



Василь Коробко,
експерт з питань енергетики
і теплоенергетики Громадської
спілки «Муниципальна енергія»

Здійснюємо заміну енергообладнання – практичний підхід

Технічне забезпечення більшості підприємств України застаріле, тому залежно від потреби та наявності матеріальних ресурсів для забезпечення функціонування виробничої діяльності підприємства систематично потрібно здійснювати заміну енергетичного обладнання.

Система постачання енергообладнання

Система постачання енергообладнання тісно взаємопов'язана з усіма **видами діяльності** підприємства, насамперед такими, як маркетинг, планування виробництва та фінансова служба.

Організуючи заміну обладнання, необхідно перш за все детально вивчити зовнішнє і внутрішнє середовище підприємства. І лише після цього здійснювати планування потреб матеріалів та відповідно до цього встановлювати їх ліміти.

Для забезпечення безперерйного постачання чи використання енергії на підприємстві важливе місце посідає налагоджене матеріально-технічне забезпечення, яке здійснюється через органи **матеріально-технічного постачання**.

ТЕЗИ

1. Організуємо заміну обладнання відповідно до етапів закупівлі (*практичний підхід*)
2. Техніко-економічне обґрунтування обладнання на прикладі заміни контакторно-релейної схеми на перетворювач частоти
3. Виконуємо технічне завдання на прикладі придбання комплексного тиристорного перетворювача двох скіпового підйому
4. Здійснюємо технічний опис на прикладі високовольтного перетворювача частоти
5. Замінюємо тиристичний перетворювач постійного струму: тендерні вимоги
6. Оформлюємо договір між постачальником та покупцем

Головним завданням органів забезпечення підприємства є **своєчасне і оптимальне забезпечення виробництва** необхідними матеріальними ресурсами відповідної комплектності і якості.

Вирішуючи це завдання, **працівники органів постачання повинні:**

- вивчати і враховувати попит та пропозицію на всі споживані підприємством матеріальні ресурси, рівень і зміну цін на них, на послуги посередницьких організацій;
- обирати найбільш економічну форму руху товарів;
- оптимізувати запаси;
- знижувати транспортно-заготівельні і складські витрати.

Заміна обладнання вимагає чіткого та різностороннього підходу з боку замовника і передбачає реалізацію певного алгоритма дій – від моменту обґрунтування необхідності заміни до підписання договору з постачальником.

Процедура заміни обладнання та характеристика її етапів (практичний підхід)

Організація процесу постачання енергообладнання складається із декількох етапів, покликаних запланувати майбутню роботу, організувати та здійснити контроль і координацію дій під час її виконання. Закупівля обладнання може здійснюватись за такими **етапами**, як техніко-економічне обґрунтування, технічне завдання, технічний опис, тендерні вимоги та укладення договору між замовником та постачальником.

ЕТАП

1

Техніко-економічне обґрунтування є одним із основних етапів під час заміни обладнання і саме від нього залежить результат його купівлі. Він складається із декількох важливих у процесі заміни та пошуку обладнання дій. У даному випадку наводимо приклади реалізації цього етапу на прикладі *заміни контакторно-релейної схеми на перетворювач частот, установки мікропроцесорного АЗКД та заміни кабельних ліній.*

1. Обґрунтування заміни контакторно-релейної схеми на перетворювач частоти

Промислові приводи на базі асинхронних двигунів з фазним ротором (АДФР) з резистивно-роторним способом регулювання на сьогодні застаріли. Низький ККД таких приводів, короткий термін служби комутуючих контакторів і необхідність у їх постійному обслуговуванні визначає **додаткові витрати на електроенергію**. Тому ефективним і вмотивованим сьогодні є використання регульованого електроприводу з перетворювачем частоти, який має ряд функціональних переваг (*схема 1*).



Схема 1

Переваги використання регульованого електроприводу з перетворювачем частоти

- підвищення ККД та енергозбереження;
- якість регулювання;
- можливість відмови від додаткових механічних пристроїв, що створюють втрати та знижують надійність систем.

Перетворювач частоти (на основі автономного інвертора напруги на IGBT з вихідним ШІМ – напругою) забезпечує:

- скалярне і векторне регулювання;
- можливість роботи без датчика швидкості;
- гальмування – динамічне або з рекуперацією в мережу;
- можливість завдання заборонених (резонансних) робочих частот;
- пуск і регулювання швидкості обертання двигуна;
- реверс;
- прискорення, уповільнення, зупинку;
- захист двигуна і перетворювача;
- динамічне гальмування при зупинці;
- «підхоплення» на ходу;
- попередньо задані швидкості;
- автоматичне повторне включення;
- лінійний або S-подібний за датчик інтенсивності швидкості.

**ВАЖЛИВО**

Перетворювач частот забезпечується повнофункціональною системою захистів від струмів короткого замикання та перевантажень, перенапруг на силових напівпровідникових приладах, зникнення або недопустимого зниження вхідної напруги споживання, перегріву силових напівпровідникових приладів, обриву фази вхідної і вихідної напруги, перевантаження двигуна та технологічного захисту

Перетворювач частот здійснює роботу з **усіма типами датчиків** – тахогенератором, імпульсними датчиками швидкості та положення, сельсином, датчиками температури і т.д.

При виборі даного обладнання потрібно перш за все оцінити його технічні характеристики, які повинні відповідати ряду **вимог** (таблиця 1).

Таблиця 1
Вимоги до технічних характеристик перетворювача частот

№ п/п	Критерій	Показник
1.	Номинальна лінійна напруга	380 В
2.	Номинальний вихідний струм	500 А
3.	ККД	не менше 96%
4.	Коефіцієнт потужності	0,9
5.	Частота живлячої напруги	50 Гц
6.	Діапазон зміни вихідної напруги	0 – 0-200 Гц
7.	Допустиме відхилення вихідної напруги від номінального значення при зміні струму на виході перетворювача від нуля до номінального значення і зміні вхідної напруги в нормованому діапазоні	не більше +, - 1%

Переваги заміни перетворювача частот:

- підвищення ККД та енергозбереження;
- висока якість регулювання;
- можливість відмови від додаткових механічних пристроїв, що створюють втрати та знижують надійність систем.



КОМЕНТАР ЕКСПЕРТА

У перетворювачі частот, за замовленням, можуть бути мережеві інтерфейси, які забезпечать гнучку систему управління та регулювання, відкриту для моніторингу та управління від АСУТП. Для прикладу, у перетворювачі може бути забезпечена підтримка таких мережевих інтерфейсів, як Profibus DP, Modbus, Ethernet, CAN та ін.

3. Необхідність заміни кабельних ліній

Загальновідомо, що, незалежно від струмового навантаження кабельної лінії, при наявності різниці потенціалів між шарами ізоляції в цих шарах від електричного поля протікають поляризаційні процеси зсуву пружно зв'язаних зарядів, які зумовлюють появу струмів зміщення.

Наявність в дуелектриках невеликої кількості вільних зарядів призводить до виникнення струмів витоків, на які діє магнітне поле струму навантаження. Крім того, при протіканні електричного струму по кабельних лініях на ізоляцію діють механічні сили, обумовлені законом Ампера.

Силові кабелі мають **два види ізоляції**: *фазну (навколо кожної жили окремо) та поясну (навколо трьох жил разом)*

Кожен тип кабельних ліній як і будь-яке електрообладнання, має свій термін експлуатації (таблиця 2), який потрібно постійно контролювати і при наближенні завершення якого – здійснювати **заміну обладнання**.



Таблиця 2

Термін придатності кабельних ліній

№ з/п	Тип кабельної лінії	Термін служби, років
1	КЛ з паперовою ізоляцією	25
2	КЛ з гумовою ізоляцією	12
3	КЛ з пластиковою ізоляцією	30
4	КЛ з ізоляцією із зшитого поліетилену	30

На початковому етапі властивості фазної та поясної ізоляції є ідентичними. У процесі старіння кабелів з'являються **відмінності**, викликані деструкцією целюлози та міграцією низькомолекулярних полярних продуктів її розкладу (води, фуранів) у більш холодну частину кабелю – до оболонки, в полярну ізоляцію. У результаті властивості поясної ізоляції з часом **погіршуються**, оскільки зростає тангенс кута діелектричних втрат, падає рівень опору та ізоляції і, як наслідок, зменшується механічна міцність.

Унаслідок погіршення властивостей поясної ізоляції починають виявлятися ознаки зношеності кабелів (схема 2).



Схема 2

Ознаками зношеності ізоляції кабелів є:

- зниження опору ізоляції (зростання струмів витоку при випробуваннях постійною напругою)
- зростання ємності і тангенса кута діелектричних втрат
- зростання коефіцієнта абсорбції
- зростання рівня часткових розрядів
- поява локальних неоднорідностей

**КОМЕНТАР ЕКСПЕРТА**

Контролюючи ці характеристики в експлуатації, оцінюється стан зношеності кабелів. Із закінченням терміну служби силових кабелів ймовірність виходу кабельної лінії з ладу збільшується в кілька разів. При цьому вихід з ладу кабелю тягне за собою вимушений простій обладнання та здійснення ремонтних робіт. З цієї причини своєчасна заміна силових кабельних ліній дозволяє скоротити ремонтні витрати і попередити простій обладнання

**ЕТАП
2****Технічне завдання**

Реалізуємо цей етап закупівлі обладнання на прикладі реалізації **технічного завдання** придбання комплексного тиристорного перетворювача двох скіпового підйому.

До підготовки комерційної пропозиції учасник має право відвідати та оглянути об'єкт робіт і отримати під власну відповідальність відомості, необхідні йому для підготовки тендерної пропозиції.

До таких **відомостей** можуть належати:

- Опис об'єкта виконання робіт (послуг).
- Найменування та область застосування.
- Експлуатація виробу не дозволяється.

Опис об'єкта виконання робіт включає в себе відомості про місцезнаходження, назву підприємства, термін поставки та гарантії обладнання (зразок 1)

Зразок 1. Опис об'єкта виконання робіт (послуг)

- 1. Місцезнаходження об'єкта:** шахта «Алмазна» ШУ «Брянківське» (Закарпатська область, м.Брянка).
- 2. Найменування підприємства**
- 3. Термін поставки:** січень 2016 року
- 4. Термін гарантії:** не менше 36 місяців з моменту введення обладнання в експлуатацію.

Після загального опису об'єкта виконання робіт необхідно вказати найменування виробу, де і з якою метою він буде застосований (зразок 2).

Зразок 2. Найменування та область застосування об'єкта

Найменування виробу

- комплектний тиристорний перетворювач КТЕ5-АС-6,3к/750-ВТ3660-С21-УХЛ;
- комплект технологічної автоматики з мікропроцесорним управлінням;
- пульт управління з вбудованим АЗКД (комплектний електропривод).

Область застосування: для живлення і управління режимами роботи двох скіпового підйому шахти «Алмазна».

Технічні характеристики обладнання включають у себе основні параметри приладу, функціональне призначення, опис системи управління та експлуатаційна документація (зразок 3)

Зразок 3. Технічні характеристики обладнання**Комплектний тиристовий перетворювач і збудник.**

Параметри комплектного тиристового перетворювача і збудника, необумовлені справжнім ТЗ повинні відповідати ТУ У 31.1-13626132-001:2008.

Основні технічні характеристики комплектного електроприводу:**а) перетворювач якірного ланцюга:**

- номінальний виявлений струм (А 5000);
- номінальна випрямлена напруга (В 1000);
- напруга силової мережі живлення, діюче значення (В 660);
- номінальна частота мережі (Гц 50);
- виконання по режиму роботи (нереверсний);
- схема випрямлення (12-пульсна, трифазна мостова);
- підключення до силової мережі живлення (трансформаторне);
- силова комутаційна апаратура (автоматичний вимикач змінного струму, вимикач постійного струму і лінійний конктктор входять в комплект поставки);
- вбудовані пристрої (джерело живлення обмотки збудження тахогенератора);
- статична точність підтримки заданої частоти обертання електродвигуна (не менше 1:75);
- напруга ланцюгів власних потреб 24 В і 220 В;

б) перетворювач ланцюга збудження двигуна:

- номінальний випрямлений струм (А 300);
- номінально випрямлена напруга (В 350);
- напруга силової мережі живлення, діюче значення (В 380);
- номінальна частота мережі (Гц 50);
- підключення до силової мережі (трансформаторне);
- силова комутаційна апаратура (автоматичний вимикач змінного струму);
- напруга ланцюгів власних потреб (24 В і 220 В).

Система управління комплектного електроприводу повинна забезпечувати цикл роботи ШПН – вихід з розвантажувальних кривих, розгін, роботу на сталій швидкості, уповільнення, вхід у розвантажувальні криві, реверсування – з повторенням вищевказаного циклу в обидві сторони обертання поперемінно.

Експлуатаційна документація повинна бути виконана за ГОСТ 2.601 і містити:

- відомість ЕД;
- інструкцію з експлуатації;
- паспорт;
- відомість ЗІП;
- електричні принципові схеми системи управління;
- схеми підключень.

Експлуатація виробу не передбачається:

- у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних середовищах;

- у середовищах, що містять не струмопровідний пил в концентраціях більше 0,7 мг/м³;
- у спеціальних середовищах за ГОСТ 24682;
- в умовах впливу випромінювань (сонячної радіації, електронного, нейтронного, гала-випромінювання тощо).

Можливість експлуатації виробу в інших умовах експлуатації повинна бути узгоджена розробником.

ЕТАП

3

Технічний опис

Наводимо приклад реалізації цього етапу відповідно до технічного опису **високовольтного перетворювача частоти (зразок 4)**.

Зразок 4. Високовольтний перетворювач частоти

Призначення. Високовольтний перетворювач частоти (ВПЧ) призначений для розгону, регулювання швидкості та гальмування синхронного двигуна потужністю до 26000 кВА, напругою 10 кВ приводу насосів.

Номінальні параметри ВПЛ становлять:

- номінальна лінійна напруга 10 кВ;
- номінальний фазний струм 200 А;
- діапазон регулювання швидкості 10-100% від номінальної.

ВПЛ виконаний за схемою із залежним інвертором струму і складається з:

- шафи силової тиристоричної;
- шафи управління;
- шафи введення;
- шафи зі згладжувальним реактором;
- струмообмежувального реактора.

Система керування

Управління ВПЧ, захист і сигналізація, автоматичне регулювання здійснюється мікропроцесорною системою управління, реалізованою на базі плат управління, розміщеної у шафі управління.

Основний елемент системи – плата управління, у якій розміщені усі основні пристрої обчислювальної системи – 16-бітний мікропроцесор із вбудованим перепрограмувальним запам'ятовуючим пристроєм і оперативним запам'ятовуючим пристроєм.

У запам'ятовуючих пристроях плати розміщуються робочі та сервісні програми ВПЧ і налагоджувальні «уставки» системи управління.

Керуючі імпульси перетворення формуються у платі управління. Усі завдання системи управління виконуються програмно-апаратним способом.

Управління роботою ВПЧ:

- місцеве – здійснюється за допомогою кнопочних контактних команд з дверей шафи управління ВПЧ;
- дистанційне – за допомогою контактних команд зі щита управління приводом або мережевого інтерфейсу від АСУТП цеху, дільниці і т.д. (додаткова опція).

Реєстратор

Реєстратор – це вбудований пристрій, основним завданням якого є запис електричних сигналів для подальшого перегляду на комп'ютері. Реєстратор також забезпечує безперервний моніторинг стану аналогових і дискретних входів і здатний виводити вимірювані параметри і стан у графічному вигляді.

Пульт дистанційного керування (опція)

Пульт дистанційного керування (АРМ) – комп'ютеризований людино-машинний інтерфейс, який може здійснювати управління та моніторинг комплексу обладнання.

АРМ реалізує функції:

- моніторинг та графічне відображення стану і параметрів групи ВПЛ, двигунів та іншого обладнання;
- управління пуском, зупинкою та іншими режимами роботи обладнання;
- ведення журналу/протоколу режимів роботи обладнання;
- графічне відображення даних, вбудованих у контролери пристроїв плавного пуску реєстраторів параметрів.

Конструктивно АРМ виконується як настільний персональний комп'ютер.

Конструктивне виконання:

1. Кожна силова шафа складається з перетворювального моста.
2. Схема випрямлення – трифазний тиристорний міст.
3. Кожне плече силового моста складається з послідовно включених тиристорів (шести для напруги 10 кВ і чотирьох – для напруги 6 кВ).
4. Для обмеження швидкості наростання струму при включенні тиристорів у кожній фазі встановлені дроселі.
5. Двері силової шафи онащені блокуванням. При відкритті дверей ВПЛ знеструмлюється.
6. Біля тиристорів скомпоновані формувачі імпульсів. Подача імпульсів, які запускають на формувачі, реалізована за допомогою оптоволоконних ліній зв'язку.
7. Контроль пробкою тиристорів параметричного типу здійснений також на основі оптоволоконних ліній зв'язку.
8. Вироби виготовляються у кліматичному виконанні УХЛ, категорії розміщення 4 по ГОСТ 15150 і ГОСТ 15543.1.

Тендерні вимоги

При виборі обладнання, у даному випадку тиристорного перетворювача постійного струму, потрібно керуватися перш за все тендерними вимогами. Наводимо матеріали та перелік документації відповідно до технічних вимог до *тиристорного перетворювача постійного струму для електроприводу ШПМ*.

У тендерних вимогах визначається:

1. Склад обладнання.
2. Основні вимоги до силової частини перетворювача для живлення якірного ланцюга двигуна.

ЕТАП

4

3. Основні вимоги до засобів управління перетворювачів.
4. Документація та навчання.

1. Склад обладнання (таблиця 3) повинен бути чітко визначений документально, оскільки відповідно до нього робляться висновки та формуються вимоги до функціональних можливостей і технічного призначення.



Таблиця 3

Склад обладнання тиристичного перетворювача постійного струму для електроприводу ШПМ

№ п/п	Назва обладнання	Кількість (шт.)
1	Перетворювач для живлення якірного ланцюга у складі:	
	• трансформатора силового	2 шт.
	• реакторів згладжувальних	2 шт.
	• шаф вводу (ШВ)	2 шт.
	• шаф силових (ШС)	2 шт.
	• шаф з вимикачем постійного струму	1 шт.
	• шаф управління (ШУ)	1 шт.
	• шаф з контакторами	1 шт.
2	Перетворювач для живлення ланцюга збудження двигуна	1 шт.
3	Панелі перемикання резерву	2 шт.
4	Програмно-апаратний оцінний комплекс	1 шт.
5	Комплекс резервних пристроїв.	1 шт.

Основні вимоги до силової частини перетворювача для живлення якірного ланцюга двигуна у даному випадку подані у схемі 3.



Схема 3

Вимоги до силової частини перетворювача для живлення якірного ланцюга двигуна

1. **Силова частина** повинна бути виконана з одним тиристором у плечі випрямного моста.
2. Кожна силова секція повинна бути виконана **без використання запобіжників**. Захист тиристорів при аварійних режимах повинен здійснюватись за допомогою швидкодіючих автоматичних вимикачів, установлюваних на стороні змінного струму.
3. **Вимикачі повинні встановлюватись** в окремих шафах, які повинні допускати їх розміщення далеко від силової напівпровідникової частини з метою зниження ймовірності великого збитку при виникненні пожеж.
4. За способом охолодження перетворювачі повинні бути виконані **з комбінованим повітряним охолодженням**:
 - при тривалому струмі навантаження до 0,75 Іном повинно забезпечуватись природне повітряне охолодження
 - включення вбудованих вентиляторів має здійснюватись автоматично при перевищенні допустимого значення температури тиристорів.

3. Основні вимоги до засобів управління перетворювачів:

Засоби управління повинні бути мікропроцесорними з уніфікованою апаратною частиною для всіх виконань перетворювачів і спеціалізованим програмним забезпеченням для електроприводів ШПМ (схема 4).



Схема 4

Системи управління і регулювання	<ul style="list-style-type: none"> • повинні дозволяти приймати і обробляти сигнали будь-яких датчиків – імпульсних, кодових, сельсинів, датчиків температури та ін. • повинні надавати користувачеві ряд таких сервісних можливостей: • оперативна зміна структури автоматичного регулювання за допомогою пультового терміналу, вбудованого в систему управління спеціальної сервісної програми • оперативний доступ до всіх регульованих параметрів за допомогою пультового терміналу. Параметри повинні виводитися в чисельному десятковому вигляді на дисплей пультового терміналу • самоналаштування окремих налагоджувальних параметрів електроприладу • уточнену індикацію видів спрацювання захистів. При спрацьованому захисті на пультовий термінал в алфавітному вигляді повинні виводитися по мірі спрацювання
Засоби управління	<ul style="list-style-type: none"> • до їх складу повинні входити: • спеціальний програмно-апаратний комплекс, що забезпечує можливість доповнення стандартного ПО перетворювача об'єктно-орієнтованим програмним забезпеченням, які розробляються службами налагодження та експлуатації; • незалежний ресстратор електричних сигналів, що забезпечує безперервний моніторинг аналогових і дискретних сигналів з виведенням вимірюваних параметрів і стану у графічному вигляді