

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАНУРЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ УСТАНОВОК ВОДОПОСТАЧАННЯ

М. Т. ЛУТ, кандидат технічних наук
О. В. ОКУШКО, кандидат технічних наук,
Д. В. ЧАЙН, студент
e-mail: oaleks@ukr.net

Анотація. Розглянуто питання контролю технічного стану занурювальних електродвигунів установок водопостачання. Запропоновано оновлений варіант спеціалізованого діагностичного пристрою з використанням датчика зношення підшипників ковзання електродвигуна.

Ключові слова: артезіанська свердловина, електронасосний агрегат, занурювальний електродвигун, підшипники ковзання, діагностичний параметр, струм витікання, пристрій захисного вимикання

Джерелом водопостачання в сільському господарстві є переважно артезіанські свердловини, підйом води з яких здійснюється занурювальними електронасосними агрегатами. Вони мають значний напір, випускаються з різною подачею, що дає змогу вибрати насос, який найбільш відповідає розрахунковим показникам водоспоживання.

Конструкційно занурювальний електронасосний агрегат являє собою багатоступінчастий відцентровий насос, вал якого безпосередньо з'єднаний з водозаповненим електродвигуном типу ПЭДВ (АДП). Насосний агрегат має значну довжину (1...2 м) при відносно малому діаметрі. Цей розмір обмежується розміром обсадних труб свердловини, до якої опускається насос разом із напірним трубопроводом.

Обмотка статора занурювального електродвигуна [3] виконана проводом ПЭВВП з посиленою водостійкою ізоляцією (емаль та додаткове покриття з полівінілхлоридного пластикату). Будучи водостійкою, ізоляція обмотки статора водночас має низьку граничну температуру нагріву – не вище за +70 °С. До того ж, через малий діаметр та значну довжину двигуни нагріваються нерівномірно, при цьому зона більш високих температур знаходиться приблизно посередині статора.

Зазначені обставини зумовлюють високу чутливість занурювальних електродвигунів до перевантажень, обмежують кількість їх пусків протягом години (як правило, не більше, ніж три), а до захисту їх від аномальних режимів, зокрема від перенавантажень, висуваються особливі вимоги.

В електродвигунах застосовують підшипники ковзання, які змащуються водою, що заповнює порожнину статора. Підшипники досить

швидко зношуються, що дуже часто призводить до виходу електронасосних агрегатів із ладу.

Замовники, як правило, отримують комплект, який поєднує електронасосний агрегат, станцію (пристрій) керування та провід із посиленою ізоляцією для підключення занурювального електродвигуна до неї.

Мета досліджень – розробити простий і надійний пристрій контролю технічного стану занурювальних електродвигунів електронасосних агрегатів установок водопостачання.

Строк служби електронасосних агрегатів, які встановлюються в артезіанських свердловинах, до першого капітального ремонту за результатами обстежень коливається від 1,4 до 12 тис. год [3]. За такого широкого діапазону дуже важко визначити середній міжремонтний строк, і тому частина електродвигунів виходить з ладу ще до настання планового ремонту, а частину піднімають на поверхню у такому стані, що не потребує ремонту.

У першому випадку виникають, як правило, перебої у водопостачанні, а другий пов'язаний зі значними невиправданими затратами на демонтаж електронасосного агрегата, який перебуває у свердловині, беручи до уваги, що глибина залягання водоносного шару становить 160...250 м.

Затрати на підняття електронасосного агрегата практично дорівнюють вартості ремонту, тому доцільно здійснювати його тільки в тих випадках, коли досягнуто граничного зношення деталей та вузлів і подальша експлуатація насосного агрегата може призвести до аварії та виходу його з ладу (в 90 зі 100 випадків має місце аварія електродвигуна).

Отримати достовірну та об'єктивну інформацію про стан електродвигуна й насоса можна, здійснюючи їх періодичний чи постійний контроль.

Досвід свідчить, що в разі своєчасного проведення поточного ремонту електродвигуна (зокрема відновлення підшипників) він може пропрацювати до капітального ремонту ще один міжремонтний період.

Оскільки більшість відмов насосних агрегатів припадає на електродвигуни, очевидно є необхідність діагностування їх технічного стану, передусім найбільш уразливих їх вузлів. Такими вузлами є: обмотка статора (через низьку теплостійкість виткової ізоляції) та підшипники ковзання.

Як діагностичний параметр ізоляції обмотки статора приймають струм витікання на корпус двигуна і «землю», а стан підшипників контролюють за:

- симетрією розташування ротора в розточці статора для радіальних підшипників;
- осьовим (униз) переміщенням ротора двигуна для опорного підшипника.

Свого часу в інституті технічного сервісу УААН розроблено пристрій для діагностування технічного стану занурювальних електродвигунів КИ-6301 [4].

Пристрій (рис. 1) монтується поряд зі станцією (пристроєм) керування електронасосним агрегатом і підключається до неї джгутом з п'яти проводів (корпус окремо занулюється). Характерно, що до електродвигуна немає потреби прокласти додаткові проводи, оскільки схемою пристрою передбачене використання його проводів живлення.

Контролюючи технічний стан ізоляції обмотки статора електродвигуна, а також зношення радіальних і опорних підшипників та згин валу ротора, пристрій КИ-6301 дозволяє або забороняє подачу команди на увімкнення електродвигуна, що формується станцією керування. Контроль зношення підшипників можливий лише за умови обладнання двигуна спеціальним датчиком, що складається з двох відрізків проводу ПЭВВП діаметром 2 мм, діода Д 223Б та резистора МЛТ опором 2...3 кОм (рис. 2).

Технологія встановлення датчика викладена в інструкції [6] пристрою КИ-6301, що регламентує порядок його монтажу, налагодження та експлуатації.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводилися в лабораторіях експлуатації та діагностування електрообладнання з використанням моделі датчика зношення підшипників ковзання занурювального електродвигуна установок водопостачання. Застосовувалися електромеханічні пристрої захисного вимикання, що не потребують живлення.

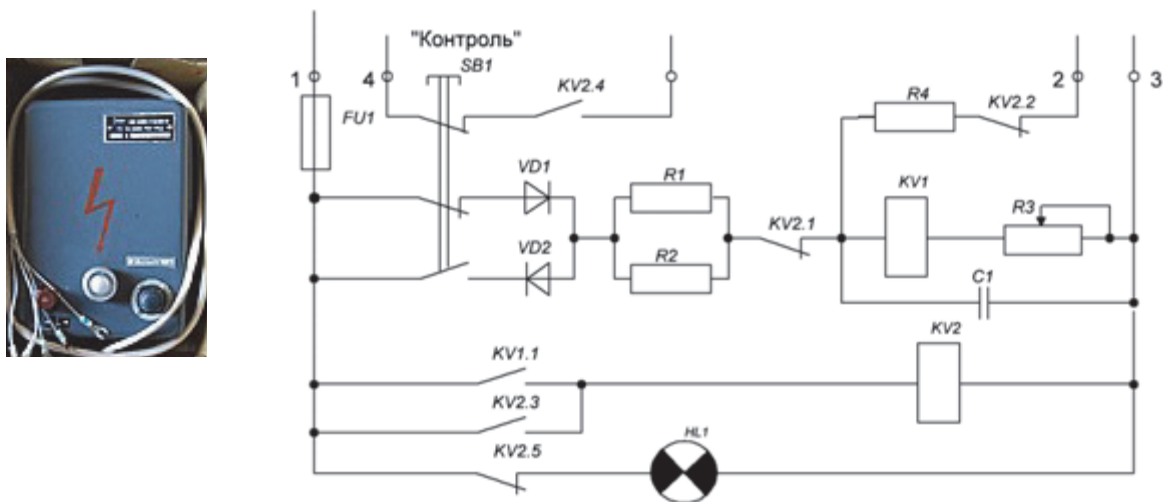


Рис. 1. Зовнішній вигляд та принципова електрична схема пристрою для діагностування технічного стану занурювальних електродвигунів КИ-6301

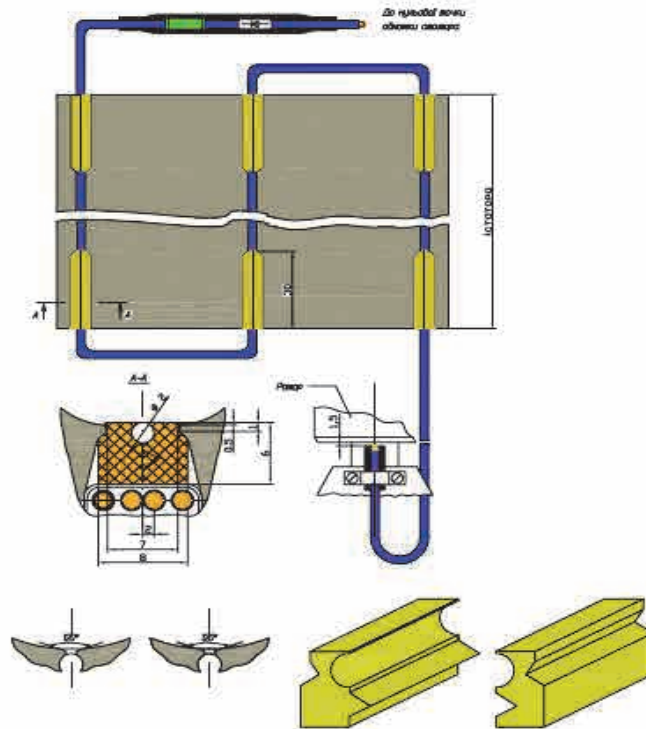


Рис. 2. Датчик контролю зношення підшипників ковзання занурювального електродвигуна

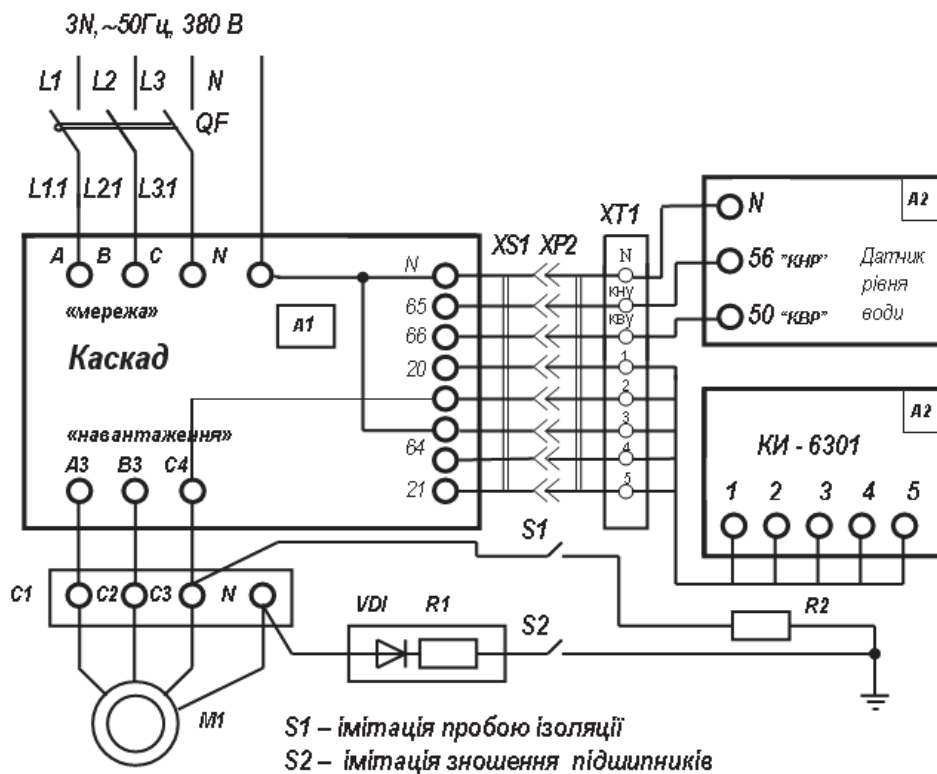


Рис. 3. Схема електрична з'єднань комплекту пристрою керування «Каскад» із пристроєм контролю технічного стану занурювальних електродвигунів КИ-6301

Результати досліджень. Досвід експлуатації пристрою КИ-6301 свідчить, що він має ряд недоліків, зокрема щодо труднощів у налаштуванні. До того ж, із часом, контакти реле KV1 і KV2, що входять до складу пристрою, підгорають і за таких обставин важко очікувати надійної його роботи.

Пропонується альтернативний варіант пристрою для контролю технічного стану занурювальних електродвигунів, що будується на основі електромеханічних пристроїв захисного вимикання (ПЗВ). Принципова електрична схема пристрою наведена на рис. 4 (чотириполюсний ПЗВ) і на рис. 5 (двополюсний ПЗВ).

Перша із наведених схем працює наступним чином. Із замиканням контакту виконавчого реле KV1 станції керування електронасосним агрегатом (на прикладі станції керування «Каскад») через контакти ПЗВ проходить струм котушки електромагнітного пускача KM1, він спрацьовує і вмикає електродвигун насосного агрегата. Вимкнення електродвигуна настає за командою станції керування або в ручному режимі, або в автоматичному з використанням електродних датчиків рівня у резервуарі водонапірної башти чи датчика тиску (електроконтактного манометра). Якщо ж через пошкодження ізоляції обмотки статора електродвигуна виникає струм витікання через неї, значення якого перевищує струм спрацьовування ПЗВ, останній спрацьовує і вмикає електродвигун насосного агрегата.

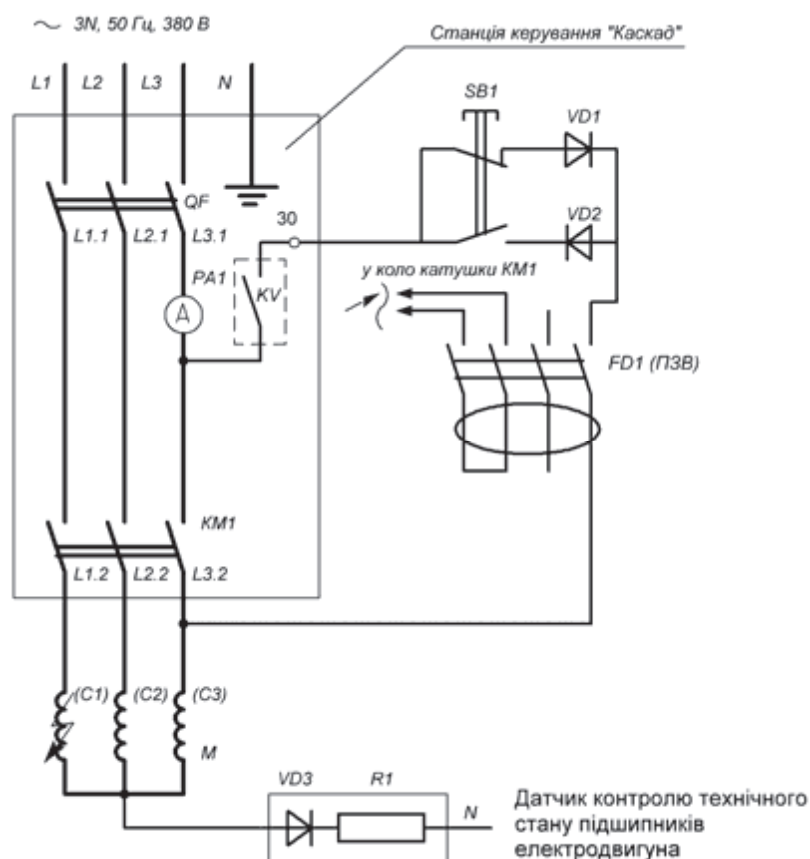


Рис. 4. Схема електрична принципова пристрою контролю технічного стану занурювальних електродвигунів на базі чотириполюсного пристрою захисного вимикання

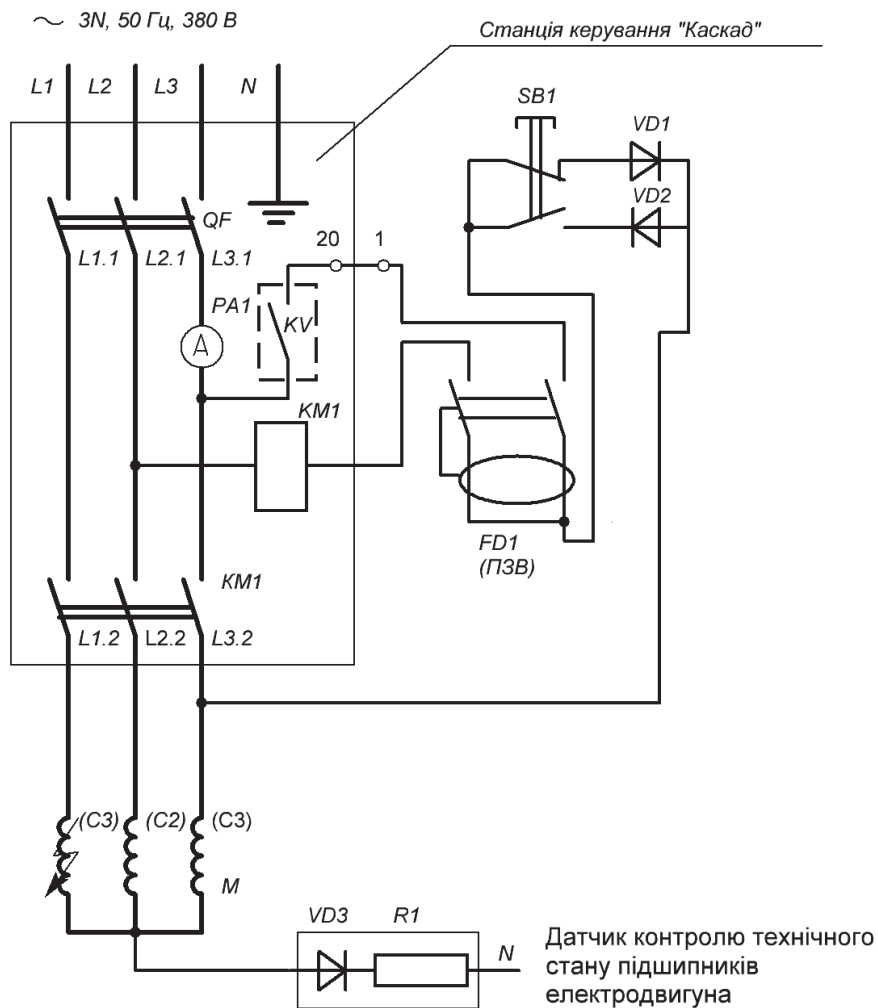


Рис. 5. Схема електрична принципова пристрою для діагностування технічного стану занурювальних електродвигунів на базі двополюсного пристрою захисного вимикання

Виходячи зі значної протяжності електропроводки до двигуна, хоч і виконаної проводом з посиленою ізоляцією (ВПП), в умовах експлуатації може виникнути природній струм витікання у кілька міліампер. Тому друга схема працює подібним чином із тією різницею, що струм витікання додається до струму споживаного котушкою електромагнітного пускача KM1 і проходить лише один раз через вікно магнітопроводу вбудованого у ПЗВ трансформатора струму нульової послідовності. ПЗВ спрацьовує і електродвигун насосного агрегата зрештою вимикається.

Відрізнити причину спрацювання ПЗВ через пошкодження ізоляції обмотки статора від спрацювання внаслідок зношення підшипників ковзання можна наступним чином. Натиснувши кнопку SB1, слід увімкнути ПЗВ. Якщо при цьому магнітний пускач KM1 спрацює, причиною є зношення підшипників ковзання електродвигуна (при натисненій кнопці SB1 зустрічно послідовно з діодом VD датчика зношення підшипників вмикається діод VD2, а тому кола для протікання струму витікання не

стає). З відпусканням кнопки SB1 ПЗВ спрацьовує, як і спрацьовує при натисненій кнопці, але коли струм вимикання виникає через пошкодження ізоляції обмотки статора занурювального електродвигуна.

В обох випадках необхідно підняти електронасосний агрегат із свердловини і встановити замість нього справний. Хоча електродвигун із частково зношеними підшипниками ковзання ще може деякий час працювати (така можливість передбачена схемою пристрою КИ-6301), однак краще своєчасно відправити електронасосний агрегат на ремонт, замінивши його новим або капітально відремонтованим.

Висновки

1. Найбільш уразливими елементами занурювального асинхронного електродвигуна є обмотка статора й підшипники ковзання.

2. Інформативним і універсальним діагностичним параметром занурювального асинхронного електродвигуна є струм витікання – реальний у разі пошкодження ізоляції обмотки статора і модельований – у разі зношення підшипників ковзання.

3. Застосування пристрою захисного вимикання дає змогу спростити схему пристрою контролю технічного стану занурювального асинхронного електродвигуна та підвищити надійність електронасосного агрегата в цілому.

Список літератури

1. Лут М. Т. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання і засобів автоматизації / Лут М. Т., Радько І. П., Волошин С. М. . – К. : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 878 с.

2. Лут М. Т. Діагностування енергетичного обладнання : навч. посіб. / М. Т. Лут, В. А. Наливайко, І. П. Радько. – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – К. : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.– 590 с.

3. Костенко С. И. Эксплуатация погружных насосов / С. И. Костенко, А. М. Хан. – М. : Россельхозиздат, 1977. – 110 с.

4. Таран В. П. Диагностирование электрооборудования / В. П. Таран. – К. : Техника, 1983. – 200 с.

5. Устройство управления комплектное «Каскад». Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

6. Инструкция по изготовлению и установке в погружные электродвигатели датчика контроля технического состояния. – К. : ВНИИВИД, 1976. –16 с.

References

1. Lut, M. T., Radko, I. P., Voloshyn, S. M. (2012). Tekhnologiyi obslugovuvannya ta remontu energoobladdnannya i zasobiv avtomatyzatsiyi [Technology maintenance and repair of power equipment and automation]. Kyiv, Ukraina: TOV «Ahrar Media Hrup», 878.

2. Lut, M. T., Nalyvaiko, V. A., Radko, I. P. (2014). Diagnostuvannya energetychnogo obladdnannya [Diagnosis of Power Equipment]. Kyiv, Ukraina: TOV «Ahrar Media Hrup», 590.

3. Kostenko, S. I., Han, A. M. (1977). Eksploatatsiya pogrzhnyh nasosov [Operation of submersible pumps]. Moskva, Rossiia: Rosselhozizdat, 110.

4. Taran, V. P. (1983). Diagnostirovaniye elektrooborudovaniya [electrical Diagnosis]. Kyiv, Ukraina: Tekhnyka, 200.

5. Ustroistvo upravleniya komplektnoye «Kaskad». Tehnicheskoye opisaniye i instruktsiya po eksploatatsiyi [Complete “Cascade” control unit. Technical description and user manual].

6. Instruktsiya po izgotovleniyu i ustanovke v pogrzhnyye elektrodvigateli datchika kontrolya tehnicheskogo sostoianiya (1976). [Instructions for the production and installation Kyiv:VNIIVID, 16.

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ УСТАНОВОК ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Н. Т. Лут,
А. В. Окушко,
Д. В. Чаин

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы контроля технического состояния погружных электродвигателей установок водоснабжения. Предложен обновленный вариант специализированного диагностического устройства с использованием датчика износа подшипников скольжения электродвигателя.*

***Ключевые слова:** артезианская скважина, электронасосный агрегат, погружной электродвигатель, подшипники скольжения, диагностический параметр, ток утечки, устройство защитного отключения*

DEVICE CONDITION MONITORING SUBMERSIBLE ELECTRIC MOTORS WATER PLANTS

M. Lut,
O. Okushko,
D. Chayin

***Abstract.** The questions of condition monitoring dip thick electric installations water. The proposed update of specialized diagnostic device using sensor wear bearings motor.*

***Keywords:** artesian well, electric pump unit, submersible motor, plain bearings, the diagnostic option, current leakage, emergency shutdown device*