрату електроенергії на 0,5%.

При забезпеченні цехів з різкозмінним навантаженням стисненим повітрям мають місце вібрації повітро потоків і пульсації в них повітря. При встановленні ресивера на ввіді в подібні цехи, усуваються вказані негативні явища і має місце економія електричної енергії на 20%.

На повітрерозгалуджуючих пристроях для підключення шлангів пневмоінструмента, а також на самих пневмоспоживачах доцільно встановлювати замість вентилів самозакриваючі клапани, які мають високу швидкодію і герметичність, що знижує витікання стисненого повітря.

Експлуатаційні заходи по покращенню роботи компресорних установок:

- якщо навантаження компресора змінне в часі, то його продуктивність повинна контролюватися й управлятися;
- зниження навантаження шляхом відключення пневмоінструменту, що не використовується;
- запобігання холостої роботи при постійному нульовому навантаженні (по можливості, компресори повинні відключатися повністю);
- регулярне очищення всмоктувального фільтра (падіння тиску на кожні 25 мБар через засмічений фільтр знижують ефективність роботи компресора на 2%).

Місце прийому повітря для компресора має бути поза зоною пилоутворення, у віддаленні від цехів, будівель і стін з великим

тепловиділенням, тому прокладати всмоктуючий повітроток необхідно в затінених місцях, з північного боку будівлі. Якщо прокладання всмоктуючого повітротоку через зону тепловиділення неминуче, повітроток в цій зоні ізолюється. В деяких конкретних випадках використовується штучне охолодження всмоктуючого повітря. Зниження температури повітря, що всмоктується, на кожні 2,5°C забезпечить зниження витрат електроенергії на вироблення стисненого повітря на 1%.

При використанні стисненого повітря в робочих приміщеннях (цехах) повітроток доцільно розміщати поблизу місць зі значним тепловиділенням, що дозволить подати споживачу стиснене повітря підвищеної температури, а, отже, й тиску. При прокладанні повітротоків поза приміщень або в холодних приміщеннях для збереження температури стисненого повітря повітротоки доцільно теплоізолювати.

Річна економія електроенергії (кВт·год/рік) за рахунок збільшення температури стисненого повітря може бути розрахована за виразом

$$\Delta W = 0,22 \cdot Q \cdot T^{\circ} \cdot w \cdot T \quad (3.7)$$

де Q – витрата стисненого повітря, м³/хв;

T° – середнє підвищення температури у споживача, °C;

w — питома витрата електроенергії на вироблення 1 м³ стисненого повітря, кВт·год/м³;

T – кількість годин роботи компресорної установки на рік, год/рік.

При використанні вторинних енергоресурсів, що забезпечують підігрів стисненого повітря з 20°C до 150°C перед споживачем, економія електроенергії становитиме 15-20% залежно від виду пневмоспоживачів. Підігрів стисненого повітря навіть на 30-50°C у порівнянні з початковою температурою дасть економію електроенергії до 10%.

На кожній компресорній станції доцільно мати графік раціонального режиму роботи, можливого зменшення продуктивності і тиску компресорної станції від максимальних значень протягом роботи, тобто в функції часу. Наявність такого графіку і його дотримання при плавному або дискретному регулюванні роботи компресорної станції дасть значну економію електричної енергії. В більшості випадків складання такого графіку можна зробити на основі статистичних даних щодо роботи компресорної станції.

В поршневому компресорі швидкість поршня змінюється за цикл роботи від нуля до максимального значення і від максимуму до нуля. В результаті цього у всмоктуючій системі компресора, що має власну частоту коливань, виникають коливання повітря, що всмоктується. При співпаданні або кратності частоти коливань стовпа повітря з частотою всмоктуючого повітротоку виникає резонансне явище, в результаті якого у клапанів в кінці ходу всмоктування збільшується тиск повітря, збільшуючи

продуктивність компресора. Резонансне наповнення поршневих компресорів зменшує питому витрату електроенергії на 3-5% при одночасному збільшенні продуктивності на 5-8%.

Річна нераціональна витрата електроенергії (кВт·год/рік) при роботі компресора з нерезонансною довжиною всмоктуючого повітропоту визначається за виразом

$$\Delta W = 0,05 \cdot P \cdot T \quad (3.9)$$

де P – потужність, що її споживає компресор з електромережі, кВт;

T – кількість годин роботи компресора за рік, год/рік.

Побудова раціональних схем постачання стиснутого повітря.

Рекомендована довжина нагнітальної магістралі від компресора до ресивера становить 25 м. Зменшення цієї довжини дає економію електроенергії до 3%, при довжині повітропоту більше 25 м витрати електроенергії збільшуються на 1,5-3%. Збільшення діаметру нагнітального повітропоту на окремих ділянках дає економію електроенергії до 6%. При достатній кількості мастиловологовідділювачів збільшується загальний переріз труб, що зменшує опір повітропоту. Використання автоматичного мастиловологовідділювача дозволяє значно знизити витік стисненого повітря і виключити необхідність ручного періодичного продування повітропотів. При нераціональній схемі мережі стисненого повітря є доцільним скоротити до мінімуму її довжину і демонтувати зайву розподільчу апаратуру. Для значно віддалених від основної повітрерозподільчої магістралі споживачів стисненого повітря бажано використати пересувні компресори невеликої продуктивності.

В окремих випадках є сенс вивчити можливість заміни пневмоінструменту, наприклад, інструментом з електроприводом. У кінцевому рахунку сумарне споживання електроенергії при цьому може знизитися.

Також необхідно досліджувати можливість добору (відновлення) тепла при наявності теплового навантаження. Наприклад, ефективно відбираючи тепло від компресорів системи стиснутого повітря, можна опалювати виробничі приміщення.

4 Техніко-економічні розрахунки обґрунтування впровадження заходів по економії електроенергії

4.1 Електропривід

Розглянемо економічну доцільність установа перетворювача

частоти для двигуна насоса.

Ціна перетворювача частоти (разом із витратами на монтаж і наладку) складає приблизно 150 у.о. на 1 кВт споживаної потужності. Вартість 1 кВт·год електроенергії приймемо рівною 0,03 у.о. Якщо вважати, що насос працює 8000 годин у рік, то питомі річні витрати на перекачування води складуть 240 у.о. на 1 кВт потужності.

Термін окупності регульованого електропривода за рахунок економії електроенергії складе:

$$\frac{150}{240 \times 0,03 \times E} = \frac{0,625}{E},$$

де $E = \frac{E_n - E_p}{E_n}$, E_n , E_p – величини споживання електроенергії відповідно без застосування регульованого електропривода із застосуванням його.

Якщо вважати, що максимальний термін окупності складає 3 років, відносна економія повинна бути не менше ніж

$$E\% = \frac{0,625}{3} \cdot 100 = 21\%.$$

Досвід показує, що реально відносна економія може досягати 15-40%. Якщо відносна економія складає 20%, абсолютна величина економії за рік для насоса потужністю 100 кВт складе:

$$0,2 \cdot 240 \cdot 100 = 4800 \text{ у.о.},$$

а термін окупності капіталовкладень на установку регульованого електропривода:

$$150 \cdot 100 / 4800 = 3,15 \text{ роки.}$$

Якщо ж відносна економія складе 40%, то величина абсолютної річної економії буде дорівнює 9600 у.о., а термін окупності – 1,57 року.

4.2 Вентилятори

Двигуни старих вентиляторів мають коефіцієнт корисної дії в межах 45-60 %, а нових – 75-90 %.

Для того, щоб при заміні старих вентиляторів на нові срок окупності був менше 3-х років, тривалість роботи повинна перевищувати 12 годин в день.

При продуктивності 2 м³/с та тиску 2000 Па типовий старий вентилятор потребує підведеної електричної потужності:

$$4 \text{ кВт} / 0,5 = 8 \text{ кВт},$$

а новий вентилятор потребує лише:

$$4 \text{ кВт} / 0,9 = 4,5 \text{ кВт}.$$

Якщо він працює на протязі 16 годин в день, то економія за 220 робочих днів протягом року складає:

$$(8-4,5) \cdot 16 \cdot 220 \cdot 0,03 = 739 \text{ \$/рік.}$$

Такий вентилятор коштує біля 2000 \$

Таким чином, строк окупності складає:

$$2000/739 = 2,7 \text{ року}$$

4.3 Освітлення

Цех дитячого молока обладнаний 40 світильниками потужністю 220 Вт, які працюють 2240 год. протягом року. Встановивши відбивачі на світильники вартістю 10 доларів і усунувши одну лампу з кожного світильника, без зменшення рівня світового потоку, можна отримати наступну економію електроенергії:

$$40 \cdot 220 = 9856 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

і економія коштів

$$9856 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 0,03 = 295,7 \text{ дол./рік}$$

Вартість додаткових робіт по очищенню поверхонь відбивачів складає :

$$1 \text{ \$ / (відбивач} \cdot \text{рік)} \cdot 40 = 40 \text{ дол./рік}$$

Чиста економія:

$$295,7 - 40 = 255,7 \text{ дол./рік}$$

Капіталовкладення:

$$10 \cdot 40 = 400 \text{ дол.}$$

Срок окупності

$$400/255,7 = 1,5 \text{ рік.}$$

При усуненні однієї лампи із кожного світильника, створюється запас додаткових ламп.

4.4 Холодильники

На молокозаводі у холодильній камері є дверний проріз $(1,5 \cdot 2) \text{ м}^2$. Внутрішня температура дорівнює $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Проріз цілком відкритий протягом 4-х годин у день для транспортних потреб. Середня температура зовні холодильної камери дорівнює $+5^\circ\text{C}$.

Шляхом незначної зміни транспортної стратегії й інформування робітників про важливість закривання дверей, можна легко зменшити час, протягом якого двері є відкритими, в 2 рази.

Відповідно графіка, представленого на рис. 3.10, постійна втрата холоду через вищенаведений проріз при вказаній різниці температур усередині і зовні холодильної камери складає близько 30 кВт. За 220 робочих дні зменшення втрат у результаті таких операцій складе:

$$30 \cdot 220 \cdot 2 = 13200 \text{ кВт} \cdot \text{год у рік.}$$

Якщо врахувати, що типовий коефіцієнт якості (COP) дорівнює 2, то економія електроенергії складе:

$$13200/2 = 6600 \text{ кВт} \cdot \text{год у рік.}$$

Ця економія може бути досягнута в результаті вкрай малої інвестиції, чи взагалі без всяких інвестицій. Якщо установити механізми автоматичного відкривання/ закриття дверей, то втрати через дверні прорізи можна мінімізувати ще більше. Значної економії можна також досягти, усуваючи постійні витрати навколо механізму закриття дверей.

4.5 Компресори

Використання теплообмінника для потреб опалення

Загальне споживання електроенергії компресорною станцією – 2 262 560 кВт·год/рік. Розглянемо можливість використання відновлення тепла для потреб опалення приміщення.

Потенційна можливість відновлення тепла складає 80% електричної витраченої енергії.

Для потреб опалення будівлі можна використовувати:

$$2\,262\,560 \cdot 0,8 = 1\,810\,048 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$$

$$1\,810\,048 \cdot 0,03 = 54\,301 \text{ кВт}\cdot\text{год в рік}$$

Інвестиції в теплообмінник, насос, систему трубопроводів: 40 000 дол.

Срок окупності:

$$40000/(54301) = 0,74 \text{ року}$$

Розділення системи на дві незалежні секції з різними рівнями тиску

Основні пневмоінструменти підприємства потребують тиск в 7-8 Бар. Обладнання пневмоуправління потребує тільки 2,3 Бар, але воно підключене до основної системи стисненого повітря через редуктори тиску. Можна оцінити, що споживання енергії на ці потреби складає 140 000 кВт·год в рік.

Якби ми розбили систему на дві незалежні підсистеми (секції) з різними рівнями тиску, то секція з більш низьким тиском потребувала лише 50% від попереднього рівня споживання енергії. Невеликий, вже існуючий на підприємстві компресор, зміг би задовольнити це навантаження.

Економія:

$$70\,000 \cdot 0,03 = 2100 \text{ дол.}$$

Інвестиції в нові деталі секції низького тиску можна оцінити в 1400 дол.

Срок окупності:

$$1400/2100 = 0,7 \text{ року.}$$

5 Інформаційна база по електрозбереженню

Впровадження заходів по економії електроенергії зв'язано з врахуванням специфічних умов електроспоживання на кожному підприємстві. Іншим словами заходи по економії електроенергії необхідно розробляти для кожного підприємства окремо, що значно ускладнює задачу.

З іншої сторони більшість технологічних процесів можна представити як взаємодію типових споживачів електроенергії: металообробних станків, електроперетворювальних установок, освітлення, компресорів, насосів, вентиляторів і т.і.

Фізико-технічні принципи роботи вказаних споживачів на різних підприємствах однакові. Це дає можливість розробляти заходи по економії електроенергії для типових споживачів і використовувати їх на всіх підприємствах, де вони установлені.. В результаті можна одержати інформаційну базу заходів по економії електроенергії, яку можуть використовувати любі підприємства, якщо відомий склад споживачів на них. Метою створення такої бази є раціональне збереження інформації по споживанню електроенергії та сприяння проведенню заходів по її економії на промислових підприємствах.

Таку базу доцільно створювати на базі існуючих автоматизованих баз даних, наприклад Microsoft Access.

Було проведено аналіз електроприймачів 8 промислових підприємств м. Вінниці: ВАТ "Вінницяхліб", ВАТ"Вінницям'ясо", молокозавод, підприємство "АВІС", підприємство"Поділля-ОВСТ", ВАТ "Володарка", завод "Кристал", ВАТ ВЗТА. В результаті встановлено, що роботу цих підприємств можна розглядати як взаємодію сукупності типових споживачів, що показано в табл.5.1. Відповідно досліджень, проведених в по кожному з цих поживачів розроблені заходи по по економії електроенергії (див.табл..5.2).

Таблиця 5.1 – Характеристики деяких підприємств м.Вінниці

Назва підприємства	Основні споживачі
ВАТ "Вінницяхліб"	електр. привід, вентиляція, насоси, компресори, освітлення, електр. шкафи, плити печі хлібобулочних виробів,
ВАТ "Вінницям'ясо"	насоси, повітряні компресори, система освітлення, металообр. верстати, система вентиляції, холодильники, аміачні компресори, технологічне обладнання

Молокозавод	аміачна компресорна, технологічний ел. привід, насоси, вентилятори, освітлення, компресорна стисненого повітря, електронагрів. прилади
Підприємство “АВІС”	електрокотли, холодильні камери, система освітлення, вентиляція, водопостачання, технолог. ел. привід, холодильні установки, технологічн. ел. нагрів
Підприємство “Поділля-ОВСТ”	холодильники, компресори, котли, ремонтно-механічний цех, технол. електр. устатк
ВАТ “Володарка”	швейне обладнання, ел. праски, освітлення, вентиляція, ел. привід верстатів, зварюв. апарати, повітряні компресори
Завод “Кристал”	електродвигуни технолог. обладнання, освітлення
ВАТ ВЗТА	електропривід, компресорна вентиляція, освітлення, димонасоси, електронагрів, високочастотні агрегати, електротермічне та електроплавильне обладнання

Таким чином користуючись таблицями 1 та 2 можна розробити заходи по економії електроенергії для любого з приведених підприємств.

Використовуючи таблиці 1 та 2 було проведено аналіз впровадження технічних заходів по економії електроенергії для Вінницького міського молокозаводу. В процесі аналізу перевага надавалась технічним заходам, не пов'язаним з суттєвими капіталовкладеннями, тобто в першу чергу розглядалися заходи по зниженню невиробничих втрат електроенергії. Так шляхом впровадження елементарної автоматики по закриванню дверей холодильних камер можна зменшити час, протягом якого відкриті двері цих камер, майже в два рази, що відповідно зменшить витрати електроенергії в.

Таблиця 5.2 – Перелік технічних заходів по економії електроенергії

Назва споживача		Технічні заходи по економії електроенергії
Для типових	Компресори	Вдосконалення масляних охолоджувачів
		Використання тепла стисненого повітря для підігріву води
		Зниження температури всмоктуючого повітря
		Резонансне наповнення поршневих коипресорів
		Зниження номінального робочого тиску
		Підігрів стисненого повітря перед нагріванням
		Регулювання параметрів стисненого повітря
		Попередження х. х. при постійному нульовому навантаженні

		Розділення мережі на секції з передбаченням можливості включання окремих секцій
		Розподіл системи з різними рівнями тиску на 2 або більшу кількість систем
		Заміна пневмоінструменту
Холодильники		Покращення термоізоляції холодильних камер і зменшення їх внутрішньої вентиляції
		Збільшення рівня температури на холодильній стороні і зниження рівня температури на гарячій стороні
		Уникнення навантаження яке створюється за рахунок охолодження або переохолодження без технологічної необхідності
		Запобігання відкриванню дверей та проїомів, а також витків в холодильних камерах
Вентилятори		Узгодження продуктивності вентиляторів і необхідного навантаження
		Керування продуктивністю вентиляторів шляхом зміни частоти їх обертання
		Відключення вентиляторів в нічний час, під час обідніх перерв
		Усунення дефектів при експлуатації
Насоси		Покращення завантаження насосів
		Зменшення опору трубопроводів
		Ліквідація витків та націльованих витрат води
		Впровадження обертового водопостачання
		Скорочення витрат води за рахунок вдосконалення системи охолодження
		Дотримання встановленого графіком перепаду температур між прямою та зворотньою водою
Печі		Локалізація теплових витрат в печах через технологічні проїоми, дверцята, отвори
		Встановлення лічильників та регулюючого обладнання
		Зменшення теплових витрат розігрітих поверхонь печей шляхом їх ізоляції
		Заміна вогнетримкої цегли на легкі ізоляційні матеріали
Електропривід		Використання обмежувачів неробочого режиму
		Використання регульованого ЕП
		Частотне регулювання
		Використання стабілізаторів швидкості
		Вибір раціональних режимів експлуатації
		Оптимізація перехідних процесів
		Зниження напруги на затискачах електродвигунів, які працюють з малим навантаженням

	Освітлення	Правильний вибір типу ламп та світильників
		Підтримання нормальних рівней напруги освітлювальних мереж
		Використання рефлекторів
		Зменшення освітленості в час перерви на обід
		Керування освітленістю
		Регулярне очищення світильників від пилу
Загальні	Підвищення коефіцієнта потужності енергоспоживання	
	Збільшення навантаження робочих машин	
	Регулювання максимуму	
	Компенсація реактивної потужності	
	Облік електричної енергії	

Для компресорів доцільним є встановлення кранів, які вимикають неактивні секції. Оскільки біля 40 % продуктивності кожної секції йде на витоки, то вимикаючи неактивні секції можливо суттєво зменшити витрати електроенергії, не змінюючи при цьому необхідну продуктивність технологічного процесу. На цих компресорах можна установити також теплообмінники, які дають можливість використати біля 80% споживаної енергії на потреби опалення. Сроку окупності інвестицій в вказані теплообмінники складає 3 роки. Крім того, бажаним є розділення системи стиснутого повітря на дві незалежні секції з різними рівнями тиску. В цьому випадку секція з більш низьким тиском потребує лише 50% від попереднього споживання енергії. Невеликий, вже існуючий на молокозаводі компресор, зміг би задовольняти необхідне навантаження. Досліджувалась можливість заміни старих вентиляторів на нові з більш високим коефіцієнтом корисної дії. Виявилось, що при тривалості роботи вентиляторів на протязі доби 12 годин і більше строк окупності інвестицій в нові вентилятори складає 3,5 роки.

Використовуючи результати проведених досліджень та автоматизовану базу даних Microsoft Access створена основа інформаційної бази електрозбереження м. Вінниці. Користування базою даних здійснюється за схемою, зображеною на рис.5.1. На першому етапі відбувається завантаження головної форми, яка містить перелік промислових підприємств м. Вінниці:

Шляхом звернення до необхідного промислового підприємства отримуємо перелік типових споживачів електроенергії для даного підприємства. З одержаного переліку споживачів електроенергії вибираємо необхідний і одержуємо інформацію по проведенню технічних заходів з електрозбереження для цього споживача.

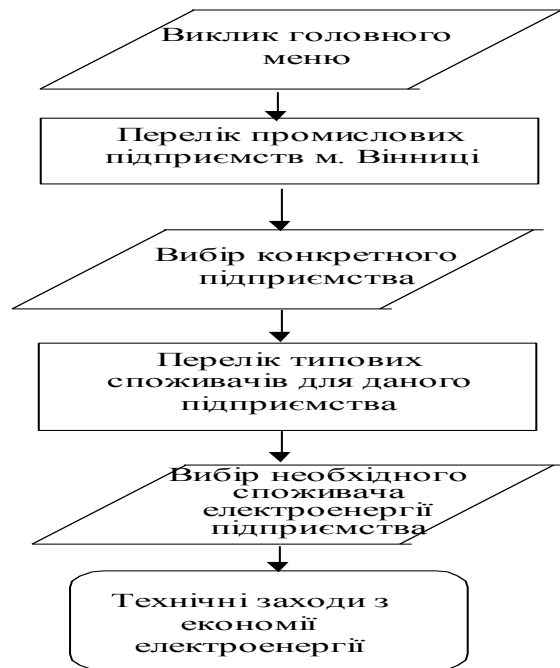


Рисунок 5.1 – Структурна схема використання бази даних по електрозбереженню м. Вінниці

Таким чином запропонований інформаційний банк по електрозбереженню дозволяє:

- 1) раціонально зберігати інформацію по електрозбереженню любого промислового підприємства;
- 2) оперативно формувати заходи по економії електроенергії для вказаних підприємств;
- 3) нарощувати інформацію по електрозбереженню не змінюючи структури бази.

6 Приклад проведення енергетичного аудита підприємства

6.1 Опис підприємства

Територія підприємства розташовується на трьох промислово-виробничих площадках і спеціалізується на випуску широкого асортименту товарів народного вжитку. Продукція, що випускається об'єднанням, є конкурентноспроможною і відповідає міжнародним стандартам. Середня чисельність робітників на підприємстві – 1000 чоловік. По деяким видам продукції завод залишається монополістом не лише в Україні, але й у СНД. Проектна потужність підприємства забезпечує випуск продукції в цінах на 1999 рік на 60 млн. грн.

Маркетингова, технологічна й технічна служби підприємства виконують роботу по перспективному розвитку підприємства. Основний акцент робиться на розширення асортименту моделей виробів, а також

ринку збуту продукції. Об'єднанням здійснюється поставка продукції на експорт, тобто підприємство має стійкі зв'язки на зовнішньому ринку.

6.2 Існуючий стан в енергозбереженні

На заводі проводиться робота по впровадженню енергозберігаючих заходів:

- а) розробляються щорічні плани заходів по економії паливно-енергетичних ресурсів;
- б) розроблені графіки включення в роботу енергоємного обладнання;
- в) відключені від енергосистеми незавантажені силові трансформатори;
- г) важкі верстати технологічно закріплені за енергоємними деталями, що дозволяє раціонально використовувати електроенергію.

Основною проблемою на підприємстві залишається відсутність системи організації праці по ефективному плануванню й організації використання енергоресурсів, контролю режимів енергоспоживання. На підприємстві також відсутній енергоменеджер, що ускладнює роботу по енергозбереженню.

Більшість заходів по енергозбереженню здійснювалося на нерегулярній основі при відсутності перспективного плану, об'єми робіт визначались об'ємами фінансування. Тому багато можливостей енергозбереження в процесі поточної експлуатації залишились нереалізованими.

6.3 Скорочена експертиза

В результаті скороченої експертизи встановлено:

1. З загальної вартості енергоресурсів, що споживаються підприємством, 61% складає електроенергія. В собівартості продукції витрати на енергоносії складають 25%.

2. Як і очікувалося, група енергоаудиторів виявила багато можливостей покращення енергоефективності при існуючих цінах на енергоносії. Коли ціни на енергоносії були в 20-30 раз нижче, заходи з покращення енергоефективності не мали економічного сенсу.

3. Відсутність системи технічного по цехового обліку енергоресурсів не дозволяє організувати базу для енергозбереження і впровадити систему енергоменеджмента.

4. Значним резервом енергозбереження є підвищення ефективності використання природного газу за рахунок покращення режимів горіння у котельнях, а також за рахунок використання конденсатовідводчиків, покращення термоізоляції паро- і конденсатопроводів, трубопроводів гарячого водопостачання;

5. Скорочення споживання електроенергії можна отримати за рахунок підвищення ефективності системи вентиляції, опалення, вироблення й використання стиснутого повітря, використання енергоефективних джерел світла.

На основі скороченої експертизи були запропоновані наступні рекомендації щодо підвищення ефективності електроспоживання.

1. Для сприяння підвищенню енергоефективності і зниженню енерговитрат енергосервісна компанія пропонує підприємству придбати обладнання для проведення енергоаудитів. Це обладнання складається з портативних приладів і вимірювальних засобів для енергоаудита, які дозволять впровадити заходи з енергоменеджменту.

2. Автоматизація обліку витрат енергоносіїв дозволить без застосування учної праці створити об'єктивну картину енергоспоживання на підприємстві, підвищить обґрунтованість заходів по енергозбереженню, та показників енергоспоживання підрозділами в системі внутрішнього госпрозрахунку.

3. Підвищення рівня компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства від $\text{tg}\varphi_1 = 0.7666$ до $\text{tg}\varphi_2 = 0.23$ за рахунок впровадження системи автоматичного управління забезпечить економію 80 тис.кВт год/рік.

4. За рахунок впровадження 150 ефективних джерел світла замість ламп ДРЛ-400 і ДРЛ-250 в системі освітлення підприємства підвищиться її надійність й знизиться загальне споживання електричної енергії.

5. Впровадження приладового контролю стану ізоляції обладнання, температури теплоносія, більш повне використання встановлених потужностей електрообладнання дозволить виключити нераціональні режими його роботи й забезпечить зниження нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

Загальне зниження споживання електроенергії складе 552,7 тис.кВт год (18,4 % споживання 1999р.), природного газу – 494,5 тис.м³ (82,4%), мазуту – 9,63т (19,3%).

Приведені заходи по енергозбереженню можуть бути застосовані на інших промислових підприємствах.

В табл. 6.1. приведені характеристики приведених заходів по економії електроенергії.

Таблиця 6.1 – Перелік можливостей енергозбереження (ціни 1999р)

№	Опис	Економія ел.енергії, тис.кВт.год	Економія природного газу, тис.м ³	Економія води, тис.м ³	Річна економія,\$	Вартість заходу,\$	Термін окупності,рік
1	Організація системи енергоменеджмента	150,0	30,0	6,0	12150	14000	1,25
2	Автоматизація обліку витрати енергоносіїв	150,0	30,0	6,0	35000	5600	1,6
3	Автоматизація управління установками компенсації реактивної потужності	80,0			2200	5000	2,3
4	Впровадження енергоефективних джерел світла	50,77			3128	3230	1,1
5	Моніторинг і оптимізація використання потужності електроустановок	27,9			1018	1000	0,98
	ВСЬОГО				53496	28830	

6.4 Енергетичний менеджмент

Характерною особливістю кожного промислового підприємства є зосередження уваги його керівництва на питаннях виробництва й бажанні збільшити його об'єми. Внаслідок цього, не завжди приділяється увага такому важливому для функціонування підприємства питанню, як ефективне використання енергоносіїв та їх вартість.

На підприємстві, як і на більшості промислових підприємств України, витрати на енергоресурси в минулому через низьку їх ціну складала незначну частку в собівартості продукції, тому енергозбереження було не найважливішим питанням у життєдіяльності підприємства.

За останні декілька років, через зростання вартості енергоресурсів, витрати на енергоносії стали досить значною статтею розходів. У 1999 році витрати на енергоносії на підприємстві склали близько 25% від вартості продукції.

На даний час на підприємстві, як і на інших українських підприємствах, незважаючи на вірне розуміння персоналом проблем збереження енергоресурсів й витрат на них, існує бажання реалізувати дорогі проекти з метою отримання значної економії витрат на енергоресурси. У той же час підприємстві існує велика кількість

ефективних недорогих проектів по енергозбереженню з дуже нетривалими строками окупності. Загальною помилкою є їх ігнорування останніх. Так, установка конденсатівідводчиків здається менш привабливим заходом, ніж такий великий проект як модернізація роботи котельного обладнання або створення системи обліку витрат енергоносіїв. Але подібного роду малі проекти дуже важливі і, якщо прийняти до уваги загальну кількість конденсатівідводчиків, що встановлюються, то сумарна економія витрат по даному проекту виявиться досить значною.

На більшості промислових підприємств України є відділи головного енергетика, в яких працюють спеціалісти з різних галузей енергетики. Посадовими обов'язками зазначених спеціалістів передбачено забезпечення безперебійного постачання всіх видів енергоресурсів необхідної кількості та якості, забезпечення їх економного витрачання. В умовах зростаючих цін на енергоносії і невизначеності в забезпеченні всіма видами палива, на перший план виходить діяльність енергоменеджера. Підприємству слід досить серйозно розглянути питання про необхідність введення посади енергоменеджера, а у випадку економічної доцільності організації групи по енергоменеджменту.

Робітники такої служби повинні здійснювати регулярний контроль за енерговикористанням всіма технологічними операціями і за динамікою щомісячних об'ємів енергоспоживання. Такі дані слід представляти у графічному вигляді для порівняння з енергоспоживанням у попередні місяці чи роки з метою виявлення змін в об'ємах енергоспоживання, визначення причин зміни і прийняття рішення про необхідні заходи по стабілізації енергоспоживання, виключення нераціонального споживання енергії.

Крім того, персоналу групи енергоменеджмента слід також регулярно перевіряти всі технологічні процеси на предмет виявлення можливостей енергозбереження, сертифікат техпроцесів і обладнання по енергоефективності. Спеціалісти цієї групи повинні стежити за тим, щоб залучались в практику пропозиції з покращення енерговикористання на підприємстві, починаючи з реалізації рекомендацій, перерахованих в даному звіті по енергоаудиту. Крім того, робітники групи енергоменеджмента повинні проводити експертизу всіх запропонованих підприємству змін на енергоефективність. Бажано, щоб в групу входив спеціаліст з теплотехніки та електроенергетики.

На багатьох підприємствах групі енергоменеджменту передбачено займатися такими задачами, як „зниження сумарного енергоспоживання за рік на 5%”. Безумовно, запланований процентний рівень може змінюватись, але такий підхід може використовуватись в якості показника оцінки роботи самої групи. На промислових підприємствах України, де є значні резерви енергозбереження. Названий процентний рівень економії витрат на енергоресурси міг би бути ще більш високим. На підприємствах

слід впроваджувати системи матеріального стимулювання робітників в галузі ефективного використання енергоресурсів.

6.5 Проведення енергетичного аудита

На підприємстві використовуються первинні види енергії, що закуповуються у місцевих енергопостачальних організацій у вигляді електроенергії, природного газу, мазуту й води. Річне споживання й затрати на енергоносії наведені в таблиці 6.2 та на рис. 6.1., 6.2.. Електроенергія і природний газ в загальному електроспоживанні підприємства складає відповідно 29% і 61%. Але по вартості відношення дещо інше: електроенергія – 60,8%, природний газ – 24,2%.

Таблиця 6.2 – Загальне споживання електроенергії і їх вартість (1999 р.)

Енергоносій	Річне споживання	Річне споживання, Гкал	Частка в загальному енергоспоживанні, %	Річні затрати, \$	Частка в річних затратах, %
Електроенергія	3000 тис.кВт год	2583	28,8	120000	60,8
Природний газ	600 тис.м ³	5455	60,8	48000	24,2
Мазут	50 т.	486	5,4	11500	6,2
Вода	30000 м ³	450	5,0	18000	8,8
Всього	---	8974	100,0	197500	100,0

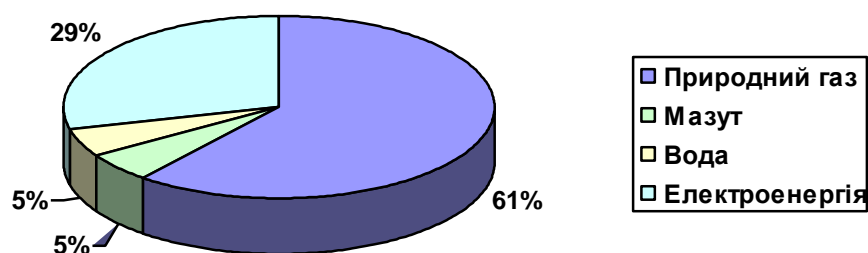


Рисунок 6.1 – Розподіл енергоносіїв у 1999 р.

Розподіл споживання електроенергії на протязі року показані в табл. 6.3 та на рис. 6.4.

Як видно виробниче навантаження протягом року є нерівномірним. Коливання в споживанні електроенергії пояснюється зниженнями опалювального навантаження у літній період.

Плата за електричну енергію здійснюється за двоставочним тарифом. Завод домовляється про максимальне місячне споживання активної енергії згідно з припустимою необхідністю і сплачує за фіксованою ставкою за фактичне споживання, яке не перевищує максимальний договірний ліміт. У випадку перевищення максимального рівня споживання перевищення оплачується в п'ятикратному розміру. Договірна ставка за електроенергію для промислових споживачів складає 12,8 копійки за кВт год (0,028\$).

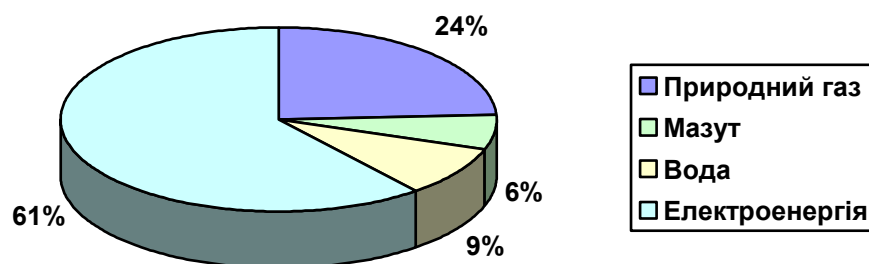


Рисунок 6.2 – Розподіл затрат на енергоносії у 1999 р.

Таблиця 6.3 – Виробниче споживання електроенергії по підприємству „Молот” за 1999 р.

Місяць	Витрати електроенергії, тис. кВт год
Січень	118
Лютий	130
Березень	155
Квітень	143
Травень	70
Червень	62
Липень	54
Серпень	58
Вересень	55
Жовтень	47
Листопад	82
Грудень	110
Всього	1084

Існує також плата за заявлену потужність, яка стосується періодів пікових навантажень – від 8 до 10 годин зранку та від 18 до 22 годин ввечері, її величина складає 4 кВт год. Подібним чином встановлюється ліміт споживання реактивної енергії. Плата за споживання реактивної енергії – 0,00072 кВар год.

Середня вартість електроенергії за даними підприємства у 1999 р. склала 0,041 кВт год.

Електроенергія використовується виробничими підрозділами заводу для живлення електроприводів, електropечей, сушильних установ й освітлення. Встановлена потужність електродвигунів – 1100 кВт, електроапаратів для нагріву, сушки та електрозварювання – 2100 кВт, з них 700 кВт – електropечі. Для компенсації реактивної потужності

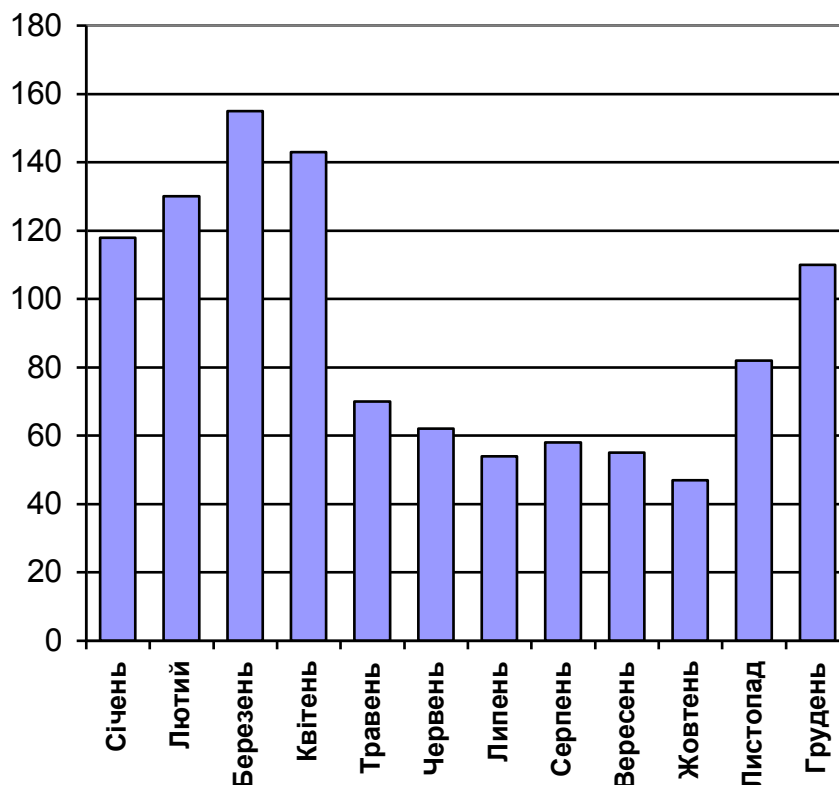


Рисунок 6.3 – Виробниче споживання електроенергії по підприємству „Молот” за 1999 р.

використовуються косинусні конденсатори встановленою потужністю 1600 кВАр. Потужність освітлювального навантаження 670 кВт, у т.ч. зовнішнє освітлення 60 кВт

6.6 Профіль використання енергії

Напрямок використання електроенергії на 1999 р.: електроустановками для технологічних процесів – 600 тис.кВт год; ел.приводами – 1200 кВт год; втрати в мережах – 16 тис. кВт год; загальне споживання – 1800 тис. кВт год.

Показники споживання енергії за видами продукції чи робіт наведені на рисунку 6.4, побудованому за даними таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Споживання енергії за видами продукції чи робіт

Роки	Продукція машинобудування і металообробки	Інше виробниче споживання	Компобут	Загальне споживання, тис.кВт год
1997	2090	70	630	2750
1998	1370	65	440	1870
1999	1080	90	610	1790

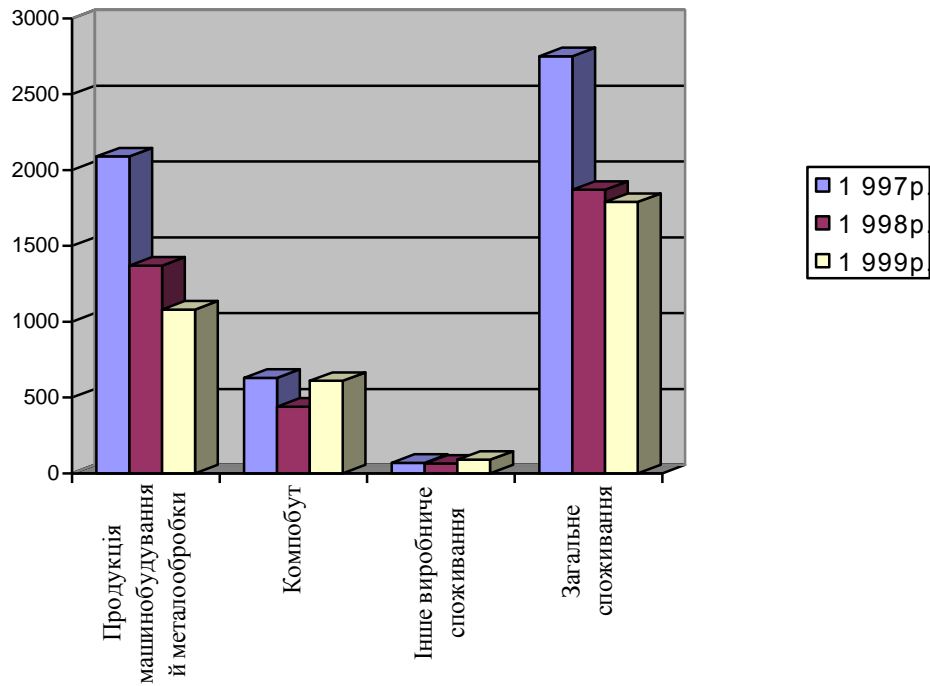
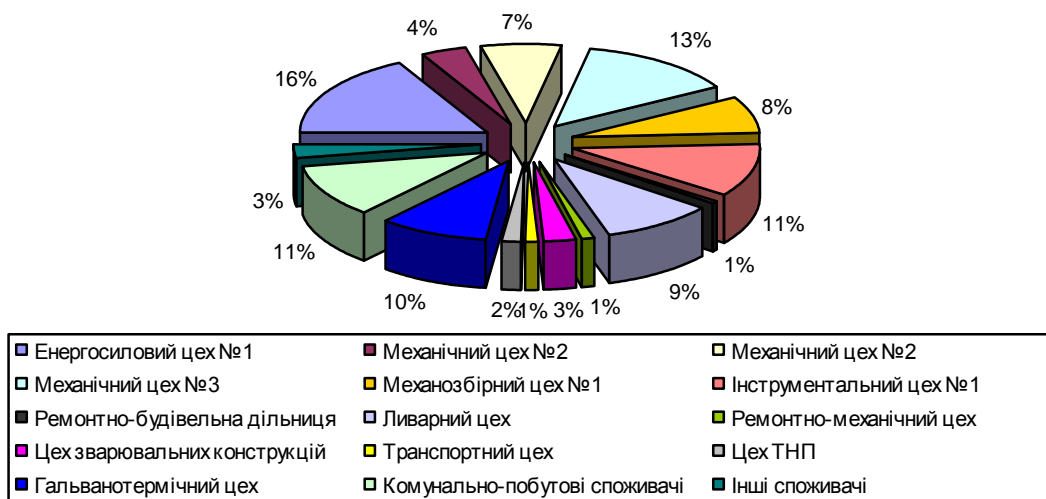


Рисунок 6.4 – Динаміка споживання електроенергії за видами продукції чи робіт

На рис. 6.5 приведено баланс споживання електроенергії підприємством.



Р

Рисунок 6.5 – Баланс споживання електроенергії підприємства „Молот” у 1999р.

6.7 Характеристика заходів по економії енергії

В результаті аналізу показників використання підприємством паливно-енергетичних ресурсів, і обстеження фактичного використання енергоресурсів розроблені пропозиції по економії енергії. Вони дозволяють знизити споживання електроенергії на 552,7 тис. кВт год.(18,4% споживання 1999р.). Варто відмітити, що на підприємстві існують й інші можливості енергозбереження, які не можуть бути сьогодні економічно виправданими в зв'язку з низькою завантаженістю виробничих потужностей підприємства. Коротка характеристика цих пропозицій слідує.

Пропозиція №1

Основним інструментом скорочення споживання енергії і підвищення ефективності використання енергії на промислових підприємствах є енергетичний менеджмент.

Енергетичний менеджмент починається з призначення керівництвом підприємства на посаду особи, відповідальної за впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві – енергетичного менеджера.

В результаті організації системи енергоменеджмента з'являється можливість знизити споживання енергоносіїв на 5%.

Для впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві необхідно розробити і впровадити систему обліку ел.енергії з розшифруванням показників ел. лічильників по всіх трансформаторним підстанціям у тимчасовому діапазоні. Існуючий комерційний облік контролює загальне споживання електроенергії, а всі внутрішні споживачі контролюються епізодично.

Використання сучасної комп'ютерної техніки дозволить оцінити динаміку енергоспоживання при випуску продукції і розробити рекомендації по економії енергоресурсів.

Пропозиція № 2

Підприємство споживає декілька видів енергоносіїв: електроенергію, газ, пар, стиснуте повітря, гаряча технічна й питна вода, розрахунок споживання яких окремими підрозділами заводу здійснюється з допомогою нормативних показників. Приладовий облік всередині заводу відсутній.

Пропонується автоматизувати комерційний і технічний облік з допомогою засобів обліку і контролю енергії ІТЕК, що випускаються НДІ „Енергія” м.Київ. Ці засоби метрологічно сертифіковані в Україні і призначені для постійного чи періодичного виміру фізичних величин.

Для реалізації заходу планується організувати комерційний облік витрат електроенергії в 6 точках, а технічний облік – у 20 точках.

Пропозиція №3

На підприємстві експлуатуються засоби компенсації реактивної потужності, що не мають систем автоматичного регулювання під'єднаною потужністю, в наслідок чого коефіцієнт потужності в СЕП підприємства значно менший, ніж величина, визначена проектом, і складає $\cos \varphi = 0.652$. Знятий графік навантаження показав, що на підприємстві має місце перекомпенсація. Низьке значення коефіцієнта потужності призводить до втрат електроенергії. Крім того, як показали результати вимірів, перекомпенсація призвела до підвищення напруги до 237,0-246,7 В, що призводить до стрімкого скорочення строку служби освітлювальних приладів.

Пропонується забезпечити засоби компенсації реактивної потужності системою автоматичного управління.

Пропозиція №4

Система зовнішнього освітлення заводу складається з 50 освітлювальників СЗПР з ртутними лампами високого тиску ДРЛ-400-35 шт., ДРЛ-250-15 шт. Частина території заводу освітлюється лампами розжарення потужністю 500 Вт і 1000 Вт. Систему внутрішнього освітлення виробничої зони заводу складається з 110 світильників з лампами ДРЛ-1000, 140 світильників з лампами ДРЛ-700, 380 світильників

з лампами ДРЛ-400, 65 світильників з лампами ДРЛ-250, 109 світильників з лампами розжарення потужністю 300-500 кВт і 110 світильників з люмінесцентними лампами. Сумарна встановлена потужність освітлювальних приладів для внутрішнього освітлення виробничих приміщень-480 кВт.

В ході енергоаудиту виявилось, що середньорічний коефіцієнт завантаження складає 0,2-0,3 і число одночасно ввімкнутих світильників не перевищує 30%. Тому при розрахунку кількості спожитої електроенергії світильниками внутрішнього освітлення при однозмінному режимі роботи підприємства прийнятий середньодобовий період включення 1/3 ламп – 3 години.

Світловий потік лампи ДРЛ-400 дорівнює 23000 лм, а номінальна тривалість експлуатації 6000 годин, ДРЛ-250 відповідно – 1000 лм і 2400 годин.

Враховуючи, що більше половини потужності розходиться на ці лампи, пропонується проект заміни ртутних ламп ДРЛ-400 зовнішнього освітлення території заводу і внутрішнього освітлення цехів на натрієві лампи високого тиску ДНаТ-250-3 і ламп ДРЛ-250 на ДНаТ-100-3 з використанням існуючих світильників і заміною пускорегулюючої апаратури. Натрієві лампи вітчизняного виробництва типу ДНаТ-250-3 мають тривалий строк експлуатації – 12000 годин при світловому потоці рівному 25000 лм, а ДНаТ-100-3 відповідно 6000 годин і 9000 лм.

Пропозиція №5

На технологічні потреби основного виробництва за даними 1999 р. витрачається близько 66% загальної кількості електроенергії, що складає 1980 тис. кВт·год в рік на суму 812 тис.\$.

Одним із основних споживачів електроенергії є електричні привода технологічного, насосного і вентиляційного обладнання.

В процесі експлуатації підприємства при виході з ладу електродвигунів здійснювалася їх заміна без врахування номінально необхідної потужності. Як показали виміри електричної потужності електрообладнання, при завантаженні виробничих потужностей, має місце його недовантаження, потужність електродвигунів використовується на 30-40%. Навіть на однотипному обладнанні використовуються двигуни з різною встановленою потужністю, що зазвичай перевищують необхідне значення.

Пропонується впровадити на підприємстві оперативний контроль потужності, що реально споживається електрообладнанням, з допомогою комплекта переносних приладів і виміри коефіцієнта потужності. Запропонований захід дозволить провести моніторинг реального завантаження електрообладнання, проаналізувати його ефективність і організувати планову заміну на більш ефективне. Реалізація цього проекту

дозволить зекономити не менше 1,5% електроенергії, що йде на технологічні потреби в рік.

Навчальне видання

Олександр Дмитрович Демов

**ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ**

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторам

Редактор В.О. Дружиніна

Коректор Ю.І.Франко

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку

Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$

Друк різнографічний

Тираж прим.

Зам. №

Гарнітура Times New Roman

Папір офсетний

Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК № 746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ