

## ДИАГНОСТИКА ПОВОРОТНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ МЕТОДОМ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА

Д.В. Швец, И.А. Микшин, В.Я. Шпицер

Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

В исследовательской работе проанализирована проблема выхода из строя регулирующей арматуры при обрыве вала-шестерни в период нормальной эксплуатации. Для выявления типичных отклонений и причин выхода из строя электроприводной арматуры были проанализированы амплитудно-частотные спектры токового сигнала, снятые на одной или нескольких фазах электродвигателя. Принятый для анализа метод спектрального диагностирования позволяет обнаружить скрытые дефекты арматуры, не обнаруженные при других видах анализа. С целью обоснования проведенного исследования спектральный анализ проводился на регулирующих клапанах, установленных в системах основного конденсата и питательной воды энергоблоков ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200.

*Ключевые слова:* диагностика арматуры, спектральный метод, АЭС, электроприводная арматура, регулирующие клапана, дефект ходовой части, вал-шестерня.

Целью проведения исследовательской работы обозначены:

- выявить признаки в амплитудно-частотном спектре характерные для отклонений в работе ходовой части электроприводной арматуры (ЭПА) важной для безопасности в энергоблоках проекта В-320 и В-392М;
- вынесение рекомендаций по настройке арматуры исследуемых типоразмеров, для повышения ее надежности и срока эксплуатации.

Регулирующие клапаны DN 700 устанавливаются в энергоблоках водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) типа В-320 и В-392М, и служат управляющими органами для регулирования расхода проходящей среды. Конкретно в проведенной работе будут рассмотрены арматуры системы основного конденсата с функцией регулирования уровня в подогревателе низкого давления– 2 и деаэраторе, а также регулирующие клапаны питательной воды второго контура.

Конструктивно вал-шестерня изготовлен из легированной, коррозионно-стойкой, жаропрочной стали 14Х17Н2[1]. Рабочий чертеж детали представлен ниже (рис. 1).

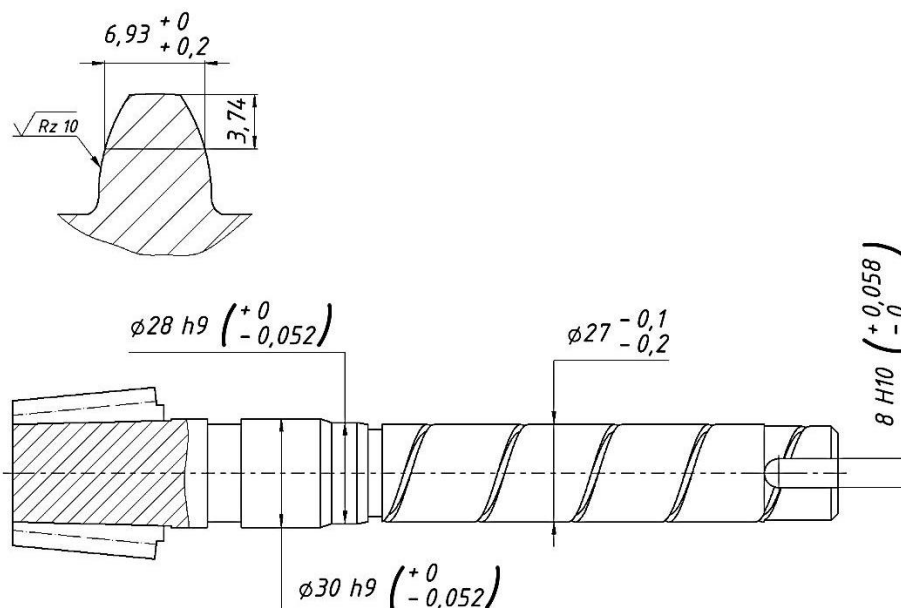


Рисунок 1 – рабочий чертеж вала-шестерни С.КР 700-00-22

Недостаточная надежность данного типа арматур обусловлена конструкцией ходового узла. Основными повреждающими факторами при этом считаются малоцикловая усталость материала, напряженно-деформированное состояние конструкции в местах концентрации напряжений, повышенная температура, давление и коррозионное влияние среды.

Выявление причин возможного технического отказа и поломки трубопроводной арматуры, а также обоснования продления межремонтного периода, может быть, возможно, при использовании современных методов оценки технического состояния арматуры, таких как техническая диагностика токовых сигналов, вибродиагностика, тепловизионный контроль (ТВК) [2].

Использование спектрального анализа [3] позволяет выявить дефекты, которые не могут быть обнаружены в результате использования анализа диагностических параметров временного сигнала и дает возможность уточнения оценки технического состояния ЭПА. Спектры фактически зарегистрированного сигнала могут быть использованы для сравнения с эталонами на данный типоразмер, для установления тенденции и прогнозирования изменения технического состояния арматуры в процессе эксплуатации.

Рассмотрим арматуру, установленную в системе основного конденсата энергоблоков ВВЭР-1200 с типоразмером С.КР. 700-00-00-Э (рис. 2) [4].

Проанализировав спектр, были выявлены отклонения:

- появление модулирующих частот в районе «несущей» частоты  $f_c=50$  Гц;
- увеличение амплитуды частоты вращения ЭД;
- выявление горба «белого шума» в районе основной частоты электродвигателя;
- асимметрия спектра по основным частотам.

Обобщение результатов проведенного амплитудно-частотного анализа, позволяет обнаружить скрытые дефекты, приводящие в будущем к разрушению вала и останову энергоблока. Опишем характерные отклонения:

- значительная нагрузка на электродвигатель (износ упорно-радиальных подшипников);
- начальная стадия образования дефектов резьбовой части ходового узла;
- отклонения в настройке ограничителей момента на электроприводе;
- потеря формы (деформация) пружинных блоков и загрязнение смазки или ее недостаток в редукторе.

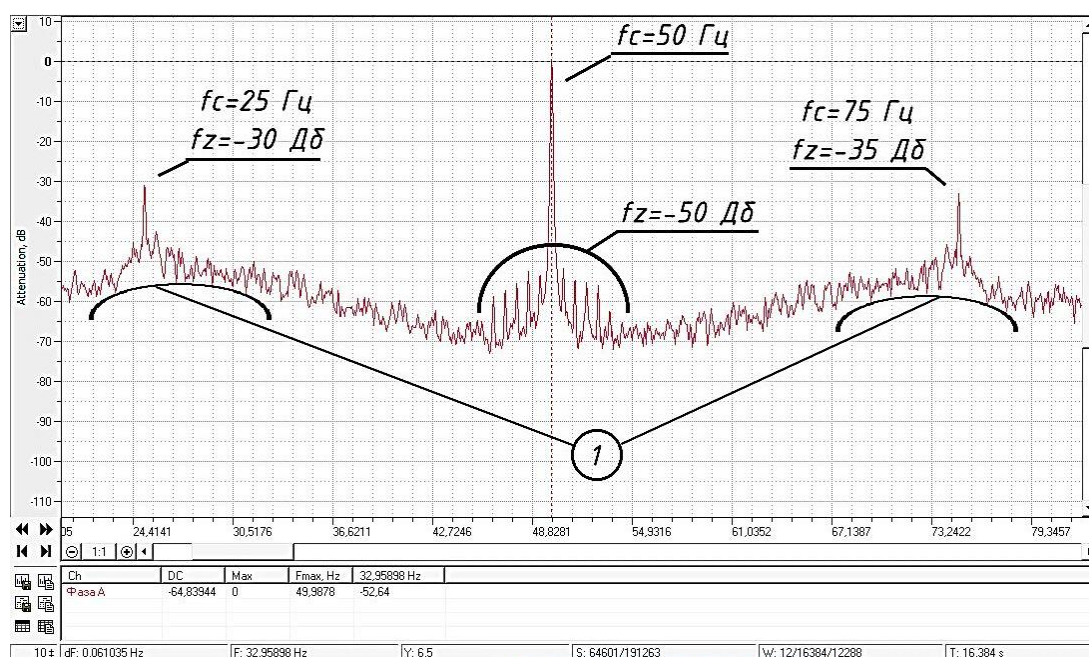


Рисунок 2 – Спектр токового сигнала с дефектом ходового узла (DN 700)

Данные отклонения являются следствием неправильного выбора материалов, недостаточным ТОиР и конструкцией регулирующего органа данного типа арматур. Как следствие, удается обнаружить проблемы с материалами и конструкций, например:

- усталостные трещины в металле шпинделя и обоймы, возникающие из-за повторно-переменных напряжений от вибрации клина, при движении рабочей среды в трубопроводе, во время нормальной эксплуатации;

- трещины и разрушения металла из-за неправильной настройки ограничителей момента ЭП и концевых выключателей;

- отсутствие в процедуре ТОиР контролям металла замкового узла шпинделя и обоймы, которое позволило бы заранее выявить и устранить обнаруженные дефекты.

Проведенная исследовательская работа позволят определиться с ключевыми моментами по применению спектрального анализа для обнаружения склонности регулирующей арматуры к появлению скрытых дефектов и недостаточной надежности. После изучения особенностей данного типа регулирующей арматуры, рекомендуется проводить диагностику токовыми сигналами после каждого осуществляемого ремонта с целью устранения и предотвращения последующих инцидентов с разрушением ходового узла и остановом блока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5632-72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки» – ИПК Издательство стандартов, Москва, 2001. – 64с.
2. МТ 1.2.3.02.999.0085 «Диагностирование трубопроводной электроприводной арматуры. Методика» – ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2010. 127с.
3. Синельщиков П.В. Информационно-измерительная система для диагностирования электроприводной арматуры атомных станций на основе вейвлет-преобразования: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / П.В. Синельщиков. – Волгоград, 2011. – 18с.
4. СТО 1.1.1.01.0069 «Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций» – АО «Концерн Росэнергоатом», Москва, 2021. – 112с.

#### **Diagnostics of Rotary Control Valves by Amplitude-Frequency Analysis**

**D.V. Shvets<sup>1</sup>, I.A. Mikshin<sup>2</sup>, V.Ya. Shpicer<sup>3</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,  
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

<sup>1</sup>*e-mail: svecdima6@gmail.com*

<sup>2</sup>*e-mail: mikshin89@mail.ru*

<sup>3</sup>*e-mail: shpitsr@mephi.ru*

**Abstract** – The research work considers and analyzes the problem of failure of control valves in case of shaft-gear break during normal operation. In order to identify typical deviations and causes of failure of the electrically driven valves, the amplitude-frequency spectra of the current signal taken at one or more phases of the electric motor were analyzed. The method of spectral diagnostics adopted for analysis allows detecting hidden defects of reinforcement not detected in other types of analysis. In order to justify the study, spectral analysis is carried out on control valves installed in the main condensate and feedwater systems of power units VVER-1000 and VVER-1200.

**Keywords:** diagnostics of valves, spectral method, deviations in operation, electrically driven valves, undercarriage defect, shaft-gear, main condensate system.