

Как видно из графиков рисунок 4, при напряжении выше напряжения точки перегиба зависимости $Q(U)$, полиномы (1) в точности описывают поведение нагрузки.

Выводы:

1. Статические характеристики нагрузки не остаются постоянными, а искажаются в различных точках радиальной электрической сети по мере удаления от узла нагрузки.
2. При напряжениях ниже напряжения точки перегиба $Q(U)$ искажается сама параболическая форма статических характеристик.
3. Использование квадратичных полиномов в качестве статических характеристик нагрузки корректно только при напряжениях, больших напряжения точки перегиба зависимости $Q(U)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети / В.И. Идельчик. – М: Альянс, 2009. – 592 с.
2. Yamashita, K., Djokic, S., Matevosyan, J., Resende, F. O., Korunovic, L. M., Dong, Z. Y., & Milanovic, J. V. (2012). Modelling and aggregation of loads in flexible power networks - scope and status of the work of CIGRE WG C4.605. Paper presented at the IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 8(PART 1) 405-410.
3. Гуревич, Ю.Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей / Ю.Е. Гуревич, Л.Е. Либова. – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008. – 248 с.
4. В.Г. Неуймин. Программный комплекс «RastrWin3». Руководство пользователя. 29.08.2012. / В.Г. Неуймин, Е.В. Машалов, А.С. Александров, А.А. Багрянцев. URL: http://www.rastrwin.ru/download/Files/HELP_RastrWin3_29_08_12.pdf (дата обращения 12.09.2015).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ РАО

Бородай А.Ю., Таракаенко П.В., Кнышев В.В., Беденко С.В.,
Клюкин Н. М., Кузнецов Е. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Развитая энергетика — необходимое условие для существования сильного независимого государства. В условиях современной нестабильной внешнеполитической обстановки очень важно, чтобы энергетика страны не зависела от импортных поставок.

Теплоэнергетика не может полностью покрывать все энергетические потребности Российской Федерации, т.к. данный вид энергетике сильно загрязняет окружающую среду и быстро расходует ценные ресурсы, необходимые для химической промышленности. Гидроэнергетика так же не сможет покрыть все потребности государства с огромной территорией, развитой промышленностью при небольшом количестве рек с сильным течением.

Развитие атомной промышленности способно укрепить энергетику нашей страны. В России есть значительные запасы урана, ядерное топливо может быть многократно использовано после химической переработки и повторного обогащения, суммарные

объёмы отходов с атомных станций значительно ниже объёмов отходов с тепловых станций.

При переработке использованного ядерного топлива выделяется значительное количество ВАО (высокоактивные отходы). Ежегодно требования по транспортировке и хранению радиоактивных отходов ужесточаются благодаря различным российским и международным организациям, при этом развитие атомной промышленности приводит к увеличению объёмов ВАО. В совокупности эти два фактора приводят к тому, что требуется постоянное совершенствование контейнеров транспортировки и хранения ВАО. При этом надо учитывать, что технологии улучшения не должны снижать экономическую эффективность атомной промышленности в целом.

Использование современных контейнеров в сочетании с технологией СВС для иммобилизации ВАО может усилить их защитные характеристики, что положительно скажется на длительности их эксплуатации при незначительном удорожании всей технологии транспортировки/хранения.

Рынок контейнеров для транспортировки РАО достаточно разнообразен, созданием подобных контейнеров занимаются как профильные предприятия, так и предприятия с широкой специализацией в области обслуживания атомного комплекса страны. Например, ОАО «345 механический завод» в сотрудничестве с ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» и ЗАО «ЭКОМЕТ-С» работают исключительно в сфере обслуживания РАО, в то время как ООО «НТЦ «ИНТЭК» занимается практически любыми перспективными технологиями в различных областях обслуживания атомного комплекса.

ОАО «345 механический завод» в сотрудничестве с ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» выпускают контейнеры НЗК-150-1,5П (базовая модель), КРАД-1,36, КО-1340 (самая дорогая и наиболее защищенная модель). ЗАО «ЭКОМЕТ-С» выпускает КТБН-3000 (базовая модель), УКТН-24000 (значительно более дорогая и защищённая модель). ООО «НТЦ «ИНТЭК» выпускает НЗК МР и НЗК I-III (базовые модели), КМ РАО 2.8 (значительно более дорогая и защищённая модель) [1-3].

Примерами зарубежных компаний, предоставляющих контейнеры для РАО, могут быть шведская компания The Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (Svensk Kärnbränslehantering Aktiebolag) и американская компания AREVA. Однако вариант рассмотрения сотрудничества с зарубежными компаниями не прорабатывался, т.к. во-первых предприятия российского рынка технологически более приспособлены под работы в родной стране, во-вторых работа с зарубежными предприятиями в данной сфере может быть ограничена действующим законодательством [4, 5].

Цель работы – создание расчетной модели, в которой можно быстро перебрать возможные варианты усиления защиты базовых контейнеров с помощью использования СВС-материалов, иммобилизующих РАО. Для создания расчетной 3D-модели будет использован верифицированный расчетный код программы MCU5 [6].

С помощью программного пакета MCU5 была построена модель контейнера типа НЗК-150-1,5П. Заполнение части внутреннего объёма ($1,3 \text{ м}^3$) порошками карбида бора до уровня высокозащищённого контейнера КО-1340 ($0,2 \text{ м}^3$) позволило повысить защитные параметры НЗК-150-1,5П в несколько раз (см. Табл. 1).

При аналогичном заполнении порошком боридом вольфрама защитные характеристики НЗК-150-1,5П превысили некоторые характеристики КО-1340 (см. Табл. 2).

Таблица 1. Использование карбида бора

Тип контейнера	Альфа-излучение, %	Бета-излучение, %	Гамма-излучение, %	Нейтронное излучение, %
НЗК-150-1,5П	42,6	74,5	87,2	97,1
НЗК-150-1,5П с карбидом бора	12,8	56,3	79,6	0,4
КО-1340	0,2	0,5	1,5	2,1

Таблица 2. Использование борида вольфрама

Тип контейнера	Альфа-излучение, %	Бета-излучение, %	Гамма-излучение, %	Нейтронное излучение, %
НЗК-150-1,5П	42,6	74,5	87,2	97,1
НЗК-150-1,5П с боридом вольфрама	0,6	1,7	4,3	0,7
КО-1340	0,2	0,5	1,5	2,1

Для определения наиболее технологичной, дешёвой и эффективной порошковой смеси для СВС в ФТИ ТПУ на кафедре ФЭУ проводятся научные эксперименты на исследовательской установке. На основании данных, полученных в этих исследованиях, будут моделироваться варианты использования других иммобилизационных материалов. Модель позволяет подобрать наиболее соответствующую требованиям заказчика порошковую смесь для иммобилизации РАО методом СВС. Так же возможны варианты моделирования других моделей контейнеров.

Для контейнеров типа НЗК-150-1,5П, с толщиной стальных стенок порядка 50 мм, вариант предварительной упаковки ВАО в СВС-матрицу может значительно усилить его защитные характеристики. При этом при использовании технологии предварительной иммобилизации методом СВС в промышленных масштабах, затраты на приобретение печи для СВС и порошковых материалов очень быстро окупятся за счет использования более дешевых базовых контейнеров.

Предварительные экономические оценки показывают, что одному контейнеру КО-1340 за 1,36 млн рублей может быть эквивалентен контейнеру НЗК-150-1,5П за 71,1 тыс. рублей, если ВАО предварительно подвергнуть иммобилизации методом СВС с использованием борида вольфрама [7]. Использование данной технологии позволит оставаться атомной энергетике перспективной и выгодной, что положительным образом скажется на эффективности всей энергетики Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.М.Гатауллин, Н.Н. Давиденко, Н.В. Свиридов, В.Т. Сорокин, И.А. Медеяев, Н.Н. Перегудов. Контейнеры для радиоактивных отходов низкого и среднего уровней активности. – М.: Логос, 2011. – С. 31–37.
2. А.С. Баринов, А.С. Волков, С.М. Лашёнов, В.Т. Сорокин Контейнеры для радиоактивных отходов от низкого до высокого уровней активности – М.: Логос, 2012. – С. 22–25.
3. Контейнеры защитные невозвратные для радиоактивных отходов из конструкционных материалов на основе бетона. Общие технические требования. ГОСТ Р 51824-2001.
4. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов. НП-053-04. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору,

2004.

5. Рекомендации по установлению критериев приемлемости кондиционированных радиоактивных отходов для их хранения и захоронения. РБ-023-02. Утверждены постановлением Госатомнадзора РФ от 10 января 2002 г. № 1
6. D.S. Oleynik, D.A. Shkarovskiy, E.A. Gomin, et al, “The status of MCU-5” // Physics of Atomic Nuclei. – 2012. – № 14. – С. 1634-1646
7. Нассонов Г.П., Нечаев А.Ф. Экономические аспекты «обезвреживания» радиоактивных отходов // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2014. – № 24 (50). – С. 21-22

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА БАЗЕ ГТУ–ТЭЦ В РОССИИ

Корольков Д. П., Будько А. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Основной тенденцией развития электроэнергетики в мире является увеличение децентрализованных источников питания, связанных, прежде всего с тем, что данное направление имеет большой потенциал для повышения производительности и улучшения качества жизни для всех. Выражается данная тенденция путем использования технологий «распределенной генерации» [1].

Внедрение распределенной генерации несомненно является одним из перспективным направлением развития электроэнергетики, позволяющим справиться с ростом нагрузки в крупных городах и мегаполисах. Такое направление позволяет снижать перетоки активной и реактивной мощностей по распределительным сетям 6-220 кВ, что дает значительные преимущества в виде отсутствия необходимости в проведении реконструкции распределительных сетей и трансформаторных подстанций (отсрочка в проведении реконструкции) с целью увеличения пропускной способности линий электропередачи и мощности силовых трансформаторов [2].

Приведем основные достоинства и положительный вклад внедрения технологии «распределенной генерации» таблица 1 [3].

Таблица 1. Положительный вклад распределенной генерации

Элементы влияния РГ	Экономия стоимости энергии	Экономия потерь в сетях и сетевых перегрузок	Отсрочка инвестиций в генерацию	Отсрочка инвестиций в сетевое хозяйство	Повышение надежности	Рост качества электроэнергии
Срезание пиков нагрузки	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поставка системных услуг Операционные резервы Регулирование Запуск с нуля Реактивная мощность	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Аварийные резервы	Да	Да	–	–	Да	Да