

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ  
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.646, 621.3.08

**КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ  
МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА**

© 2021 Д.В. Швец, И.А. Микшин, А.А. Лапкис, Е.С. Арсентьева

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

В исследовательской работе рассмотрена и 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 исследования спектральный анализ проводился на регулирующих клапанах, установленных в системах основного конденсата и питательной воды энергоблоков ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200. В результате исследования были установлены следующие взаимосвязи: изменение амплитуды на частоте вращения электродвигателя (ЭД) до –30 дБ является следствием работы ЭД на повышенной нагрузке, что приведет к износу упорно-радиальных подшипников; появление модулирующих частот в районе частоты 50 Гц может свидетельствовать о том, что наблюдаются отклонения в настройке ограничителей момента электропривода (ЭП). Выявленные дефекты в дальнейшем приведут к выходу из строя вала-шестерни и останову энергоблока. Результаты проведенной работы использованы для дополнения существующего каталога дефектов трубопроводной арматуры, разработанного НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ.

*Ключевые слова:* диагностика арматуры, спектральный метод, АЭС, отклонения в работе, электроприводная арматура, регулирующие клапана, дефект ходовой части, вал-шестерня, система основного конденсата, подача питательной воды.

Поступила в редакцию 16.04.2021

После доработки 13.05.2021

Принята к публикации 25.05.2021

Целью проведения исследовательской работы обозначено выявление признаков в амплитудно-частотном спектре, характерных для отклонений в работе ходовой части электроприводной арматуры (ЭПА), важной для безопасности энергоблоков проектов В-320 [1] и В-392М [2]; вынесение рекомендации по техническому обслуживанию арматуры исследуемых типоразмеров, для повышения ее надежности и срока эксплуатации.

Регулирующие клапаны DN 700 устанавливаются в энергоблоках с реакторами ВВЭР проектов В-320 и В-392М, и служат управляющими органами для регулирования расхода проходящей среды. Конкретно в проведенной работе рассмотрены арматуры системы основного конденсата с функцией регулирования уровня в подогревателе низкого давления -2 и деаэраторе, а также регулирующие клапаны питательной воды второго контура. Данная арматура является важной для безопасности в соответствии с НП-001-15, а её отказ при эксплуатации может непосредственно привести к остановке энергоблока и последующему экономическому ущербу из-за недовыработки электроэнергии.

Принцип работы клапана и его сборочный чертеж с основными элементами клапана указаны позициями на рисунке 1: 2 – гайка-указатель; 3 – вал-шестерня;

4 – втулка резьбовая; 5 – втулка ходовая; 6 – крышка бугеля в сборе; 7 – шпонка; 8 – болт М10-6QХ16.88.35.097; 9 – шайба 10; 10, 11 – болты М16-6QХ40.88.35.097; 12 – подшипник 8112Н; 13 – подшипник 2007912; 14 – винт М5-6QХ10.88.35Х; 15 – штифт 6; 16 – кольцо; 17 – втулка винтовая; 18 – планка нажимная; 19 – грундбукса; 20 – кольцо графитовое уплотнительное (КГУ); 1-52×36×6; 21 – фланец бугеля; 22 – кольцо сальника; 23 – кольцо КГУ 1-90×80×6,5; 24 – подшипник 50207; 25 – кольцо упорное; 26 – манжета 1.1-36×28.

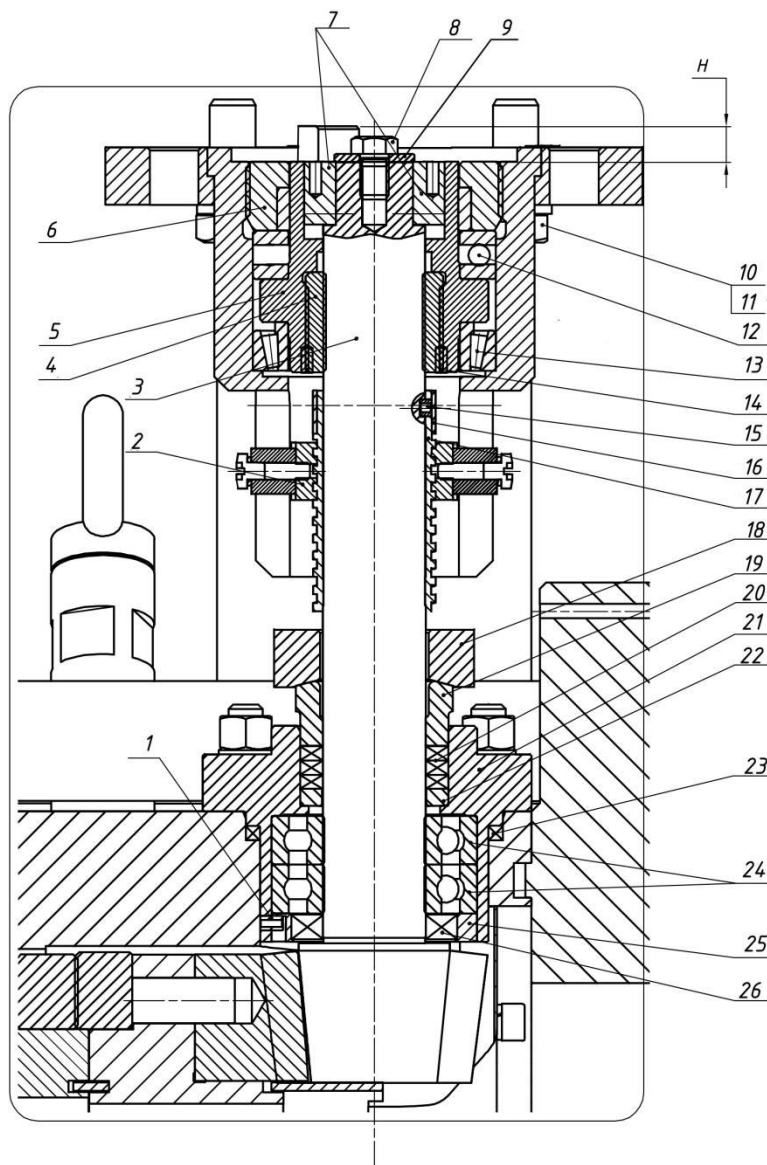


Рисунок 1 – Сборочный чертеж (габаритный 1:10) ходового узла [Assembly drawing (overall 1:10) of motion gear]

Во время эксплуатации клапаном управляют дистанционно с помощью электропривода (ЭП). Также конструкция ЭП позволяет осуществлять управление клапаном при помощи ручного дублёра.

Принцип работы клапана заключается в следующем: при поступлении управляющего сигнала включается в работу электропривод. Выходной вал электропривода через муфту приводит по вращение вал-шестерню 3, которая кинематически связана с венцом зубчатого колеса, прикрепленного к золотнику. Золотник, вращаясь вокруг оси, перекрывает профильное проходное сечение седла

клапана, обеспечивая процесс регулирования расхода среды. При вращении вала-шестерни 3 указатель перемещается вверх-вниз и показывает положение золотника. Подшипники качения, выполненные в виде колец 22 и сепараторов с роликами воспринимают усилие от давления рабочей среды, и облегчают вращение золотника.

Электропривод должен быть настроен:

- на момент открытия и полного закрытия золотника клапана;
- на автоматическую остановку при достижении золотником крайних положений.

Конструктивно вал-шестерня изготовлен из легированной, коррозионно-стойкой, жаропрочной стали 14X17H2 [3]. Используя карту дефектации, предоставленную поставщиком, опишем возможные риски и дефекты. Модель детали в изометрии представлена ниже (рис. 2).

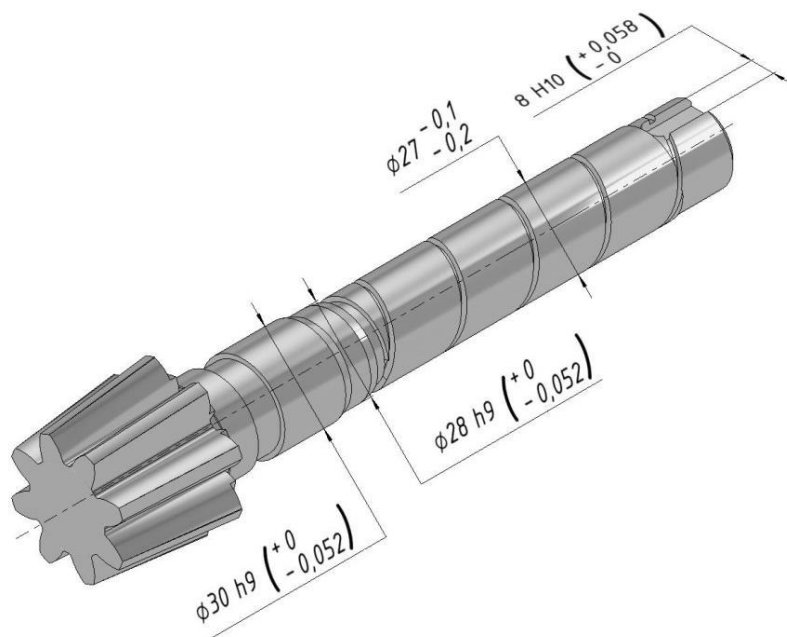


Рисунок 2 – Рабочий чертеж вала-шестерни в изометрии С.КР 700-00-22 [Working drawing of pinion shaft in C.LV 700-00-22 isometry]

Возможные дефекты, подлежащие ремонту:

- риски, натир поверхности  $\text{Ø}30\text{h}9$ . Износ до размера не менее  $\text{Ø} 29,8$ ;
- риски, натир поверхности  $\text{Ø}28\text{h}9$ . Износ до размера не менее  $\text{Ø} 27,8$ ;
- риски, натир поверхности  $\text{Ø}27-0,1-0,2$ . Износ до размера не менее  $\text{Ø} 26,6$ .

Дефекты, образование которых приведет к полному выходу из строя арматуры и невозможности ремонта вала-шестерни:

- износ поверхности  $\text{Ø}30\text{h}9$  до размера менее 29,8;
- износ поверхности  $\text{Ø}28\text{h}9$  до размера менее 27,8;
- износ поверхности  $\text{Ø}27-0,1-0,2$  до размера менее  $\text{Ø}26,6$ ;
- износ зубьев – толщина зуба по внешней постоянной хорде менее 6,6 мм;
- выкрашивание шпоночного паза. Износ размера 8H10, более 8,08.

Недостаточная надежность данного типа регулирующей арматуры 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 отказа [4] и поломки трубопроводной арматуры, а также обоснование продления межремонтного периода, может быть возможно только

при использовании современных методов оценки технического состояния арматуры [5, 6], таких как анализ токовых сигналов, вибродиагностика, тепловизионный контроль. В данной работе рассмотрен метод спектрального диагностирования [7-9] трубопроводной арматуры на основании полученных токовых сигналов. Благодаря данному методу есть возможность предсказать динамику ухудшения работы ЭПА и обнаружить внутренние неисправности узлов [10].

Диагностирование трубопроводной арматуры важной для безопасности по НП-001-15 [11], установленной в системах основного конденсата ПНД и системах питательной воды, имеет важное значение, так как позволяет поддерживать работоспособность арматуры и вовремя проводить ремонтные мероприятия. Техническое диагностирование позволяет выявить отклонения в работе ЭПА путем сравнения с результатами предыдущего диагностирования и эталонными спектрами.

Для оценки работоспособности электроприводной арматуры используется анализ диагностических параметров при выполнении функции «передача движения рабочему органу». В качестве диагностических параметров используются параметры токового сигнала, снятые на одной или нескольких фазах статорных обмоток электродвигателя, регистрируемые при выполнении операции «открытие/закрытие». На основании полученных замеров производится расчет определяющих диагностических параметров, с помощью программного обеспечения PowerGraph выполняется построение огибающих токового сигнала и амплитудно-частотных спектров. Полученные значения и графики сравнивают с нормами оценки, указанными в нормативно-технической документации (НТД), соответствующими эталонами, построенными для работоспособной арматуры данного типоразмера и типа привода. Вычисление диагностических параметров производится согласно разработанной методике диагностирования трубопроводной арматуры [5].

Для выявления характерных признаков ухудшения технического состояния трубопроводной арматуры в частотном спектре был проанализирован составленный ранее каталог дефектов ЭПА. Данный каталог был разработан НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ на основании комплексного анализа более чем 20000 токовых сигналов, снятых с обмоток ЭД. Каталог постоянно редактируется и дополняется.

Использование спектрального анализа [12] дает возможность 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.

Проведение анализа амплитудно-частотного спектра тока, регистрируемого со статорных обмоток электродвигателя по одной или трем фазам, позволяет выявить отклонения в спектре диагностируемого сигнала в сравнении с опорным (эталонным), полученным для заведомо работоспособной арматуры аналогичного типоразмера [13, 14]. Приведем примеры возможных отклонений в спектре:

- наличие боковых составляющих и «горбов белого шума» у основных частот;
- рост амплитуды основных частот выше уровня минус 40 дБ;
- появление в спектре дополнительных составляющих, характеризующих взаимодействия в кинематических парах редуктора ЭП диагностируемой арматуры;
- наличие множественной однотональной и многотональной модуляций в районе основной частоты, ее гармоник, гармоник и субгармоник частот вращения выходного вала и внутренних деталей ЭП и ЭД;
- асимметрия боковых составляющих относительно основной частоты;

- асимметрия в фазах токового сигнала;
- повышения общего уровня фонового сигнала, свидетельствующий о погрешностях измерительной цепи и т.д.

Составление спектральных масок производится с помощью программного обеспечения PowerGraph для работоспособной трубопроводной арматуры. Для понимания, каким образом производится анализ спектров, приведем пример спектра работоспособной арматуры, с типоразмером 973-500-ЭСБ (рис. 3), установленной в системе питательной воды энергоблоков ВВЭР-1000.

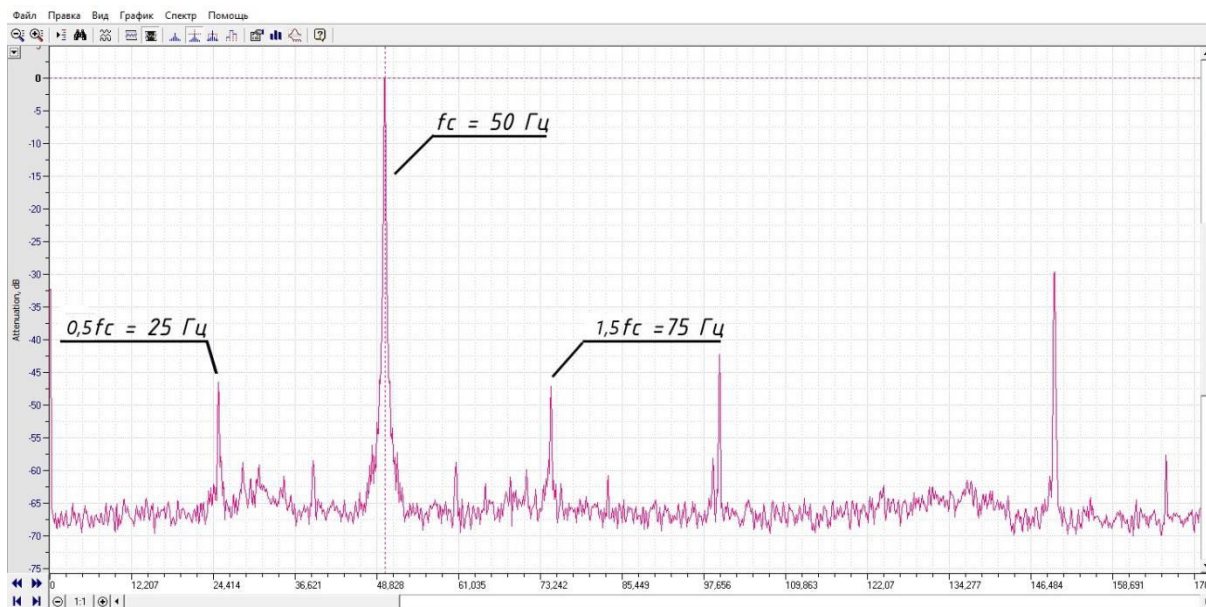


Рисунок 3 – Спектр токового сигнала арматуры без дефектов [Spectrum of current signal of valves without defects]

На приведенном рисунке представлен спектр работоспособной арматуры, построенный в логарифмическом масштабе (дБ) относительно максимальной составляющей (частота питания сети  $f_c=50$  Гц). Частота вращения выходного вала ЭД  $f_{эд}=25$  Гц; частота вращения выходного вала электропривода  $f_{эп}=0,42$  Гц. На построенном спектре отмечены основные частоты, характеризующие электромеханическую часть арматуры ( $f_c$ ,  $0,5f_c$  и  $1,5f_c$ ).

Для обоснования конкретных дефектов вала-шестерни регулирующей арматуры рассмотрим спектры токового сигнала арматуры важной для безопасности энергоблоков на разных АЭС России. Выявим дефекты на спектре, характеризующие возможность износа вала-шестерни и дальнейшего его выхода из строя. В первую очередь рассмотрим регулирующую арматуру, установленную на трубопроводах питательной воды энергоблока ВВЭР-1000. Данная арматура имеет типоразмер 973-500-ЭСБ с приводом типа АОС 2-61-4, амплитудно-частотный спектр, при выполнении операции «открытие» приведен ниже (рис. 4).

По проведенному анализу выявлены следующие отклонения:

- увеличение амплитуд частот вращения электродвигателя до -22 дБ;
- появление в спектре гармоник и субгармоник ( $f_z$ ) около несущей частоты 50 Гц, амплитуда которых близка к 40 дБ;
- выявление характерного энергетического горба (горбов) «белого шума» в районе основных частот вращения выходного вала.

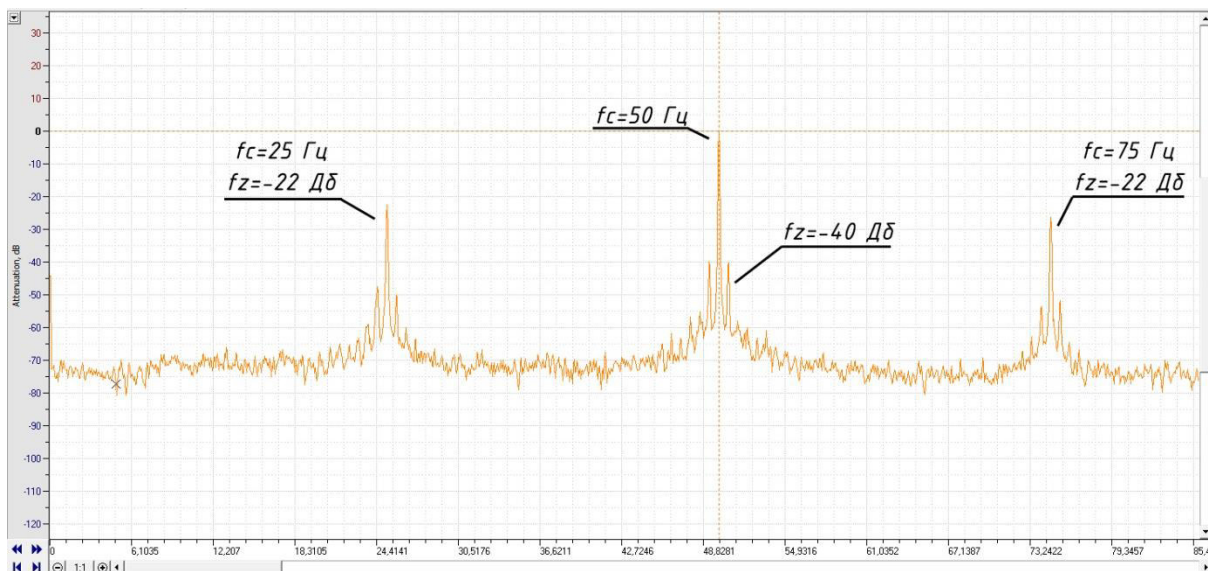


Рисунок 4 – Спектр токового сигнала арматуры с дефектом ходового узла (DN 500) [Spectrum of current signal of valves with motion gear defect (DN 500)]

Теперь рассмотрим арматуру с типоразмером С.КР 700-00-00-Э, установленную в системе основного конденсата энергоблока ВВЭР-1200 (рис. 5).

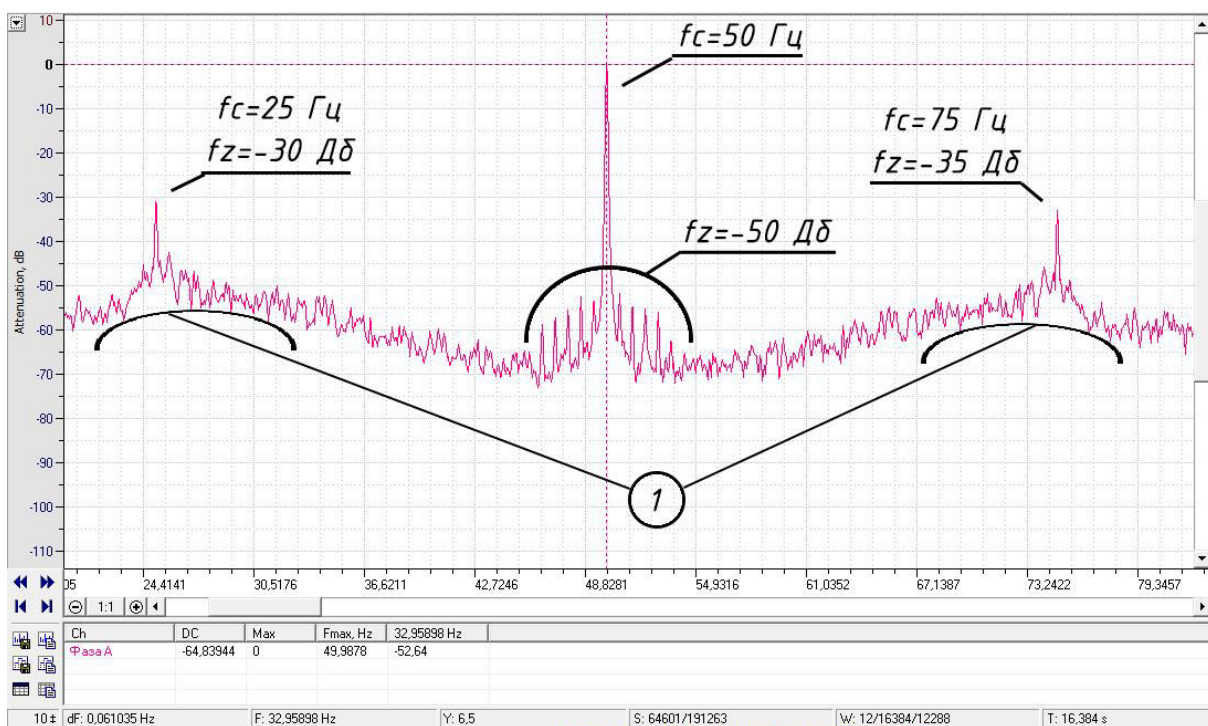


Рисунок 5 – Спектр токового сигнала с дефектом ходового узла (DN 700) [Current signal spectrum with motion gear defect (DN 700)]

При анализе спектра были выявлены отклонения:

- появление однотональных 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.

Данные отклонения являются следствием неправильного выбора материалов, недостаточного ТОиР и недостатком конструкции регулирующего органа данного типа регулирующих клапанов.

### **Выводы**

Проведенная исследовательская работа позволила определиться с ключевыми моментами по применению спектрального анализа для обнаружения склонности поворотной-регулирующей арматуры к появлению скрытых дефектов и ее недостаточной надежности.

На основании выполненного анализа рекомендуется проводить диагностику единиц поворотной регулирующей арматуры, важных для безопасности АЭС, по электрическим сигналам после каждого осуществляемого ремонта с целью устранения и предотвращения последующих инцидентов с разрушением ходового узла.

Результаты проведенной работы использованы для усовершенствования методики диагностики электроприводной арматуры [5], разработанной НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, в части дополнения существующего каталога дефектов трубопроводной арматуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрушечко, С.А.* АЭС с реакторами ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрушечко, А.М. Афров, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. – Москва : Логос, 2010. – 604 с.
2. Росатом: государственная корпорация: [сайт]. – Текст. Изображения: электронные. – URL : <https://rosatom.ru/production/design/sovremennyye-reaktory-rossiyskogo-izayna/> (дата обращения 10.04.2021).
3. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки: Межгосударственный стандарт: издание официальное. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27.12.72 N 2340, введен впервые 1975-01-01. Разработан Министерством черной металлургии СССР. – Текст : непосредственный. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 64 с.
4. DeWall, K. Motor-Operated Valve (MOV) actuator motor and gearbox testing / K. DeWall, J.C. Watkins, D. Bramwell // Idaho National Engineering Laboratory, U.S. Department of Energy. – 1997. P.58. Text: direct.
5. МТ 1.2.3.02.999.0085. Диагностирование трубопроводной электроприводной арматуры. Методика. Стандарт организации: издание официальное. Утвержден и введен в действие Приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» № 9/270-П от 22.03.2012, введен впервые 01.06.2012. Разработан НИИ «Энергомашиностроения». – Текст : электронный. – Москва, 2012. – 127 с.
6. Akhmetshin A.R., Golomidov V.N, Vildanov R.R. Technical diagnostics of electrically operated valves at NPP. // International Conference «Methodological problems in reliability study of large energy systems», 14 December 2020. P.1-4.
7. *Синельщиков, П.В.* Особенности использования методов анализа частотных составляющих токового сигнала ЭПА / П.В. Синельщиков, А.В., Чернов // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – Т.2, вып.1. – С. 1-4.
8. *Синельщиков, П.В.* Информационно-измерительная система для диагностирования электроприводной арматуры атомных станций на основе вейвлет-преобразования:

- специальность 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (приборостроение)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Синельщиков Павел Владимирович; ВИТИ НИЯУ МИФИ. – Место защиты: Волгоградский государственный университет. – Текст: непосредственный. – Волгоград, 2012.
9. Dipankar, M. Sensorless Stall Detection With the DRV8889-Q1. Texas Instruments. 2020. P.23.
  10. Абидова, Е.А. Повышение чувствительности диагностирования оборудования АЭС в условиях перехода на 18-месячный топливный цикл / Е.А. Абидова // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – № 4(33). – С. 1-5.
  11. НП-001-15. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций: Федеральные нормы и правила: издание официальное. Утвержден и введен в действие Приказом Ростехнадзора от 17.12.2015 N 522, введен впервые 02.02.2016. – Текст: непосредственный. – Москва, 2016. – 74 с.
  12. СТО 1.1.1.01.0069. Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций: Стандарт организации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом АО «Концерн Росэнергоатом» от 04.05.2017 № 9/588-П: введен впервые: дата введения 26.10.2017. Разработан АО «ВНИИАЭС». – Текст: непосредственный. – Москва, 2021. – 112 с.
  13. Sang-hyuk Lee, Yi-qi Wang, Jung-il Song. Fourier and wavelet transformations application to fault detection of induction motor with stator current. Central South university Press and Springer-Verlag. 2010. №17. P.8.
  14. Santhosh K.V., Swetha R. Fault detection of a flow control valve using vibration analysis and support vector machine. MDPI Open Access Journals. 2019. P.15.

## REFERENCES

- [1] Andrushechko, S. A. AES s reaktorami VVER-1000. Ot fizicheskikh osnov ekspluatatsii do evolyucii proekta [NPP with WWER-1000 Reactors. From Physical Foundations of Operation to the Evolution of the Project] / S.A. Andrushechko, A.M. Afrov, V.N. Generalov, K.B. Kosourov, Yu.M., Semchenkov, V.F. Ukraintsev. – Moscow: Logos, 2010. P.604 (in Russian).
- [2] Sovremennye reaktory rossijskogo dizajna [Modern Russian-Designed Reactors]. Oficial'nyj sajt gosudarstvennoj korporacii Rosatom [Official website of the state corporation]. 2021. URL: <https://rosatom.ru/production/design/sovremennye-reaktory-rossijskogo-dizajna/> (in Russian).
- [3] GOST 5632-72. Stali vysokolegirovannye i splavy korrozionnostojkie, zharostojkie i zharoprochnye. Marki [High-Alloy Steels and Alloys are Corrosion-Resistant, Heat-Resistant and Heat-Resistant. Stamps]: Interstate standard: official publication: approved and put into effect by the Resolution of the State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR of 27.12.72 N 2340: introduced for the first time: date of introduction 1975-01-01 / developed by the Ministry of Ferrous Metallurgy of the USSR. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2001. P.64 (in Russian).
- [4] DeWall, K. Motor-Operated Valve (MOV) Actuator Motor and Gearbox Testing / K. DeWall, J.C. Watkins, D. Bramwell // Idaho National Engineering Laboratory, U.S. Department of Energy. – 1997. P.58 (in English).
- [5] MT 1.2.3.02.999.0085. Diagnostirovanie truboprovodnoj elektroprivodnoj armatury. Metodika [Diagnostics of Pipeline Electric Drive Valves. Methodology]. Organization standard: official publication: approved and put into effect Order of JSC "Concern Rosenergoatom" No. 9/270-P of 22.03.2012: introduced for the first time: 01.06.2012 / developed by the Research Institute "Energomashinostroeniya", 2012. P.127 (in Russian).
- [6] Akhmetshin, A.R. Technical Diagnostics of Electrically Operated Valves at NPP / A.R Akhmetshin, V.N Golomidov, and R.R Vildanov // International Conference «Methodological problems in reliability study of large energy systems», 14 December 2020. P. 1-4 (in English).
- [7] Sinelshchikov, P. V., Chernov A.V. Osobennosti ispol'zovaniya metodov analiza chastotnyh sostavlyayushchih tokovogo signala EPA [Features of Use of Methods for Analyzing the Frequency Components of the Current Signal of the EPA] [Global Nuclear Safety]. 2012. № 1(2). P. 1-4 (in Russian).
- [8] Sinelshchikov P. V. Informacionno-izmeritel'naya sistema dlya diagnostirovaniya elektroprivodnoj armatury atomnyh stancij na osnove vejjvlet-preobrazovaniya [Information and Measurement System for Diagnosing Electric Drive Valves of Nuclear Power Plants Based on the Wavelet Transform]: specialty 05.11.16 «Information and Measurement and Control Systems (Instrument Engineering)»: abstract of the PhD thesis in Technical Sciences / Sinelshchikov Pavel Vladimirovich; VITI NIYaU MEFiI. – Volgogradsk 2012. Place of defense: Volgograd State University (in Russian).



- [9] Dipankar, M. Sensorless Stall Detection with the DRV8889-Q1 / M. Dipankar // Texas Instruments. 2020. P. 23 (in English).
- [10] Abidova E.A. Povyshenie chuvstvitel'nosti diagnostirovaniya oborudovaniya AES v usloviyah perekhoda na 18-mesyachnyj toplivnyj cikl [Increased Sensitivity of Diagnostics of NPP Equipment in Conditions of Transition to 18-Month Fuel Cycle] [Global Nuclear Safety]. 2019. №. 4(33). P. 1-5 (in Russian).
- [11] NP-001-15. Obshchie polozheniya obespecheniya bezopasnosti atomnyh stancij: Federal'nye normy i pravila [General Provisions for Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants]: Federal norms and rules: official publication: approved and put into effect by Order of Rostekhnadzor of 17.12.2015 N 522: introduced for the first time: date of introduction 02.02.2016 - Moscow, 2016. P.74 (in Russian).
- [12] STO 1.1.1.01.0069. Pravila organizacii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta sistem i oborudovaniya atomnyh stancij [Rules of Organization of Maintenance and Repair of Systems and Equipment of Nuclear Power Plants]: Organization standard: official publication: approved and put into effect by Order of JSC "Concern Rosenergoatom" dated 04.05.2017 No. 9/588-P: introduced for the first time: date of introduction 26.10.2017 / developed by JSC "VNIAES", Moscow, 2021. P.112 (in Russian).
- [13] Lee Sang-hyuk Fourier and Wavelet Transformations Application to Fault Detection of Induction Motor with Stator Current / Sang-hyuk Lee, Yi-qi Wang, Jung-il Song // Central South university Press and Springer-Verlag. 2010. №17. P.8 (in English).
- [14] Santhosh K.V. Fault Detection of a Flow Control Valve Using Vibration Analysis and Support Vector Machine / K.V. Santhosh, Swetha R. // MDPI Open Access Journals. 2019. P.15 (in English).

### Control Valve Condition Checking by Spectral Analysis

D.V. Shvets<sup>1</sup>, I.A. Mikshin<sup>2</sup>, A.A. Lapkis<sup>3</sup>, E.S. Arsenteva<sup>4</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>ORCID iD: 0000-0002-4651-9495

*e-mail: svecdima6@gmail.com*

<sup>2</sup>ORCID iD: 0000-0001-5854-2353

*e-mail: mikshin89@mail.ru*

<sup>3</sup>ORCID iD: 0000-0002-9431-7046

*e-mail: paltusmeister@gmail.com*

<sup>4</sup>*e-mail: ESArsenteva@mephi.ru*

**Abstract** – The research work considers and analyzes the problem of control valve failure 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 WWER-1000 and WWER-1200. As a result of the study, the following relationships were established increase of amplitude speed of electric motor (EM) to -30 dB is a fact of EM operation at increased load, which will lead to wear of thrust-radial bearings; appearance of baseband frequencies in the region of 50 Hz frequency indicates that there are deviations in setting of electric drive torque limiters. The detected defects, in the future, will lead to the failure of the gear shaft and the shutdown of the power unit. The results of the performed work are used to supplement the existing catalog of defects of pipeline valves developed by RI NPE VETI NRNU MEPhI.

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