

Апышев Дж.А., Абдылдаев Р.Н., Таабалдиева Н.Д.

ЭЛЕМЕНТЫ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

УДК: 621: 311

В данной статье рассматривается необходимость применения синергетического управления электро-энергетическими системами, позволяющее построить универсальные объективные законы противоаварийного и энергосберегающего управления ЭЭС.

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС) являются большими, сложными, открытыми, диссипативными, развивающимися динамическими системами кибернетического типа, от устойчивого функционирования которых зависит жизнь и развитие цивилизованного общества. В этой связи проблема эффективного управления ЭЭС относится к числу фундаментальных научно-технических суперпроблем, остроту и важность решения которой подтверждают крупные техногенные аварии последнего времени. Дело в том, что современные ЭЭС представляют собой комплекс различных подсистем, связанных между собой процессами интенсивного динамического взаимодействия и обмена **веществом, энергией и информацией**. Указанные суперсистемы являются **нелинейными, многомерными и многосвязанными**, в которых протекают сложные переходные процессы и возникают **критические и хаотические** режимы.

Проблемы эффективного управления такими динамическими макросистемами являются весьма актуальными, чрезвычайно сложными и практически недоступными для существующих в ЭЭС методов автоматического управления [1].

Наблюдая существующие в природе разнообразные высокоорганизованные системы, их приспособляемость к изменяющейся среде, их развитие и самовоспроизведение, в 70-х годах двадцатого столетия было установлено, что в основе всех этих удивительных явлений лежит некоторый универсальный механизм, придающий этим системам способность не растрчивать свою упорядоченность. При определенных условиях сложные сообщества элементов из неупорядоченного хаотического состояния могут переходить в упорядоченную структуру за счет только свойств собственно самой системы. Эти структуры сохраняют устойчивость даже при существенном изменении внешних условий, что предопределяет их преимущество перед стационарными равновесными структурами. Поэтому возникла идея использования принципов самоорганизации в электроэнергетике, построив ее «в формах самой жизни». Развитие живого организма есть последовательность автономных актов самоорганизации. Управление этим процессом может осуществляться с помощью слабых воздействий, которые влияют на выбор того или иного конкретного пути развития в те моменты, когда развивающаяся

структура оказывается в состояниях «бифуркации», характеризующихся наличием нескольких возможных равноправных продолжений.

Иерархическое устройство сложных живых систем, которые представляют собой ансамбль слабо связанных самоорганизующихся систем более простого строения, позволяет избежать неустойчивости и хаотизации динамики, которые неизбежно возникают в сложных системах с жестким централизованным управлением. Одни и те же наиболее эффективные закономерности должны лежать в основе функционирования искусственно созданных технических устройств и живых организмов [2].

К настоящему времени выявлены основные факторы, наличие которых необходимо для получения эффекта самоорганизации вне зависимости от природы явления [3]:

- 1) нелинейность структуры;
- 2) существование критических точек бифуркации, при переходе через которые поведение системы качественно изменяется.

Открывая электроэнергетическая система может обмениваться с окружающей средой как энергией и веществом, так и информацией. Благодаря этому, а также использованию нелинейных элементов можно создать самоорганизующуюся электроэнергетическую систему более совершенной структуры.

В связи с этим нам остается только ответить на вопрос, как научиться не управлять процессом грубыми внешними воздействиями, как это делается в настоящее время, а возбуждать его слабым толчком? Научиться заменять постоянно идущие от наружных источников управляющие команды на процессы самоорганизации системы, уметь возбудить ее внутренние силы, который бы быстро породили адекватные данной технической среде структуры, устойчиво самоподдерживающиеся и рационально функционирующие.

В этой связи электроэнергетическая наука вынуждена заниматься проблемами неведомой прежде сложности, так как работавшие ранее «линейные» приемы и методы исследования из-за преднамеренно введенной в систему нелинейности становятся непригодными.

Кроме того, электроэнергетика подошла к той стадии развития, где требуется поэтапная ее интеллектуализация т.е. использование интеллектуальных систем – интеллектуальных баз данных, гипертекстовых, расчетно-логических специализированных систем, нейронных сетей, интеллектуальных обучающихся и экспертных систем. Эти новые проблемы требуют новых способов их решения.

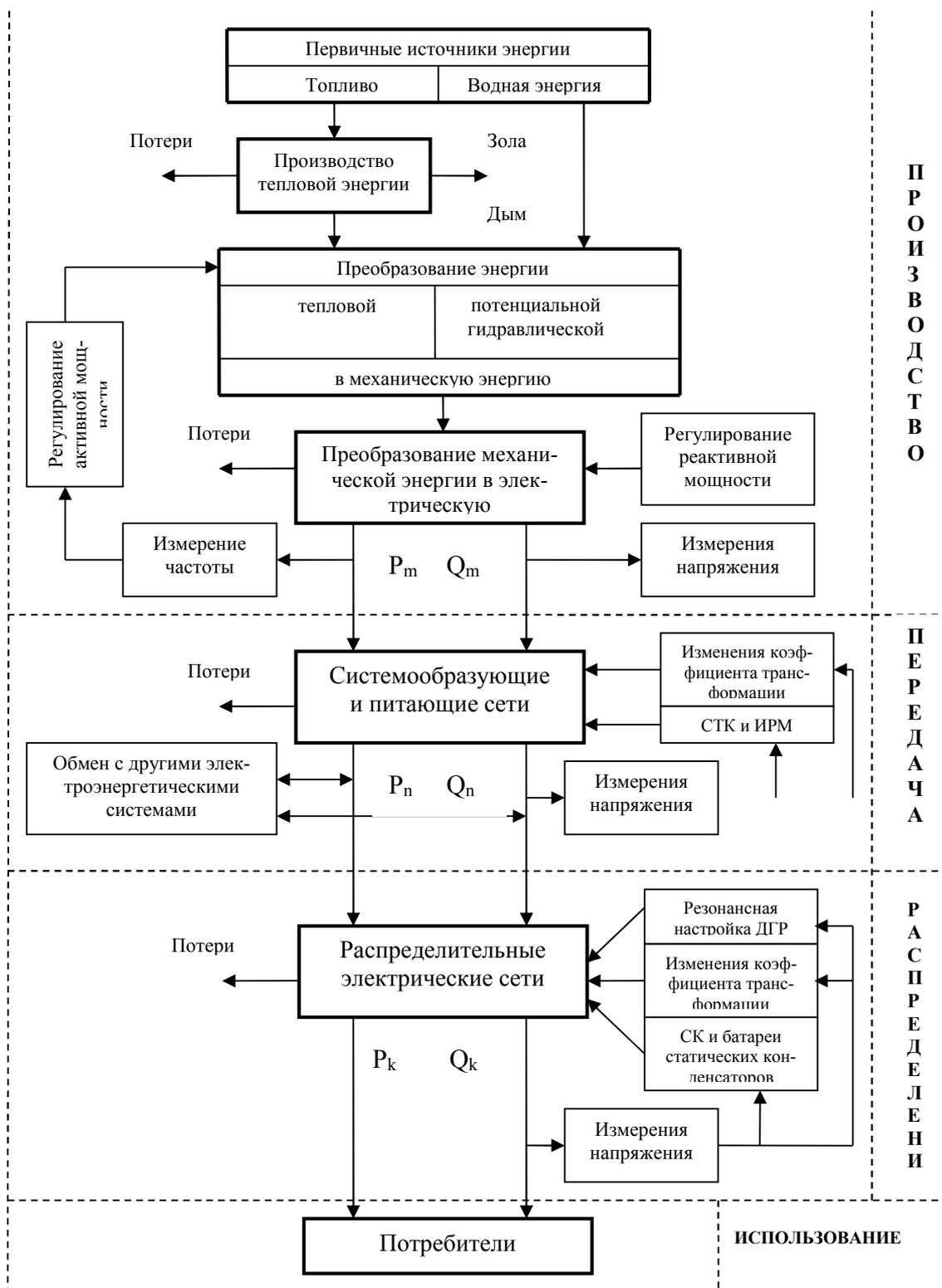


Рис.1. Блок-схема технологического процесса производства, преобразования, передачи, распределения и использования электрической энергии

Поэтому данная статья, посвящена проблемам создания электроэнергетической системы с элементами адаптации.

Одной из важных задач в области электроэнергетики, вытекающей из роста производства, передачи и распределения электроэнергии в деятельности человечества, является кибернетизация всего технологического процесса.

Электроэнергетическая система в каждом режиме и при переходе от одного режима к другому имеет следующие признаки, свойственные кибернетическим системам [4]:

- наличие цели или алгоритма управления;
- взаимодействие элементов системы с внешней средой, являющейся источником случайных возмущений;

- необходимость отыскания условия оптимальности действий системы в целом и ее частей;
- управление процессами системы на основе передачи, приема информации и ее последующей обработки;
- регулирование процессов на основе применения принципов обратной связи.

На рис. 1 представлена блок-схема процесса производства, преобразования, передачи, распределения и использования электрической энергии, где показаны критерии первичных источников и различные этапы процесса, а именно:

- преобразование в механическую энергию, а механической - в электрическую энергию;
- трансформация и передача;
- потребление электрической энергии после преобразования к виду допускающему ее прямое использование.

Стрелки обозначают главные входы и выходы; ими отмечены начала и концы элементов характеризующих фазы процесса.

В блок-схеме упрощенно показаны обратные связи цепей регулирования мощности агрегата с целью поддержания заданного значения частоты, регулирование напряжения и регулирование потока реактивной мощности. Здесь следует отметить некоторые важные особенности электроэнергетических систем, существенные для их характеристик и управления ими:

- одновременность процесса производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электрической энергии;
- быстрота протекания переходных процессов в электрической системе требует обязательного применения специальных быстродействующих автоматических устройств.

Вторая половина XX века в области автоматического управления ознаменовалась исключительным ростом интереса к принципу управления с приспособлением - такого способа управления, при котором автоматическое и непрерывное изменение состояния управляемого объекта используется в качестве основы для автоматической и непрерывной самоперестройки системы управления. Рост и расширение интереса к идее приспособления объясняются не только исключительными возможностями приспособляющихся систем, но и главным образом являются следствием состояния техники управления во второй половине XX столетия. Такие системы были названы самонастраивающимися [5]; адаптивными [6]; самоорганизующимися [7];

Структурная и функциональная сложность электроэнергетических систем, многообразие и непрерывная изменчивость условий функционирования энергообъектов, необходимость адаптивного управления отдельными объектами по общесистемным требованиям режимной надежности определяют целесообразность разработки и широкого использования нового методологического подхода, основанного на принципах системного анализа динамиче-

ских свойств сложных электроэнергетических систем и объединений.

Современные электроэнергетические системы и энергообъединения обладают всеми свойствами, характерными для больших технических систем:

- сложностью структуры, определяемой большим количеством взаимосвязанных элементов;
- многорежимностью и известной неопределенностью условий функционирования;
- надежностью и живучестью при возникновении аварийных ситуаций;
- управляемостью и самоорганизацией в связи с включением в их состав человеко-машинных систем для переработки информации и принятия необходимых решений.

Управление отдельными системами или частями системы, способными к самостоятельному функционированию, должно строиться из условий автономного обеспечения их необходимых динамических свойств (в том числе работоспособности), а на верхнем уровне должна осуществляться координируемая адаптация, понимаемая в широком плане: не как подстройка системы регулирования отдельных объектов к изменяющимся условиям их работы, а как обеспечение стабильности требуемых динамических свойств в условиях многорежимности, в том числе за счет локализации возмущений в подсистемах и снижения их взаимного влияния.

Отсутствие системного подхода сказывается на оценке эффективности различного рода автоматических устройств, которые могли бы сделать современную электроэнергетическую систему полностью управляемой и надежно функционирующей, независимо от ее территориальных размеров, передаваемых мощностей и конфигурации.

Рассуждения о том, что рост сложности электроэнергетической системы неизбежно приводит к ее неуправляемости, к стихийному распространению по ней катастрофических возмущений - несостоятельны так как исходят они из соображения, при которых игнорируются положения теории больших систем.

При создании будущего кибернетического регулирования ЭЭС следует ориентироваться на комплекс, включающих как единое целое, по крайней мере, семь типов регулирующих устройств нового вида, которые при совместном применении обеспечат устойчивость и надежность функционирования любой сколь угодно протяженной системы, сняв в ней распространение возмущений. Следует подчеркнуть только кибернетический подход - рассмотрение совместного действия (синергетический подход) указанных выше устройств как инвариантных выявляет тот эффект регулирования, который такого рода устройства не могут дать при действии «по одному». Здесь необходим переход от методов анализа к методам синтеза, на основе которых может быть реализован суммарный эффект совместного действия этих устройств.

Эти устройства, которые во взаимных сочетаниях могут обеспечить инвариантное регулиро-

вание и снять кажущиеся проблемы устойчивой и надежной работы ЭЭС переменного тока, следующие [8]:

1) адаптивные регуляторы возбуждения, перестраивающиеся при изменении

режима системы и реагирующие на нечеткие (или размытые) его параметры, т.е. не требующие точного их определения: Применение АРВ призвано обеспечить требуемые уровни напряжения в узлах ЭЭС, регулировать потоки мощности по ЛЭП, повысить устойчивость параллельной работы генераторов;

2) источники реактивной мощности (ИРМ) на базе комбинации управляемых шунтирующих реакторов и конденсаторной батареи, которые позволяют регулирование реактивную мощность в широком диапазоне от -100% до +100%, что дает возможность:

- повысить предельную по условию статической и динамической устойчивости

передаваемой мощности;

- поддерживать напряжение в узком диапазоне при изменении в широких пределах мощности нагрузки;
- снизить потери активной мощности в линии;
- обеспечить более интенсивное деионирование колебаний после возмущения.

3) вставки - накопители, в которых между выпрямителем и инвертором включается мощная батарея конденсаторов, накапливающих активную мощность и выдающих ее для регулирования частоты, снятия пиков нагрузок и улучшения статической и динамической устойчивости. Здесь с успехом могут быть применены высокоемкостные конденсаторы постоянного тока;

4) для изменений направлений потоков мощности на параллельных линиях переменного тока, для регулирования потоков мощности в кольце целесообразно применение трансформаторов с поперечным регулированием, поворачивающих желательным образом фазу выдаваемого напряжения;

5) синхронизированные синхронные генераторы, в которых за счет второй обмотки возбуждений электродвижущая сила может поворачиваться «по ротору», или генераторы полностью асинхронные, получающие реактивную мощность за счет регулируемых ИРМ, установленных на их шинах. Оценка этих агрегатов нового типа также должна быть системной, так как только улучшением общих свойств ЭЭС может быть оправдано их достаточно широкое применение;

6) Резонансные токоограничивающие устройства

7) новые линии электропередачи, называемые компактными, управляемыми линиями большой пропускной способности, иногда полу разомкну-

тыми. Во всех конструкциях таких линий предусматриваются сближенные провода параллельных цепей и управляющие устройства в виде фазорегулирующих трансформаторов с применением на этих линиях ИРМ, СТК.

Энергообъединение как большая техническая система является сложным структурным образованием, либо состоит из нескольких электроэнергетических систем (подсистем – энергорайонов), включаемых на параллельную работу в целях повышения их общей экономичности. Это объединение осуществляется, как правило, по слабым связям, пропускная способность которых в большинстве случаев не превышает 10% мощности одной из систем. В некоторых аварийных ситуациях даже при нарушении устойчивости по этим слабым связям отделившиеся системы самостоятельно компенсируют возникший небаланс мощности, т.е. оказываются способными к автономному функционированию без каскадного развития аварии и массового отключения потребителей, что следует рассматривать как проявление свойства живучести. Для того, чтобы это объективно присущее большим техническим (человеко-машинным) системам свойство было реализовано, необходимо соответствующее автоматическое и автоматизированное управление, включающее в себя как локальные САР, дискретную системную автоматику, так и АСУ ТП. Наличие таких средств управления создает единую информационно-энергетическую общность, являющуюся исходной предпосылкой для проявления у большой системы свойства самоорганизации, т.е. способности изменять структуру силовых и информационных связей, и локальные динамические свойства объектов при развитии систем с целью обеспечения главной функции - надежного электроснабжения потребителей.

Литература:

1. Синергетические методы управления сложными системами. Энергетические системы / Колесников А.А., Веселов Г.Е., Попов А.Н. и др. М.: URSS 2006, -248 с.
2. Лоскутов А. К.), Михайлов А. С. Введение в синергетику. - М.: Наука, 1990.-272 с. 3. Демирчян К. С, Мучник Г. Ф. Самоорганизация и возможность ее применения в задачах электрофизики. - М: Электричество, 1987. №5 - С. 1 -5.
4. Мелентьев Л. А. Системные исследования в энергетике. - М: Наука, 1983. -456 с.
5. Принципы построения и проектирования самонастраивающихся систем управления. /Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Крутова И.Н. и др.- М.: 1972,-200 с.
6. Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А. Адаптивное управление динамическими объектами. М. Наука, 1981. - 448 с
7. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. М.: Наука, 1980.-400 с.