

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ РЕЖИМОВ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭКОНОМИЮ ЭНЕРГОСУРСОВ, НА БАЗЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Предложен анализ системы управления на примере нефтеперекачивающей станции (НПС) «Ковали-3». Выявлен ряд недостатков оборудования, системы и принципа работы в целом. Для модернизации НПС предлагается вариант создания эффективной автоматизированной системы управления режимами перекачки, основанной на применении частотно-регулируемого электропривода. Приведен и раскрыт алгоритм работы системы, основанный на ситуационном методе управления. Рассмотрены возможности использования беспроводных каналов связи для передачи данных внутри НПС и на более высоких уровнях иерархии.

The article analyzes controlling system of the “Kovali-3” oil booster station. A number of drawbacks have been detected in the equipment, the system itself and the operating principle. An automated pump controlling system based on frequency-controlled electric drive is offered to upgrade the oil booster station. The algorithm of the system peration is described, which is based on the situation management principle. The paper offers a brief analysis of the possibility to use wireless channels for data transmission within the oil booster station and at higher hierarchical levels.

Система автоматизации НПС предназначена для централизованного контроля, защиты и управления оборудованием НПС, она должна обеспечивать автономное поддержание заданного режима работы нефтеперекачивающей станции и его изменение по командам оператора НПС или диспетчера. В современном виде система не удовлетворяет требованиям минимизации энергозатрат, автоматизации принятия решения при выборе режимов перекачки, надежности и экономичности.

НПС «Ковали-3» является промежуточной нефтеперекачивающей станцией магистрального нефтепровода (МН) «Альметьевск – Горький-3» ОАО СЗМН АК «Транснефть». Автоматизация технологического процесса на НПС построена на базе микропроцессорной системы автоматики фирмы «Modikon». Обмен данными с автоматизированным рабочим местом оператора осуществляется по протоколу ModBusPlus.

Существующая система управления станции выполняет следующие функции:

- сбор информации о состоянии технологического объекта управления;
- поддержание технологических параметров на заданных значениях (давление на входе и выходе);
- контроль за технологическими параметрами, для которых не выполняется функция регулирования;
- сигнализация о параметрах, значения которых вышли за пределы допустимых;
- противоаварийная защита (ПАЗ) процесса при возникновении аварийных ситуаций.

На НПС «Ковали-3» остаются непреодоленными следующие недостатки:

- длительные простоя НПС «Ковали-3» из-за программных сбоев;
- несоблюдение при существующей системе автоматизации правил автономно-

сти системы ПАЗ от системы штатного контроля и управления;

- введение дополнительного гидравлического сопротивления в сеть трубопроводов для регулирования дросселированием потока при неизменной частоте вращения центробежного насоса, приводит к энергетическим потерям.

На основном режиме МН на всех промежуточных станциях работает по три насосных агрегата. Номинальный расход нефти $6211 \text{ м}^3/\text{ч}$. Рабочее давление, которое необходимо поддерживать, лежит в пределах от $P_{\text{вх}}$ на всасе до $P_{\text{вых}}$ на выкиде. Путем регулирования частоты вращения рабочего колеса нагнетателя удается плавно менять его гидравлические характеристики, подстраивая работу насоса к изменяющимся нагрузкам. Основные закономерности влияния изменения частоты вращения на регулируемое давление просты: увеличение частоты вращения колеса приводит к уменьшению давления на приеме и увеличению давления на выкиде, а уменьшение частоты вращения дает обратный эффект. Зона регулирования для сигнала на уменьшение частоты вращения ротора ограничивается значением рабочего давления на входе $P_{\text{вх.зд}}$ и значением предельного минимального давления на приеме $P_{\text{вх}}^{\min}$. Зона регулирования для сигнала на уменьшение частоты вращения определяется разностью предельно максимального давления на выходе ($P_{\text{вх}}^{\max}$) и конечным значением зоны нечувствительности ($P_{\text{вых.зд}}^+$). Предлагаемый алгоритм регулирования базируется на ситуационном методе управления.*

Знак управления на изменение числа оборотов Δn для каждой ситуации является функцией значения давления на выходе или на всасе. Управление в сторону увеличения или уменьшения числа оборотов будем обозначать соответственно знаками \uparrow и \downarrow . Идентификация ситуаций может проводиться на основе анализа логических выражений вида $R_i = R_i(\alpha, \beta_1, \beta_2)$, где

* Веревкин А.П. Автоматизация технологических процессов / А.П.Веревкин, О.В.Кирюшин; УГНТУ. Уфа, 2005.

$$\alpha = \begin{cases} 1, & P_{\hat{\alpha}} < P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}; \\ 0, & \end{cases} \quad \beta_1 = \begin{cases} 1, & P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}} < P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^-; \\ 0, & \end{cases}$$

$$\beta_2 = \begin{cases} 1, & P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o},\hat{c}\hat{a}}^+ < P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}}; \\ 0, & \end{cases}$$

Тогда правила принятия решения можно сформулировать следующим образом:

1) при $\bar{\alpha} \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \bar{\beta}_2 = 1$ параметры не выходят за пределы допустимых, следовательно управление не меняется ($\Delta n = 0$);

2) при $\bar{\alpha} \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \bar{\beta}_2 = 1 \quad P_{\text{вых}} < P_{\text{вых.зд}}^-$, следовательно, надо увеличить число оборотов ($\Delta n \uparrow$) на число, зависящее от разности давлений $P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^-$ и $P_{\text{вых}}$ и давления $P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^-$,

$$\Delta n = + \left| F[(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^- - P_{\text{вых}})/P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^-] \right|;$$

3) при $\bar{\alpha} \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \beta_2 = 1$ имеем $\Delta n \downarrow$, где

$$\Delta n = - \left| F[(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+ - P_{\text{вых}})/(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}}^{\max} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+)] \right|;$$

4) при $\alpha \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \bar{\beta}_2 = 1$ имеем $\Delta n \downarrow$, где

$$\Delta n = - \left| F[(P_{\text{вх.зд}} - P_{\text{вх}})/(P_{\text{вх.зд}} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+ - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}^{\min})] \right|;$$

5) при $\alpha \wedge \beta_1 \wedge \bar{\beta}_2 = 1$ имеем $\Delta n \downarrow$, где

$$\Delta n = - \left| F[(P_{\text{вх.зд}} - P_{\text{вх}})/(P_{\text{вх.зд}} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}^{\min})] \right|;$$

6) при $\alpha \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \beta_2 = 1$ имеем $\Delta n \downarrow$, где

$$\Delta n = - \left| F[(P_{\text{вх.зд}} - P_{\text{вх}})/(P_{\text{вх.зд}} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}^{\min})] \right|, \text{ если}$$

$$\left| (P_{\text{вх.зд}} - P_{\text{вх}})/(P_{\text{вх.зд}} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}^{\min}) \right| > \left| (P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+ - P_{\text{вых}})/(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}}^{\max} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+) \right|;$$

7) при $\alpha \wedge \bar{\beta}_1 \wedge \beta_2 = 1$ имеем $\Delta n \downarrow$, где

$$\Delta n \downarrow (\Delta n = - \left| F[(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+ - P_{\text{вых}})/(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}}^{\max} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+)] \right|),$$

если

$$\left| (P_{\text{вх.зд}} - P_{\text{вх}})/(P_{\text{вх.зд}} - P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}}^{\min}) \right| < \left| (P_{\hat{\alpha}\hat{\delta},\hat{c}\hat{a}}^+ - P_{\text{вых}})/(P_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{o}}^{\max} - P_{\text{вых.зд}}) \right|.$$

Таким образом, алгоритм ситуационного регулирования агрегатов следующий:

- 1) идентификация ситуации по логическим выражениям;
- 2) вычисление величины рассогласования;
- 3) вычисление необходимого приращения числа оборотов по ПД-закону регулирования.

Для реализации системы предлагается использование следующих аппаратных, технических и программных средств: SIMATIC S7-300 (Siemens) в качестве контроллеров системы управления, центрального процессора CPU 313C-2 DP, коммуникационного процессора CR 342-5 и децентрализованной периферии ET 200: CPU. Так как объекты автоматизации находятся на расстоянии 100-150 м от операторной, в которой находятся контроллеры, электрический монтаж может стать очень объемным и необозримым, а электромагнитные помехи нанести ущерб надежности работы. В связи с этим и предлагается использование децентрализованной периферии. Однако существует более перспективный метод передачи данных. Это радиоканал.

Разработанное кафедрой АПП УГНТУ, ХНИЛ «ИИС» устройство позволяет обмениваться данными на расстоянии более 1000 м в условиях прямой видимости. Оно основано на микросхеме со встроенным радио трансивером (Chipcon 1010). Данное устройство способно общаться в сетевом режиме, используя соседние устройства как ретрансляторы своего сигнала. Это удобно при возникновении помех в основном канале передачи данных. Устройство было разработано для работы в комплекте с глубинными и устьевыми автономными средствами измерений и уже применяется на предприятиях, осуществляющих добычу углеводородного сырья. Однако принципы, реализованные в приборе, могут быть перенесены в любую отрасль, где требуется передача данных на расстояние, в нашем случае на НПС. Нефтеперекачивающая станция дает возможность для реализации устройст-

ва на больших, а значит и более дешевых элементах, что позволяет снизить стоимость оборудования. Использование радиопередачи позволяет обеспечить нахождение всех средств управления и контроля в одном месте, оставляя за пределами операторной лишь датчики и модули преобразователей. Этот шаг значительно увеличит срок службы управляющего оборудования, так как снизит перепады температур, влажности и влияние других негативных факторов, а также его стоимость, так как оборудование, не отягощенное средствами защиты от неблагоприятных условий, гораздо дешевле.

В заключение отметим, что старая система управления режимами перекачки на НПС путем дросселирования является неэкономичной, ресурсоемкой и узконаправленной. Переход к управлению давлением посредством изменения частоты вращения роторов насосов дает реальную экономию энергии, повышает сроки службы оборудования и позволяет контролировать объем перекачиваемой нефти, а следовательно, и реализовать программное обнаружение утечек на линейной части нефтепровода, основанное на анализе изменения расхода, которое было невозможно ранее ввиду нестабильности расхода, перепадов давлений и гидроударов. Внедрение беспроводных технологий передачи данных в систему управления снижает стоимость и увеличивает надежность проекта. Переход в перспективе всех объектов производственного цикла предприятия на общий стандарт беспроводной передачи данных позволит не только сэкономить на километрах проводов, но и обеспечить единое информационное пространство, охватывающее все процессы и параметры производства.

Методика предлагается к внедрению на станции «Ковали-3». После внедрения усовершенствованной системы, в течение 1,1 года окупятся капитальные вложения в сумме 1907,593 тыс.руб., в результате будет получен экономический эффект в размере 9051,15 тыс.руб.

Научный руководитель д-р техн. наук проф. А.П. Веревкин