

## Лекція 12 Регулювання роботи повітродувних машин

**1. Увімкнення – вимкнення компресорної установки.** Метод, який передбачає вимкнення електродвигуна у разі підвищення тиску до максимального рівня та увімкнення його після досягнення мінімально допустимого рівня тиску.

*Переваги методу:* під час простою компресора він не споживає електроенергію.

*Недоліки методу:* постійне вмикання й вимикання електродвигуна загалом негативно відображається на роботі системи та може спричинити перегрівання обмотки електродвигуна.

**2. Скидання зайвого повітря в атмосферу.** Сутність методу полягає в наявності спеціального клапана, який відкривають, як тільки тиск у системі досягає максимальних показників.

*Переваги методу:* спосіб доцільно застосовувати тільки в дуже потужних компресорних установках, у яких рідко досягається максимальний рівень тиску.

*Недоліки методу:* найбільш неекономічний спосіб регулювання продуктивності; нераціональний метод, тому що зрештою весь енергоресурс, витрачений на стиснення цього повітря, виявляється розтраченим даремно.

**3. Підключення додаткового об'єму.** Метод застосовується тільки для компресорів поршневого типу та базується на використанні зазору, який завжди залишають між поршнем і кришкою циліндра для того, щоб компенсувати теплові деформації.

*Переваги методу:* якщо штучно збільшувати цей так званий «мертвий об'єм», продуктивність компресора буде зменшуватися.

*Недоліки методу:* стиснення повітря, яке знаходиться в «мертвому об'ємі», також потребує енергозатрат.

### **4. Робота «на холостому ході».**

Застосовується в машинах роторного типу (гвинтових, спіральних або пластинчато-роторних); після досягнення максимальних показників тиску в системі спрацьовує реле, яке закриває засувку всмоктуючого клапана.

*Переваги методу:* робота компресора не припиняється, він продовжує споживати біля 20 % звичайної кількості енергоресурсів, але тиск у системі не нагнітається.

**5. Дроселювання** здійснюється за допомогою пропорційного всмоктуючого клапана, який не дає тискові в системі підвищуватися понад міру, перекриваючи шлях повітря, що всмоктується, через газодинамічні опори.

*Переваги методу:* система регулює продуктивність практично самостійно - засувка всмоктуючого клапана відкривається під тиском повітря в системі; він більш ефективний, ніж метод «холостого ходу».

*Недоліки методу:* коштує дорожче, ніж метод «холостого ходу»; спосіб пов'язаний з безперервною зміною положення диска затвора відповідно до зміни притоку стоків та їхнього складу, і, відповідно, до підвищення зношення

рухомих деталей затворів та пришвидшення виходу їх з ладу.

#### **6. Використання частотного перетворювача для регулювання частоти обертання електричного двигуна.**

*Переваги методу:* втрати енергії під час використання цього методу мінімізуються, а межі регулювання продуктивності розширюються та складають 20–100 %; метод застосовують для всіх компресорних установок об'ємного типу.

*Недоліки методу:* цей спосіб є найбільш дорогим; його використання в установках динамічного типу (осьових, відцентрових тощо) спричиняє проблеми: може виникнути резонанс з власними частотами коливань турбокомпресора установки.

**7. Дискретний метод регулювання частоти обертання електричного двигуна.** *Переваги методу:* головна відмінність щодо попереднього методу полягає в тому, що замість плавної зміни швидкості обертання вала використовується дискретна зміна, що базується на застосуванні спеціальних багатошвидкісних двигунів; це коштує значно дешевше, ніж використання частотного перетворювача, а ефективність майже рівнозначна.

#### **8. Зміна кількості працюючих агрегатів (на станціях з кількістю робочих агрегатів 6–10).**

*Недоліки методу:* регулювання неекономне, втрачається 15–20 % енергії, яка витрачається на подачу повітря; значна кількість увімкнень – вимкнень повітродувок відповідно до технологічних потреб спричиняє передчасне зношення повітродувок.

**9. Комбінований метод** передбачає використання по чергово дискретної зміни положення дисків затворів, встановлених на всмоктуючих лініях повітродувок. Засувка прикривається на деякий постійний кут 35–40°. Дроселювання доповнюється зміною кількості працюючих агрегатів, що здійснюється за допомогою пристрою плавного пуску (ППП).

*Переваги методу:* застосування ППП не потребує значних капітальних затрат, оскільки для по чергового плавного пуску 8–10 агрегатів повітродувної установки достатньо мати один ППП.

#### **10. Каскадне регулювання роботи повітродувок.**

*Каскадне регулювання* – це метод по чергового ввімкнення повітродувок,

якщо загальна кількість робочих агрегатів складає понад 3 шт. Згідно з каскадним регулюванням роботи повітродувного обладнання, пуск першого компресора відбувається за мінімальної подачі – 45 %, за необхідності подачі більшого об'єму повітря компресор підвищує подачу до 100 %.

Потім відбувається запуск другого компресора – за мінімальної подачі 45 %, перший компресор, під час запуску другого, також знижує подачу до 45 %. Усього загальна подача становитиме 90 %. Другий компресор продовжує працювати за мінімальної подачі, а подача першого зростає до 100 % (загальна подача – 145 %). Якщо необхідний більший об'єм повітря, обидва компресори працюють за 100 %-ої подачі, а третій починає свою роботу від 45 %, робота

другого також автоматично знижується до 45 % (загальна подача – 190 %). Далі подача другого зростає до 100 %. Загальна подача дорівнює 245 %. Потім і подача третього компресора зростає до 100 % (загальна подача трьох компресорів – 300 %).

Сучасні повітродувки поставляються разом з шафою управління, яка дає змогу підключати обладнання до автоматизованих систем управління (АСУ).

Використання керуючих засобів автоматики підвищує ефективність систем до 10 %. Крім того, автоматизація знижує трудові ресурси та оптимізує процес.

### 3.3 Методи регулювання роботи насосів

*Регулюванням роботи* насосів називають процес штучного змінення характеристики насоса або трубопроводу для забезпечення роботи насоса у потрібному режимі при збереженні матеріального і енергетичного балансу системи.

Роботу системи «насос-трубопровід» можна регулювати шляхом змінення характеристики трубопроводу або характеристики насоса.

Одним із найбільш поширених засобів регулювання роботи насосів є *регулювання напірною засувкою*. При частковому закритті засувки втрати напору у ній збільшуються. Внаслідок цього збільшуються і загальні втрати напору в трубопроводі (збільшується  $S_{\text{прив}}$ ). До того ж характеристика трубопроводу стане більш крутою і перехрещення її з характеристикою насоса відбудеться за меншої витрати (рис.3.17).

Регулювання роботи насосів напірною засувкою неекономне, тому що додатковий опір, роль якого виконує прикрита засувка, викликає додаткову втрату енергії, що знижує коефіцієнт корисної дії насосної установки. Під час роботи з прикритою засувкою насос розвиває подачу  $Q_6$  при напорі  $H_6$ . Напір на початку водоводу за засувкою при витраті  $Q_6$  складає  $H_{6в}$ . Втрата напору на засувці при подачі  $Q_6$  складає  $h_{\text{засувки}} = H_6 - H_{6в}$ , а відповідна їй втрачена на засувці потужність буде:

$$N_{\text{засувки}} = \frac{\rho g Q_6 h_{\text{засувки}}}{102 \eta_{\text{насосов}}}, \quad (3.3)$$

Через неекономність і можливість регулювання тільки в сторону зменшення подачі регулювання напірною засувкою (інколи його називають *дросельним регулюванням*) можна застосовувати тільки до невеликих насосів і на короткий час. Під час дросельного регулювання слід застосовувати насоси із пологою характеристикою.

Окрім дроселювання регулювати подачу насоса можна перепусканням частини рідини із напірного трубопроводу в усмоктувальний або впускном невеликої кількості повітря в усмоктувальний трубопровід. Перепусканням

рідини із напірного трубопровода в усмоктувальний часто регулюють роботу осьових насосів, у яких характеристика потужності знижується зі збільшенням подачі. Таке регулювання також знижує к. к. д. насосної установки.

Регулювання впуском повітря в системах водопостачання майже не використовується.

Найбільш економічним є регулювання режиму роботи насоса за рахунок **змінення частоти обертання** робочого колеса. Цього можна досягнути зміненням частоти обертання двигуна, який крутить робоче колесо, або установкою спеціальних муфт чи редукторів, які при постійній швидкості обертання двигуна дозволяють змінювати швидкість обертання робочого колеса насоса.

Частоту обертання електродвигуна найпростіше змінювати у електродвигунах постійного струму. Але в системах водопостачання та каналізації такі двигуни майже не використовуються.

Частоту обертання асинхронного електродвигуна змінного струму з фазовим ротором можна змінювати введенням додаткового опору в електричний ланцюг ротора. Недоліком такого регулювання є неекономічність і ускладнення конструкції електродвигуна через необхідність влаштування додаткових кілець і щіток.

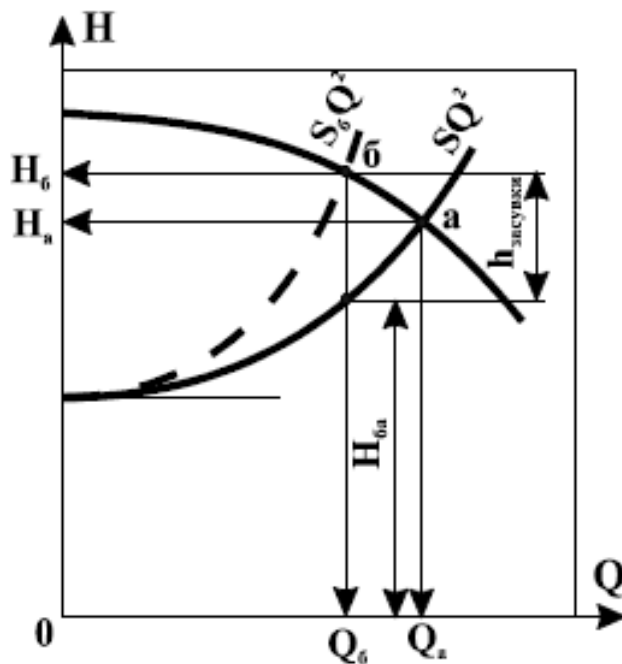


Рисунок 3.17 - - Схема методу дросельного регулювання роботи насоса

Останнім часом наша промисловість стала виробляти електродвигуни змінного струму з переключенням обмотки статора на різну кількість пар полюсів. Двигуни цього типу виробляються двох- і трьохшвидкісними.

Найпростіше змінювати швидкість обертання електродвигуна перемінного струму зміною частоти струму. Поширення цього засобу

регулювання довго стримувалося низьким коефіцієнтом корисної дії перетворювачів частоти струму. Але з появою досить потужних тиристорних перетворювачів частоти струму з високим к. к. д., таке регулювання все більше поширюється.

Регулювати швидкість обертання ротора асинхронного електродвигуна можна також за допомогою його каскадного підключення. Регулювати швидкість обертання робочого колеса насоса при постійній частоті обертання електродвигуна можна за допомогою *гідромуфти*, або *електромагнітної муфти ковзання (ЕМК)*.

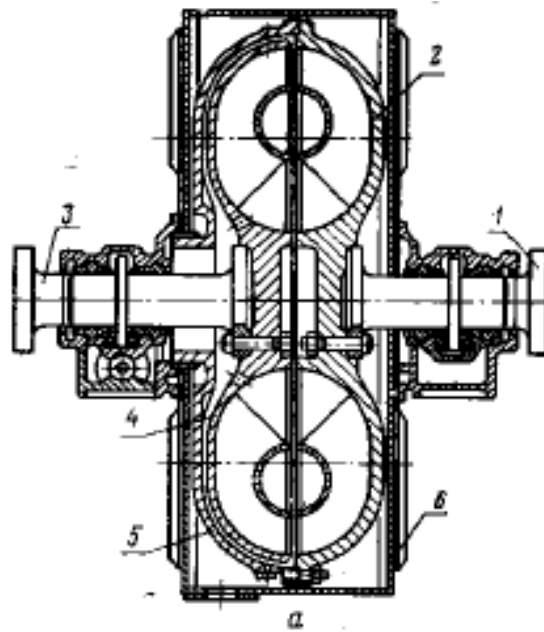
Робочими елементами гідромуфти є колесо відцентрового насоса і колесо турбіни, які розміщені в одному корпусі (рис. 3.18). Колесо відцентрового насоса насаджено на ведучий вал (вал електродвигуна), а колесо турбіни закріплено на відному валу (вал насоса). Корпус гідромуфти заповнюється робочою рідиною (найчастіше це машинне масло). Під час обертання валу електродвигуна з ним обертається і насосне колесо гідромуфти. Воно викидає робочу рідину на турбінне колесо гідромуфти. Під дією цієї рідини турбінне колесо також починає обертатися і, таким чином, обертає робоче колесо насоса.

В системах водопо-стачання і каналізації знаходять застосування гідродинамічні муфти змінного заповнення типу ГМР. Регулювання швидкості обертання відного валу в цих муфтах проводять за допомогою зміни величини наповнення маслом робочого простору колес гідромуфти.

Перевагою гідромуфт є плавне, автоматичне і швидке регулювання частоти обертання відного валу, а також захист електродвигуна від надмірного перенавантаження.

До недоліків гідромуфт належить зниження їх к. к. д. при збільшенні глибини регулювання, а також їхню конструктивну складність і великі габарити (гідромуфти складніші за насоси і мають майже такі розміри, як і основні насоси).

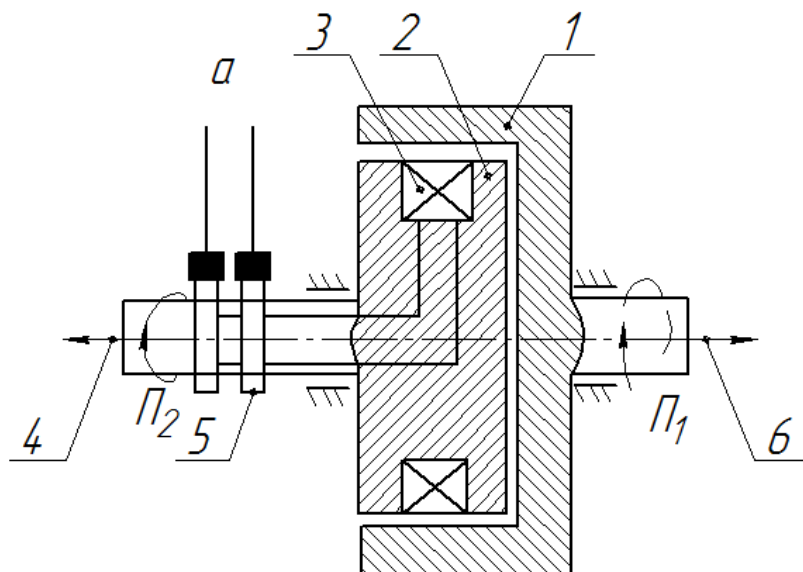
Електромагнітна муфта ковзання (рис. 3.19) складається із двох частин, які обертаються, - індуктора і якоря. Якір з'єднується із ведучим валом (валом електродвигуна), а індуктор - із відним валом (валом насоса). Якір і індуктор максимально наближені один до одного, але обов'язково мають повітряний зазор.



1 – ведучий вал; 2 – насосне колесо гідромуфти; 3 – відний вал; 4 – турбіне колесо гідромуфти; 5 – рухомий кожух; 6 – корпус гідромуфти  
Рисунок 3.18 – Схема будови гідромуфти

Якір обертається разом з електродвигуном і створює при цьому магнітне поле, яке також обертається. За відсутності електроструму в обмотці індуктора крутильний момент від електродвигуна не передається на вал насоса.

Якщо через обмотку індуктора пропускати електричний струм, то під дією магнітного поля, яке створене якорем, індуктор також почне обертатися (під впливом сили, яка діє на провідник із струмом у магнітному полі). Частота обертання індуктора (передаткове число муфти) залежить від сили струму збудження (сили струму в обмотці індуктора).



1 – якір; 2 – індуктор; 3 – обмотка збудження; 4 – відний вал; 5 – контактні кільця; 6 – ведучий вал

Рисунок 2.19 – Схема будови ЕМК