

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка воздействия на окружающую среду, ООО «Спецпроект», Санкт-Петербург, 2022 г.- 755 с.
2. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103742 (дата обращения: 17.07.2024)
3. СП 2.6.6.2572-2010. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97962/. (дата обращения: 18.07.2024)
4. Проектная документация ООО «Спецпроект», Санкт-Петербург, 2022 г. - 3547 с.
5. Международный опыт по захоронению радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива. Обзор литературы SKB International Consultant АВ Июнь 2009 г — 162 с.

УДК 621.646, 621.3.08

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТАРИРОВКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АРМАТУРЫ АЭС

Цыхлер Л.В.¹, Егорова В.П., Лапкис А.А., Никифоров В.Н.

*НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Россия
nii_energomash@mail.ru*

Аннотация. В докладе описан результат выполнения НИОКР по разработке переносного комплекса для проведения оперативной безразборной диагностики и тарировки ограничителей крутящего момента электроприводной арматуры (ЭПА) по месту её эксплуатации (ПК ОКМП). Приведён анализ неопределённости результата тарировки электропривода, которую вносит сама процедура тарировки. Разработана методика прямого и косвенного измерения крутящего момента затяга ЭПА.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, электропривод, АЭС, техническая диагностика, базовые испытания, крутящий момент.

DEVELOPMENT OF A COMPLEX FOR OPERATIONAL DIAGNOSTICS AND CALIBRATION OF THE NPP ELECTRIC VALVE DRIVE

Tsykhler¹ L.V., Egorova V.P., Lapkis A.A., Nikiforov V.N.

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”
Volgodonsk, Russia
¹nii_energomash@mail.ru*

Abstract. The report describes the result of R&D on the development of a portable complex for operational non-disassembly diagnostics and calibration of torque limiters of electric drive valves (EDV) at the place of its operation (PC TLED). The analysis of the uncertainty of the calibration result of the electric drive, which is introduced by the calibration procedure itself, is given. A technique for direct and indirect measurement of the torque of the EPA tightening has been developed.

Keywords: pipeline valves, electric drive, NPP, technical diagnostics, basic test, torque.

Значительная часть дефектов электроприводной арматуры (ЭПА) АЭС, возникающих при эксплуатации, представляет собой негерметичность в затворе и различного рода дефекты подвижных частей – тугой ход, низкая плавность хода, заклинивание, отсутствие затяга запорного органа, отрыв штока и т.д. Часть таких дефектов носит износостойкий характер, а часть – обусловлена некорректной настройкой моментных и концевых выключателей привода [1-3]. С целью повышения качества выявления как износостойких дефектов, так и проблем настройки электропривода, НИИ атомного энергетического машиностроения (НИИ АЭМ) ВИТИ НИЯУ МИФИ выполнил в 2022-2024 гг. в интересах АО «Концерн Росэнергоатом» НИОКР по разработке переносного диагностического комплекса ПК ОКМП.

ПК ОКМП представляет собой двухуровневую систему. Нижний уровень реализован в виде переносного прибора, выполненного в форм-факторе кейса (рисунок 1). Верхний

уровень представляет собой специализированное программное обеспечение, работающего на рабочем месте оператора-диагноста (рисунок 2) под управлением Astra Linux, требуемой заказчиком.

ПК ОКМП совмещает функции оперативной диагностики ЭПА по сигналам силы тока и напряжения питающей сети привода с его тарировкой путём одновременной регистрации указанных электрических параметров и крутящего момента по месту эксплуатации ЭПА.

ПК ОКМП включает преимущественно российские и белорусские компоненты: измерительный преобразователь напряжения, первичные преобразователи силы тока, напряжения и крутящего момента.

С опорой на ранние работы [4], [5] в качестве методического обеспечения ПК ОКМП разработаны:

- методика диагностирования и тарировки электропривода ЭПА;
- методики измерения диагностических величин: силы тока и напряжения питающей сети, прямого измерения крутящего момента, косвенного измерения крутящего момента по электрическим сигналам.

Тарировка электропривода обеспечивается путём одновременной регистрации электрических сигналов и фактического крутящего момента электропривода на месте его установки на ЭПА [6]. Для установки датчика крутящего момента между арматурой и электроприводом применяется специально разработанная оснастка. К настоящему моменту разработан ряд комплектов оснастки для приводов с присоединительными размерами, соответствующими ГОСТ 34287-2017.



Рисунок 1 – Общий вид ПК ОКМП



Рисунок 2 – ПО стационарного модуля ПК ОКМП

При разработке методики косвенного измерения крутящего момента впервые проведена оценка погрешности тарировки электропривода в целях метрологической аттестации методики. Так, для экспериментальных задвижек DN125 и DN150 показано, что при многократных замерах крутящего момента с неизменной настройкой электропривода, расчётный крутящий момент определяется, как показано в таблице 1. Коэффициент связи здесь определяется как величина, связывающая изменение мощности ЭПА (P) с изменением её крутящего момента (M).

$$K_{св} = \frac{\Delta M}{\Delta P}$$

Таблица 1 – Результаты анализа неопределённости при тарировке электропривода задвижки DN150

Номер опыта	Коэффициент связи, Н·м/Вт	Расчётный крутящий момент затяга ЭПА, Н·м	Номер опыта	Коэффициент связи, Н·м/Вт	Расчётный крутящий момент затяга ЭПА, Н·м
1	0,621	46,675	9	0,700	50,875
2	0,602	42,075	10	0,666	46,175
3	0,573	48,975	11	0,629	52,375
4	0,637	48,275	12	0,592	45,175
5	0,629	48,175	13	0,657	51,275
6	0,624	48,375	14	0,620	50,075
7	0,631	46,375	15	0,564	52,875
8	0,700	50,875	16	0,600	51,175
Результаты обобщения					
Величина		Коэффициент связи, Н·м/Вт	Расчётный крутящий момент затяга ЭПА, Н·м		
Математическое ожидание		0,623	48,6		
Стандартное отклонение		0,035	2,96		
Относительная погрешность (коэффициент вариации)		5,6	6,1		

Испытания в целях утверждения типа средства измерения показали, что погрешность измерения крутящего момента ПК ОКМП не превышает 0,6-0,8 Н·м. Таким образом, общая погрешность тарировки может быть определена как суперпозиция погрешности снятия тарировочной характеристики и погрешности расчёта по ней крутящего момента.

Итоговая погрешность составила не более 6,5 % от действующей величины момента затяга. Учитывая требование НП-068-05 [7] по 10%-й точности срабатывания ОКМП привода, результаты тарировки могут считаться достоверными и корректно описывать техническое состояние и правильность настройки блока выключателей электропривода арматуры АЭС.

Таким образом, после внедрения результатов НИОКР специализированные подразделения атомных станций АО «Концерн Росэнергоатом» получают новые возможности по контролю технического состояния ЭПА. Опытная эксплуатация разработанного комплекса пройдет на Нововоронежской АЭС, после этого разработка может быть применена на других АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепов М.Т., Сысоев Н.П. Диагностика ЭПА - опыт работы Нововоронежской АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №2 (11). с. 79-85. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-epa-opyt-raboty-novovoronezhskoy-aes> (дата обращения: 10.07.2024)
2. СТО 1.1.1.02.002.1857-2021 Техническое диагностирование электроприводной трубопроводной промышленной арматуры на энергоблоках атомных станций. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации – Москва, 2021. – 60с.
3. МТ 1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной арматуры. Методика», НИИ «Энергомашиностроения», 2010. - 127с
4. Синельщиков П.В., Бабенко Р.Г. Расчет крутящего момента электроприводной арматуры по сигналам тока и напряжения // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №4 (13). с. 28-31. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-krutyaschego-momenta-elektroprivodnoy-armatury-po-signalam-toka-i-napryazheniya> (дата обращения: 12.07.2024)
5. Лапкис А.А., Никифоров В.Н., Калашников М.В., Цыхлер Л.В. Неиспользованный потенциал базовых испытаний электроприводов трубопроводной арматуры АЭС для решения задач оперативного дистанционного контроля её технического состояния // XIX Международная научно - практическая конференция «Безопасность ядерной энергетики». 2023. с. 19-21. Режим доступа: <http://nps.viti-merphi.ru/ru/arhiv-konferencii> (дата обращения: 09.07.2024)
6. Лапкис А.А., Швец Д.В., Абидова Е.А., Дембицкий А.Е. Расчетный метод контроля состояния электропривода запорной арматуры. Автоматизация в промышленности. 2022. № 1. С. 45-50. Режим доступа: https://avtprom.ru/system/files/DOI/2022/1/10._lapkis.pdf (дата обращения: 07.07.2024)
7. НП-068-05. Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования. Режим доступа: http://cntr-nrs.gosnadzor.ru/about/AKTS/НП-068-05%20Трубопроводная%20арматура%20для%20атомных%20станций.%20Общие%20технические%20требования_Текст.pdf (дата обращения: 08.07.2024)

УДК 621.039.01

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПОРИСТОГО ТЕЛА

Яуров С.В.¹, Гусев П.Ю.², Гусев К.Ю.³

¹ Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», Нововоронеж, Россия

^{2,3} "Воронежский государственный технический университет", Воронеж, Россия

¹YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru; ²pgusev@cchgeu.ru; ³gusev_konstantin@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты применения подхода в моделировании режимов работы оборудования сложных технологических систем с применением модели пористого тела. Расчеты проводились для прогнозирования режимов работы регенеративного теплообменного аппарата системы продувки парогенераторов энергоблоков №1,2 Нововоронежской АЭС-2. Данный подход применим в случае, когда в результате моделирования требуется спрогнозировать режимы работы технологической системы в целом при этом локальные процессы возникающие внутри оборудования не моделируются. Подход позволяет сократить затраты времени на построение трехмерных расчетных моделей сложного оборудования в составе технологических систем, а также на проведение теплогидравлических расчетов этих систем.