

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ БЛОКА СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Кондрашов Я.М., студент; Никулин Э.К., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Анализ рабочих режимов шахтных водоотливных установок как объекта управления показал, что при эксплуатации таких установок возникает ряд аварийных (нештатных) ситуаций, которые могут привести к неэффективной работе установки, выходу из строя дорогостоящего оборудования, затоплению выработок. В связи с этим, разработка средств автоматической сигнализации и защиты насосной установки от аварийных режимов является актуальной задачей. В данной статье рассматриваются следующие аварийные режимы: утечки воды из магистрального трубопровода; неправильная коммутация задвижек на напорном коллекторе; подсос воздуха, заштыбовка и кавитация в подводящем трубопроводе.

Технологическая схема объекта изображена на рисунке 1.

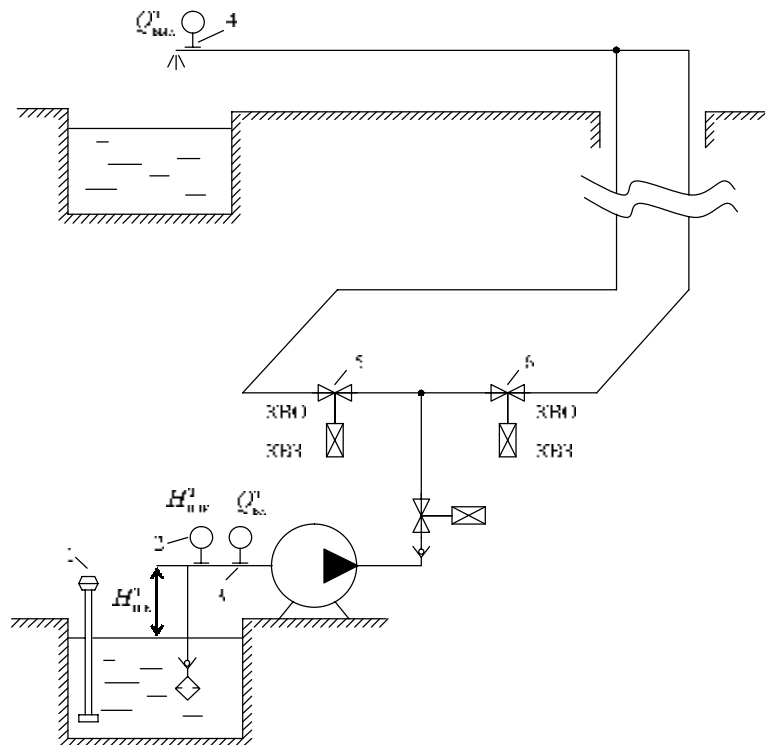


Рисунок 1 – Технологическая схема насосной установки

Для работы блока сигнализации и защиты необходимы следующие сигналы: текущий уровень воды в приёмном колодце $H_{к.к.}^1$, измеряемый аналоговым уровнемером 1; текущее значение вакуума, развиваемого работающим на-

сосом $H_{\text{нас}}^1$, измеряемое вакуумметром 2; текущие значения расхода жидкости на входе в насос $Q_{\text{вх}}^1$ и на выходе напорного трубопровода $Q_{\text{вых}}^1$, измеряемые расходомерами 3 и 4 соответственно; состояние концевых выключателей на задвижках 5 и 6. Открытое состояние задвижки 5 – сигнал X_1 , закрытое X_2 , для задвижки 6 – X_3 , X_4 соответственно.

Контроль утечки воды из магистрального трубопровода осуществляется при помощи расходомеров 3 и 4. При этом относительная величина утечки (\bar{q}) определяется из зависимости:

$$\bar{q} = \frac{Q_{\text{вх}}^1 - Q_{\text{вых}}^1}{Q_{\text{вх}}^1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

в случае: $\bar{q} \leq 5\%$ – можно продолжать эксплуатацию трубопровода; $5\% < \bar{q} \leq 10\%$ – следует переключить насос на резервный трубопровод после окончания цикла откачки приёмной ёмкости; $\bar{q} > 10\%$ – порыв, необходимо экстренно переключить насос на резервный трубопровод с последующим ремонтом вышедшего из строя трубопровода.

Неправильная коммутация трубопроводов вызывается промежуточным положением задвижек на напорном коллекторе. Её можно определить при возникновении таких комбинаций сигналов, получаемых от концевых выключателей: $\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2$ – для задвижки 5, $\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_4$ – для 6.

Для контроля кавитации, заштыбовки подводящего трубопровода и подсоса воздуха необходимы следующие зависимости, полученные в результате математической обработки исходных данных применительно к наиболее распространённым насосам и при глубинах водоподъема от 0 до 1200 м, приведенных в работе:

$$H_{\text{г}} = 9,69 + 10^{-1} H_{\text{ш}}, \quad (2)$$

$$H_{\text{вх}}^{\text{в}} = H_{\text{н}} + cQ^{\text{в}}, \quad (3)$$

$$Q^{\text{в}} = a(H_{\text{н}} - H_{\text{вх}}^{\text{в}})^{\text{b}}, \quad (4)$$

где $H_{\text{вх}}^{\text{в}}$ – расчетная геометрическая высота всасывания, м; $H_{\text{г}}$ – статическое противодавление на уровне зеркала воды в приемном колодце насосной установки, м; $H_{\text{ш}}$ – высота водоподъема (геометрическая высота нагнетания), м;

$Q^{\text{в}}$ – расчетная подача насоса, обеспечивающая безкавитационный режим работы подводящего трубопровода, м³/ч; a, b, c, d – эмпирические коэффициенты.

Кроме отмеченных, дополнительными уставками являются:

$Q_{\text{грит}}$ – максимальная пропускная способность подводящего трубопровода, при которой наступает кавитация, м³/ч:

$$Q_{\text{грит}} = 3600 \left(\frac{H_{\text{н}} - H_{\text{вх}}^{\text{в}}}{a_{\text{L}}} \right)^{\text{d}}, \quad (5)$$

где $a_{\text{L}} = \text{const}$ – гидравлическое сопротивление подводящего трубопровода, с²/м⁵. Определяется для конкретного случая по известной из гидравлики формуле;

Q_p – расчетное предельное снижение подачи насоса при максимально допустимом подсосе воздуха через неплотности в подводящем трубопроводе:

$$Q_p = 0,92Q^p, \quad (6)$$

где 0,92 – коэффициент допустимого снижения подачи насоса за счет подсосов воздуха во всасывающую линию.

Работа блока сигнализации и защиты может быть описана алгоритмом, приведенным на рисунке 2.

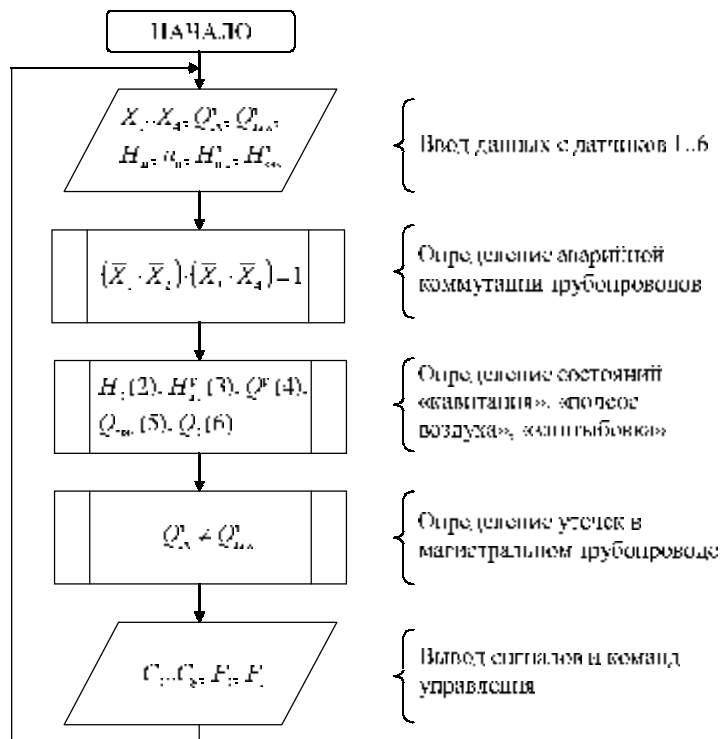


Рисунок 2 – Укрупнённый алгоритм работы блока

Командами сигнализации являются: C_0 – нормальная работа насоса; C_1 , C_2 – неправильная коммутация трубопровода №1 и №2 соответственно; C_3 – кавитация; C_4 – подсос воздуха; C_5 – засытовка всасывающего трубопровода; C_6 – утечка менее 5%; C_7 – утечка 5–10%; C_8 – порыв. Команды управления: F_0 – отключить насос; F_1 – переключить трубопровод на резервный.

В аппаратном виде полученный алгоритм целесообразно реализовать на базе микроконтроллера, так как каждый из predetermined процессов вмещает в себя как вычислительные, так и логические операции, решение которых в таком случае можно осуществить программным путём.

Таким образом, реализация полученного алгоритма с использованием приведенных обобщенных эмпирических зависимостей позволит разработать дополнительный блок защиты и сигнализации для базовой аппаратуры управления, позволяющий расширить её функциональные возможности и повысить уровень автоматизации главных водоотливных установок, оборудованных любыми типами насосов стандартного ряда при высоте водоподъёма до 1200 м.