

# Цифровая система управления электромагнитными подшипниками центробежных компрессоров

**В. В. Никаноров** (ОАО «Газпром», РФ, Москва), **Р. С. Таганов, С. В. Сальников,**  
**А. В. Москалев, Д. В. Витковский, В. Е. Веремеев** (ОАО «Газпром автоматизация», РФ,  
Москва, Калининград), **Ю. А. Макаричев, А. В. Стариков** (ФГБОУ ВПО «СамГТУ», РФ, Самара)  
E-mail: a.moskalev@kgpa.ru

**В статье рассмотрены актуальные подходы к проектированию системы автоматического управления электромагнитными подшипниками (САУ ЭМП) ротора центробежного компрессора ГПА. На примере принятого в эксплуатацию образца САУ ЭМП проанализированы основные этапы проектирования системы: от математического моделирования объекта управления и выбора оптимального закона регулирования до инженерной реализации аппаратной части и разработки программного обеспечения. Отражены основные требования к техническим средствам автоматизации, учитывая ожидаемый экономический эффект от внедрения САУ ЭМП. Показаны результаты апробации представленных решений на объекте эксплуатации. Обоснована целесообразность реализации цифровой системы управления на базе быстродействующих программируемых контроллеров. На основе проведенного исследования предложено использовать данные технические решения для повышения надежности и качества регулирования систем управления электромагнитными подшипниками, а также развития и совершенствования САУ ЭМП.**

- универсальность – использование одного цифрового регулятора в ЦБК различных заводов-изготовителей;
- возможность более высоких уровней управления – реализация более сложных, чем у пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора (ПИД), алгоритмов управления;
- системное расширение – реализация активного контроля за состоянием роторной системы: частотой вращения, вибрацией, нагрузкой на подшипники.

При создании системы управления ЭМП необходимо учитывать отраслевые требования [3] к безопасности, надежности, а также к видам обеспечения. В частности, данный документ устанавливает среднюю наработку на отказ системы по функции управления или регулирования не менее 25 000 ч, а срок службы системы – не менее 25 лет. Система должна строиться на основе промышленных и апробированных технических, информационных и программных средств.

Параметры стабилизации ротора определяются стандартом на оценку вибрационного состояния машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками (ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011. Вибрация машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками. Ч. 2. Оценка вибрационного состояния). Например, для центробежного компрессора НЦ-16-76/1,44 газоперекачивающего агрегата ГПА-16 «Волга» с зазорами до страховочных подшипников 275 мкм данным стандартом предусмотрены следующие параметры вибрации: граница годной к долговременной работе машины – 110 мкм, граница ограниченно годной – 137 мкм. Указанные требования отражаются

Ключевые слова: САУ ЭМП, синтез регулятора, электромагнитный подшипник, ГПА, центробежный компрессор.

**Н**а газотранспортных и газодобывающих предприятиях ОАО «Газпром» получили широкое применение центробежные компрессоры (ЦБК) с электромагнитными подшипниками (ЭМП). Использование в ЦБК электромагнитного подвеса ротора в сочетании с «сухими» газодинамическими уплотнениями позволяет существенно повысить эффективность эксплуатации газоперекачивающих агрегатов (ГПА). При этом ЭМП является критически важным узлом ГПА, что предъявляет особые требования к его надежности и эксплуатационным характеристикам.

Опыт использования в ОАО «Газпром» парка ЦБК, оснащенных ЭМП, показал,

что основными факторами, снижающими надежность работы компрессоров, являются неисправности или неустойчивая работа систем управления электромагнитными подшипниками [1] (САУ ЭМП). Особенно данные недостатки проявляются в аналоговых САУ ЭМП.

Таким образом, для дальнейшего развития газоперекачивающего оборудования с применением электромагнитного подвеса ротора ЦБК актуальной задачей является совершенствование ЭМП путем создания цифровой системы управления на базе современной микропроцессорной аппаратуры.

К преимуществам цифровой системы управления можно отнести [2]:

в техническом задании на систему и были учтены в цифровой системе управления электромагнитными подшипниками центробежных компрессоров «Неман-100», опыт реализации которой представлен в данной статье.

На первом этапе разработки системы в целях анализа процессов, протекающих в электромагнитном подшипнике, составлена математическая модель процесса перемещения ротора в поле электромагнитов по одной оси, например  $x$ , которая описывается системой уравнений [4]:

$$\begin{aligned} U(k_{\text{шим}}N_x + 0,5) &= L_1 \frac{dI_1}{dt} + R_1 I_1 + k_{E1} \frac{dx}{dt} + L_{13} \frac{dI_{31}}{dt}; \\ U(0,5 - k_{\text{шим}}N_x) &= L_3 \frac{dI_3}{dt} + R_3 I_3 - k_{E3} \frac{dx}{dt} + L_{31} \frac{dI_1}{dt}; \\ m \frac{d^2x}{dt^2} &= k_{\text{эм}} \left( \frac{I_1}{I_1 + I_3} - 0,5 \right) + k_F x - G_x \pm F_{\text{вх}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $U$  – опорное напряжение силового преобразователя;  $k_{\text{шим}}$  и  $N_x$  – коэффициент передачи и величина сигнала на входе широтно-импульсного модулятора;  $L_1$ ,  $R_1$ ,  $I_1$  и  $k_{E1}$  – индуктивность, активное сопротивление, ток и коэффициент ЭДС первого (верхнего) электромагнита;  $L_3$ ,  $R_3$ ,  $I_3$  и  $k_{E3}$  – индуктивность, активное сопротивление, ток и коэффициент ЭДС противоположного электромагнита;  $L_{13}$  и  $L_{31}$  – взаимные индуктивности;  $m$  – масса ротора, приходящаяся на один радиальный электромагнитный подшипник;  $k_{\text{эм}}$  и  $k_F$  – коэффициенты электромагнитной силы и положительной обратной связи;  $G_x$  и  $F_{\text{вх}}$  – части веса ротора и внешней возмущающей, приходящиеся на ось  $x$  электромагнитного подшипника;  $t$  – время.

Система уравнений (1) справедлива для дифференциального закона управления, когда нулевому сигналу  $N_x$  соответствует скважность 0,5 открытого состояния силовых транзисторов, регулирующих напряжения на обмотках электромагнитов. В модели не учитываются вихревые токи в сердечнике ротора и явления, ими вызванные, так как в предлагаемой конструкции ротор шихтованный и вихревыми токами можно пренебречь.

Для синтеза регуляторов цифровой системы управления электромагнитным подвесом ротора применен метод непрерывного прототипа [5]. Суть этого метода

заключается в разработке идеальной непрерывной системы, удовлетворяющей всем предъявляемым к ней требованиям, и в дальнейшем выборе параметров цифровых элементов таким образом, чтобы свойства цифровой системы и непрерывной системы-прототипа были близки.

В качестве непрерывного прототипа разработанного регулятора применена трехконтурная схема системы управления [6], обеспечивающая отсутствие статической ошибки (рис. 1).

На основании предложенной схемы получены следующие выражения для расчета параметров регулятора:

$$\begin{aligned} T_{\text{пд}} &= (2 \div 3)T_3; \\ k_{\text{пд}} &= k_{\text{п}}; \\ k_{\text{осс}} &= 2\xi \sqrt{\frac{m}{3k_{\text{шим}}k_{\text{эм}}k_{\text{дп}}}} - \frac{2m}{9k_{\text{пд}}k_{\text{шим}}k_{\text{эм}}k_{\text{дп}}T_3}; \\ T_i &= (4 \div 5) \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \end{aligned} \quad (2)$$

где

положении;  $k_{\text{дп}}$ ,  $k_{\text{осс}}$  и  $k_{\text{п}}$  – коэффициенты передачи датчика положения ротора, обратной связи по скорости и пропорционального регулятора;  $\xi$  – коэффициент демпфирования, выбираемый произвольно в пределах 0,7÷0,9;  $p$  – комплексная переменная.

Формулы получены в предположении, что ротор находится в центральном положении, когда его передаточная функция  $W_{\text{оу}}(p)$  может быть представлена в виде:

$$W_{\text{оу}}(p) = \frac{k_{\text{шим}}k_{\text{эм}}}{k_F \left[ \frac{mT_3}{k_F} p^3 + \frac{m}{k_F} p^2 + \left( \frac{k_{\text{эм}}k_E}{k_F U} - T_3 \right) p - 1 \right]}. \quad (3)$$

При переходе к цифровой технической реализации системы управления электромагнитным подвесом ротора был выбран алгоритм функционирования регуляторов, когда дифференцирование осуществлялось методом вычисления первой обратной разности, а интегриро-

$$a = (k_2 - k_F)(m + k_1 T_{\text{пд}}) \left( \frac{k_{\text{эм}}k_E}{U} + k_1 + k_2 T_{\text{пд}} - k_F T_3 \right) - m(k_2 - k_F)^2 T_3;$$

$$b = k_2 T_{\text{пд}}(m + k_1 T_{\text{пд}}) \left( \frac{k_{\text{эм}}k_E}{U} + k_1 + k_2 T_{\text{пд}} - k_F T_3 \right) - 2mk_2(k_2 - k_F)T_{\text{пд}}T_3 - k_2(m + k_1 T_{\text{пд}})^2;$$

$$c = -mT_3k_2^2T_{\text{пд}}^2; \quad k_1 = k_{\text{пд}}k_{\text{шим}}k_{\text{эм}}k_{\text{осс}}k_{\text{дп}}; \quad k_2 = k_{\text{п}}k_{\text{пд}}k_{\text{шим}}k_{\text{эм}}k_{\text{дп}};$$

$W_{\text{пд}}(p)$ ,  $T_{\text{пд}}$  и  $k_{\text{пд}}$  – передаточная функция, постоянная времени и коэффициент передачи пропорционально-дифференциального регулятора;  $T_i$  – постоянная времени интегрального регулятора;  $T_3$  – постоянная времени электромагнита в центральном

вание – нахождением полной суммы. При этом дискретные передаточные функции интегрального и пропорционально-дифференциального регуляторов и обратной связи по скорости выглядят следующим образом:

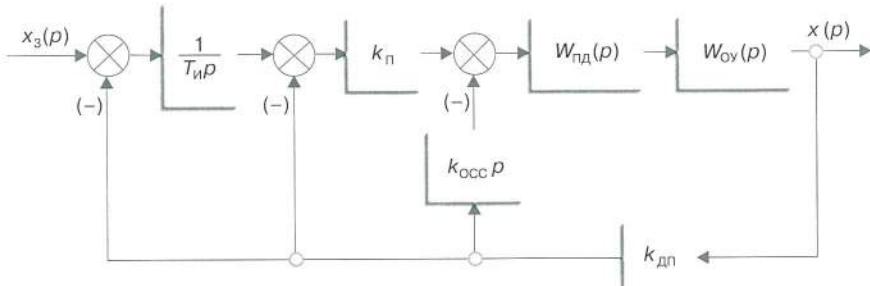


Рис. 1. Структурная схема непрерывного прототипа системы управления электромагнитным подвесом ротора:

$x_3(p)$  – задание на регулятор;  $x(p)$  – выходной сигнал

$$\begin{aligned} W_u(z) &= \frac{Tz}{T_u(z-1)}; \\ W_{\text{pid}}(z) &= \frac{k_{\text{pid}}[(T_{\text{pid}}+T)z - T_{\text{pid}}]}{Tz}; \\ W_{\text{occ}}(z) &= \frac{k_{\text{occ}}(z-1)}{Tz}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $T$  – период дискретизации по времени,  $z = e^{j\omega T}$ .

С применением формул (1), (2), (3) и (4) в программной среде Matlab Simulink осуществлено моделирование цифровой системы управления электромагнитным подвесом ротора с учетом квантования по времени, а также дискретизации и ограничения сигналов по уровню. Такой подход позволил определить достижимые показатели электромагнитных подшипников нагнетателя газоперекачивающего агрегата.

Одним из критериев синтеза системы управления электромагнитным подвесом является обеспечение высокой статической и динамической жесткости, определяемой как отношение возмущающих силовых воздействий, вызванных дисбалансом ротора, несоосностью соединения с другими механизмами или резонансными явлениями, к величине статической (динамической) ошибки. Моделирование показало, что на жесткость электромагнитного подвеса ротора существенное влияние оказывает частота замыкания программного цикла системы управления. Увеличение в 2 раза периода дискретизации приводит практически к четырехкратному снижению динамической жесткости магнитного подшипника, которая, в свою очередь, влияет на резонансные частоты ротора. Компьютерное моделирование убедительно продемонстрировало, что для устойчивой работы системы во всех режимах (всплытие ротора со страховочных подшипников, левитация ротора в центральном положении, отработка внешних возмущающих силовых воздействий) настройки регуляторов должны быть переменны. Расчеты также позволили сделать вывод, что амплитуда колебаний в цифровой системе управления электромагнитным подвесом зависит от дискретизации и ограничения сигналов по уровню и периодической помехи датчика, измеряющего отклонение ротора от центрального положения. Поэтому по результатам синтеза регуля-

тора и компьютерного моделирования были определены следующие требования к комплексу технических средств системы автоматического управления (САУ):

- полное время «замыкания контура» регулирования – не более 500 мкс;
- точность измерения положения ротора –  $\pm 6$  мкм;
- частота широтно-импульсного модулятора (ШИМ) – не менее 6 кГц;
- точность измерения силы тока в электромагнитах –  $\pm 0,2$  А;
- наличие фильтров для подавления помех от работы ШИМ-силовых сборок;
- фиксированное время выполнения цикла обработки и передачи данных в программное обеспечение программируемого логического контроллера (ПО ПЛК).

В соответствии со структурной схемой (рис. 2) в состав САУ ЭМП «Неман-100» входят следующие основные составляющие: система измерения положения ротора, шкафы управления ЭМП и электромагнитные подшипники.

Система измерения положения разработана на базе комплекса АСТД-2 с использованием вихревых датчиков AR2000. Вихревые датчики положения подключаются к шкафу драйверов, установленному в отсеке нагнетателя. Каждый драйвер принимает сигнал от пары датчиков, установленных на одной оси, и формирует выходной сигнал напряжения, пропорциональный разнице показаний по обоим датчикам. Благодаря дифференциальной схеме измерения удается добиться высокой точности и уменьшить влияние внешних наводок и помех.

В шкафах управления (рис. 3) размещены программируемый контроллер, графическая панель оператора, устройства ввода-вывода, преобразователи интерфейсов, схема питания, модули ШИМ-контроллеров, силовые IGBT-сборки, блок вентиляторов охлаждения.

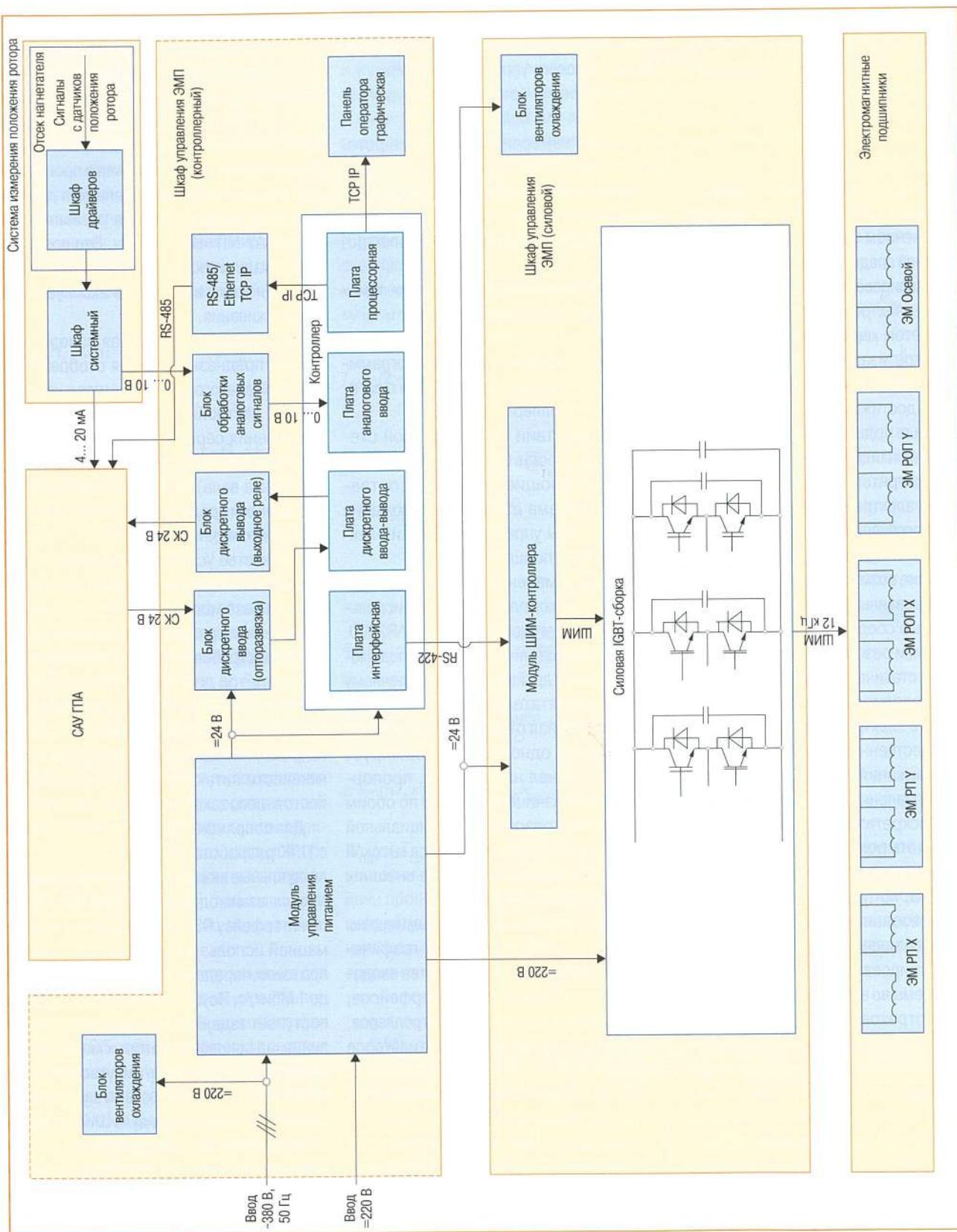
Программируемый контроллер построен на базе платформы CompactPCI и отличается высоким быстродействием, надежностью и помехозащищенностью. Производительность центрального процессорного модуля позволяет реализовать регулирующие контуры электромагнитного подвеса и цифровые фильтры, что повышает удобство при настройке каналов управления. Прикладное программное обеспечение контроллера

разработано в пакете ISaGRAF5 с использованием инженерных языков стандарта МЭК 61131-3. Системы, построенные на данной платформе, проходили испытания и успешно эксплуатируются на газоперекачивающих станциях ОАО «Газпром», том числе в составе САУ ГПА «Неман-10-4» и «Неман-6». Применимые технические решения и программные средства, апробированные в данных системах, использованы в управляющей части САУ МП «Неман-100». Это позволит персоналу использовать накопленный опыт и навыки в процессе эксплуатации и обслуживания.

Встроенная графическая панель оператора предназначена для отображения значений аналоговых параметров в удобной форме, настройки и проверки САУ ЭМП, выполнения сервисных функций (снятие амплитудно-частотных характеристик, центровка вала), а также архивирования аварийных и предупредительных событий, действий оператора и команд от САУ ГПА.

В качестве усилителей мощности применены специальные трехфазные инверторы на базе мощных IGBT-транзисторов. Усилители разрабатывались с учетом специфичных требований проекта и способны выдавать ток до 200 А. В каждом блоке реализована возможность диагностики короткого замыкания на выходе, падения напряжения питания и перегрева. Усилители мощности питаются напряжением 220 В постоянного тока.

Для сопряжения усилителей мощности с ПЛК разработаны специальные интеллектуальные модули ШИМ-контроллеров. Модуль взаимодействует с контроллером по интерфейсу RS-422. Для обмена информацией используется высокоскоростной протокол передачи данных со скоростью до 1 Мбит/с. По данному протоколу от ПЛК поступает задание значений токов управления, на основании которых модуль формирует сигнал широтно-импульсной модуляции, управляющий ключами в усилителях мощности. В каждый модуль ШИМ встроен собственный микроконтроллер, в котором реализован регулятор тока. Помимо функций сопряжения и регулирования модули ШИМ диагностируют работоспособность усилителей мощностей и в случае обнаружения отказа выдают в центральный процессор соответствующий предупредительный сигнал.



**Рис. 2. Структурная схема САУ ЭМП «Неман-100»:**  
СК – сухой контакт; ЭМ – электромагнитный; РП – радиап

В период с 2012 по 2013 г. система была смонтирована и апробирована в режиме опытной эксплуатации на КС-22 Волжского ЛПУ МГ. Ввод в эксплуатацию предшествовал ряд испытаний системы на различных режимах работы ГПА и при изменяющихся внешних условиях, включая длительную работу на предельной частоте и степени сжатия, работу при повышенном и пониженном температурном режиме в блок-боксе и под воздействием внешних электромагнитных полей. Также проводились тесты по обнаружению неисправностей и замене элементов САУ ЭМП. Во всех испытаниях система показала положительный результат и устойчивую работу. Кроме того, была осуществлена проверка устойчивости работы САУ ЭМП при проведении помпажных тестов (рис. 4). Как видно, при входе в предпомпажную зону наблюдалось повышение вибрации ротора до уровня порядка 120 мкм, при этом ЭМП продолжал стablyно работать. По результатам приемочных испытаний комиссией ОАО «Газпром» в январе 2014 г. система рекомендована к применению на объектах ОАО «Газпром».

Разработанные технические решения позволили решить ряд актуальных задач развития систем ЭМП. Достигнуты требуемые показатели качества регулирования положения ротора и обеспечены нормативные значения параметров надежности. Кроме того, современные подходы к построению систем позволили упростить работы, связанные с настройкой, техническим обслуживанием и текущей эксплуатацией и, как следствие, сократить эксплуатационные расходы.

За счет применения усовершенствованных цифровых регуляторов и фильтров, их более точной настройки, а также увеличения быстродействия системы и повышения динамической жесткости электромагнитного подшипника обеспечивается более стабильная работа электромагнитного подвеса, что позволяет расширить диапазон режимов эксплуатации ЦБК и ГПА в целом.

Кроме того, по сравнению с рассматриваемыми аналогами САУ ЭМП «Неман-100» отличается широким температурным диапазоном эксплуатации, запасом по току в электромагнитах, устойчивостью к воздействию помех и электромагнитных полей по ГОСТ Р 51317.4, а также развитым метрологическим обеспечением, позволяющим



Рис. 3. Шкафы управления ЭМП

проводить метрологический контроль системы измерения положения ротора. Методика поверки системы измерения положения ротора согласована ФГУП «ВНИИМС».

На основе анализа эксплуатационной документации отечественных и зарубежных аналогов проведена сравнительная оценка источников образования экономической эффективности при внедрении САУ ЭМП «Неман-100».

По рассматриваемому проекту ожидаемый приток средств от внедрения новой САУ МП обеспечивается за счет следующих факторов.

По сравнению с отечественными аналогами за счет:

- доли выручки от реализации продукции (газа), полученной от сокращения внеплановых остановок и простоев ГПА из-за аварийных отключений по причине отказов САУ ЭМП и по причине проведения регламентных работ по их обслуживанию;
- повышения эффективности работы агрегата за счет обеспечения стабильных параметров вибрации при работе ЦБК на предельных режимах (максимальные обороты, степень сжатия, работа вблизи границы допустимого помпажного запаса, помпажные тесты);
- сокращения расходов на оплату ремонтных и настроек работ, выполняемых специалистами организации – разработчика системы;
- экономии эксплуатационных расходов, в частности расходов на плановую замену субблоков.

По сравнению с зарубежными аналогами за счет:

- сокращения расходов на оплату ремонтных и настроек работ, выполняемых специалистами организации – разработчика системы;
- экономии эксплуатационных расходов.

В затраты на реализацию проекта включаются все единовременные капитальные вложения, текущие затраты, которые будут иметь место при реализации конечного продукта. Затраты на внедрение САУ ЭМП

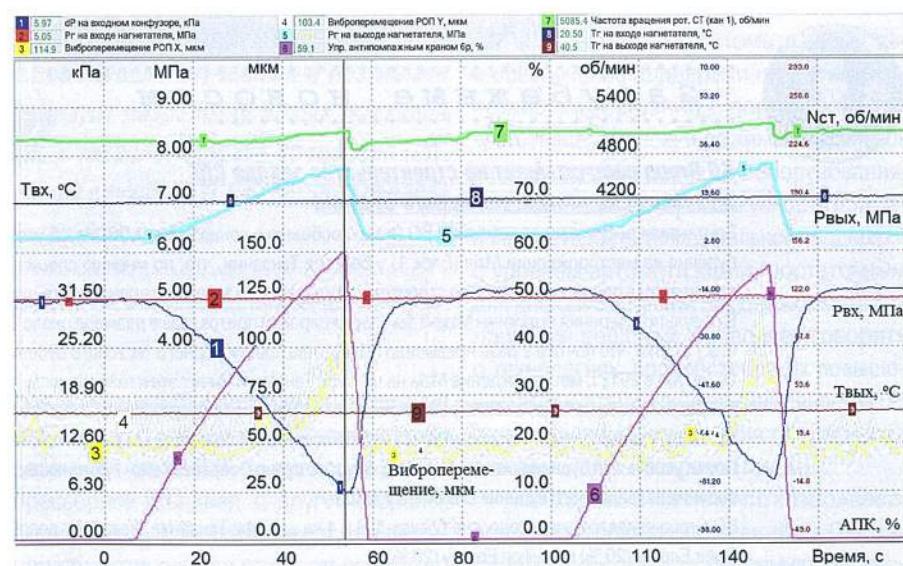
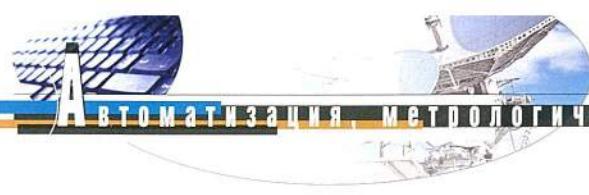


Рис. 4. График рабочих параметров центробежного компрессора при проведении помпажных тестов



«Неман-100» по сравнению с аналогами одинаковы, а по сравнению с зарубежными системами в 2,0–2,25 раза ниже.

Таким образом, сравнение показало, что разработка и внедрение новых систем управления являются экономически эффективными.

Перспективы развития и совершенствования электромагнитного подвеса роторов нагнетателей ГПА заключаются в дальнейшем совершенствовании элементов системы управления, в том числе в оптимизации размеров и характеристик электромагнитов как радиальных, так и осевых подшипников; улучшении метрологических свойств

датчиков положения ротора; уменьшении габаритов шкафа управления за счет перехода на IGBT-модули с меньшими коммутируемыми напряжениями и токами, улучшении эксплуатационных характеристик электромагнитных подшипников за счет повышения быстродействия и надежности системы управления.

#### Список литературы

- Седов В.В., Бандаletov V.F., Никитин А.М., Чернышев В.И., Щербаков Г.Д. Центробежные компрессоры природного газа отечественного производства в ОАО «Газпром» // Газотурбинные технологии. – 2013. – № 8. – С. 18–23.
- Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. – СПб. : Политехника, 2003. – 206 с.
- Система автоматического управления газоперекачивающими агрегатами. Общие технические требования. – М. : ОАО «Газпром», 2005. – 34 с.
- Макаричев Ю.А., Стариков А.В. Теоретические основы расчета и проектирования радиальных электромагнитных подшипников. – М. : Энергоатомиздат, 2009. – 150 с.
- Бесекерский В.А., Ефимов Н.Б., Зиатдинов С.И. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления / Под общ. ред. В. А. Бесекерского. – Л. : Машиностроение, 1988. – 365 с.
- Стариков А.В., Стариков С.А. Параметрический синтез регуляторов многоконтурной системы управления электромагнитным подвесом ротора // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – 2011. – № 1 (29). – С. 192–200.

### Centrifugal compressor EM bearing digital controls

Nikonorov V.V. (OAO Gazprom, RF, Moscow), Taganov R.S., Sal'nikov S.V., Moskalev A.V., Vitkovskiy D.V., Veremeyev V.E. (OAO Gazprom Avtomatizatsiya, RF, Moscow), Makarichev Yu.A., Starikov A.V. (FGBOU VPO SamGTU, RF, Samara)

E-mail: a.moskalev@kgpa.ru

The paper addresses critical approaches to automatic control system design applied to centrifugal compressor rotor electromagnetic bearings. Using the approved SAU EMP system, now brought on line, the authors analyse the key system design phases: from control target models and choice of optimum control principles to engineering and software design. Key requirements and expected efficiency gains are highlighted here, along with field testing summary. High capacity programmable logic controller-based digital system feasibility is assessed as well. Given the underlying studies, the authors come with their proposals regarding future EM bearing control system reliability and quality improvements, in addition to future system enhancement areas.

**Keywords:** centrifugal compressor, electromagnetic bearings, compressor station, process control, digital controllers, PLC.

#### References

1. Sedov V.V., Bandaletov V.F., Nikitin A.M., Chernyshev V.I., Shcherbakov G.D. Tsentrobezhnye kompressory prirodnoy gaza otchestvennogo proizvodstva v OAO «Gazprom» [Centrifugal compressors of natural gas of home manufacture in OAO Gazprom]. Gazoturbinnye tekhnologii, 2013, no. 8, pp. 18–23.

2. Zhuravlev Yu.N. Aktivnye magnitnye podshipniki: Teoriya, raschet, primeniye [Active magnetic bearings: theory, calculation, application]. St. Petersburg, Politehnika Publ., 2003. 206 p.
3. Sistema avtomaticheskogo upravleniya gazoperekachivayushchimi agregatami. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya [Automatic control system of gas compressor units. General technical requirements]. Moscow, Gazprom Publ., 2005. 34 p.
4. Makarichev Yu. A., Starikov A. V. Teoreticheskiye osnovy raspredeleniya i proyektirovaniya radial'nykh elektromagnitnykh podshipnikov [Theoretical bases of calculation and design of radial electromagnetic bearings]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2009. 150 p.
5. Besekerskiy V. A., Efimov N. B., Ziatdinov S. I., et al. Mikroprotsessornye sistemy avtomaticheskogo upravleniya [Microprocessor-based automatic control systems]. Leningrad, Mashinostroyeniye Publ., 1988. 365 p.
6. Starikov A. V., Starikov S. A. Parametricheskiy sintez reguljatorov mnogokonturnoy sistemy upravleniya elektromagnitnym podvesom rotora [Parametric synthesis of regulators of multipliannimetric control system of the electromagnetic rotor suspension]. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskiye nauki» [Bulletin of the Samara State Technical University. A series of "Engineering sciences"]. Samara, SamGTU Publ., 2011, no. 1(29), pp. 192–200.



### Зарубежные новости

#### BG Group рассчитывает на строительство завода СПГ в Танзании по итогам успешного бурения

Британская нефтегазовая компания BG Group сообщила в конце августа 2014 г. об успешных результатах очередного тестового бурения на месторождении Mzia (Блок 1) у берегов Танзании, что, по мнению специалистов компании, стало дополнительным аргументом в поддержку планов по строительству наземного завода по производству сжиженного природного газа в этой стране. В результате бурения скважины Mzia-3 был зафиксирован приток газа в размере около 2,9 млн м<sup>3</sup> (101 млн фут<sup>3</sup>, 17 тыс. баррелей н. э.) в сутки, что почти в 2 раза превысило показатель прошлогоднего тестового бурения на скважине Mzia-2. Открытое в 2012 г. месторождение Mzia на шельфе Танзании имеет этаж газоносности более 300 м. Общие извлекаемые запасы природного газа на Mzia, а также расположенным на Блоке 1 месторождении Jodari составляют около 255 млрд м<sup>3</sup> (9 трлн фут<sup>3</sup>). При этом совокупные извлекаемые запасы на блоках 1, 3 и 4 оцениваются в 425 млрд м<sup>3</sup> (15 трлн фут<sup>3</sup>). После успешного бурения скважины Mzia-3 буровое судно Deepsea Metro-1 должно переместиться севернее, на блок 4, для проведения разведочного бурения скважины Kamba-1.

BG Group является оператором на блоках 1, 3 и 4 на шельфе Танзании и владеет долей 60 %. Партнерами выступают компании Ophir Energy (20 %) и Pavilion Energy (20 %).



По информации BG Group, Reuters, Rigzone