

В. В. Левакін, К. М. Єфімова, С. К. Поливода,
В. О. Іюкст

Державний науково-технічний центр з ядерної
та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна

Регулюючі вимоги з ядерної та радіаційної безпеки до систем електропостачання атомних станцій

Розглянуто вимоги нормативно-правового акта НП 306.2.205–2016 та рекомендації міжнародних організацій IAEA, WENRA до систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій. Акцентовано на основних відмінностях НП 306.2.205–2016 від стандартів, які поширювались на систему аварійного електропостачання АЕС (ПНАЭ Г-9-026-90, ПНАЭ Г-9-027-91) та були скасовані в 2016 році.

Ключові слова: атомна станція, дизельні генераторні електро-станції, система електропостачання власних потреб, споживачі систем безпеки, додаткові засоби електропостачання.

В. В. Левакин, К. М. Ефимова, С. К. Поливода, В. А. Июкст

Регулирующие требования по ядерной и радиационной безопасности к системам энергоснабжения атомных станций

Рассмотрены требования нормативно-правового акта НП 306.2.205–2016 и рекомендации международных организаций IAEA, WENRA к системам электроснабжения, важным для безопасности атомных станций. Акцентировано на основных отличиях НП 306.2.205–2016 от стандартов, которые распространялись на систему аварийного электроснабжения АЭС (ПНАЭ Г-9-026-90, ПНАЭ Г-9-027-91) и были отменены в 2016 году.

Ключевые слова: атомная станция, дизельные генераторные электростанции, системы электропитания собственных нужд, потребители систем безопасности, дополнительные средства электроснабжения.

© В. В. Левакин, К. М. Ефимова, С. К. Поливода, В. А. Июкст, 2017

Основні вимоги до системи аварійного електропостачання (САЕ) та її елементів на етапах проектування, монтажу, налагодження й експлуатації до початку 2016 року були регламентовані в ПНАЭ Г-9–026-90 [1], ПНАЭ Г-9-027-91 [2] та документі РД 210.006–90 [3], що визначає правила технологічного проектування атомних станцій (АС), зокрема електротехнічних систем. Розроблені на початку 1990-х, зазначені документи потребували перегляду через потребу врахування досвіду експлуатації важливих для безпеки атомних станцій систем електропостачання і сучасного обладнання, застосування передових технологій, відображення останніх рекомендацій міжнародних організацій (зокрема IAEA, WENRA, WANO) щодо забезпечення надійності постачання електроенергією технологічних систем АС.

Наказом Держатомрегулювання від 24.12.2015 за № 234 (zareestrovаний у Міністерстві юстиції України 16.01.2016 за № 78/28208) затверджено нормативно-правовий акт — НП 306.2.205-2016 «Вимоги до систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій» [4]. У ньому регламентовано вимоги до електротехнічного обладнання систем електропостачання АС, важливих для безпеки, а також основні регулюючі й технічні вимоги до додаткових засобів електропостачання, які мають передбачатися проектом АС для забезпечення окремих споживачів змінним струмом необхідної потужності в разі знеструмлення джерел нормальної експлуатації та відмови системи аварійного електропостачання енергоблока з метою запобігання аваріям (або зменшення їх наслідків) із пошкодженням ядерного палива.

Після введення в дію НП 306.2.205-2016, наказом Держатомрегулювання від 03.03.2016 за № 33 акти колишнього СРСР [1, 2] визнано такими, що не застосовуються на території України. Встановлені в [1, 2] основні регулюючі вимоги до систем аварійного електропостачання АС (вимоги до проектування, побудови, впровадження та експлуатації цих систем), які узгоджувались із сучасними вимогами до САЕ, відображено в НП 306.2.205-2016 окремим розділом, а деякі з цих вимог застосовано до систем електропостачання, важливих для безпеки АС у цілому, з урахуванням впливу на роботу технологічного обладнання ймовірних відмов в системі електроживлення власних потреб нормальної експлуатації.

Основні відмінності НП 306.2.205-2016 від актів СРСР [1, 2]. На відміну від [1, 2], НП 306.2.205-2016 висуває регулюючі вимоги до систем електропостачання, які віднесено до забезпечувальної системи безпеки та її елементів класу 2О і 3О, системи нормальної експлуатації, важливої для безпеки класу 3Н, а також окремі вимоги до зовнішнього електропостачання АС від об'єднаної енергосистеми та додаткових засобів електропостачання, які належать до систем та елементів класу безпеки 4Н за класифікацією НП 306.2.141-2008 [5].

До елементів головної схеми електричних з'єднань АС, що забезпечують електропостачання від об'єднаної енергосистеми, в разі потреби застосовуються та обґрунтовуються в звіті з аналізу безпеки окремі вимоги з ядерної та радіаційної безпеки в проекті АС. Вимогами [4] передбачено, що у проекті АС виконується аналіз й визначаються основні критерії впливу об'єднаної енергосистеми на надійність і безпеку експлуатації енергоблоків АС (ймовірність знеструмлення АС з відмовою САЕ, відключання ліній електропередачі, перехідні електричні процеси під час системних аварій тощо). На підставі проведеного аналізу впливу об'єднаної енергосистеми на надійність і безпеку експлуатації енергоблоків в проекті АС (у разі

потреби) мають впроваджуватися додаткові організаційні та технічні заходи на майданчику АС щодо забезпечення експлуатації енергоблоків (загальноблокові резервні джерела електропостачання, заходи щодо можливості подачі напруги на схему власних потреб від виділеного зовнішнього джерела електроенергії в разі знеструмлення власних потреб і втрати зовнішнього електропостачання від об'єднаної енергосистеми тощо).

Положення НП 306.2.205-2016, які стосуються електропостачання АС від об'єднаної енергосистеми, відображають рекомендації міжнародних стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, що викладені, зокрема, в документах IAEA SSG-34 [6, розділ 6] і SSR-2/1 (rev. 1) [7, Вимога 41].

В окремих пунктах НП 306.2.205-2016 наведено основні регулюючі та технічні вимоги до додаткових засобів електропостачання (мобільні дизельні генератори або інші джерела електроенергії), які треба передбачити в проекті АС на випадок множинних відмов стаціонарних резервних дизельних генераторів у системі аварійного електропостачання. Щоб застосувати додаткові засоби електропостачання, потрібно реалізувати певні конструктивні рішення до існуючого проекту САЕ, які не були передбачені у [1, 2], та врахувати ці рішення у нових проектах АС. Такі зміни в конструкції окремих елементів системи аварійного електропостачання передбачено вимогами до застосування в САЕ комутуючих пристроїв для підключення додаткових засобів електропостачання та забезпечення конструкцією САЕ оперативності доступу до комутаційних пристроїв, їхнього захисту від дії зовнішніх факторів впливу. Важливо дотримуватись вимог до резервування місць підключення додаткових засобів електропостачання та забезпечення їх фізичного розділення. Зазначені вимоги також відображено в НП 306.2.204-2016 [8], що регламентує вимоги до систем та елементів, які призначені для аварійного охолодження ядерного палива та відведення тепла до кінцевого поглиначка.

Вимоги в НП 306.2.205-2016 до наявності в проекті АС не тільки системи аварійного електропостачання, але й додаткових засобів електрозабезпечення, супроводжуються регулюючими вимогами до незалежності (наскільки це практично можливо) та відокремленості елементів САЕ від додаткових засобів. Елементи САЕ та додаткові засоби електрозабезпечення мають бути віднесені до різних рівнів глибокоешелонованого захисту з урахуванням постульованих множинних відмов у системі аварійного електропостачання, про що зазначено в матеріалах звіту робочої групи WENRA RHWG [9]. Ці додаткові вимоги спрямовані на запобігання негативного впливу відмови електрообладнання на безпеку АС та підвищення ефективності захисту АС під час подолання аварії відповідно до міжнародних вимог та рекомендацій IAEA SSR-2/1(rev.1) [7, Вимога 7], WENRA RHWG [9, Урок 04].

До додаткових засобів електропостачання, згідно з [4], застосовуються технічні вимоги з потужності, продуктивності, ступеня готовності, тривалості та безперервності функціонування, а також вимоги з обґрунтування спроможності цих засобів відновлювати аварійні джерела САЕ (зокрема акумуляторні батареї) з урахуванням обмеженості часу, потрібного для підключення до САЕ. Акумуляторні батареї САЕ та додаткові засоби електропостачання, які використовуються для підзарядження цих батарей, мають забезпечувати виконання функцій безпеки протягом 72 год в умовах знеструмлення АС та відмови аварійних дизельних генераторів. До додаткових засобів електропостачання,

відповідно до [4], застосовуються окремі вимоги з ядерної та радіаційної безпеки, які стосуються стійкості обладнання до зовнішніх факторів впливу.

Стислий огляд окремих актуалізованих вимог до систем електропостачання, важливих для безпеки АС, в НП 306.2.205-2016. НП 306.2.205-2016 передбачено застосування вимог з ядерної та радіаційної безпеки до важливих для безпеки систем електропостачання, що забезпечують електроенергією споживачів трьох груп надійності електропостачання згідно з [3], враховуючи необхідність електрозабезпечення обладнання після спрацювання аварійного захисту реактора:

перша група — споживачі змінного та постійного струму, які не допускають (за умов забезпечення безпеки енергоблока АС) перерви електропостачання більш ніж на частки секунди в усіх режимах, охоплюючи режим зникнення напруги змінного струму від робочих і резервних трансформаторів власних потреб, та потребують обов'язкової наявності живлення після спрацювання аварійного захисту (АЗ) реактора;

друга група — споживачі змінного струму, що допускають перерву електропостачання на час, визначений у проекті, виходячи з умов забезпечення безпеки, та потребують обов'язкової наявності живлення після спрацювання АЗ реактора;

третья група — споживачі змінного струму, що допускають перерву живлення на час автоматичного введення резерву та не потребують обов'язкової наявності живлення після спрацювання АЗ реактора.

За НП 306.2.205-2016, обладнання електропостачання, що забезпечує електроенергією споживачів систем безпеки першої та другої груп надійності, належить до елементів забезпечуючих систем безпеки, а решта — до систем нормальної експлуатації. Важливо зауважити, що, відповідно до вимог [4], для споживачів третьої групи та споживачів другої групи в нормальному режимі роботи електрообладнання використовується робоче та резервне електроживлення від трансформаторів власних потреб АС. В аварійному режимі роботи електрообладнання для електроживлення споживачів другої групи, а також споживачів першої групи в усіх режимах передбачено автономні джерела живлення — акумуляторні батареї, автоматизовані дизельні генератори або інші джерела, — якщо це встановлено в проекті та обґрунтовано у звіті з аналізу безпеки.

Окремими проектними рішеннями на діючих енергоблоках до розподільчих пристроїв САЕ, які отримують електроживлення від резервного дизельного генератора, можуть під'єднуватись споживачі, які не належать до систем безпеки. НП 306.2.205-2016 передбачено таку норму з вимогою обґрунтування в проекті АС необхідної надійності виконання функцій САЕ та можливості проведення випробувань системи. Можливість електроживлення споживачів системи безпеки від системи надійного електропостачання нормальної експлуатації обґрунтовується показниками надійності останньої відповідно до загальних положень безпеки [5].

Сучасні системи електропостачання та елементи, які до них входять, відповідно до класу безпеки та функціонального призначення мають виконувати задані функції в умовах впливу природних явищ і техногенних подій, властивих вибраному для спорудження АС майданчику, а також у разі теплових, механічних, хімічних та інших впливів, що можуть виникнути під час аварій на АС.

Ці вимоги до надійності обладнання систем електропостачання, які наведені в НП 306.2.205-2016, рекомендовано ІАЕА в документі [6].

На системи електропостачання, важливі для безпеки, розповсюджуються регулюючі вимоги [4] щодо захисту від несанкціонованого доступу до технічних засобів та програмного забезпечення шляхом реалізації технічних та організаційних заходів. Вимогами також передбачено заходи для захисту обладнання від відмов через загальні причини, запобігання можливим помилковим діям персоналу та послаблення їх наслідків, а проектом систем електропостачання, важливих для безпеки, має бути визначений та обґрунтований обсяг контролю та діагностики стану обладнання, релейного захисту й автоматики та засобів реєстрації.

Враховуючи викладені в НП 306.2.205-2016 вимоги до надійності систем електропостачання, важливо додати, що показники надійності обладнання цих систем мають бути не нижчими за показники надійності систем, які забезпечуються електроенергією з урахуванням класу безпеки та функціонального призначення.

Виходячи з умов безпеки АС, у складі власних потреб передбачено систему аварійного електропостачання, яка забезпечує живлення споживачів систем безпеки електроенергією змінного й постійного струму в усіх режимах експлуатації та під час аварій, пов'язаних із знеструмленням енергоблока АС. За документом [4], до елементів САЕ та системи в цілому застосовуються найбільш жорсткі вимоги до проектування, експлуатації та випробувань.

Сучасними проектами АС забезпечено автоматику та власний захист САЕ, формування засобами САЕ аварійної сигналізації для оператора АС, а також наявність системи самодіагностики САЕ на базі мікропроцесорної техніки та програмованих логічних інтегральних схем, формування архівів інформації, а також передачу даних до загальноблокової інформаційної системи, зокрема для аналізу причин виникнення порушень та розвитку аварійних ситуацій.

У процесі визначення регулюючих вимог до САЕ взято до уваги міжнародні рекомендації, наведені, зокрема, в ІАЕА SSR-2/1(rev. 1, Вимога 68), враховано технічний розвиток електротехнічних засобів та застосовано вимоги до вторинних кіл САЕ (елементи системи, що не використовуються у перетворенні, розподіленні та передаванні електричної енергії), які були визначені в актах СРСР [1, 2].

Документом НП 306.2.205-2016 регламентовано застосування в проекті САЕ вимог до вторинних кіл САЕ, як до елементів інформаційно-керуючих систем (ІКС). Вимоги до елементів вторинних кіл САЕ, з урахуванням класу безпеки пристроїв САЕ, до яких вони належать, та функцій, що забезпечуються цими колами, регламентовані в нормативних актах, які стосуються інформаційно-керуючих систем АС. Елементи вторинних кіл САЕ згідно з вимогами НП 306.2.205-2016 входять до складу забезпечуючої системи безпеки. До цього ж елементи вторинних кіл САЕ, які виконують функції керування пристроями САЕ, віднесені до елементів керуючої системи безпеки. Такі підходи до класифікації, формування регулюючих і технічних вимог стосовно елементів вторинних кіл САЕ та визначення категорії функцій, що виконуються ІКС і електричними системами, узгоджуються з міжнародними нормами, які викладені в документах МАГАТЕ [6, розділ 5] та Міжнародної електротехнічної комісії [10].

Окремі вимоги з надійності електропостачання споживачів систем безпеки в умовах пожежі висуваються в НП 306.2.205-2016 до кабелів електроживлення цих споживачів та кабелів живлення автоматичних систем їх пожежогасіння. Вимоги НП 306.2.205-2016, поряд з вимогами протипожежних норм проектування атомних електростанцій з реакторами ВВЕР до застосування на АС кабелів, які не поширюють горіння, регламентують застосування в САЕ кабелів, стійких до пожежі. Отже для забезпечення виконання функцій безпеки АС, в умовах пожежі з урахуванням визначеної межі вогнестійкості, кабельні лінії електроживлення мають бути спроможними передавати електроенергію споживачам систем безпеки та автоматичним системам їх пожежогасіння.

Загальні підходи до застосування вимог до систем електропостачання, важливих для безпеки АС. Вимоги [4] поширюються на всі АС, що проектується, реконструюються, споруджуються й експлуатуються. Обсяги та терміни приведення систем електропостачання діючих АС у відповідність до цих вимог обґрунтовуються експлуатуючою організацією в кожному конкретному випадку й узгоджуються з Держатомрегулювання, про що зазначено в окремій нормі НП 306.2.205-2016. У вимогах [4] передбачено, що в разі наявності відступів від норм та правил з ядерної та радіаційної безпеки, які затверджені Держатомрегулювання, експлуатуюча організація повинна здійснювати їх погодження у встановленому порядку, як цього потребують загальні положення безпеки атомних станцій [5].

На даний час для виготовлення та випробувань технічних засобів систем електропостачання АС застосовуються вимоги до електротехнічного обладнання, які визначені в певних стандартах колишнього СРСР, що діють в Україні. НП 306.2.205-2016 встановлює регулюючі та окремі технічні вимоги до систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій, а загальні технічні вимоги до технічних засобів та систем у цілому, які залежать від класифікаційної належності обладнання, треба узагальнити в стандарті, що знаходиться на нижчому рівні ієрархічної структури документів (наприклад, стандарт експлуатуючої організації). Таким чином, дотримання загальних технічних вимог під час проектування та виготовлення елементів систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій, вимог до їх приймання, випробувань та експлуатації забезпечуватиме відповідність обладнання регулюючим вимогам, встановленим у НП 306.2.205-2016.

Висновки

Нормативно-правовий акт НП 306.2.205-2016 значною мірою удосконалює нормативну базу з ядерної та радіаційної безпеки України та гармонізує її з вимогами та рекомендаціями, що визначені в документах Асоціації регуляторів країн Західної Європи, керівництвах і стандартах з безпеки МАГАТЕ, які стосуються систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій.

НП 306.2.205-2016 призначений для використання ліцензіатами, які проводять діяльність з проектування та експлуатації систем електропостачання, важливих для безпеки АС, та Держатомрегулювання з метою державного регулювання безпеки атомних станцій.

Список використаної літератури

1. ПНАЭ Г-9-026-90. Общие положения по устройству и эксплуатации аварийного электроснабжения атомных станций. М. : Комитет СССР по госнадзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике, 1991. 9 с.
2. ПНАЭ Г-9-027-91. Правила проектирования систем аварийного электроснабжения атомных станций. М. : Комитет СССР по госнадзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике, 1991. 12 с.
3. Правила технологического проектирования атомных станций (с реакторами ВВЭР) (п. 5.3 СППНАЭ-87) : РД 210.006-90. М. : М-во атомной энергетики и промышленности СССР, 1990. 196 с.
4. НП 306.2.205-2016. Вимоги до систем електропостачання, важливих для безпеки АЕС. Офіційний вісник України № 10 від 12 лютого 2016 року.
5. НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій. К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2008. 35 с.
6. SSG-34 Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants. Vienna : IAEA, 2016.
7. Safety of nuclear power plants: design. Specific Safety Requirements № SSR-2/1. Vienna : IAEA, 2012. 91 p.
8. НП 306.2.204-2016. Вимоги до систем аварійного охолодження ядерного палива та відведення тепла до кінцевого поглиначя. Офіційний вісник України, № 10 від 12 лютого 2016 року.
9. WENRA. Report : Safety of new NPP designs. Study by Reactor Harmonization Working Group RHWG, March 2013.
10. IEC 61226. Nuclear power plants — Instrumentation, control and electrical systems important to safety — Categorization of functions and classification of systems. (45A/1018/CD).

References

1. PNAE G-9-026-90. General Provisions on Arrangement and Operation of Emergency Power Supply of Nuclear Power Plants [Obshchiie polozheniia po ustroistvu i ekspluatatsii avariinogo elektrosnabzheniia atomnykh stantsii], Moscow, USSR Committee on the State Oversight of Safe Conduct of Activities in Industries and Nuclear Power Engineering, 1991, 9 p. (Rus)
2. PNAE G-9-027-91. Rules for Design of Emergency Power Supply Systems for Nuclear Power Plants [Pravyla proektirovaniia sistem avariinogo elektrosnabzheniia atomnykh stantsii], Moscow, USSR Committee on the State Oversight of Safe Conduct of Activities in Industries and Nuclear Power Engineering, 1991, 12 p. (Rus)

3. RD 210.006-90. Rules for Technological Design of Nuclear Power Plants (with VVER) (para. 5.3, SPPNAE-87) [Pravila tekhnologicheskogo proektirovaniia atomnykh elektrostantsii (s reaktorami VVER) (para. 5.3, SPPNAE-87)], Moscow, Ministry for Atomic Energy and Industry, USSR, 1990, 196 p. (Rus)
4. NP 306.2.205-2016. Requirements for Power Supply Systems Important to Safety of Nuclear Power Plants [Vymohy do system elektropostachaniia, vazhlyvykh dlia bezpeky AES], Official Journal of Ukraine, No. 10 dated 12 February 2016. (Ukr)
5. NP 306.2.141-2008. General Safety Provision for Nuclear Power Plants. [Zahalni polozhennia bezpeky atomnykh stantsii], Kyiv, State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, 2008, 35 p. (Ukr)
6. SSG-34. Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants, Vienna, IAEA, 2016.
7. Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements No. SSR-2/1, Vienna, IAEA, 2012, 91 p.
8. NP 306.2.204-2016. Requirements for Systems of Nuclear Fuel Emergency Cooling and Heat Removal to Ultimate Heat Sink [Vymohy do system avariinoho okholodzhennia yadernoho palyva ta vidvedennia tepla do kintsevoho pohlynacha], Official Journal of Ukraine, 2016, No. 10. (Ukr)
9. WENRA Report, Safety of New NPP Designs, Study by Reactor Harmonization Working Group RHWG, March 2013.
10. IEC 61226. Nuclear Power Plants – Instrumentation, Control and Electrical Systems Important to Safety, Categorization of Functions and Classification of Systems (45A/1018/CD).

Отримано 24.02.2017.