

УДК 621.039

## ДИАГНОСТИКА ЭПА – ОПЫТ РАБОТЫ НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС

© 2014 г. М.Т. Слепов, Н.П. Сысоев

*Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» Нововоронежская АЭС-2,  
г. Нововоронеж, Воронежская обл.*

Надёжная работа электроприводной арматуры (ЭПА) является одним из важных факторов безопасной эксплуатации АЭС. В статье обобщается многолетний опыт обследования электроприводной арматуры отделом технической диагностики Нововоронежской АЭС. С целью диагностирования были получены сигналы тока двигателей восьмисот тридцати двух единиц арматуры при выполнении операций «открытие» и «закрытие». Таким образом, была обследована ЭПА №№3, 4, 5 блоков НВАЭС.

При анализе токовых сигналов определялось время срабатывания арматуры, разность времени выполнения операций открытие и закрытие, плавность рабочего хода по току, время выборки общего люфта. Несоответствие данных параметров нормативным значениям трактуется как признак неисправности оборудования. Авторы анализируют тенденции изменения состояния оборудования за период 2011–2013 гг. Для арматуры, техническое состояние которой не изменилось в сторону ухудшения, предлагается изменение категории ремонта с капитального на текущий. Для арматуры с закономерным значительным ухудшением технического состояния предлагается замена регламентного текущего контроля на капитальный.

*Ключевые слова:* безопасность АЭС, капитальный ремонт, конечный выключатель, момент затяга (срыва), текущий ремонт, техническое обслуживание, электроприводная арматура.

Поступила в редакцию 20.05.2014 г.

Как показывает многолетний опыт эксплуатации различных ядерных установок, не всякая мелкая неисправность приводит к аварийной ситуации, но цитируя авторов научно-популярного сериала «Секунды до катастрофы» «...каждой аварии предшествует сравнительно долгий период развития незначительных отклонений...», мы прекрасно осознаем, что выявить эти незначительные отклонения необходимо как можно раньше, пока, либо суммарное накопление мелких неисправностей, либо долговременное функционирование неисправного оборудования не приведут к аварийной ситуации. Одним из важных факторов безопасной эксплуатации является надёжная работа электроприводной арматуры (ЭПА). И в качестве примера рассмотрим результаты работы по этому направлению отдела технической диагностики Нововоронежской АЭС за 2013 г.

Во время плановых предупредительных ремонтов на действующих энергоблоках Нововоронежской АЭС в 2013г. было проведено очередное диагностирование электроприводной трубопроводной арматуры.

На энергоблоке № 3 продиагностировано 214 единиц арматуры, на энергоблоке №4 – 157 единиц, на энергоблоке №5 – 461 единица (итого – 832 единицы). Большую часть обследованной ЭПА составила запорная арматура (задвижки различных конструкций, запорные клапаны), а также регулирующая и запорно-регулирующая (задвижки, клапаны регулирующие и запорно-дрессельные, используемые в качестве регуляторов уровня).

Анализ результатов измерений и расчетов диагностических параметров показал,

что наиболее часто встречаемыми отклонениями являются несоответствия норме таких параметров как:

- время срабатывания арматуры – 93 тех. позиции;
- разность времени выполнения операций открытие и закрытие – 49 тех. позиций;
- плавность рабочего хода по току – 82 тех. позиции;
- время выборки общего люфта – 27 тех. позиций.

Под термином «срабатывание» авторы понимают: в процессе закрытия – перемещения запорного органа из максимально верхнего положения в максимально нижнее и уплотнение запорного органа под действием определённого момента. При процессе открытия тоже самое, но в обратном порядке.

Определяющими параметрами, являющимися главным критерием при оценке технического состояния арматуры, считаются «время срабатывания арматуры» и «плавность рабочего хода».

Установлено, что фактическая плавность хода ниже нормы зарегистрирована у 13% (для блоков ВВЭР-440) и 7% (для блока ВВЭР-1000) от общего количества продиагностированной в 2013 году арматуры. В большинстве случаев – это затворы поворотные Ду1200, Ду2000, Ду2200, задвижки типоразмеров 30с927нж Ду500, 30с972нж Ду600, 30с972 Ду150-400, 30с964нж, 30с97нж, Ду1000, ЗКЛПЭ-40 Ду500, клапаны регулирующие 1046-250 ЭН.

Следует так же отметить, что уровень значений рабочих и пусковых токов, измеренный при диагностировании в разные годы, для отдельных технологических позиций ЭПА существенно изменился.

Значительные отклонения величин пусковых и рабочих токов, замеренных в процессе диагностирования арматуры, в сравнении с допусками на эти параметры могут быть связаны с нарушениями в работе электродвигателей (ЭД).

Анализ расчетных значений величин усилия, прилагаемого при срыве и затяге запорного органа, показал, что моменты срыва и затяга для отдельных позиций арматуры по результатам замеров в 2013 г. изменились как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. По блокам количество арматуры с повышенным моментом затяга (срыва) распределилось следующим образом:

- энергоблок № 3 – 145 единиц (63 %);
- энергоблок № 4 – 111 единиц (95 %);
- энергоблок № 5 – 268 единиц (58 %).

Кроме того, при замерах выявлена ЭПА, моменты срыва и затяга которой превышает 200%:

- на 3 блоке – 13 единиц (6 %);
- на 4 блоке – 18 единиц (12 %);
- на 5 блоке – 22 единицы (5 %).

Наличие указанных отклонений, как правило, свидетельствует о неотрегулированных ограничителях момента электропривода (ЭП) или конечных выключателей (КВ) для большей части запорной ЭПА. Для некоторых позиций, с целью дополнительного (усиленного) уплотнения запорного органа и места его посадки используется «преднамеренно» повышенный момент затяга. Данная проблема характерна для «старых» энергоблоков АЭС, и связана, в первую очередь, как с отсутствием на ЭПА документации (нет заводских данных по моментам силы), так и с общим износом оборудования. В то же время, практический опыт показывает, что большое усилие срыва и затяга запорного органа может привести к отказу ЭПА в виде поломки штока или отрыва запорного органа.

Проведен анализ соответствия (несоответствия) формы огибающих эталонам,

составленным для различных типовых групп арматуры и хранящимся в базе данных. Характер выявленных отклонений формы огибающей представляет собой:

- периодические колебания с размахом, оцениваемым по разности значений максимального и минимального тока на рабочем ходе;
- неровный ход кривой в виде плавного, либо резкого роста (спада) нагрузки, оцениваемого по величине тренда;
- отличие уровня нагрузки на рабочем ходе при открытии и закрытии (менее или более 20%);
- изменение формы при срыве и затяге запорного органа по сравнению с характерной для данного типоразмера ЭПА и т.д.

Установлено, что для (44%) единиц арматуры форма временного токового сигнала, регистрируемого при выполнении операций «открытие»-«закрытие», отличается от эталонной, построенной для заведомо исправной и работоспособной однотипной арматуры. Но при этом степень и характер выявленных отклонений формы огибающей не может служить поводом для выведения данной арматуры за пределы работоспособности и требует дополнительного углубленного анализа.

Проведен сравнительный анализ результатов многократного повторного диагностирования, который показал, что в большинстве случаев ухудшения технического состояния арматуры за период времени в пределах трех последних лет не выявлено (новых отклонений не зафиксировано, старые сохранились в прежнем объеме) или прослеживается тенденция к незначительному ухудшению по отдельным параметрам в пределах нормы. В отдельных случаях установлено заметное ухудшение по плавности рабочего хода, не выводящее арматуру за пределы работоспособности, но требующее обращения на нее повышенного внимания в ходе эксплуатации. Зафиксировано также некоторое улучшение технического состояния арматуры отдельных технологических позиций в сравнении с 2011г. вследствие своевременно проведенного технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

Ниже приведены статистические результаты обследованной электроприводной арматуры, распределённые по энергоблокам.

Энергоблок № 3:

- арматура, продиагностированная впервые – 63 из 214 ед. (29%);
- арматура без ухудшения технического состояния – 106 из 214 ед. (50%);
- арматура с улучшением технического состояния – 17 из 214 ед. (8%);
- арматура с ухудшением технического состояния – 28 из 214 ед. (13%).

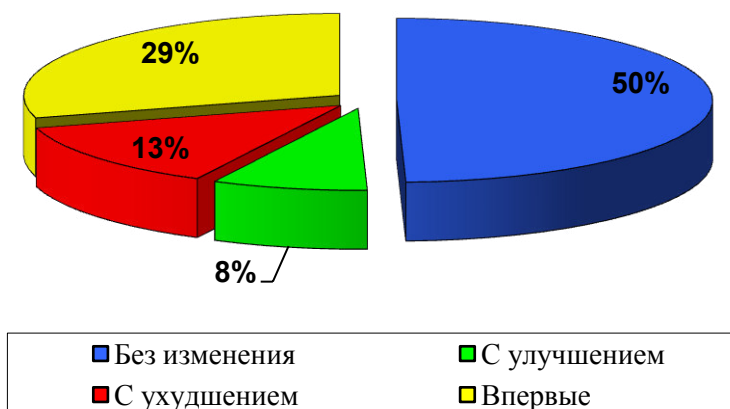


Рис. 1. Классификация ЭПА энергоблока №3 по состоянию

## Энергоблок № 4:

- арматура, продиагностированная впервые – 17 из 157 ед. (11%);
- арматура с улучшением технического состояния – 20 из 157 ед. (13%);
- арматура без ухудшения технического состояния – 74 из 157 ед. (47%);
- арматура с ухудшением технического состояния – 46 из 157 ед. (29%).

Следует так же отметить, что 41 единица арматуры продиагностирована как до, так и после капитального ремонта. В результате анализа этих токовых сигналов было выявлено, что:

- у 5-ти единиц арматуры наблюдается улучшение контролируемых параметров;
- у 16-ти единиц арматуры параметры практически не изменились;
- у 12-ти единиц арматуры (29%) произошло ухудшение контролируемых параметров, что говорит о низком качестве проведённого ремонта.

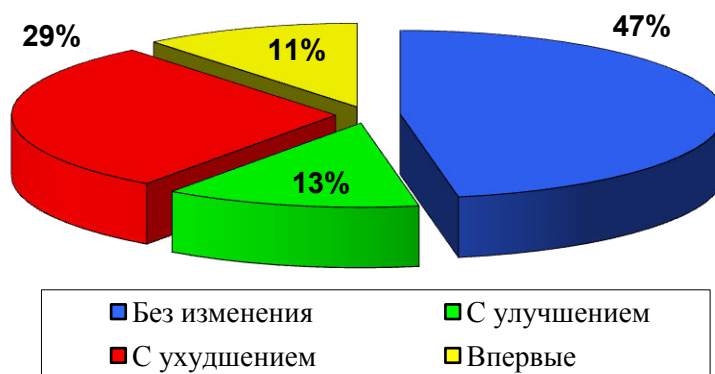


Рис. 2. Классификация ЭПА энергоблока №4 по состоянию

## Энергоблок № 5:

- арматура, продиагностированная впервые – 83 ед. реакторного цеха (РЦ) 63% и 131 ед. турбинного цеха (ТЦ) 40%;
- арматура без ухудшения технического состояния – 44 ед. РЦ (33%) и 149 ед. ТЦ (44%);
- арматура с улучшением технического состояния – 5 ед. РЦ (4%) и 15 ед. ТЦ (5%);
- арматура с ухудшением технического состояния – 36 ед. ТЦ (11%).

По РЦ не выявлено арматуры, техническое состояние которой ухудшилось по результатам диагностирования. Это может быть связано с тем, что 63% арматуры продиагностировано впервые и нет возможности для сравнения.

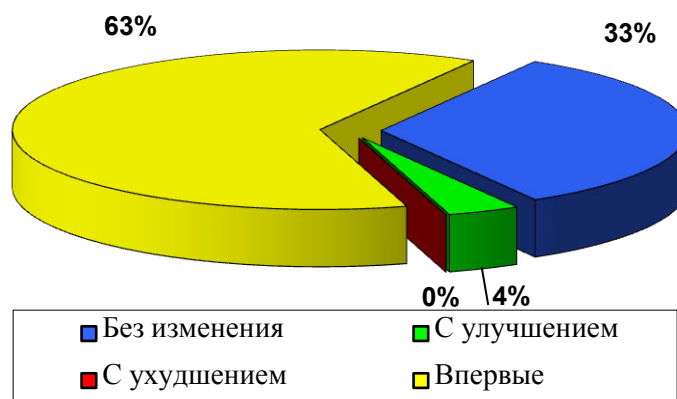


Рис. 3. Классификация ЭПА РЦ-5 по состоянию

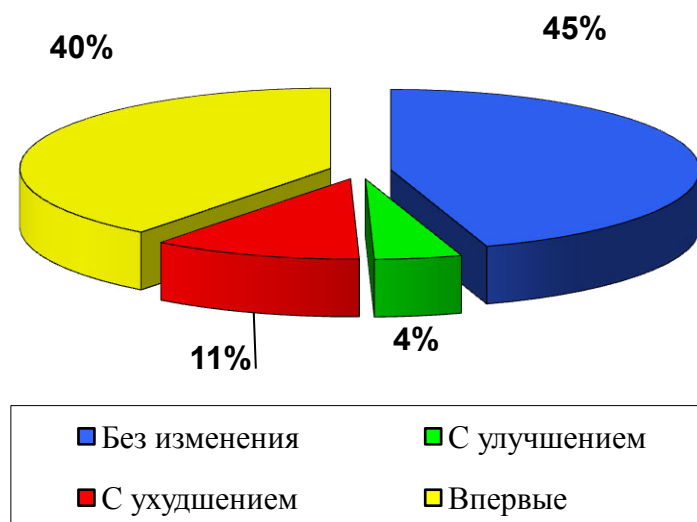


Рис. 4. Классификация ЭПАТЦ-5 по состоянию

Одним из главных критериев отнесения арматуры к той или иной группе являлись закономерности изменений расчетных значений плавности рабочего хода, как определяющего параметра, по результатам неоднократных диагностирований, а также других диагностических параметров. Так же учитывались изменения формы огибающих и характера амплитудно-частотных спектров токового сигнала.

Для арматуры, техническое состояние которой не изменилось в сторону ухудшения, может быть предложено применение процедуры оформления технического решения о продлении межремонтного периода с заменой в предстоящий период регламентного капитального – «К» на текущий – «Т» по фактическому техническому состоянию с отсрочкой проведения ремонта на 2-4 года. К этой группе отнесена арматура, для которой зафиксированы относительно близкие значения плавности рабочего хода в пределах нормы, не претерпевшие значительных изменений за определенный период эксплуатации, с учетом ошибки измерений. Данное решение может быть принято также и в отношении арматуры с улучшением технического состояния, что является следствием своевременно проведенного ТОиР.

Для арматуры с закономерным значительным ухудшением технического состояния в будущем году может быть осуществлена замена регламентного «Т» на «К» по фактическому техническому состоянию. Решение об ужесточении категории ремонта необходимо принять по результатам предремонтного диагностирования. Для арматуры, в отношении которой в 2014 году согласно регламенту запланирован «К», этот вид ремонта сохраняется.

У отдельных технологических позиций арматуры не установлена однозначная закономерность изменения технического состояния, так как ухудшение по одним диагностическим параметрам сопровождается улучшением по другим. Для некоторой арматуры временное улучшение плавности хода по результатам диагностирования в период планово-предупредительного ремонта ППР-2010 после проведения мероприятий ТОиР в 2013 году вновь зафиксировано ухудшение технического состояния. Некоторое ухудшение плавности рабочего хода для отдельных тех. позиций может быть вызвано приработкой арматуры после текущего ремонта.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

### Энергоблок № 3

Результаты диагностирования 2013 года показали, что по состоянию электромеханической части из 214 технологических позиций 212 могут быть признаны работоспособными и функционально пригодными к дальнейшей эксплуатации в составе технологических систем энергоблока №3. Состояние двух технологических позиций оценено как частично работоспособное, требующее внепланового проведения ремонта и послеремонтного диагностирования.

При этом установлено следующее:

- не выявлено отклонений от нормы у 11-ти технологических позиций (5% от общего числа работоспособной арматуры);
- у 40% арматуры зафиксированы небольшие несоответствия диагностических параметров установленным нормам, которые оценены как «незначительные отклонения» в работе отдельных узлов и деталей арматуры, не требующие немедленного проведения мероприятий по ТОиР;
- у остальной арматуры (55%) обнаружены отдельные несоответствия диагностических параметров установленным нормам по времени срабатывания, плавности рабочего хода, соотношениям пусковых и рабочих токов или спектру токового сигнала, также не требующие срочного (внепланового) ремонта. Однако решение о проведении ремонтных мероприятий может быть принято при установлении тенденции к ухудшению технического состояния по результатам неоднократного диагностирования.

### Энергоблок № 4

Результаты диагностирования 2013 года показали, что по состоянию электромеханической части из 157 технологических позиций 155 могут быть признаны работоспособными и функционально пригодными к дальнейшей эксплуатации в составе технологических систем энергоблока №4. Состояние двух технологических позиций оценено, как частично работоспособное. Для этой арматуры, признанной частично работоспособной, рекомендуется провести внеплановую ревизию и повторное диагностирование для уточнения причин выявленных отклонений.

Статистический анализ влияния на арматуру проведенных ремонтных работ вне зависимости от вида ремонта показал, что техническое состояние большей ее части (50-60%) практически не изменилось. Состояние примерно 30-36% арматуры ухудшилось (незначительно, в пределах «нормы», либо существенно – до «не нормы»). И лишь небольшая часть арматуры (13-15%) улучшила свое техническое состояние как после текущего так и после капитального ремонтов.

### Энергоблок № 5

Результаты диагностирования 2013 года показали, что по состоянию электромеханической части вся обследованная арматура в количестве 463 единиц может быть признана работоспособной и функционально пригодной к дальнейшей эксплуатации в составе технологических систем энергоблока 5.

У 59-ти технологических позиций (43 тех. поз. РЦ и 16 тех. поз. ТЦ) не выявлено отклонений от нормы.

## Experience of the Novovoronezhskaya NPP at Diagnostics of EDF

**M.T. Slepov, N.P. Sysoyev**

*Novovoronezhskaya NPP,  
1 Yuzhnaya, Plant zone, Novovoronezh, Voronezh region, Russia 396072  
e-mail: nvnppl@nvnppl.rosenergoatom.ru*

**Abstract** – This research is devoted to the reliable operation of electrodriving fittings (EDF) as one of important factors of NPP safety. In the article long-term experience of inspection of fittings by department of technical diagnostics of the Novovoronezhsky NPP is generalized. For the purpose of diagnosing the current signals of the engines of 832 units of fittings were received when performing the operations "opening" and "closing". Thus, the EDF of blocks №№3,4,5 of Novovoronezhsky NPP was surveyed.

In the analysis of current signals so parameters as the duration of fittings operation, the difference between the duration of opening and the duration of closing, smoothness of a working course and the duration of the general backlash was determined by current. Discrepancy of these parameters to standard values is treated as a sign of malfunction of the equipment. Authors analyze tendencies of change of the condition of the equipment during 2011-2013. For the fittings which technical condition didn't change towards deterioration, change of category of repair with capital on current is offered. For fittings with natural considerable deterioration of technical condition replacement of procedural current control on capital is offered.

*Keywords:* safety of NPP, capital repairs, limit switch, finger-tight moment, moving moment, maintenance, electrodriving fittings.