

*УДК 658.5.011*

*Резанов Дмитрий Алексеевич,  
студент 2 курс магистратуры, факультет «Киберфизических систем»*

*СПбГУАП*

*Россия, г. Санкт-Петербург.*

*Мелентьев Игорь Николаевич,  
студент 2 курс магистратуры, факультет «Киберфизических систем»*

*СПбГУАП*

*Россия, г. Санкт-Петербург.*

*Коробкина Валерия Сергеевна,  
студент 2 курс магистратуры, факультет «Киберфизических систем»*

*СПбГУАП*

*Россия, г. Санкт-Петербург.*

*Тимирзянов Дмитрий Александрович,  
студент 2 курс магистратуры, факультет «Киберфизических систем»*

*СПбГУАП*

*Россия, г. Санкт-Петербург.*

*Научный руководитель: Железняк Иван Николаевич,  
кандидат технических наук, доцент.*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕНЕДЖМЕНТ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ПОСТАВЛЯЕМОГО НА АЭС**

*Аннотация. На современном этапе как первостепенные электрогенерирующие предприятия рассматриваются атомные электростанции. Важная задача – провести работы, которые обеспечат их надежность и безопасность, оптимизируют деятельность АЭС. Если оборудование является надежным, предприятия при эксплуатации не*

создают экологических, экономических и технических проблем. Для АЭС необходимы надежные электроприводы, менеджмент и производство которых на предприятии должны быть качественными, чтобы соответствовать всем требованиям.

**Ключевые слова:** организация, производство, менеджмент, электропривода, оборудование, АЭС.

## **ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF PRODUCTION OF ELECTRIC DRIVES FOR EQUIPMENT SUPPLIED TO NUCLEAR POWER PLANTS**

**Abstract:** *Currently, nuclear power plants remain the main electric generating enterprises. Therefore, carrying out work to ensure their reliability and optimization of operating modes is relevant. Reliable operation of nuclear power plants is an important technical, economic and environmental problem, the solution of which is largely determined by the reliability of equipment, namely, the reliability of electric drives, therefore, competent organization of production and management of electric drives for equipment supplied to nuclear power plants is important.*

**Keywords:** *organization, production, management, electric drive, equipment, NPP.*

В глобальном мире актуальна экологическая повестка. Атомная энергетика – достаточно безопасная для окружающей среды отрасль, при условии, что работа АЭС организована эффективным, рациональным способом. В этом случае вредные выбросы будут минимальны, то есть, углеродный след соответствует нормативам. Статистика свидетельствует, что АЭС по показателю совокупного выброса вредных веществ в атмосферу существенно уступают ТЭС, которые менее безопасны для экологии. Кроме того, АЭС – достаточно дешевый источник электроэнергии. Себестоимость ее

выработки на АЭС ниже, чем на станциях другого типа. Еще одно преимущество АЭС – размещение станций на территориях, которые достаточно близко соседствуют с населенными пунктами, где проживают основные потребители энергии [1].

Ядерная энергетика считается сравнительно безопасной, надежной, однако на станциях ведется постоянный мониторинг за состоянием объектов, чтобы предотвратить потенциальные аварии. Это необходимо, потому что АЭС представляют собой мощную сложноорганизованную техническую систему, для которой гипотетически существуют гипотетические риски нарушения безопасности. Экологическая катастрофа способна разразиться даже в результате локальной аварии на объекте. Соответственно, особенно востребованная на данном этапе атомная энергетика нуждается в разработке и внедрении эффективных технологий, которые также должны быть «зелеными». В этом случае потребители страны удовлетворят потребность в электроэнергии. Наращивание мощностей позволит стабилизировать или снизить спрос на органическое топливо. Структурные подразделения АЭС (от машинного зала, спецкорпуса до реакторного отделения) снабжаются электроприводами [2].

Энергоблоки будут отличаться достаточной маневренностью и надежностью, если специалисты по электрооборудованию организуют систему, связанную с тепловой защитой с помощью электропривода, который является неотъемлемой частью станции [5]. Очевидно, что АЭС нуждаются в особенно защищенных электроприводах, которые успешно прошли испытания на эксплуатацию при перепадах температуры и скачков давления.

На настоящем технологическом этапе используют оборудование нового поколения. Двусторонняя муфта, которая ограничивает крутящий момент, повышает надежность электропривода. Практически исключается угроза взрыва. Еще одна полезная инновация – дистанционное и местное управление, которое осуществляется при помощи запорной арматуры. Подобные

электроприводы могут эффективно работать как в закрытом помещении, так и на открытом пространстве [4].

С помощью данного электропривода осуществляется:

- процедура открытия и закрытия прохода арматуры через пульт управления; при этом есть возможность остановить запорное устройство в нужном месте;

- действия по автоматическому переключению скоростей, чтобы повысить крутящий момент в период, когда совершается уплотнение, возрастает сопротивление при движении задвижек;

- действия по автоматическому отключению двигателя посредством муфты в предельный момент, когда запорное устройство в арматуре доведено до крайнего положения (то есть, закрыто или открыто); эта операция выполняется также, если подвижная часть стала заедать, препятствуя открытию или закрытию;

- электрическая блокировка электропривода в корреляции с другими механизмами и устройствами;

- регулировка предельного значения, которое оборудование может достигнуть в пиковый крутящий момент;

- звуковая или визуальная сигнализация в позициях, когда запор открыт или открыт;

- процедура дистанционного и автоматического управления посредством запорной арматуры;

- процедура местного, дистанционного указания, которое определяет положение запора в арматуре;

- действия по ручному управлению посредством запорной арматуры в периоды, когда электроэнергия отсутствует.

Преимущество электропривода заключается также в том, что его не потребуется переключить. То есть, нет необходимости ручное управление сменять электрическим. Электроприводы управляются в комплексном

режиме. Например, есть возможность управлять приводами в разном количестве. Достаточно только ПК, чтобы произвести данную операцию. Специалисты могут своевременно определять аварийные ситуации, собирать статистику о том, как нарабатываются циклы по срабатыванию устройств. Кроме того, комплекс предлагает возможность считывания информации с дисплея, чтобы понять, в каком положении находится арматура и сам привод. В оборудование встраивают систему мониторинга, которая позволяет диагностировать проблему, защитить двигатель в случае аварии, его перегревании, например, а также в случаях, когда нагрузка достигла предельных значений.

Если говорить об основных стадиях при производстве энергии, то к ним относится процедура по перегрузке топлива. Ее выполняют перегрузочные роботы, которые находятся в условиях излучения. Исполнительные элементы должны быть надежными, только в этом случае перегрузочные манипуляторы качественно выполняют работы. Самая надежная и несложная электрическая машина в данном контексте представляет собой работу асинхронного двигателя, в устройстве которого предусмотрен короткозамкнутый ротор, и отсутствует щеточно-коллекторный узел. Это простое в обслуживании устройство, значительно облегчающее перегрузку.

В связи с чем перегрузочные манипуляторы должны соответствовать высоким требованиям. Электроприводы должны демонстрировать точные динамические показатели, работать без аварий весь срок эксплуатации.

Достаточно неточного позиционирования, чтобы перегрузочный манипулятор столкнулся с неподвижным препятствием. То есть, имеются опасные участки при выполнении работ, которые могут создать аварийную ситуацию. Логично, что, приближаясь к такому участку, манипулятор должен снизить скорость и контролировать захват.

Подъем как рабочая операция также нуждается в контролирующих мероприятиях. Элемент не должен прикипеть к окружающей конструкции [3].

Радиоактивные элементы производства являются риском для возникновения аварийной ситуации. Требуется соблюдение жестких норм, связанных с техникой безопасности, чтобы предотвратить несчастные случаи. Закономерно, что атомная энергетика нуждается в особенно надежном оборудовании. Это глобальная отрасль, которая требует сертифицированного оборудования, которое соблюдает все необходимые нормативы, согласно национальному законодательству:

- электроприводы проверяются и испытываются в лаборатории и подлежат государственной сертификации.

- каждая страна разрабатывает ряд нормативов, которые отвечают местным условиям и требованиям к АЭС.

- стандарт ISO 9001 описывает все необходимые для электроприводов параметры, чтобы оборудование было безопасным.

- оборудование сертифицируется при помощи стандартов IEEE 382-2006, RCC-E, TBE/КВЕ.

- Для станций в РФ характерно применение электроприводов, изготовление которых согласуется с ТУ3791-009-38959426-2016 (SAN/SARN) и ТУ3791-010-38959426-2016 (SAI/SARI), которые фиксируют требования НП 068-05 и предназначаются для устройств, обеспечивающих безопасность, исходя из классов 2-4 по НП-001-97.

- ведомственный сертификат описывает, каким образом необходимо эксплуатировать устройства, какими показателями руководствоваться. Именно качества надежности и долговечности проверяются персоналом станций. Электропривод в настоящее время собирается из вариативного набора комплектующих, чтобы точнее выполнять требуемые производственные задачи. Узлы должны соединяться удобным интерфейсом, с помощью которого можно подключаться, сохраняя эффективность выполнения работ, удобное управление. Узлы и установки – пожалуй, самые важные детали устройства, которые постоянно дорабатываются. Новые

технологии подобного типа должны внедряться оперативно. К примеру, могут встраиваться автоматизированные блоки, где функционируют электродвигатели и редукторы. Именно эти устройства занимаются созданием необходимого крутящего момента, чтобы осуществлять управление каждой задвижкой, заслонкой, каждым краном. Как уже говорилось, управление арматурой может осуществляться в ручном режиме. Регистрация показателей фиксируется приводом. Вся информация поступает в управляющий блок. Собственно, именно с его помощью электродвигатель включается и отключается.

Международный стандарт EN 15714-2 регулирует ряд требований к электроприводу. Автоматизированные системы в настоящий момент используются по всему миру. Безусловно, арматура и ее характеристики – важный компонент, описываемый регламентом. Однако условия, при которых эксплуатация будет эффективной, заслуживают внимания экспертов. Долговечность, бесперебойность оборудования в разрезе каждого узла, элемента обеспечивают безопасность механизма. АЭС рассчитывают, что оборудование прослужит десятки лет. Это объясняет высокие требования к электроприводам.

Организация производства электроприводов для оборудования, поставляемого на АЭС, требует строгого соблюдения стандартов безопасности и качества, а также выполнения всех требований, установленных в соответствующих нормативных документах. Основными этапами организации производства являются:

1. Планирование производства. Необходимо разработать план производства, учитывая требования заказчика и сроки поставки оборудования. План должен содержать информацию о необходимых ресурсах, материалах и оборудовании, а также о количестве производимой продукции.



2. Подготовка производства. В этом этапе необходимо подготовить производственные площади и оборудование, а также обеспечить наличие всех необходимых материалов и комплектующих.

Производство. На этом этапе производится сборка и испытание электроприводов в соответствии с установленными стандартами. Важно соблюдать все технологические процессы и установленные требования безопасности и качества.

3. Контроль качества. После производства каждый электропривод проходит проверку на соответствие требованиям заказчика и нормативным документам. Также необходимо проводить контроль качества на каждом этапе производства.

4. Упаковка и отгрузка. После прохождения контроля качества электроприводы упаковываются и готовятся к отгрузке.

В менеджменте производства электроприводов для оборудования, поставляемого на АЭС, важно учитывать особенности работы на таком объекте и строгие требования к безопасности. Необходимо назначить ответственных за каждый этап производства и контроль качества, а также обеспечить их подготовку и обучение. Также важно проводить регулярный анализ производственных процессов и вносить соответствующие корректировки для улучшения качества продукции и оптимизации затрат.

Организация производства и менеджмент производства электроприводов для оборудования, поставляемого на АЭС, требует высокого уровня профессионализма и ответственности. Важным аспектом является соответствие всех производимых изделий стандартам и требованиям, установленным в отрасли энергетики и атомной энергетики. Необходимо также обеспечить качество и надежность изделий, а также соблюдать все нормы и правила безопасности.

Для достижения этих целей необходимо использовать современное оборудование и технологии производства, а также привлекать



высококвалифицированных специалистов. Рекомендуется также проводить постоянное обучение и повышение квалификации персонала, чтобы обеспечить их готовность к работе на АЭС. Важным аспектом в менеджменте производства является планирование и контроль производственных процессов, а также управление ресурсами. Необходимо эффективно использовать материально-технические ресурсы и оптимизировать производственные процессы для сокращения затрат и повышения эффективности. Кроме того, при производстве электроприводов для оборудования, поставляемого на АЭС, необходимо учитывать особенности работы на АЭС и принимать меры для обеспечения безопасности. Все производственные процессы должны соответствовать установленным нормам и правилам безопасности, а также иметь систему контроля качества.

Работа атомных электростанций обеспечивает выработку энергии для большинства стран мира. В России и других странах планируется развивать атомную энергетику, в связи с чем потребуются возвести новые объекты, блоки. Только в этом случае возрастут мощности и объемы электроэнергии. Новая техника должна отвечать запросам производителей. Оборудование в данной сфере идет эволюционным путем. К примеру, усовершенствуются насосные агрегаты, чтобы улучшить работу каждой реакторной установки. Поэтому нормативы для электродвигателя постепенно трансформируются под нужды заказчиков. Атомная энергетика представляет потенциальную опасность, именно поэтому оборудование для нее создается в соответствии со строгими нормативами.

Организация производства и менеджмент производства электроприводов для оборудования, поставляемого на АЭС, требует высокого уровня профессионализма и ответственности. Важно обеспечить соответствие изделий стандартам и требованиям, установленным в отрасли энергетики и атомной энергетики, соблюдать все нормы и правила безопасности, эффективно использовать материально-технические ресурсы и

оптимизировать производственные процессы. При этом очевидным является тот факт, что главной энергосилой современного производства по-прежнему остается электропривод. Человеческий капитал на производстве является важнейшим фактором эффективности функционирования систем. Специалисты, отвечающие за технический контроль, лаборатории и испытательные центры нуждаются в повышении квалификации. Сотрудники должны быть мотивированными, чтобы отвечать за результаты своей работы, стремиться к достижению определенного качества. Модернизация требуется технологическому оборудованию, чтобы электроприводы совершенствовались, внедрялись автоматизированные системы. Чем инновационнее технологическое оборудование, тем выше производительность, с сохранением качества выпущенного продукта.

#### **Литература:**

1. Алексеев П.Н., Гагаринский А.Ю., Пономарев-Степной Н.Н. и др. Требования к атомным станциям XXI в. // Атомная энергия. - 2000. - Т. ВВ. - Вып. 1. - С. 3-14.
2. Исланова Л.В., Федоров О.В. Экономика и управление оборудованием атомных электростанций // Инновационная наука. 2016. №12-1.
3. Трубецкой В.А., Коровин Е.Н., Разинкин К.А., Поярков Д.В. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод для перегрузочного манипулятора АЭС // Вестник ВГТУ. 2012. №12-3.
4. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследовании автоматизированных электроприводов. Часть 6. - Механическая система электропривода постоянного тока: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2004. - 144с
5. Шевченко В.В., Павленко Т.П. Особенности выбора электродвигателей для технологических объектов энергоблоков АЭС // ЕіЕ. 2013. №3.

6. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Издательство Москва Стандартиформ, 2014

### **Literature:**

1. Alekseev P.N., Gagarinsky A.Yu., Ponomarev-Stepnoy N.N., etc. Requirements for nuclear power plants of the XXI century. // Atomic Energy. - - 2000. - Vol. V. - Issue 1. - pp. 3-14.
2. Islamova L.V., Fedorov O.V. Economics and management of equipment of nuclear power plants // Innovative Science. 2016. No.12-1.
3. Trubetskoy V.A., Korovin E.N., Razinkin K.A., Poyarkov D.V. Asynchronous frequency-controlled electric drive for the NPP overload manipulator // Bulletin of VSTU. 2012. №12-3.
4. Udut L.S., Maltseva O.P., Koyain N.V. Design and research of automated electric drives. Part 6. - Mechanical DC electric drive system: A textbook. - Tomsk: TPU Publishing House, 2004. - 144s
5. Shevchenko V.V., Pavlenko T.P. Features of the choice of electric motors for technological facilities of NPP power units // More. 2013. No. 3.
6. (USSR State standard specification) 21.208-2013 System of design documentation for construction (SPDS). Automation of technological processes. Conventional designations of devices and automation tools in circuits. Publishing House Moscow Standartinform, 2014