

Тема 8. Електропривод водонасосних установок.

1. Особливості електроприводу водонасосних установок.

Водопостачання ферм і комплексів здійснюється за різними технологічними схемами, які класифікують за такими ознаками:

- способом водозабору: з відкритих водоймищ (річок, ставків, озер), шахтних колодязів, артезіанських свердловин. Для господарсько-питних потреб застосовують тільки два останні способи;
- способом подачі води споживачам: з безпосередньою подачею води у водопровідну мережу (застосовують у системах зрошення), водонапірною баштою, установками з гідроакумуляторами;
- способом розподілу води: системи з автонапувалками різних типів, системи з проточною водою.

Для водопостачання ферм, комплексів, тепличних господарств, а також для забезпечення побутових потреб населення найчастіше використовують електронасосні агрегати серії ЕЦВ, які піднімають воду з артезіанських свердловин глибиною 50 - 250 м. Ці насоси комплектуються спеціальними трифазними електродвигунами з короткозамкненим ротором серії ПЭДВ (П - заглубний, ЭД - електродвигун, В - водозаповнений).

Основні конструктивні відмінності двигунів серії ПЭДВ від двигунів загального виконання (рис. 8.1):

- двигун виконаний з подовженим ротором з метою зменшення зовнішнього діаметра;
- двигун не має самовентиляції, в тому числі на роторі, охолодження здійснюється за рахунок води в свердловині, температура якої не повинна перевищувати + 25 °С;
- статор двигуна являє собою сталю гладеньку трубу, в яку запресований пакет сталі;
- у двигуні застосовані підшипники ковзання сталь - гума; верхній складається з 2 пар армованих гумових втулок і сталюї втулки на валу, нижній — крім того, з п'яти з підп'ятником із тих самих матеріалів (замість гуми застосовують текстоліт). Змащення підшипників здійснюється водою;
- обмотка статора виконана проводом ПВДП-1 з вологостійкою полівініловою ізоляцією;
- перед зануренням у свердловину двигун заповнюється через спеціальну пробку чистою водою, яка використовується для охолодження і змащення (звідси назва "водозаповнений");
- конструктивно двигун виготовлений без лап та фланців (виконання ІМ 9000), разом з насосом кріпиться на колонці труб вертикально валом уверх. З'єднання двигуна з насосом - жорсткою муфтою;
- живлення до електродвигуна підводять спеціальними проводами марки ВПВ або ВПП.

Механічна характеристика цього двигуна дещо відрізняється від загальної серії. Так, номінальне значення кратності пускового моменту для двигунів потужністю до 16 кВт становить 1, більше 16 кВт - 0,85 (у двигунів основного виконання - 1,4 - 2,2). Кратність максимального моменту дорівнює 2, кратність пускового струму не більше 7.

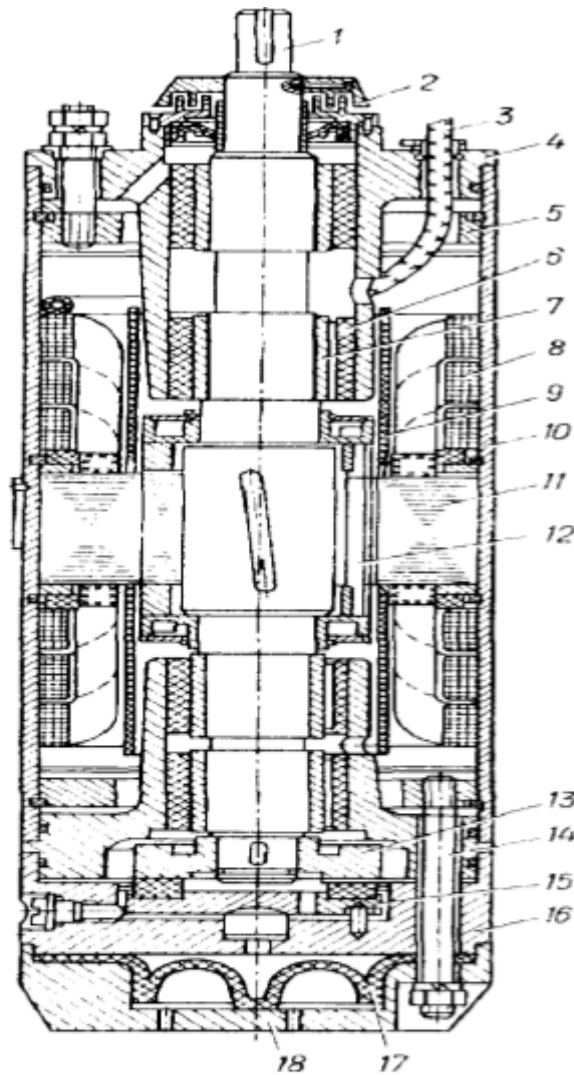


Рис. 8.1. Конструктивний розріз заглиб ного електродвигуна ПЭДВ-28-140:

1 - вал; 2 - пристрій скидання піску; 3 - вивідний привід;
 4 - верхній підшипниковий щит; 5 - фіксуюче кільце;
 6 - гумово-металічна втулка підшипника; 7 - стальна
 втулка підшипника; 8 - обмотка статора; 9 - захисний
 циліндр; 10 - корпус; 11- пакет сталі статора;
 12 - обмотка ротора; 13 - підшипникова п'ята; 14 -
 шпилька кріплення; 15 - підп'ятник; 16 - корпус
 підп'ятника; 17 - діафрагма; 18 - днище.

Враховуючи низьку допустиму температуру нагрівання ізоляції обмоток статора (близько 60 С), двигуни допускають до трьох вмикань на годину з інтервалом між ними 5 хв.

Аварійними режимами для двигуна ПЭДВ, крім короткого замикання, струмів перевантаження та обриву фази, є відсутність води в свердловині ("сухий хід") та потрапляння забрудненої води всередину двигуна, що призводить до виходу з ладу підшипників.

2. Визначення потужності та вибір типу електродвигуна водонасосної установки.

Вихідними даними для визначення потужності та вибору типу електродвигуна водонасосної установки є розрахунковий напір і кількість споживачів. Розрахунок ведуть в такій послідовності:

1. З довідникової літератури вибирають добову норму споживання води на одну тварину – q .

2. Визначають середньодобове споживання :

$$Q_{c.d} = Nq, \quad (8.1)$$

де N – кількість голів тварин.

3. Визначають максимальне годинне та секундне споживання :

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{c.d.} K_d K_z}{24\eta}, \quad (8.2)$$

$$Q_{\text{макс.с.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3600} \quad (8.3)$$

де K_d - коефіцієнт добової нерівномірності;

K_z - коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води;

η - коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати води.

4. Користуючись довідниковою літературою вибирають насос по умовах:

$$Q_n \geq Q_{\text{макс.год}(c)} \quad H_n \geq H_p$$

5. Визначають розрахункову потужність і вибирають електродвигун:

$$P_p = \frac{Q_{\text{макс.с.}} H_p}{\eta_n \eta_h}, \quad (8.4)$$

де η_n - к к д передачі; η_n - к к д. насоса.

За довідниковою літературою вибираємо електродвигун по умові:

$$P_n \geq P_p$$

6. Визначають запас потужності:

$$\Delta P = \frac{P_H - P_P}{P_H} \quad (2.5)$$

межі допустимого запасу потужності (-20...+30)

7 Визначають регульовальний об'єм води в баку автоматизованої водокачки:

$$V_P = \frac{\pi D_d^2 h}{4} \quad (8.6)$$

де D_d - діаметр бака; h - регульована висота.

6. Визначають частоту вмикання насоса:

$$Z = \frac{Q_{c.d.}}{V_P} \left(1 - 0,054 \frac{Q_{c.d.}}{Q_n} \right) \quad (8.7)$$

Повинна виконуватись умова:

$$Z \geq Z_{don} = 6$$

Якщо умова не виконується вибирають більш потужний насос.

3. Принципи автоматизації водонасосних установок.

Залежно від конструкції водопідйомної установки, способу забору і подачі води в мережу та режиму роботи використовують такі принципи автоматичного керування:

- 1) за рівнем води в гідроаккумуляторній споруді (режим водопідйому);
- 2) за рівнем води в свердловині чи колодязі (режим дренажу);
- 3) за тиском стовпа води в гідроаккумуляторній споруді (режим водопідйому);
- 4) за тиском у пневмогідроаккумуляторі;
- 5) за тиском води в системі зрошення;
- 6) за програмою, складеною відповідно до технологічної карти водопостачання чи зрошення.

Схема, побудована за будь-яким із цих принципів, повинна відповідати загальним вимогам: бути надійною в роботі, простою, з максимальною кількістю однотипних елементів, зручною у керуванні, ремонтопридатною, простою в обслуговуванні, дешевою.

У сільськогосподарському виробництві найбільше застосування знайшов перший принцип автоматизації, коли за технологією вода нагромаджується в гідроаккумуляторній споруді (найчастіше це башта Рожновського), а звідти надходить у водорозподільну мережу. Рівень води в башті контролюється стержневим датчиком (рис. 8.2), який працює за принципом електропровідності води, коли простір між електродами верхнього (3 - 4) чи нижнього (5 - 4) рівнів заповнений водою. Це відповідає замкненим контактам. Коли води немає -

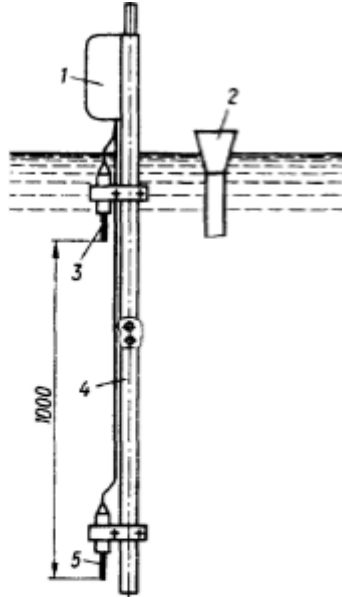


Рис. 8.2. Схема установки датчика рівня води:

1 - вивідна коробка датчика; 2 - зливна труба водонапірної башти; 3 - контакт верхнього рівня; 4 - стержень для кріплення датчиків; 5 - контакт нижнього рівня.

контакти розімкнені. Електроди рівнів являють собою оцинковані сталеві стержні діаметром 10 мм, які закріплені в ізоляційних вставках. Датчик рівня розміщується в башті згідно зі схемою (рис. 8.3). Відстань між контактами верхнього (КВУ) та нижнього (КНУ) рівнів визначає регульований об'єм башти. Між баштою та станцією керування прокладають лінію зв'язку. На цьому принципі побудовані станції керування насосними установками серій ПЭТ, ШЭТ, ШЭП, "Каскад", УСУЗ та інші, які відрізняються одна від одної елементною базою (перші дві з виробництва зняті).

Другий принцип автоматизації застосовується, коли електронасос використовують для зниження рівня ґрунтових вод (дренажу). У цьому випадку датчики рівня встановлюють у свердловинах або колодязях, де контролюють рівень води. На відміну від попереднього принципу електронасос повинен вмикатися, коли контрольований рівень води досягає контактів КВУ, а вимикатися при зниженні рівня води до заданого КНУ.

Другий принцип автоматизації забезпечується за допомогою станції керування серії "Каскад" у режимі дренажу, а саме, зворотньою дією датчиків рівня, тобто при замиканні КВУ електронасос вмикається, а при розмиканні КВУ та КНУ - вимикається.

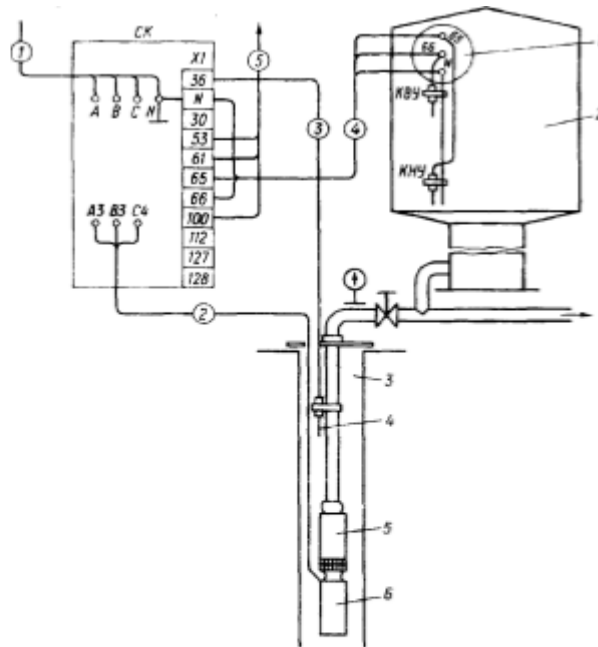


Рис. 8.3. Схема з'єднань пристрою керування установкою водопостачання:

1 - датчик рівня; 2 - водонапірна башта; 3 - свердловина; 4 – датчик “сухого ходу”; 5 - насос; 6 - заглубний електродвигун.

Третій принцип автоматизації застосовують у водопідйомних установках з водонапірною баштою і станцією керування серії **"Каскад"**, в якій замість чарунки керування за рівнем (ЯУУ) повинна бути поставлена чарунка керування за тиском (ЯУД). На входному в башту патрубку води встановлюють електроконтактний манометр.

Рухомий контакт електроконтактного манометра переводять у таке положення, щоб при зниженні рівня води в башті нижче контролюваного, що рівнозначно зниженню тиску стовпа води в башті, відбувалось надійне вмикання насоса.

Четвертий принцип автоматизації застосовують для водопідйомних установок серії **ВУ** (рис. 8.4). Установка складається із заглубного (або іншого) електронасоса 7, пневмогідроакумулятора 1 об'ємом до 800 л, датчика (реле) тиску 3 та станції керування СК. Пневмогідроакумулятор являє

собою герметичний бак, в який вода надходить через вхідний трубопровід 4, а подається споживачу через вихідний трубопровід 5 з вентилями. Внутрішній об'єм бака у цьому випадку поділений на дві частини, між якими встановлена гнучка мембрана 2. Таким чином, у баці є два середовища – вода та повітря, розділені між собою. Коли насос починає подавати воду в бак, вона доходить до мембрани і починає вигинати її вгору, завдяки чому повітря починає стискатися і при досягненні певного тиску спрацьовує датчик тиску ВР, що подає команду на вимкнення насоса.

Якщо вентиль на трубі 5 відкривають і вода починає споживатися, тиск у верхній частині бака знижується і насос знову вмикається.

П'ятий принцип автоматизації застосовують у системах зрошення, коли кілька електронасосів працюють на один трубопровід. У цьому випадку кількість працюючих насосів визначається тиском води в системі: якщо споживання води збільшується, тиск у системі падає і вмикаються резервні насоси; коли тиск зростає через зменшення споживання води навпаки, резервні

насоси по черговому вимикаються.

Для повної автоматизації за цим принципом повинна бути передбачена система автоматичної заливки водою відцентрового насоса перед пуском, що забезпечує надійне всмоктування води з джерела.

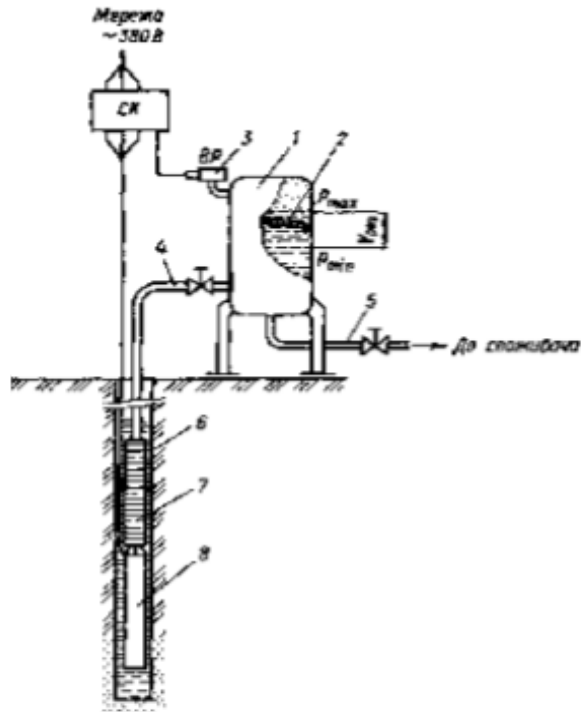


Рис.8.4. Технологічна схема водонасосної установки з пневмоакумулятором: 1- пневмоакумулятор; 2 - гнучка мембрана; 3 - датчик (реле) тиску; 4 - вхідний трубопровід; 5 - вихідний трубопровід; 6 - свердловина; 7- насос; 8- заглибний електродвигун.

4. Комплектні пристрої керування водонасосними установками

Установки водопостачання об'єктів сільськогосподарського виробництва, як правило, надходять у вигляді комплектів обладнання: електронасос, станція керування, датчики, спеціальні проводи тощо.

Так, комплектний пристрій "Каскад" залежно від типу ящика керування виконує такі функції:

- автоматичний пуск і зупинку електронасоса водопідйому (В) та дренажу (Д) залежно від рівня води відповідно у водонапірному баці або дренажній свердловині;
- автоматичний пуск електронасоса в режимі водопідйому залежно від тиску стовпа води у водонапірній башті та автоматичну зупинку насоса в цьому режимі протягом часу, що заданий оператором (від 5 до 90 хв);
- місцевий пуск і зупинку електронасоса незалежно від рівня води в башті або тиску ;
- дистанційний пуск і зупинку електронасоса. Попередньо станція комплектується двома реле — РІО (реле виконання вимикання) та РІВ (реле виконання вмикавання);

- селективність запуску електронасоса з регульованою витримкою часу (2 - 30 с) місцевого та автоматичного керування за рівнем води;
- захист електродвигуна від перевантажень, коротких замикань та неповнофазних режимів;
- захист електродвигуна від перевантажень, коротких замикань та неповнофазних режимів;
- захист електродвигуна від "сухого ходу" за час не більше 0,5 с для пристроїв керування двигунами потужністю 4,5 кВт і вище;
- запам'ятовування аварії, тобто неможливість самовмикання після спрацювання будь-якого виду захисту;
- світлову сигналізацію з розшифруванням аварійної зупинки від перевантаження та "сухого ходу";
- контроль струму завантаження електродвигуна (амперметр в одній з фаз);
- подачу аварійного сигналу за межі пристрою;
- самозапуск електронасоса при короточасному зникненні і відновленні напруги мережі у межах 2 – 30с.

Пристрої "Каскад" керують електронасосними агрегатами потужністю від 1 до 65 кВт.

Система автоматичного керування насосними агрегатами (САУНА) призначена для керування свердловинними відцентровими насосами з заглибними електродвигунами потужність 1-11 кВт. Вона поєднує 8 типорозмірів станцій керування типу ШЭП 5802.

Схема станції керування забезпечує вибір режиму керування : автоматичний, місцевий, дистанційний. Функції, які виконує станція керування:

- місцевий (ручний) пуск та зупинку електронасоса;
- дистанційне керування електронасосом, додатковими реле РИО та РИВ;
- автоматичне керування в режимі водопідйому залежно від рівня води в башні (датчики КВУ та КНУ);
- автоматичне керування в режимі дренажу залежно від рівня води в дренажній свердловині;
- захист електродвигуна від струмів коротких замикань, струмів перевантаження та неповнофазних режимів;
- сигналізація аварії ("Перевантаження");
- контроль струму завантаження електродвигуна (амперметр).

Всі елементи схеми керування та захисту змонтовані на змінній друкованій платі.

Універсальна станція керування та захисту (УСУЗ) призначена для захисту та автоматичного керування заглибними електродвигунами потужністю до 11 кВт включно.

Схемою станції передбачена її робота з електродними датчиками рівня води, реле тиску та електроконтактним манометром. Забезпечується захист електродвигуна від струмів коротких замикань, перевантаження, неповнофазних режимів; зниження рівня води в свердловині ("сухий хід"). Крім того, передбачена світлова сигналізація про надмірне зниження опору ізоляції обмотки статора двигуна. До складу станції входять такі функціональні блоки: фазочутливий пристрій захисту ФУЗ-М, двопозиційний регулятор УДР-2, який складається з блока живлення, логічного елемента "АБО" та вузла керування, блок контролю опору ізоляції. До одного входу двопозиційного регулятора може бути приєднаний один з приладів: електродний датчик рівня води, реле тиску, електроконтактний манометр, а до іншого - датчик "сухого ходу".

Станція може працювати в таких режимах: автоматичний; ручний короточасний, коли не діє захист від аварійних режимів, крім захисту від

коротких замикань; ручний тривалий, коли діють усі види захисту від аварійних режимів.

Установки з пневмогідроаккумуляторами сери ВУ випускаються в комплекті з ящиком керування і призначені для автоматизації водопостачання невеликих тваринницьких ферм із добовими витратами 40 - 70 м³/добу. Установка може працювати як при заборі води з водоймищ чи колодязів, так і з заглибними електронасосами з двигунами потужністю 2,8 - 5,5 кВт.

Ящик керування має просту схему і виконує такі функції:

- ручне керування електронасосом;
- автоматичне керування електронасосом у функції тиску повітря в пневморегуляторі (реле тиску ВР);
- сигналізація стану насоса (ввімкнено, вимкнено);
- захист електродвигуна від струмів короткого замикання та перевантаження (автоматичний вимикач);
- контроль завантаження електродвигуна (амперметр);
- захист кіл керування від струмів короткого замикання.

Комплектний пристрій, призначений для плавного пуску, автоматичного та місцевого керування заглибними електронасосами водопідйому з двигунами потужністю 2,8 - 11 кВт типу КУППН, забезпечує плавний пуск заглибного електродвигуна до номінальних обертів протягом 50 - 70 с. Пристрій плавного пуску виконаний на тиристорах і працює за принципом зміни напруги на затискачах електродвигуна в період пуску. Це дає такі переваги: зменшення динамічних зусиль на вузол, що з'єднує двигун і насос; значне зменшення потрапляння бруду із зовнішньої поверхні фільтра всередину агрегату (внаслідок зменшення прискорення водяного потоку); збільшення строку служби агрегату. Станція керування захищає електродвигун від усіх аварійних режимів.

5. Електропривод насосних станцій зрошувальних систем.

Особливістю електроприводу насосних станцій зрошення є те, що, крім захисту електродвигуна від аварійних режимів і сигналізації, вони повинні передбачати попереднє заливання насоса водою перед пуском, керування засувками на вході та виході насоса, контроль тиску води в системі, попередження гідравлічного удару, контроль рівня у водозабірній споруді, вимірювання витрат води, керування рибоохоронними пристроями та ін.

На насосних станціях з асинхронними та синхронними двигунами великої потужності, крім того, має бути передбачений один з видів автоматичного запуску двигуна: за функцією часу, силою струму, частотою струму, з введенням в коло ротора додаткових опорів або реакторів, автотрансформаторний пуск та ін..

Для керування насосними меліоративними установками випускаються комплектні пристрої серії УКМ, призначені для автоматичного керування електроприводами насосних агрегатів зрошувальних, осушувальних та перекачувальних насосних станцій, а також для їх захисту та сигналізації.

Залежно від типу пристрій УКМ може керувати основними насосними агрегатами з асинхронними двигунами низької напруги, асинхронними та синхронними електродвигунами високої напруги, а також механізмами для власних потреб насосних станцій (засувки, вакуум-насоси, вентилятори).

В автоматичному режимі керування виконується програмним пристроєм. Пуск передбачений при закритій засувці на напірному трубопроводі. Захист електродвигуна від коротких замикань здійснюється автоматичним вимикачем, від перевантажень – електротепловим реле, від коротких замикань на землю – струмовим реле. Передбачений візуальний контроль струму електродвигуна та контроль режиму пуску.

Всі пристрої технологічних захистів - від "сухого ходу" насоса (відсутність змащування), засмічення рибо загороджувача, аварійного зниження рівня води - діють на загальні реле захисту.