

РОЗДІЛ 5

Підвищення енергоефективності систем стиснутого повітря

5.1 Методи зниження втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря

5.1.1 Проблеми енергозбереження в системах стиснутого повітря

Проблема енергозбереження в системах стиснутого повітря останніми роками набуває великої ваги. У балансі електроспоживання підприємства частка компресорних станцій сягає 25–30 %, у зв'язку з цим енергозбережні заходи в цій сфері набувають великого значення. Досвід свідчить, що ефективність систем виробництва і розподілу стиснутого повітря на більшості підприємств дуже низька. Це пов'язано з фізичним зношенням мереж розподілу повітря, невідповідністю існуючих мереж покладеним на них завданням, експлуатацією компресорів у неоптимальних режимах.

Стиснуте повітря є одним із найдорожчих видів енергії: 1 кДж енергії, отриманий із використанням пневмоприводних машин і механізмів, коштує в 7–10 разів дорожче, ніж той самий 1 кДж, отриманий під час роботи електропривода. На виробництво стиснутого повітря витрачають у середньому близько 25–30 % всієї споживаної машинобудівною промисловістю електричної енергії. Тому питання скорочення енергетичних втрат під час виробництва стиснутого повітря надзвичайно актуальні.

Економіка в системах стиснутого повітря

Заробляти гроші можна, якщо додержуватися такого правила: збільшувати ефективність виробництва в разі

зниження експлуатаційних витрат, до того ж не забувати про реальні потреби.

Тобто варто додержуватися принципу: підготовка рішення – підбір устаткування – проектування пневмомереж – експлуатація.

Устаткування для отримання (використання) стиснутого повітря є універсальним і безпечним; воно значно поширене в сучасній промисловості. Стиснуте повітря використовується як джерело енергії для очищення (продування), засіб для транспортування і навіть як джерело холоду. Його універсальність, простота і доступність призвели до поширеного помилкового уявлення, що стиснуте повітря – дешеве благо. Насправді це не так.

Порівнюючи з іншими видами енергії, стиснуте повітря – найдорожче джерело енергії.

Із ста одиниць електроенергії, що надходять на двигун повітряного компресора, лише 10–20 % виконують реальну корисну роботу – к. к. д. всього лише 10–20 %.

Компресор, по суті, є електронагрівачем, у якого к. к. д. близький до 80 %, і який як побічний продукт вивільняє повітря під високим тиском.

Використання стиснутого повітря як джерела енергії – це неефективна витрата енергії, тим більше якщо воно використовується як джерело охолодження. Використання для охолодження – також дороге задоволення.

На відміну від багатьох інших енергоресурсів, стиснуте повітря досить важко піддається вимірюванню і управлінню. Через високу швидкість і ступінь стиснення для забезпечення точності вимірювань потрібні дорогі вимірювальні системи.

Оскільки повітря легко доступне, має місце тенденція сприймати його як деякий дар, без розуміння

реальних енергетичних та інших витрат на його виробництво.

Як випливає з вищезгаданого, на стадії проектування і експлуатації завжди необхідно серйозно розглядати альтернативні можливості, щоб уникати використання устаткування на стиснутому повітрі.

5.1.2 Основні напрями скорочення втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря

Економія стиснутого повітря

Досить часто стиснуте повітря виробляється з тиском 10 кг/см^2 , тоді як для роботи виконавчих механізмів достатньо $5\text{--}6 \text{ кг/см}^2$. Розрахунок зазвичай проводять таким чином:

- 1) установка працює за тиску $6\text{--}8 \text{ кг/см}^2$ (8 кг/см^2);
- 2) втрати на фільтрах 1 кг/см^2 ;
- 3) втрати в мережах 1 кг/см^2 .

Таким чином, компресор за такого розрахунку повинен виробляти повітря з тиском 10 кг/см^2 .

На сучасних підприємствах розрахунок проводять таким чином:

- 1) устаткування працює за тиску $6\text{--}8 \text{ кг/см}^2$ (6 кг/см^2);
- 2) втрати на осушення $0,25 \text{ кг/см}^2$;
- 3) втрати на фільтрах $0,25 \text{ кг/см}^2$;
- 4) втрати в мережах $0,25 \text{ кг/см}^2$.

Тобто компресор, що працює в діапазоні $6,75\text{--}7,25 \text{ кг/см}^2$ надмірного тиску, відмінно справляється з поставленим завданням. Економія в цьому разі становить 3 кг/см^2 , а зниження тиску на 1 кг/см^2 дає близько 6 % економії електроенергії і знижує витікання на 12 %.

Для забезпечення мінімального робочого тиску в мережі необхідно:

- орієнтуватися на мінімально допустимий робочий тиск устаткування;
- правильно вибирати переріз трубопроводів;
- своєчасно обслуговувати фільтри;
- використовувати компресори із сучасною системою регулювання.

Усунення витікань може дати більший, ніж здається на перший погляд, ефект. Досить часто після усунення основних витікань витрати повітря в системі знижуються на 30–50 % і більше.

Як можна уникнути втрат енергії в мережах стиснутого повітря? Одним із найбільш радикальних способів вирішення цієї проблеми є децентралізація компресорної системи за допомогою багатофункціональних компресорів.

Такі компресори об'єднують в одному кожусі цілу систему вироблення і підготовки стиснутого повітря: компресор, кінцевий охолоджувач, вологомаслосепаратор, осушувач повітря, магістральний фільтр, систему автоматичного електронного керування і моніторингу, очищення конденсату, систему рекуперації тепла та інше.

Наскільки реальна економія за рахунок децентралізації? За централізованої системи подачі повітря для видалення вологи необхідно використовувати адсорбційне сушіння. За всіх переваг цієї системи вартість повітря зростає на 20–25 % за рахунок витрат енергії на регенерацію адсорбенту і додаткових втрат тиску.

Під час децентралізації, коли споживач перебуває в тому самому приміщенні, що й компресор, можливе застосування сушіння холодильного типу. Застосування такого сушіння різко знижує енерговитрати на видалення вологи і економить місце, оскільки таке сушіння може бути реалізовано в самому компресорі (сушильний вузол конструктивно виконаний разом із компресором).

Використання тепла, що виділяється під час роботи компресора

У процесі стиснення повітря (газу) частина витраченої енергії перетворюється на тепло. Водночас основна частина тепла розсіюється через масляну систему. У разі встановлення блока рекуперації енергії 70 % спожитої енергії може бути повернено, наприклад, у вигляді гарячої води з температурою 80 °С. Під час використання блока рекуперації загальна вартість компресорної системи може бути зменшена приблизно на 40 %.

Необхідною умовою застосування такої системи є наявність постійного споживача гарячої води. Система працює особливо ефективно, якщо вона забезпечує 30–50 % потреби в гарячій воді.

Не варто забувати, що тепло, отримане в результаті роботи компресора, – це побічний продукт. Під час зупинень компресора, за зниження споживання стиснутого повітря відповідно знижується і вироблення тепла. Тому якщо навіть тепла від компресора достатньо для задоволення 100 % потреби в гарячій воді, не варто відмовлятися від основного джерела теплоти. Крім того, можливий більш простий спосіб використання тепла від компресора. Під час роботи компресора можна використовувати гаряче повітря контуру охолодження для опалювання приміщень.

Зниження споживання електроенергії

Якщо віднести вартість компресора (початкові інвестиції) до повної вартості утримання компресорної системи за термін 8–10 років, то можна побачити, що навіть економія 20 % на момент закупівлі устаткування становитиме лише 2 % від загальної вартості. У той самий час економія енергії дає набагато істотніший (у 7 разів більший) внесок у зниження загальної вартості.

Домогтися зниження споживання електроенергії можна застосуванням ефективнішого компресора. На жаль, досягти економії більше ніж 20 % вдається лише в деяких випадках на компресорах невеликої продуктивності. Сучасні компресори працюють з ефективністю, близькою до фізичної межі, а коливання ефективності становить не більше ніж 10 %.

Чи означає це, що неможливо різко знизити споживання електроенергії компресором? Ні, якщо розглядати ідеальний компресор, що працює на 100 % завантаження. Так, якщо розглядати реальний компресор із завантаженням 20–80 %.

Основні резерви економії приховані в управлінні продуктивністю компресора.

Графік витрати стиснутого повітря більшості виробничих установок коливається залежно від годин доби, днів тижня або періодів робочого циклу. Звичайні компресори не можуть точно відстежувати коливання потреби в стиснутому повітрі.

У той самий час продуктивність компресорів зі змінною частотою обертання вала може точно збігатися з витратою стиснутого повітря в системі. Такі компресори здатні відстежувати коливання витрат, змінюючи швидкість обертання приводного електродвигуна. Це основна особливість таких компресорів. Вони зменшують до мінімуму споживання енергії за рахунок того, що повністю припиняють споживати електроенергію під час розвантаження. Це економить до 35 % електроенергії і до 22 % всіх витрат за термін експлуатації компресора.

Не всі компресорні агрегати мають приводні двигуни з частотними перетворювачами. Переважна більшість укомплектована стандартними асинхронними двигунами змінного струму. Це обмежує робочі можливості компресора. Стандартні двигуни ефективно покривають

швидкісний інтервал у межах 60–100 % завантаження компресора, під час роботи на малих подачах виникає перегрівання, що призводить до поломки двигуна. Справжні компресори зі змінною швидкістю привода можуть працювати в широкому діапазоні подач (продуктивності) і за повної відсутності режимів холостого ходу.

5.1.3 Зниження енерговитрат методом оптимізації роботи компресорних станцій

Оптимізація роботи існуючих компресорних станцій, забезпечених високопродуктивними турбокомпресорами, дозволяє скоротити витрати електроенергії на виробництво стиснутого повітря до 50 %. Оптимізація роботи компресорів відбувається за рахунок:

- забезпечення ефективної і безпечної можливості відключення і плавного запуску приводних електродвигунів;
- автоматичної підтримки необхідного тиску в пневмосистемі з високою точністю;
- впливу на початкову температуру і початковий тиск усмоктуваного повітря;
- підігрівання повітря, що надходить до споживача, за рахунок утилізації тепла стиснення.

Істотним рішенням проблеми енергозбереження під час експлуатації компресорних установок є застосування пристроїв плавного запуску двигунів.

Пристрій плавного запуску електродвигунів великої потужності

Існує декілька напрямків зниження витрат, спричинених неоптимальною роботою централізованих пневмосистем. Наприклад, пропонується установлення автономних компресорів меншої продуктивності, які б

забезпечували стиснутим повітрям окремих споживачів. Для приводу таких компресорів можна використовувати двигуни малої потужності, що робить можливим їх включення в міру необхідності. Однак таке рішення вимагає значної реконструкції існуючих систем стиснутого повітря, а отже, великих капіталовкладень.

Великих енерговитрат під час роботи централізованих пневмосистем можна уникнути за рахунок забезпечення плавного пуску приводних електродвигунів великої потужності (від 200 кВт до 10 000 кВт). Для цього потрібно застосовувати пристрої плавного запуску, які порівняно недорогі, надійні і не потребують значних витрат на сервісне обслуговування.

Підтримка необхідного тиску в пневмосистемі

Підвищення тиску свідчить про те, що компресор прокачує більше повітря, ніж необхідно для споживача. А це перевитрати електроенергії, погіршення роботи устаткування тощо. Підтримувати постійний тиск у системі можна за допомогою електронного пристрою, так званого регулятора тиску.

Принцип дії регулятора полягає в тому, що він із заданим інтервалом опитує датчик тиску і за необхідності впливає на дросельну заслінку всмоктувальної лінії компресорної установки. Таким чином, проводиться коригування навантаження електродвигуна, яке дозволяє компресору працювати в оптимальному режимі, не допускаючи перевитрати електроенергії. Економія електроенергії досягає 7–15 %. Багато років такі регулятори успішно працюють на машинобудівних, нафтохімічних підприємствах, а також очисних спорудах.

5.2 Можливості енергозбереження під час постачання та використання стиснутого повітря

5.2.1 Енергозбереження під час постачання стиснутого повітря

Значення правильного вибору схем постачання стиснутого повітря іноді недооцінюють, і абсолютно марно, оскільки часто саме тут криється причина підвищених витрат електроенергії і частих поломок компресорного устаткування. Помилки тут можуть вилитися в необхідність додаткових капіталовкладень у майбутньому.

Існує два основних типи схем постачання стиснутого повітря. Це централізована і децентралізована схеми. Розглянемо переваги і недоліки кожної з них.

Централізована схема живлення споживачів стиснутим повітрям здійснює із загальної компресорної станції. Зазвичай за такої системи експлуатуються декілька компресорних установок різної продуктивності, а іноді і більше – в основному поршневі, відцентрові, гвинтові компресори. Переваги цієї схеми виявляються повною мірою на великому підприємстві за наявності герметичної пневмомережі, якщо всі споживачі зосереджені на невеликій площі (відсутні віддалені точки споживання), робочий тиск більшості споживачів приблизно однаковий (робочий тиск мережі), а в решти споживачів – нижче від заданого значення.

Переваги схеми:

– виходи з ладу окремих компресорів і проведення на них регламентних робіт і планових ремонтів не впливають на надійність постачання стиснутого повітря (за наявності декількох резервних компресорів);

– планові ремонти можуть проводити у визначений час, незалежно від величини завантаження компресорної станції (за наявності резерву);

– все компресорне устаткування знаходиться в одному місці, кількість обслуговуючого персоналу невелика.

Недоліки такої схеми:

– велика протяжність трубопроводів призводить до втрат тиску;

– стан систем існуючих централізованих пневмомереж зазвичай достатньо старих, часто залишає бажати кращого (великі витрати, підвищений газодинамічний опір за наявності важко визначальних місцевих опорів). Сумарні втрати в окремих випадках становлять до 50 %;

– висока інерційність системи (оскільки запуск і припинення роботи потужних компресорів вимагає часу, система не може швидко реагувати на зміни необхідної кількості стиснутого повітря);

– у зимовий час можливе обмерзання внутрішніх поверхонь ділянок магістралей, що проходять на відкритому повітрі;

– через планові ремонти компресорів виникає необхідність мати резерв;

– окремі споживачі можуть вимагати вищого тиску повітря, що приводить до необхідності підтримки надмірного тиску в мережі, а з ним – і до додаткових втрат потужності;

– в результаті нерівномірного завантаження з'являються проблеми в експлуатації відцентрових компресорів, які розраховані практично на цілодобовий режим роботи з максимальною кількістю пусків за 1 рік не більше ніж 50; постає дилема – або збільшувати витрати на

електроенергію, або збільшувати кількості ремонтів устаткування;

- система достатньо дорога у виготовленні;
- потрібна наявність кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Децентралізована схема живлення споживачів стиснутим повітрям здійснюється окремими невеликими компресорами, що встановлюються безпосередньо біля споживача. Необхідно відзначити, що в децентралізованих схемах за локальної потреби в повітрі більше ніж 1 м³/хв доцільно використання надійних гвинтових компресорів, переваги яких широко відомі. Це дозволяє вирішити низку проблем, властивих поршневим компресорам, таких як необхідність фундаменту під компресор, підвищені шум і вібрація, необхідність періодичних ремонтів (заміна кілець, клапанів). Крім того, недорогі поршневі компресори малої продуктивності зазвичай погано пристосовані для використання в промислових цілях із ПВ, близьким до 100 %, і мають невисокий ресурс.

Переваги схеми:

- зменшується протяжність трубопроводів, що знижує газодинамічні втрати;
- вартість системи значно нижча, ніж у разі централізованої;
- для кожного споживача може бути встановлений компресор зі необхідним тиском (дуже важливо для мереж із різним робочим тиском споживачів);
- для кожного споживача може бути підібраний компресор із необхідною продуктивністю, що знижує енерговитрати;
- обмерзання виключається, оскільки трубопроводи не виходять за межі приміщення, де встановлений компресор;

– знижується вартість стиснутого повітря, оскільки відпадає необхідність в теплоізоляції, герметизації, ремонті та обслуговуванні трубопроводів;

– компресори невеликої потужності не вимагають фундаментів, що спрощує і здешевлює їх установку;

– зникає необхідність у спеціальному обслуговуючому персоналі, оскільки невеликі гвинтові компресори не вимагають планових ремонтів, а всі роботи з технічного обслуговування (заміна мастила, фільтрів) можуть проводити особи, які не мають спеціальної підготовки.

Недоліки такої системи:

– при установленні компресора безпосередньо у виробничому приміщенні виникає шум, що є небезпечним чинником для персоналу;

– схема слабо пристосована до можливого різкого зростання потреби в повітрі на конкретній ділянці (наприклад, у разі появи додаткових споживачів) може виникнути потреба у заміні компресора на більш потужніший або установка додаткового, переріз локальної магістралі може виявитися недостатнім.

Загалом, вибір споживачем оптимальної схеми повітропостачання залежить від конкретних умов на конкретному підприємстві, йому обов'язково повинні передувати повний аналіз ситуації, існуючих пневматичних ліній, енергоаудит усього ланцюжка виробництва і подачі стиснутого повітря, з урахуванням необхідних капіталовкладень і постійних витрат. Децентралізована схема зовсім не є універсальним рішенням, застосування її повинно бути економічно обґрунтоване. Під час проєктування пневматичних систем необхідно враховувати не лише наявних споживачів, що є в наявності в даний час, а й можливі варіанти зміни як необхідної кількості стиснутого повітря, так і розміщення точок споживання.

Говорячи про енергозбереження, не можна не згадати про компресори з регульованою частотою обертання вала електродвигуна, яким останнім часом усе більше споживачів віддають перевагу. Перевага полягає в тому, що його продуктивність змінюється відповідно до зміни потреби в повітрі. Водночас пропорційно змінюється споживана потужність зазвичай у діапазоні від 10 % до 100 %. Компресор із фіксованою продуктивністю працює в діапазоні між тиском ввімкнення (робочий тиск мережі) і тиском вимкнення / переходу на холостий хід; фактично компресор завжди працює під тиском, вищим за робочий, що приводить до втрат енергії. За частотного регулювання тиск підтримується на постійному рівні, а тому немає відповідної перевитрати енергії. Коштує такий компресор приблизно на 50–80 % дорожче за звичайний, проте різниця вартості компенсується зниженням експлуатаційних витрат.

Застосування частотного регулювання економічно виправдане в будь-якому разі, питання лише в тому, чи готове підприємство на додаткові капіталовкладення, які дадуть в майбутньому істотну економію. Не потрібно також забувати про те, що за частотного регулювання компресорна установка працює в набагато сприятливіших умовах (плавний пуск і зупинення, відсутність різких стрибків струму і т. ін.), що збільшує міжремонтні інтервали і дає додаткову економію.

Компресори з частотним регулюванням можуть застосовуватися як у децентралізованій системі повітропостачання (у разі якщо потреба в повітрі на конкретній ділянці може змінюватися в значних межах), так і в централізованій (у цьому разі доцільно встановити декілька компресорів із фіксованою продуктивністю і один компресор із частотним регулюванням, який буде компенсувальною ланкою).

5.2.2 Зменшення енерговитрат під час використання стиснутого повітря

У таблиці 5.1 наведені дані щодо потенціалу заощадження енергії за наслідками проведення декількох десятків енергоаудитів компресорного обладнання.

Таблиця 5.1 – Потенціал заощадження енергії

Енергозберіжний захід	Середнє значення заощадження, %	Максимальне значення заощадження, %	Середній термін окупності, роки
Зменшення витікань повітря	26,3	59,3	0,9
Зниження системного тиску	2,0	59,3	1,3
Установлення засобів регулювання холостого ходу	10,5	33,5	0,8
Секціонування (послідовне підключення) компресорів	7,6	33,6	2,7
Скорочення машинного часу	2,6	15,8	< 0,1
Сумарні заощадження (для однієї компресорної установки)	43,7	65,0	0,8

Як бачимо, середні значення заощаджень перевищують 43 %, водночас середній період повернення

інвестицій – менше ніж один рік. Як зберегти енергію під час використання компресорного обладнання?

Як зберігати енергію під час використання стиснутого повітря. Існують різні способи підвищення ефективності компресорного устаткування, які призводять до значних заощаджень поточних витрат за недовгих термінів окупності. Можливості енергозбереження в системах компресорного устаткування можна поділити на такі категорії:

- можливості процесу;
- можливість системи (енергозбереження 10 %);
- методи експлуатації;
- керування та оптимізація системи;
- можливості, що виникають під час обслуговування;
- контроль і планування використання енергії.

Чи можна знайти ефективніші, і водночас досить надійні альтернативи стиснутому повітрю? Електричні дрилі, механічні конвеєрні установки, повітродувки зниженого тиску, вентилятори для охолодження і т. ін. Купуйте такий механізм, який може працювати без споживання стиснутого повітря. Прагніть уникати використання насосів із приводом від стиснутого повітря, оскільки вони характеризуються дуже низькою ефективністю, хоча часто використовуються у вибухонебезпечних умовах. Насоси з електроприводом часто можуть використовуватися для таких ситуацій за умови підбору потрібного вибухозахисного виконання.

Детально розгляньте устаткування на стадії його проєктування і деталізації. Аналізуйте рівний тиск і швидкості потоку для нового устаткування. Якщо лише 20 % механізмів вимагають тиск повітря на рівні 0,7 МПа, а інші вимагають нижче ніж 0,6 МПа, тоді можливо є сенс установлювати окремих компресор для вищого тиску.

Пам'ятайте, що під час використання 0,7 МПа замість 0,6 МПа споживається на 7 % більше енергії. Тому досліджуйте можливість використання системи з двома рівнями тиску.

Розподільні системи

Кільцеві магістральні системи характеризуються меншою кількістю втрат тиску, ніж розгалужені системи. Розгалужені системи легко можуть бути перетворені на кільцеві магістральні системи.

Розміри труб повинні бути підбрані з розрахунку, що швидкість повітря в розподільній системі не перевищує 6–9 м/с. Потік повітря на високій швидкості також захоплює за собою вологу, що може спричинити корозію.

Там, де потрібне повітря нижчого тиску, частина енергії може бути заощаджена за рахунок використання регуляторів подачі повітря, які дозволяють одержати нижчий рівень тиску повітря і швидкість потоку.

На противагу вищезгаданій рекомендації використовуйте пневмопідсилювачі для забезпечення підвищення тиску в точці використання. Це позбавить від необхідності встановлювати високий тиск усієї системи лише через одного споживача. Завдяки пневмопідсилювальним регуляторам можна досягати дворазового збільшення тиску.

Компресори

Гвинтові та поршневі компресори

Необхідно визначати споживання стиснутого повітря наявної системи впродовж робочого дня і невробиного часу. Це дозволить побачити, що для навантаження у вихідний день і невробиного часу необхідно використовувати компресор меншої потужності. Одержані дані можуть також виявити якнайкращі способи забезпечення повітрям споживача відповідно до графіка витрати системи. Можливо, для ефективнішого

забезпечення попиту можуть бути встановлені 2 чи 3 менших компресори, водночас черговість їх увімкнення узгоджується так, щоб задовольняти попит найефективніше.

Пам'ятайте, що компресори, які працюють без навантаження, можуть споживати 40 % потужності повного навантаження.

Після того як ви вибрали тип і кількість компресорів, необхідно скласти досконалу технічну специфікацію для їх купівлі. Переконайтеся, що в специфікації є значення к. к. д. компресора для повного і часткового навантаження. Добре спроектована система виключає можливість холостого ходу великих компресорів за неповного навантаження, але так або інакше ви повинні мати в своєму розпорядженні цю інформацію.

Проведіть конкурсний відбір на основі наданих для компресора характеристичних кривих і значень питомого споживання потужності, наприклад, у таких одиницях як 100 кубічних метрів за 1 хвилину.

Порівняйте всі конкурсні пропозиції зі значеннями поточних витрат, витрат на обслуговування і капітальні витрати. Важливо знати не лише первинні витрати, а й сумарну вартість утримання компресорів упродовж терміну їх експлуатації.

Не забудьте переконатися, що всі розцінки базуються на однакових умовах «переліку / зведення» контрольних даних до стандартних умов.

Комбінація з гвинтових і поршневих компресорів може бути красивим засобом контролю. Гвинтові ефективні під час зниження навантаження в межах до 70 % від повного навантаження, і тому їх необхідно використовувати для покриття базового значення споживаного навантаження. Поршневі компресори ефективніші за часткового навантаження і тому повинні використовуватися для

покриття пікових навантажень, за яких потрібні різні ступені їх навантаження.

Відцентрові компресори

Будьте уважні під час купівлі відцентрових компресорів! Вони мають вузькі експлуатаційні отвори, що може призвести до різких викидів повітря, а також закупорювання / дроселювання. Це означає, що для запобігання цим труднощам, виробники, особливо машин старого типу, використовували неефективні шляхи їх регулювання, включаючи сумнівно відомий клапан скидання зайвого тиску, який гарантує роботу компресора в постійному режимі, але водночас постійно втрачається енергія.

Ситуація складається найбільш незадовільно, якщо використовують потужний компресор для покриття навантаження, водночас може витратитися марно до 50 % енергії.

Робочі характеристики динамічного компресора сильно залежать від оточуючих умов (зокрема, від температури).

Стандартно кожний компресор поставляється з програмуванням для керування групою компресорів. Максимально можна об'єднати між собою 8 компресорів, які зв'язуються між собою за допомогою реле. Користувач встановлює лише верхній і нижній рівні тиску, який повинен підтримуватися в ресивері. Інші установки здійснює сам контролер (зокрема, і розподіл тиску між послідовно ввімкненими компресорами). Контролер першого компресора виконує функції головного контролера і постійно контролює роботу одиничних компресорів. Якщо який-небудь компресор перебуває в аварійному стані, контролер вимикає його із системи і система функціонує з іншими компресорами. Увімкнення і вимкнення цілої системи, а також контроль над найважливішими

параметрами відбувається з головного контролера, що дуже спрощує керування. Увімкнення в систему комп'ютера дає можливість керування системою на відстані, також існує можливість відображення «історії» роботи компресорів упродовж терміну експлуатації.

Поєднання компресора з перетворювачем частоти

Керування продуктивністю компресора шляхом зміни обертів двигуна – найбільш економічний спосіб регулювання. Зміну швидкості обертання приводного двигуна компресора легше робити за допомогою перетворювача частоти.

Ще більше заощадити електричну енергію в разі змінної потреби в повітрі можна під час використання декількох компресорів із подібною продуктивністю, а також перетворенням частоти. Одночасно одним компресором керує перетворювач, а іншими компресорами керують стандартно: «Старт», «Робота», «Під навантаженням», «Холостий хід», «Стоп».

Регулювання компресора за допомогою перетворювача частоти має перевагу в тому, що, крім поступового пристосування до активного використання повітря, утримує тиск у мережі на постійному рівні.

Сушарки. Іноді виникає необхідність у підсушуванні стиснутого повітря. Сушарки можуть бути двох типів: неефективні й ефективні. Проявляйте обережність до таких осушувачів, які використовують великі кількості стиснутого повітря для очищення / осушення самого осушувача. Вони не в усіх випадках є ефективними, тому що їх робота може ґрунтуватися на принципі очищення за таймером, наприклад через кожні 15 хвилин, навіть якщо в цьому немає необхідності. Установлюйте в такому разі для керування процесом чищення датчик точки роси.

Деякі сушарки абсорбції використовують електричні підігрівники. Вони можуть бути марнотратні з тих самих

причин, які описані вище. Рівень споживання електроенергії підігрівниками також можна регулювати. Електричні підігрівники також можуть перепалювати абсорбент і стати причиною засмічення внутрішніх фільтрів, який призводить до значних спадів тиску.

Деякі нові сушарки абсорбції використовують теплоту від додаткового охолоджувача компресора для сушіння абсорбенту, і також можуть бути дуже ефективні.

Охолоджувальні сушарки також є ефективними. Також важливо, яким чином здійснюється керування.

Вимірники точки роси дозволяють економити енергію, оберігаючи від пересушування повітря.

Пам'ятайте, що додатковий охолоджувач і приймач збирають більшу кількість вологи, ніж сушарка і повинні бути оснащені автоматичними продувними вентилями, а не ручними продувними вентилями, що втрачають велику кількість стиснутого повітря під час продування.

Не сушіть усе повітря, якщо потрібно висушити лише деяку його частину. Не пересушуйте.

Вологість повітря часто спричинює корозію в системі трубопроводів, особливо розміщених на відкритому повітрі. Сушарки можуть запобігати корозіям у системі трубопроводів та іншому устаткуванні і таким способом запобігати витіканню повітря.

Методи експлуатації. Щоб обмежувати витікання повітря, на всіх зовнішніх галузях трубопроводу встановлюють стопорні клапани. Вони можуть бути ввімкнені і керувати системою енергоменеджменту.

Переконайтеся, що в машинах температура повітря в зоні повітрязабірника настільки низька, наскільки це можливо. Це підвищує к. к. д. компресора, оскільки за тієї самої витрати енергії стискається більша кількість повітря.

Холодильники попереднього охолодження для припливного повітря приточування вимагають ретельного

оцінювання, щоб переконатися, що досягається загальне (сумарне) підвищення ефективності.

Проведіть дослідження коефіцієнта витoku повітря, використовуючи метод «накачування – спуску» повітря. Витік може становити 40 % від поточних витрат на установку. Зовнішня система трубопроводів особливо сприяє витіканням повітря через корозію. Сушарки можуть трохи поліпшити ситуацію, але має сенс розглянути варіант установлення пластмасової системи трубопроводів.

Управління та оптимізація системи. Засоби керування компресорами (встановлення послідовності ввімкнення), придбання ефективних компресорів – це лише частина завдання, але якщо всі вони «виконуватимуть роботу у власному режимі» незалежно від того, в якому режимі працюють інші, тоді можливості заощадження енергії будуть втрачені.

Установлення послідовності ввімкнення компресорів гарантуватиме, що лише необхідна кількість компресорів покритиме навантаження. Для поршневих компресорів також можна досягти деякого розвантаження за рахунок модуляції (регулювання) машини.

Переконайтеся, що вибрана система керування не приведе до збільшення діапазону робочого тиску. Хороша система керування, що ґрунтується на прогнозованому або почерговому перемиканню компресорів, приводить до досягнення заданого діапазону тиску і забезпечує заощадження енергії.

Засоби автоматизації ввімкнення (вимкнення) також дають позитивні результати. Завдяки плавним запускам можна домогтися збільшення кількості пусків (зупинень) за 1 годину, що може бути особливо вигідно для систем із позачерговим ввімкненням.

Для покриття гострих пікових навантажень має сенс використовувати компресори з регульованою швидкістю обертання.

Можливості, що виникають під час обслуговування

Забезпечуйте чистоту фільтрів повітрозбірника.

Контролюйте якість охолодженої води проміжного охолоджувача в компресорних установках. Дуже високе значення температури або тиску на ділянці між ступенями призводить до зниження ефективності компресора.

Проводьте дослідження коефіцієнта витікання повітря, використовуючи метод («накачування – спуск» повітря). Витікання відбуваються не лише в системі трубопроводів, а й також у внутрішніх ущільненнях пресів, молотів, різних інструментів і клапанів тощо.

Висновки до розділу 5

Енергозбереження в системах стиснутого повітря є одним із найважливіших завдань сучасного підприємства. У балансі енергоспоживання підприємства витрати компресорних станцій досягають 25–30 %. Проте ефективність систем виробництва і розподілу стиснутого повітря на більшості підприємств дуже низька. Це пов'язано зі зношенням повітряних мереж, невідповідністю існуючих мереж проєктним, експлуатацією компресорів у неоптимальних режимах, неправильним вибором схем постачання стиснутого повітря тощо.

Порівняно з іншими видами енергії стиснуте повітря – найдорожчий енергоносіє. Із ста одиниць електроенергії, які споживає двигун повітряного компресора, лише 10–20 % виконують реальну корисну роботу – к. к. д. лише 10–20 %. Останні 80 % електроенергії витрачаються на нагрівання компресора та повітря.

Компресор, таким чином, працює як електронагрівник, у якого к. к. д. дорівнює приблизно 80 % і який як побічний продукт виробляє стиснуте повітря.

Використання стиснутого повітря як джерела енергії – це неефективна витрата енергії, тим більше якщо воно використовується як джерело охолодження. Тому під час проектування і експлуатації технологічного обладнання необхідно розглядати альтернативні можливості, щоб уникнути використання устаткування на стиснутому повітрі.

Підвищення енергоефективності систем стиснутого повітря можливе за рахунок: скорочення втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря, зменшення енерговитрат шляхом оптимізації роботи компресорних станцій, використання більш економічних (із більшим к. к. д.) компресорів; рекуперації тепла, яке виділяється під час роботи компресорів; усунення витікань повітря з пневмосистеми.

Значні резерви приховані в керуванні продуктивністю компресорів за допомогою використання частотно-регульованого електропривода. Такі компресори здатні відстежувати коливання витрат повітря в системі, змінюючи швидкість обертання приводного двигуна за повної відсутності режимів холостого ходу.

Одним із найбільш радикальних способів вирішення проблеми енергозбереження є децентралізація системи стиснутого повітря за допомогою багатфункціональних компресорів.

Істотне збереження енергії можливе під час обслуговування пневматичної системи за рахунок забезпечення необхідної чистоти фільтрів, повітрязбірників, контролювання температури охолоджувальної води, контролювання коефіцієнта витікання повітря.

Контрольні запитання до розділу 5

- 1 Яких ви знаєте споживачів стиснутого повітря?
- 2 Як можна економити стиснуте повітря?
- 3 Назвіть резерви економії стиснутого повітря під час його виробництва.
- 4 Які переваги централізованої системи стиснутого повітря?
- 5 Децентралізована система живлення стиснутим повітрям.
- 6 Напрямки скорочення витрат на виробництво стиснутого повітря.
- 7 Енергозбережна експлуатація компресорного устаткування.
- 8 Як правильно вибрати компресорне устаткування?
- 9 Які ви знаєте способи регулювання компресорів?
- 10 Енергозбереження під час використання стиснутого повітря.
- 11 Проблеми використання тепла, що виділяється під час роботи компресора.
- 12 Як можна уникнути втрат енергії в мережах стиснутого повітря?
- 13 Які резерви економії енергії приховані в регулюванні компресора?
- 14 Недоліки централізованої схеми постачання стиснутого повітря.
- 15 Які переваги децентралізованої схеми постачання стиснутого повітря?