

## К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДНОГО ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

ЗАХАРОВ П.А., канд. техн. наук, ЗАХАРОВ М.А., асп.

Рассматривается целесообразность создания диагностической модели электроприводного газоперекачивающего агрегата для обеспечения надежности его функционирования. В качестве нагрузки рассматривается трубопроводная обвязка центробежного нагнетателя. Сформулированы цели и задачи создания комплексной системы диагностирования электроприводного газоперекачивающего агрегата, а также определена практическая значимость создания такой системы.

*Ключевые слова:* газоперекачивающий агрегат, диагностирование, система диагностического обследования редуктора и нагнетателя.

## ABOUT THE RELIABILITY OF ELECTRIC DRIVE GAS-TRANSFER UNIT

ZAKHAROV P.A., Ph.D., ZAKHAROV M.A., postgraduate

The article concerns the diagnostic model development utility of electric drive gas-transfer unit for providing its functional reliability. Pipe manifold of centrifugal charger is taken as a load. The purpose and task for creation of electric drive gas-transfer unit diagnostics complex system are formulated and the practical value of such system developing is defined.

*Key words:* gas-transfer unit, diagnostics, the system of reduction gear and charger diagnostic inspection.

Одним из наиболее важных факторов любого современного производства является организация безопасного функционирования промышленных объектов и оборудования данного производства. Это возможно только при создании эффективно функционирующей системы управления промышленной безопасностью. В основе такой системы лежат положения Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ. ОАО «Газпром» является крупнейшим в стране «опасным производственным объектом» (ОПО). Широчайшая номенклатура технологического и вспомогательного оборудования, тысячи километров магистральных и технологических трубопроводов – это те составные части, безопасное функционирование которых ведет к безопасному функционированию всего производства.

Средний возраст энергетического оборудования, эксплуатируемого на компрессорных станциях ОАО «Газпром», превышает 20 лет. В связи с этим, решение вопроса повышения надежности функционирования объектов транспорта газа является актуальной задачей. Для решения этой задачи, а также во избежание возникновения аварийной ситуации на компрессорных станциях (КС) важно определять техническое состояние энергетического оборудования. Ключевым звеном любой КС является газоперекачивающий агрегат (ГПА), в котором широко применяется электропривод переменного тока с синхронным высоковольтным двигателем. На отдельных газотранспортных предприятиях их доля составляет более 40 %, а на отдельных компрессорных станциях из шести цехов на пяти стоят электрические машины. Это обусловлено высокой надежностью используемых электродвигателей, высо-

ким КПД, а также хорошей контроле- и ремонтотпригодностью.

В настоящее время работы по диагностике электроприводного газоперекачивающего агрегата (ЭГПА) ведутся с применением основных и дополнительных способов диагностики.

К основным способам диагностики (выполнение которых обязательно в любом случае) относятся:

- измерение сопротивления изоляции обмоток статора и ротора и изоляции подшипника, измерение сопротивления обмоток статора и ротора постоянному току;
- визуальный и эндоскопический осмотр;
- измерение частичных разрядов (ЧР) при пофазной подаче напряжения от постороннего источника.

К дополнительными способам диагностики (проведение которых обязательно только при наличии сведений о соответствующих дефектах) относятся:

- оценка вибрационного состояния электродвигателя;
- анализ опыта эксплуатации, ремонтов и результатов испытаний электродвигателя по записям в ремонтном журнале;
- оценка теплового состояния электродвигателя по данным штатного термомониторинга;
- оценка состояния изоляции листов активной стали и выявление участков с повышенными местными потерями с помощью электромагнитного метода контроля (ЭМК).

Получаемой информации недостаточно, поскольку данные способы диагностики не дают полного представления о техническом и энергетическом состоянии газоперекачивающего агрегата, поэтому целесообразно создать стационарную систему комплексного диагностического обследования ЭГПА, а также раз-

работать методики и комплекс мероприятий по проведению данного типа работ.

Комплексная система диагностирования ЭГПА состоит из следующих частей:

- математическая модель синхронного двигателя;
- математическая модель редуктора;
- математическая модель нагнетателя;
- математическая модель трубопроводной обвязки нагнетателя ГПА;
- объединение математических моделей элементов в одну математическую модель ЭГПА с учетом упругих связей.

При создании таких моделей необходимо определять совместное влияние механических и электрических переменных друг на друга и их влияние на техническое состояние агрегата.

Каждый из перечисленных механизмов в процессе работы оказывает влияние на другие. В одном случае это чисто механические воздействия, в другом – помимо механических присутствуют электромагнитные воздействия.

Принимая, что каждый элемент (двигатель, редуктор, нагнетатель, ТПО) уникален и его параметры меняются в процессе работы, эксплуатации и технического обслуживания, для повышения достоверности информации о техническом состоянии каждого элемента и системы в целом необходимо в реальном масштабе времени определять протекание процессов в каждом элементе, а также их совместное влияние. Описание процессов, протекающих в предлагаемых элементах, сложно и зачастую не всегда возможно, следовательно, для решения поставленных задач целесообразно использовать комбинацию методов эконометрического анализа и методов математического описания рассматриваемых процессов.

На данном этапе целесообразно вести создание каждой из составных частей системы в отдельности, однако оценивая их совместное влияние.

По каждой части составляется техническое задание на разработку системы, разрабатывается комплекс мероприятий по организации работ, методическое и программное обеспечение.

*Система диагностического обследования двигателя.* В основе данной системы лежит математическая модель двигателя переменного тока в тензорной форме, поскольку использование такой модели позволяет оценивать энергетическое состояние двигателя наилучшим образом, в силу того что он входит в состав модели в явной форме.

Целью проводимой работы является разработка системы мониторинга и диагностирования технического состояния приводного двигателя ГПА, а также разработка и внедрение технических средств защиты и диагностики данного оборудования.

Задачи работы:

- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым и вычисляемым параметрам и переменным производить оценку технического состояния объекта диагностирования;
- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым и вычисляемым параметрам и переменным осуществлять прогнозирование технического состояния объекта в целом, а также его отдельных узлов;
- разработка диагностической модели, позволяющей производить оценку энергетического состояния электрического двигателя и его влияния на энергосистему;
- создание алгоритмов диагностирования;
- создание методик оценки результатов измерений;
- создание унифицированной системы и методик, позволяющих производить диагностирование и прогнозирование технического состояния объектов различных типов;
- разработка и создание технических средств контроля, защиты и диагностирования объекта диагностирования;
- разработка и создание автоматизированной системы контроля за техническим состоянием объекта диагностирования;
- создание пакета прикладных программ.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- в постоянном контроле за параметрами двигателя;
- ведении базы данных измерений;
- ведении обслуживания объекта диагностирования по техническому состоянию;
- повышении надежности работы двигателя;
- продлении ресурса эксплуатации двигателя.

*Система диагностического обследования редуктора и нагнетателя.* Для решения этой задачи разработаны модели редукторов и нагнетателей, которые построены в среде программных продуктов Matlab и SolidWorks.

Модель нагнетателя основывается на использовании расчетов его напорных и расходных характеристик.

Работа производится с учетом экспериментальных данных, полученных при диагностических обследованиях ЭГПА, используемых на КС ОАО «Газпром».

Целью работы является разработка системы мониторинга и диагностирования технического состояния механической части ГПА.

Задачи работы:

- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым параметрам и переменным производить оценку технического состояния механических элементов ГПА;

- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым параметрам, переменным и набору статистических данных осуществлять прогнозирование технического состояния нагнетателя и редуктора;

- создание алгоритма диагностирования;
- создание методики оценки результатов измерений;

- создание унифицированной системы и методик, позволяющих производить диагностирование и получать информацию о техническом состоянии нагнетателей и редукторов различных типов;

- создание пакета прикладных программ.

Практическая значимость работы заключается:

- в постоянном контроле механических параметров нагнетателя и редуктора;
- ведении базы данных (БД) измерений;
- ведении обслуживания объекта диагностирования по техническому состоянию;
- повышении надежности работы нагнетателя и редуктора;
- продлении ресурса эксплуатации нагнетателя и редуктора.

*Система диагностического обследования трубопроводной обвязки.* Для решения этой задачи в настоящее время используются экспериментальные данные диагностических обследований трубопроводных обвязок (ТПО) центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов.

Целью работы является разработка системы мониторинга, диагностирования и прогнозирования технического состояния ТПО нагнетателей ГПА.

Задачи работы:

- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым параметрам и переменным производить оценку технического состояния ТПО;

- разработка диагностической модели, позволяющей по измеряемым параметрам, переменным и набору статистических данных осуществлять прогнозирование технического состояния ТПО в целом, а также ее отдельных элементов;

- создание алгоритма диагностирования;

- создание методики оценки результатов измерений;

- создание унифицированной системы и методик, позволяющих производить диагностирование и получать информацию о техническом состоянии ТПО на ТПО и ГПА различных типов;

- создание методики прогнозирования технического состояния ТПО;

- создание пакета прикладных программ.

Практическая значимость работы заключается:

- в постоянном контроле вибросостояния элементов ТПО;
- ведении базы данных (БД) измерений;
- определении напряженно-деформированного состояния труб в процессе работы;
- определении работоспособности опор ТПО;

- получении заключения о техническом состоянии ТПО нагнетателей ГПА по результатам измерений;

- продлении ресурсов эксплуатации ТПО.

Для решения поставленных задач в настоящее время ведутся работы:

- по созданию диагностической модели ТПО;
- созданию и отладке методики оценки технического состояния ТПО;
- созданию диагностической модели рабочего и приводного механизмов;
- созданию и отладке методики оценки технического состояния ЭГПА и его отдельных элементов;
- предпроектному обследованию рабочего и приводного механизмов.

#### Список литературы

1. Курнышев Б.С., Захаров П.А. Инвариантное описание процессов в асинхронном электроприводе // Электрооборудование промышленных установок. – Н.Новгород: НГТУ, 1995. – С. 55–60.

2. Захаров П.А., Захаров М.А. Направления повышения надежности и эффективности функционирования газоперекачивающих компрессорных станций как единого объекта // Состояние и перспективы развития электротехнологии (XIII Бенардосовские чтения): Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., 18–20 октября 2006 / Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2006. – С. 81–83.

Захаров Петр Алексеевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук,  
e-mail: klgn@drive.ispu.ru

Захаров Михаил Алексеевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант,  
телефон (4932) 26-97-07.