

гионах с различной стоимостью сырья, топлива и готовой продукции оценки одних и тех же технологий и систем будут различны. Поэтому, отбросив субъективные предпочтения, подходить к решению этого вопроса надо как к многокритериальной задаче.

В своей работе НПО "Автоматика" и при проектировании систем автоматизации, электроосвещения, электрического и теплового снабжения теплиц и котельных, и при создании программно-технических комплексов автоматического контроля и управления, щитов управления и распределения, и при проведении монтажных и наладочных работ руководствуется критериями качества, надежности и удобства эксплу-

атации. Создаваемые и внедряемые системы должны, снимая старые проблемы, не создавать новые, а разгружать пользователя, позволять ему акцентировать свое внимание на новых задачах и двигаться вперед.

Автоматизированные сотрудниками НПО "Автоматика" тепличные комплексы и отдельные подсистемы находятся в г. Малоярославце, Калужской области, г.г. Брянске, Воронеже, Казани, Москве, Екатеринбурге, Челябинске, Оренбурге, Новосибирске, Омске и др. городах России, а также в Беларуси, Украине, Казахстане. Это теплицы для выращивания, овощей, зеленых культур, цветов, рассады, грибов и пр.

*Рыков Анатолий Николаевич — канд. техн. наук, ген. директор Научно-производственного объединения "Автоматика".
Контактные телефоны/факсы: (48431) 249-04, 249-05.
Http:// www.optimalsystems.ru E-mail: optimalsystems@kaluga.ru*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСКАЖЕНИЯ В АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

М.А. Румянцев, Г.Н. Козлова, Х.А. Доай (СПГУВК)

Рассматриваются методы, позволяющие повысить экономию, снизить потери и улучшить качество распределения и регулирования электроэнергии в автономных электроэнергетических системах интеллектуальных зданий.

Все чаще при проектировании и модернизации зданий уделяют внимание так называемым интеллектуальным системам жизнеобеспечения, главной задачей которых является уменьшение расходов при эксплуатации зданий. Решение одной из основных задач таких систем направлено на снижение потерь и улучшение качества при распределении и регулировании электроэнергии.

К оборудованию, используемому при решении поставленных задач, применяются специфические требования: минимальные масса и габариты, качество электроэнергии, высокая надежность и простота обслуживания. Этим требованиям удовлетворяют автономные электроэнергетические системы (ЭЭС) со статическими преобразователями. Из всего многообразия статических преобразователей экономически целесообразно использовать непосредственный преобразователь частоты (НПЧ).

Внедрение тиристорных НПЧ в автономные ЭЭС ограниченной мощности связано с необходимостью решения ряда задач, одной из которых является определение влияния НПЧ на искажения напряжения питающей сети [1].

Известные методы расчета искажений напряжения применимы для отдельных вариантов силовых схем и определенных режимов работы НПЧ. Наиболее универсальным является метод, основанный на описании электромагнитных процессов ЭЭС с НПЧ дифференциальными уравнениями, решении последних при помощи ПК и получении мгновенных значений напряжения с последующим гармоническим анализом. Этот метод позволяет проводить расчет искажений кривой напряжения ЭЭС с НПЧ при различных силовых схемах преобразователя, однако требует применения специальных программ.

Рассмотрим метод расчета коэффициента искажения k_u синусоидальности кривой напряжения в системе, состоящей из синхронного генератора (СГ) и НПЧ, в виде полиномиальных зависимостей от выбранных параметров системы, полученных на основе вычислительного эксперимента с применением обобщенного критерия наименьших квадратов. Указанный подход дает возможность производить достаточно точно оперативный расчет k_u .

Рассматривается трехфазно-шестипульсный НПЧ с раздельным управлением тиристорными группами в функции тока нагрузки при синусоидальном законе формирования кривой выходного напряжения преобразователя. Расчет k_u согласно плану эксперимента проводился по математической модели системы СГ-НПЧ.

Предлагаемый способ позволил разработать унифицированные полиномиальные зависимости для определения искажений напряжения в автономных системах с трехфазно- m_2 -фазным ($m_2-1, 3, 6$ - число фаз нагрузки преобразователя) шести- или двенадцатипульсным НПЧ при синусоидальном или прямоугольном законах формирования кривой выходного напряжения.

Анализ электромагнитных процессов, протекающих в системе СГ-НПЧ при соизмеримости мощности СГ и НПЧ, показал, что в качестве факторов, определяющих величину k_u , могут быть приняты следующие параметры:

$$x_r = \frac{x_d'' + x_q''}{2}$$

— расчетное сопротивление генератора, где x_d'' , x_q'' — сверхпереходные сопротивления СГ по продольной и

Наука не сводится к сумме фактов, как здание не сводится к груде камней.

Анри Пуанкаре

поперечной осям, о.е. (относительных единиц); u_k – напряжение короткого замыкания входного трансформатора НПЧ;

$$\lambda = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых-макс}}}$$

– глубина регулирования выходного напряжения НПЧ, где $U_{\text{вых}}$ – амплитуда основной гармоники выходного напряжения НПЧ в расчетном режиме; $U_{\text{вых-макс}}$ – амплитуда основной гармоники выходного напряжения НПЧ в режиме холостого хода при максимально открытых тиристорах;

$$N = \frac{f_1}{f_2}$$

– соотношение частот напряжения на входе f_1 и выходе f_2 НПЧ; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки НПЧ при задаваемой частоте выходного напряжения преобразователя;

$$S = \frac{S_{np}}{S_{cm}}$$

– относительная полная мощность преобразователя, о.е., где S_{np} – полная потребляемая мощность НПЧ в расчетном режиме, кВт; S_{cm} – полная номинальная мощность генератора, кВА.

Применительно к рассматриваемой ЭЭС были выбраны следующие диапазоны изменения параметров: $x_T = 0,1 \dots 0,3$, о.е.; $u_k = 0,005 \dots 0,1$; $\lambda = 0,15 \dots 0,75$, о.е.; $\cos \varphi = 0,55 \dots 0,95$; $N = 2 \dots 8$, о.е.; $S = 0,1 \dots 0,9$, о.е..

При разработке планов активного вычислительного эксперимента учитывались следующие особенности расчета коэффициента искажения k_U на ПК.

1. Диапазон изменения исследуемых параметров велик, а, следовательно, достаточно велик и диапазон изменения коэффициента искажения. Это приводит к большой относительной ошибке при малых значениях k_U .

2. Число факторов равно шести, что не позволяет использовать для аппроксимации симметричные планы третьего порядка ввиду большого числа слагаемых и увеличения числа необходимых расчетов. В то же время общее число параметров, которым должны соответствовать члены третьего порядка, в данном случае не превышает двух. Поэтому для сокращения числа точек спектра плана целесообразно использовать многофакторные полиномиальные модели третьего порядка, представляющие собой композицию полиномов второго и третьего порядков[2].

3. Полиномиальные модели k_U не полностью адекватны истинной модели за счет наличия систематической ошибки аппроксимации, которую необходимо учитывать.

4. Ошибкой расчета k_U в точках плана вычислительного эксперимента можно пренебречь.

Исходя из сказанного, представляется нецелесообразным применение традиционных планов эксперимента,

оптимальных относительно статистических критериев, например, D-оптимальности или ротатабильности. Были разработаны специальные непрерывные несимметричные планы вычислительного эксперимента, минимизирующие систематическую ошибку аппроксимации, по которым определялись кусочно-полиномиальные зависимости (КПЗ). Принцип построения КПЗ сводится к разбиению диапазона изменения наиболее существенно влияющего параметра или группы параметров на поддиапазоны и определению для каждого поддиапазона зависимости в виде полинома третьего порядка:

$$\hat{k}_U = b_0 + \sum_{i=1}^6 b_i q_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^6 b_{ij} q_i q_j + \sum_{i=1}^6 b_{ii} q_i^2 + \sum_{i=1}^2 b_{iii} q_i^3 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^2 b_{ijj} q_i^2 q_j^2, \quad (1)$$

где $q_i (i = 1, 2, \dots, 6)$ - i -й параметр системы; b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – коэффициенты полиномиальной зависимости.

Ввиду того, что дисперсия воспроизводимости равна нулю, коэффициенты полиномов могут быть получены на основе обобщенного критерия наименьших квадратов с учетом частот проведения экспериментов на основе непрерывных планов без округления их до точных путем минимизации взвешенной суммы S_Σ :

$$S_\Sigma = \sum_{u=1}^M \left[\omega_u (k_{Uu} - \hat{k}_{Uu})^2 \right],$$

где k_{Uu} – расчетное значение коэффициента искажения в u -й точке плана; \hat{k}_{Uu} – значение коэффициента искажения в u -й точке плана; M – число опытов плана эксперимента; ω_u – частота проведения u -го эксперимента, определенная из условия минимизации систематической ошибки аппроксимации.

Для увеличения точности аппроксимации, кроме применения КПЗ, предлагается производить преобразование величины k_U следующим образом:

$$k_U = S_{np} x_T k'_U.$$

Тогда задача сводится к определению зависимости приведенного коэффициента k'_U , диапазон изменения которого значительно меньше диапазона k_U .

В данном случае при определении коэффициента искажения рассматривалась упрощенная схема, в которой генератор представлен одним параметром. При определении отдельных видов гармоник упрощенной схемой пользоваться нельзя, необходимо воспользоваться методами активно-пассивного эксперимента [3].

Указанный подход позволяет получить комплекс согласованных моделей различных автоматизированных систем, представляющих собой полиномиальные зависимости различных показателей качества процессов от параметров исследуемых технических систем и приложенным к ним воздействиям, и на основе их проводить многокритериальную оптимизацию [4].

Комплекс методов по улучшению распределения и регулирования электричества позволит существенно сократить расходы на обслуживания электроэнергетических систем интеллектуальных зданий.

Список литературы

1. *Зубарев Ю.Я., Румянцев М.А.* Идентификация показателей искажения напряжения в электронно-энергетических системах с непосредственным преобразователем частоты на основе кусочно-полиномиальных моделей / Технические средства судовождения и связи на морских и внутренних водных путях // Межвузовский сб.

Румянцев Максим Анатольевич — инженер, Козлова Галина Николаевна — инженер, Доай Хауб А. — инженер кафедры Вычислительных систем и информатики С.-Петербургского государственного университета водных коммуникаций. Контактные телефоны: (812) 421-36-45, 421-46-94. E-mail: maximencia@yandex.ru

научных тр.. Выпуск 6. Под ред. Сикарева А.А. СПб.: СПГУВК. 2005.

2. *Зубарев Ю.Я.* Планирование эксперимента в научных исследованиях // СПб.: СПБГУВК. 2004.
3. *Зубарев Ю.Я., Козлова Г.Н.* Функциональное прогнозирование качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем / Информационные технологии и системы. Сб. научных тр. Под ред. Гаскарова Д.В. СПб. 2005.
4. *Доай Х.А.* Параметрическая оптимизация судовых технических систем на основе эвристического эксперимента / Распределенные системы автоматизированного управления на транспорте. Сб. научных тр. Выпуск 1. СПб.: СПБГУВК. 2005.

ЖКХ БЕЗ ПРОБЛЕМ: КОМПЛЕКСНОСТЬ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

ООО "ГРУНДФОС"

Модернизация системы жилищно-коммунального хозяйства в России на сегодняшний день является насущной необходимостью. Реальные проблемы существуют на любом уровне развития отрасли: финансирования строительства, экологии и в технологической сфере. Организации и специалисты, занимающиеся сложившейся ситуацией, рассматривают ее комплексно. Главным вопросом при модернизации систем тепло-, водо- и электроснабжения является энергоэффективность.

Уходит в прошлое порочная практика отечественного жилищного комплекса, когда усилия различных организаций, чья деятельность тем или иным образом сопрягается с ЖКХ, не направлены к единой цели и "левая рука не знает, что делает правая". Еще один устаревший подход — нерациональное и хищническое использование природных ресурсов, основанный на мифе об их "неисчерпаемости", также уступает место современным тенденциям. На глазах исчезло понятие "дешевая": вода, топливо и энергия.

Модернизация ЖКХ и оптимизация потребления и расхода природных ресурсов побуждают к поиску наиболее экономичного оборудования, способного при функционировании ответить целому ряду требований. Устаревшее оборудование ТЭЦ и водопроводной сети приводит к ненужному расходу природных богатств, перебоям в водо-, электро- и теплоснабжении и в конечном счете бьет по карману и потребителя, и строителя, и монтажных организаций, и инвесторов.

Так, при организации водоснабжения необходимо снижать потери в сетях, вводить новые материалы и технологии, в частности, трубы из полимеров, эффективную теплоизоляцию и современное насосное оборудование. Однако вопрос о водоснабжении невозможно рассматривать вне вопроса энергопотребления. Поэтому оптимальным является применение насосов с частотно-регулируемым приводом (ЧРП), позволяющих значительно снизить энергопотребление. Использование ЧРП дает возможность сэкономить до 50% потребляемого насосами электричества. Опыт Дании показывает, что в результате использования современных энергосберегающих подходов к коммунальному хозяйству тарифы на тепло- и электроэнергию не только не растут, но часто снижаются,

а экологическая обстановка в целом по стране явно улучшается.

Это касается и модернизации систем теплоснабжения. Главный вопрос на сегодня — энергоэффективность. Положительный опыт реконструкции систем центрального теплоснабжения существует и в России. В г. Ижевске на средства кредита МБРР провели санацию изношенных теплосетей. Была произведена полная замена теплообменников, применено высокоэффективное регулирующее и насосное оборудование. В системах установили новые сетевые насосы GRUNDFOS серии TP, циркуляционные насосы систем отопления и насосы CRE с частотно-регулируемым электроприводом для системы горячего водоснабжения. Система была полностью автоматизирована. Благодаря экономии электроэнергии оборудование окупилось уже через два года эксплуатации. Одновременно проводилась модернизация теплосетей с применением современных труб и теплоизоляции, что позволило снизить теплотери в сетях в 2...3 раза. Для сравнения скажем, что теплотери на старых трубопроводах составляют до 60%. В результате использования энергосберегающего оборудования была получена эффективная система централизованного отопления и ГВС, при этом экономия тепла и энергии оказалась столь значительной, что с лихвой окупала расходы по кредитным выплатам.

Другой положительный пример эксплуатации современного оборудования — ЦТП-5 в г. Люберцы. Монтаж новейших агрегатов (например, станции повышения давления GRUNDFOS типа HydroMulti E) повлек за собой не только качественную экономию энергоресурсов, но и повышение общей культуры эксплуатации объектов, что сразу почувствовали жители подмосковного города.