

УДК 621.311.25-049.5:006(476)

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

ДРОБОТ С.В., РУСАКОВИЧ В.Н., САЦУК С.М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В работе проведен анализ нормативных правовых документов Республики Беларусь, Федеральных норм и правил Российской Федерации, Требований Государственной инспекции ядерного регулирования Украины и документов МАГАТЭ, устанавливающих требования к системам аварийного электроснабжения атомных электростанций, и даны рекомендации для разработки нормативного документа Республики Беларусь, учитывающего современный опыт проектирования и эксплуатации атомных электростанций.

Ключевые слова: атомная электростанция, система аварийного электроснабжения, ядерная и радиационная безопасность, принцип независимости, принцип единичного отказа, резервирование, принцип разнообразия, отказ по общей причине.

**ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR EMERGENCY POWER SYSTEMS OF NUCLEAR
POWER PLANTS**

SIARHEI V. DROBAT, ULADZIMIR M. RUSAKOVICH, SIARHEI M. SATSUK

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The paper analyzes the regulatory legal documents of the Republic of Belarus, Federal norms and rules of the Russian Federation, Requirements of the State Inspectorate for Nuclear Regulation of Ukraine and IAEA documents establishing requirements for emergency power systems for nuclear power plants, and gives recommendations for the development of a regulatory document of the Republic of Belarus, taking into account modern experience of design and operation of nuclear power plants.

Keywords: nuclear power plant, emergency power system, nuclear and radiation safety, principle of independence, single failure principle, redundancy, principle of diversity, common cause failure.

Введение

Важную роль в обеспечении безопасности атомной электростанции (АЭС) выполняет система аварийного электроснабжения (САЭ), основное назначение которой состоит в снабжении электроэнергией заданного качества электродвигателей, механизмов и другого оборудования систем безопасности АЭС во всех проектных авариях, в том числе в режиме полного обесточивания. Таким образом безопасность АЭС зависит от регулирующих требований к их САЭ, установленных для этапов проектирования и эксплуатации.

В связи с постоянным совершенствованием технологий и научных знаний, накоплением международным сообществом опыта проектирования и эксплуатации АЭС, актуальной является задача проведения сравнительного анализа требований Республики Беларусь и международных подходов в установлении требований к САЭ и обновления регулирующих требований Республики Беларусь с целью обеспечения наивысших реально возможных стандартов безопасности для защиты персонала, населения и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующих излучений при работе АЭС.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в Республике Беларусь действуют нормы и правила в области ядерной и радиационной безопасности, устанавливающие требования к САЭ АЭС, введенные в действие в 2010 г. [1, 2]. За период, прошедший с 2010 г., в Серии норм безопасности МАГАТЭ публикация № SSR-2/1 «Безопасность атомных электростанций: проектирование», устанавливающая проектные требования в отношении конструкций, систем и элементов (компонентов) АЭС, была обновлена дважды – в 2012 и 2016 гг. [3]. Обновилась публикация МАГАТЭ № SSG-34, устанавливающая требования и к системам электроснабжения, важным для безопасности атомных электростанций [4]. Федеральные нормы и правила Российской Федерации, устанавливающие требования к САЭ АЭС, утверждены в 2011 г. [5]. Документ

Украины, определяющий требования к системам электроснабжения, важным для безопасности атомных электростанций, утвержден в 2015 г. [6].

В ходе работы проведен сравнительный анализ перечисленных выше документов, в котором основное внимание уделялось соблюдению основных принципов проектирования и критериев безопасности, определенных в документе МАГАТЭ [3].

Требования по соблюдению принципов независимости и единичного отказа. Документ МАГАТЭ [3], устанавливающий конкретные требования безопасности к проекту АЭС, определяет Требование 21 по соблюдению принципа независимости в системах безопасности. В документе [4, п.5.54, п.5.55, п.7.24, п.7.56 и др.] детализируются требования к системам электроснабжения в части соблюдения принципа независимости. Требование 25 документа [3] определяет необходимость применения критерия единичного отказа в проекте АЭС. В документе [4, п.7.23 – п.7.25 и др.] проводится детализация этого требования в отношении САЭ.

В Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5] требования в части соблюдения принципа независимости определены в пп. 9, 16, 18, 19, 48, 57, а требования по соблюдению принципа единичного отказа не приводятся.

Требования к системам электроснабжения в части соблюдения принципов независимости и единичного отказа при проектировании САЭ определены в Требованиях Государственной инспекции ядерного регулирования Украины [6].

Документы Республики Беларусь [1-2] содержат требования к соблюдению принципа независимости, но для их конкретизации необходимо выполнить ряд уточнений, и не содержат требований к соблюдению принципа единичного отказа в САЭ.

Требования по соблюдению принципа резервирования содержатся в документах Республики Беларусь [1-2], в Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5], в документе Государственной инспекции ядерного регулирования Украины [6].

Требования по соблюдению принципов разнообразия и отказов по общей причине. Документ МАГАТЭ [3] содержит Требование 24, в котором закрепляется необходимость с целью достижения заданной надежности оборудования использовать принцип разнообразия. В документе МАГАТЭ [4, п.5.42-5.51] конкретизируются и детализируются требования к системам электроснабжения в части соблюдения принципа разнообразия.

Требования по соблюдению принципа разнообразия в Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5] не приводятся и отсутствуют в ТНПА Республики Беларусь [1-2].

Требование по использованию принципа разнообразия при проектировании САЭ установлено в документе Государственной инспекции ядерного регулирования Украины [6, п. 5.1.12].

В Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5] приводятся также требования по надежности и соблюдению принципа отказов по общей причине (п. 23), по техническому обслуживанию и ремонту (пп. 27,28). Аналогичные требования установлены в документе Украины [6, п. 2.8, 2.11, 5.1 и др]. ТНПА Республики Беларусь [1-2] также содержат указанные требования.

Требования к аккумуляторным батареям и резервным дизельным электростанциям САЭ. Имеется различие в требованиях к аккумуляторным батареям САЭ, установленных ТНПА Республики Беларусь [1-2] и в документе МАГАТЭ [4, п.7.87-7.95]. В Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5] содержатся требования к типу батарей (п.71), условиям их заряда и подзаряда (п. 73). Украинские требования к аккумуляторным батареям САЭ [6, п. 5.2.12 – 5.2.12] в достаточной степени гармонизированы с рекомендациями МАГАТЭ.

Федеральные нормы и правила Российской Федерации [5] также устанавливают требования к резервным дизельным электростанциям (РДЭС) САЭ. Это относится к типу дизель-генераторов (п. 76), условиям их размещения (пп. 79-81), готовности к пуску (п. 83), технического обслуживания (п. 87). Требования к РДЭС, установленные в документе Украины [6, п. 7.1 – 7.17], практически соответствуют рекомендациям МАГАТЭ. ТНПА Республики Беларусь [1-2] устанавливают требования к РДЭС, которые по ряду пунктов требуют приведения в соответствие к требованиям МАГАТЭ [4, п.7.36-7.48].

Требования безопасности, обусловленные связью с энергосистемой. В документе МАГАТЭ [3] содержится Требование 41, определяющее, что нарушения в работе энергосистемы, в том числе колебания напряжения и частоты сетевого энергоснабжения, не должны угрожать функциональности узлов АЭС, важных для безопасности. Специальное руководство по безопасности МАГАТЭ [4, п. 2.29 – 2.31, п.6.2 – 6.6] детализирует требования к проекту системы электроснабжения АЭС устойчивой к нарушениям в работе энергосистемы.

Федеральные нормы и правила Российской Федерации [5] не устанавливают требований безопасности, обусловленных связью с энергосистемой.

Документ Украины [6, п. 5.3.3 – 5.3.4] устанавливает требования к проекту АЭС по выполнению анализа и определения основных критериев влияния энергосистемы на надежность и безопасность эксплуатации энергоблоков АЭС (вероятность обесточивания АЭС с отказом САЭ и др.), а также принятия дополнительных мер для обеспечения безопасной эксплуатации АЭС.

В НП ЯРБ Республики Беларусь [1-2] отсутствуют какие-либо требования к проектированию САЭ при их энергоснабжении от энергосистемы с нестабильными значениями напряжения и частоты электрической энергии.

Заключение

Проведен сравнительный анализ требований, установленных к САЭ в ТНПА Республики Беларусь [1-2], документах МАГАТЭ [3-4], Федеральных нормах и правилах Российской Федерации [5], Требованиях Государственной инспекции ядерного регулирования Украины [6], и представлены рекомендации для разработки нормативного документа Республики Беларусь, учитывающего современный опыт проектирования и эксплуатации АЭС.

Список литературы

1. НП ЯРБ Общие положения по устройству и эксплуатации систем аварийного электроснабжения атомных электростанций, утвержденные постановлением МЧС Республики Беларусь от 11.05.2010 № 19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/4b3/postanovlenie_mchs_19.pdf (дата обращения: 05.03.2021).
2. НП ЯРБ Правила проектирования систем аварийного электроснабжения атомных электростанций, утвержденные постановлением МЧС Республики Беларусь от 11.05.2010 № 19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/76c/postanovlenie_mchs_19.pdf (дата обращения: 05.03.2021).
3. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Нормы безопасности МАГАТЭ. Конкретные требования безопасности. № SSR-2/1 (Rev. 1) // МАГАТЭ, Вена, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1715_R_1rev1_web.pdf (дата обращения: 05.03.2021).
4. Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards. Specific Safety Guide. No. SSG-34 // IAEA, Vienna, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1673web-53477409.pdf> (дата обращения: 05.03.2021).
5. НП-087-11 «Требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Российской Федерации от 30.11.2011 № 671. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.secnrs.ru/documents/nps/НП-087-11/НП-087-11_conv.pdf (дата обращения: 05.03.2021).
6. НП 306.2.205-2016. Вимоги до систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій. Затверджено наказом Державної інспекції ядерного регулювання України від 24.12.2015 № 234. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0078-16#Text> (дата обращения: 05.03.2021).