

С.В. Кочергин, А.В. Кобелев, Н.А. Хребтов

Актуальные вопросы моделирования развития электроэнергетических систем

Topical issues of modeling the development power systems

Аннотация, abstract: Статья посвящена вопросам современного состояния электроэнергетических систем и поиску новых методов их анализа.

The article is devoted to the current state of electric power systems and the search for new methods of analysis.

Авторы, authors: Кочергин С.В. – Тамбовский государственный технический университет, кандидат технических наук, заместитель директора лаборатории «Качества электрической энергии»;

Кобелев А.В. – Тамбовский государственный технический университет, кандидат технических наук, директор лаборатории «Качества электрической энергии»;

Хребтов Н.А. – Тамбовский государственный технический университет, аспирант, инженер лаборатории «Качества электрической энергии».

Kochergin, Sergei – Tambov State Technical

University, Ph.D., deputy director the laboratory «Power quality»;

Kobelev, Alexander – Tambov State Technical University, Ph.D., director of the laboratory «Power quality»;

Khrebtov, Nikita – Tambov State Technical University, a graduate student, engineer, laboratory «Power quality».

Ключевые слова, keywords: моделирование, электроэнергетические системы

simulation, power systems

УДК 621.31

Современные электроэнергетические системы представляют собой высокоразвитые системы с многоуровневой иерархической структурой. [1] Большая часть оборудования которой досталось энергетическим компаниям в наследство от предыдущей социалистической системы и в значительной степени физически изношено. Энергетические компании, являясь частными, самостоятельно выби-

рают политику реформирования и развития своей отрасли. Однако принятие решения о развитии в том или ином направлении должно носить комплексный взвешенный подход. В настоящее время компании закупают надежное высокотехнологическое оборудование в надежде на бесперебойную поставку электроэнергии по системам. Однако одним из важных следствий объединения элементов в систему является появление у последней таких системных свойств, которых нет у образующих ее элементов. При объединении элементов в систему они приобретают иные качества, которых нет у этих элементов, находящихся в изолированном состоянии. Это легко установить на примере энергосистемы и ее элементов – электрических станций, подстанций, линий электропередачи. В частности, свойство системы осуществлять одновременно и взаимосвязано процессы производства, передачи и распределения электроэнергии присуще системе, но не отдельным ее элементам. Сами же эти элементы выполняют в системе функции и приобретают отдельные свойства, которых нет при их изолированном рассмотрении.

Таким образом, надежда насытить свою систему дорогостоящим высокотехнологичным оборудованием не позволит достичь ожидаемого результата. Только научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и (или) альтернативных путях, сроках их осуществления, а также живучести при функционировании в режиме экстремальных нагрузок, быстрого роста абонентов – потребителей того или иного вида продукта, передаваемого по данным сетям системы позволит найти оптимальное решение. [2,3]

Проблема живучести заслуживает особого рассмотрения в связи с авариями, ведущими к

исключительно серьезным последствиям. Тяжелый режим чаще всего возникает при выходе из работы отдельных линий или станций, в результате чего в системе устанавливаются состояния с непредвиденной топологией и перетоками мощности. Последствия от таких режимов должны быть изучены и учтены с целью обеспечения как надежной, так и экономичной работы объединения. Их исследование в настоящее время осуществляется путем моделирования большого множества системных аварий в межсистемных связях. [2]

Надежность и эффективность функционирования электрических систем неразрывно связаны с поддержанием качества электрической энергии.

Дело в том, что для электропитания современного оборудования все чаще используются встроенные импульсные источники питания, представляющие собой нелинейные нагрузки, сопротивление которых изменяется с течением времени. Ток, потребляемый этими источниками, имеет ярко выраженный импульсный характер. Это объясняется схемными особенностями импульсных источников питания, а именно наличием сетевого выпрямителя (диодного моста) и сглаживающего емкостного фильтра. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вентили диодного моста скачкообразно меняют свое сопротивление от бесконечности до определенного малого значения. Подобный характер изменения сопротивления вентиля равносильен включению или отключению им нагрузки. Таким образом, периодическое включение и отключение приводят к появлению коротких импульсов потребляемого тока и искажению формы кривой синусоидального тока (появлению гармоник).

К последствиям гармоник тока, снижающим надежность электроэнергетических систем можно отнести [4,5]:

- перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий;
- дополнительные потери в силовых трансформаторах (вплоть до выхода из строя);
- ложное срабатывание предохранителей и автоматических выключателей;
- повышенный износ, вспучивание и преждевременное разрушение конденсаторов установок компенсации реактивной мощности;
- ускоренное старение изоляции проводов и кабелей;
- сбой в работе и физический выход из строя вычислительных систем;
- преждевременный выход из строя электродвигателей;
- резонансные явления в системах электрооборудования;
- снижение коэффициента мощности электроустановок.

Решение этой проблемы не возможно без моделирования питающих сетей, позволяющего производить глубокий анализ сложных процессов распространения гармоник в сетях.

Основной круг вопросов, составляющих содержание этой проблемы, сводится к следующему:

- оценка электромагнитной совместимости источников высших гармоник и других нагрузок, т. е. влияния гармоник на электроустановки, и возникающего при этом экономического ущерба;
- количественная оценка высших гармоник тока, генерируемых различными нелинейными нагрузками, и прогнозирование значений

высших гармоник тока и напряжения в электрических сетях;

- снижение уровней высших гармоник.

Выяснено [6], что коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (K_U) является случайной величиной, зависящей от многих случайных факторов, связан с полем событий, характеризуется таблицей вероятностей:

$$\begin{pmatrix} K_{U_1}; K_{U_2}; K_{U_3}; \dots; K_{U_n} \\ P_1; P_2; P_3; \dots; P_n \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $K_{U_1}, K_{U_2}, K_{U_3}, \dots, K_{U_n}$ – различные значения в течение суток коэффициента $K_U, \%$; $P_1; P_2; P_3; \dots; P_n$ – вероятности появления значений этого коэффициента.

Однако следует также учитывать и различать гармоники в установившихся режимах, когда форма кривой не изменяется, и гармоники в переходных режимах, когда форма кривой существенно меняется от цикла к циклу. Экспериментальные исследования появления гармоник и их анализ в переходных режимах указывают на специфическую природу этих процессов в электрических сетях, не укладывающихся в традиционные рамки известных случайных моделей. Это затрудняет понимание механизма распространения гармоник тока и напряжения в электрических сетях. Известно, что динамика многих детерминированных нелинейных систем не поддается описанию в терминах классических колебательных систем, но и не является случайной, стохастичной. Важным является и то, что взаимная зависимость элементов электрических систем приводит к немарковости случайных процессов, протекающих в них. Для адекватного описания таких процессов и систем необходимо использования специальных методов, например – фрактального анализа. Характерным для описания этих процессов

являются обнаруженные свойства самоподобия или масштабной инвариантности статистических характеристик.

Литература

1. Димо П. Узловой анализ электрических систем. Пер. с фр. под ред. В. А. Веникова. – М.: Мир, 1973.
2. Арзамасцев Д.А. Введение в многоцелевую оптимизацию энергосистем. – Свердловск: Изд. УПИ, 1984. – 82 с.
3. Синтез и анализ живучести сетевых систем: монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 152 с.
4. О. Григорьев, В. Петухов, В. Соколов, И. Красилов. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники. №1(19) 2003.
5. А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, А.В. Бакулин, Н.А. Хребтов, В.В. Павлинов. «Анализ высших гармоник напряжения и тока при использовании компактных люминесцентных ламп». «Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Издательство ТГТУ; Тамбов, 2011, № 3 (34).
6. Ордабаев М.Е. Повышение электромагнитной совместимости в системах электроснабжения при гармоническом воздействии. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2009.