

УДК 621.3

А.Б. Лоскутов, А.А. Лоскутов, Д.В. Зырин, Л.А. Ларионов

ГИБКИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ С АДАПТИВНЫМИ АЛГОРИТМАМИ – РЕШЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрен вопрос формирования интеллектуальной сети, способной автоматически функционировать, благодаря ее топологии и универсальным алгоритмам управления. Предложены классификация алгоритмов управления, а также их структурные схемы. Определен стандарт обмена информацией между элементами рассматриваемой сети на разных уровнях взаимодействия.

Ключевые слова: активно-адаптивная система управления, адаптивные алгоритмы управления, распределительные электрические сети, гексагональная конфигурация распределительных сетей, информационная сеть, интерфейс, МЭК 61850, интеллектуальные сети.

Современное развитие населенных пунктов и городских центров приводит к увеличению плотности нагрузок, что характеризуется большими единичными мощностями, активным ростом нагрузок во времени, большими трудностями в размещении новых распределительных сетей и модернизации существующих. В сетевых компаниях отсутствует единая политика построения распределительных сетей, что приводит к хаотичности развития городских сетей, а последний фактор ведет за собой усложнение их эксплуатации. Основные проблемы, с которыми сталкиваются сетевые компании, это дефицит мощности, высокие потери электроэнергии, низкая надежность распределительных сетей, рост годовых перерывов в электроснабжении (рис. 1). Кроме того, в сетях среднего напряжения отсутствуют какие-либо автоматизированные системы управления. Все переключения осуществляются вручную оперативным персоналом.

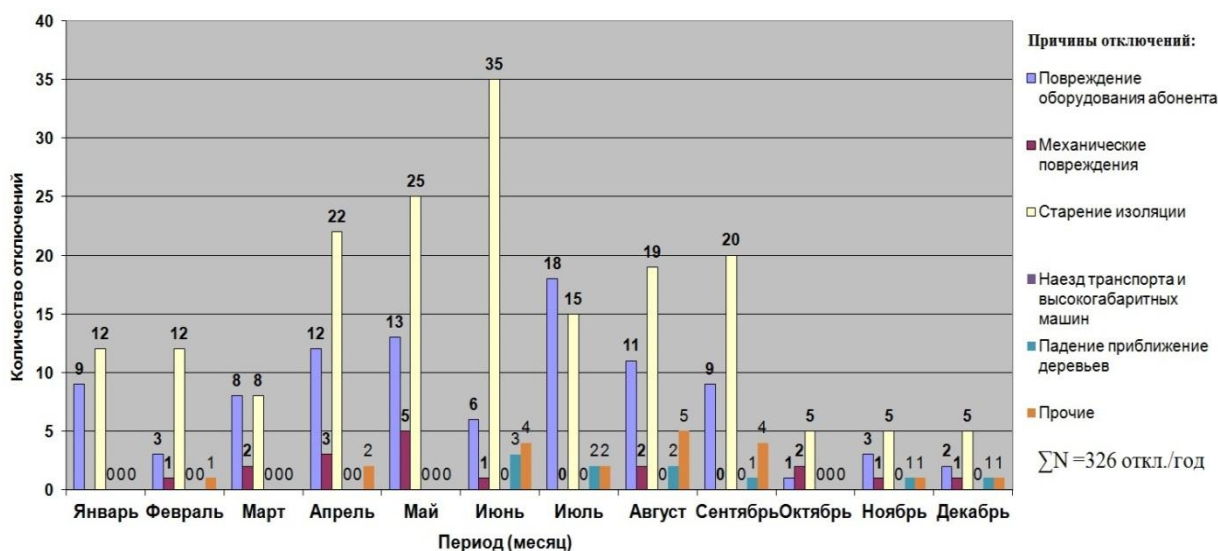


Рис. 1. Сводный анализ основных причин внезапных отключений в распределительных сетях за 2013 г.

В последнее десятилетие во многих странах мира развивается технология Smart Grid (интеллектуальная сеть). В России идет речь о создании Интеллектуальной электроэнергети-

ческой системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) [1]. Ведущая роль в концепции ИЭС ААС отводится электрической сети, которая из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которого изменяются в реальном времени в зависимости от режимов работы энергосистемы. Реализовать данную концепцию возможно только модернизируя и оптимизируя топологию распределительных сетей и внедрением в нее автоматизированной системы управления с адаптивными алгоритмами функционирования (ААФ).

Авторами предложена политика построения и новый принцип организации распределительных сетей крупных городов с высокой плотностью нагрузки – распределенная электрическая сеть гексагонального типа [2, 3].

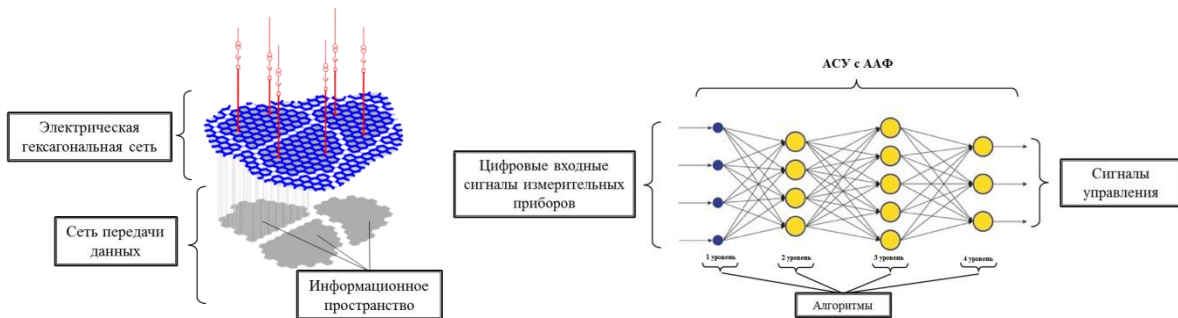


Рис. 2. Принцип построения гексагональной сети и структура ААФ

Гексагональная сеть предусматривает параллельную работу информационной сети, которая осуществляет мониторинг, диагностику, контроль параметров, защиту, учет, агрегацию и хранение гетерогенной информации. Организация информационной сети выполняется путем размещения в каждом узле нагрузки интегрированного модуля распределенной системы управления (ИМРСУ), который осуществляет информационный обмен пакетов информации с соседними узлами (рис. 2).

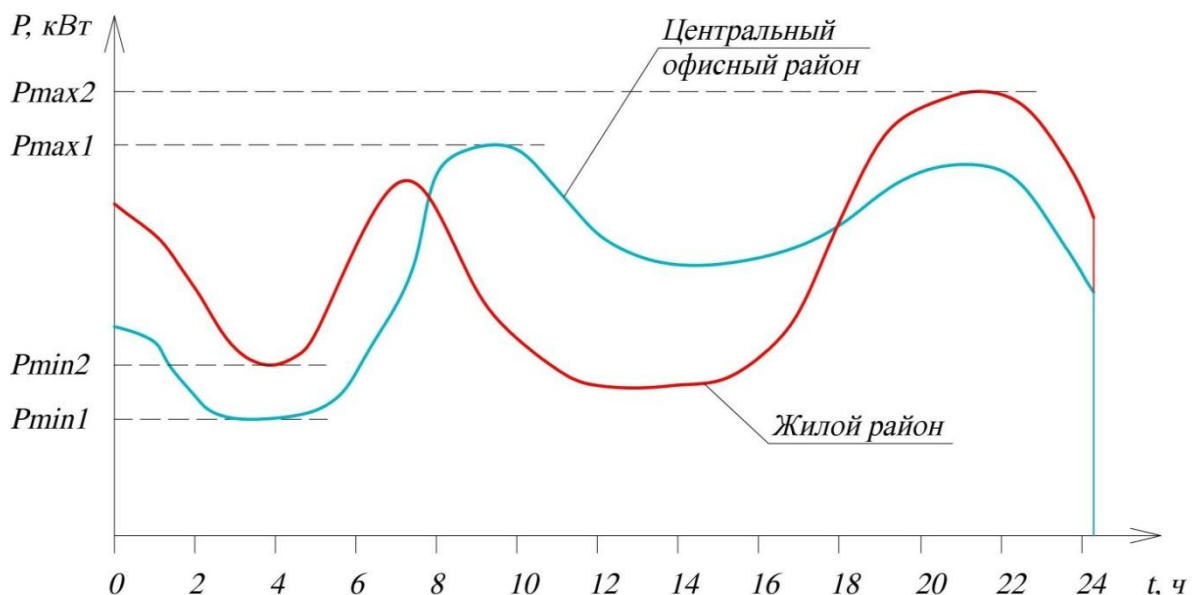


Рис. 3. Суточный график нагрузки разных городских районов

Для существующих городских сетей характерен неравномерный суточный график электрической нагрузки (СГН), что ведет к повышению потребления топлива, ухудшению экологических показателей энергосистем, снижению качества энергии и ее удорожанию.

Следует отметить, что СГН в разных районах города выглядит по-разному (рис. 3). Например, спальный микрорайон "Медвежья долина" и офисный район в окружении ул. Большая Печерская.

Из графика видно, что максимум нагрузки в центральном районе наблюдается в то время, когда нагрузка спального района не значительна. Предложенная концепция построения сетей с применением современных цифровых устройств защиты и регулирования позволит сгладить общий СГН за счет перетоков мощности из профицитного района в дефицитный (рис. 4). Тем самым, повысится энергосбережение и энергоэффективность сети в целом.

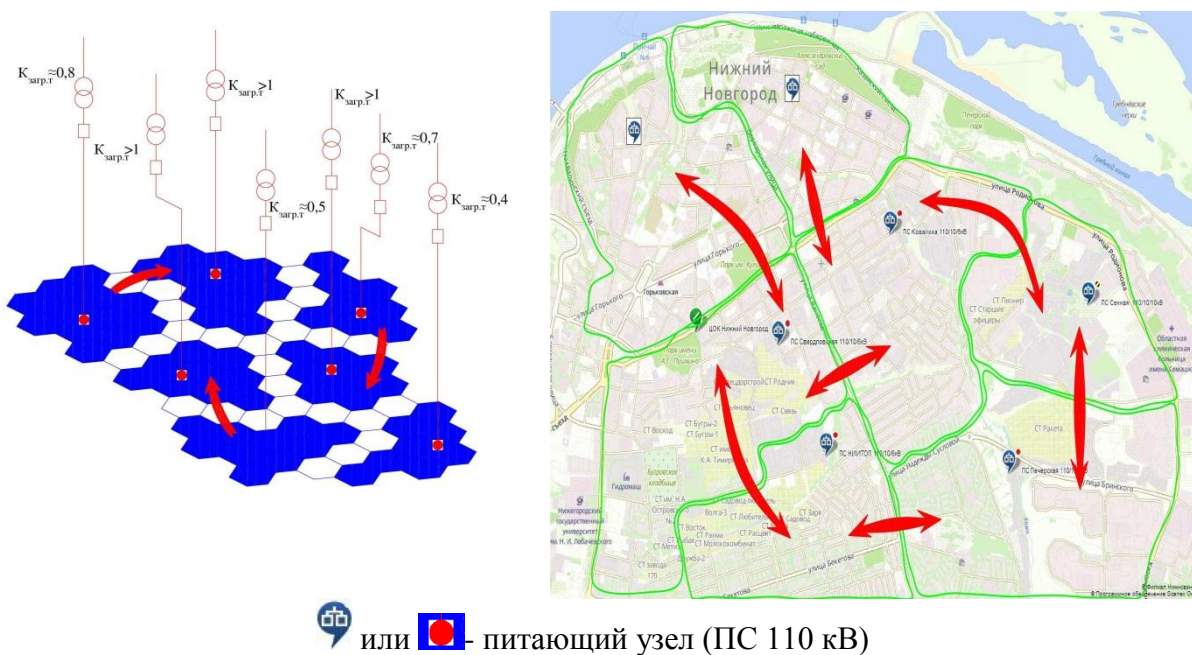


Рис. 4. Перетоки мощности между городскими районами в течение суток

Универсальная "сотовая" топология сети делает возможным использование типовых трехлучевых узлов нагрузки. В них реализованы стандартные схемные и компоновочные решения, ИМРСУ с едиными алгоритмами функционирования. Унифицированность электротехнических и информационных решений упрощает монтаж оборудования, делает его компактным и простым в эксплуатации.

Автоматическое функционирование сети гексагонального типа основано на реализации различных алгоритмов. Основная классификация ААФ представлена на рис. 5.



Рис. 5. Классификация адаптивных алгоритмов функционирования

Алгоритмы, определяющие состояние схем узлов нагрузки, имеют ряд ограничений в результате их обработки. Это определяет очередность обработки алгоритмов, а также необходимые временные задержки между циклами алгоритмов различных уровней.

Для формирования автоматической сети нужно разделить уровни алгоритмизации сети: аппаратный, межузловой (межподстанционный) и межзонный.

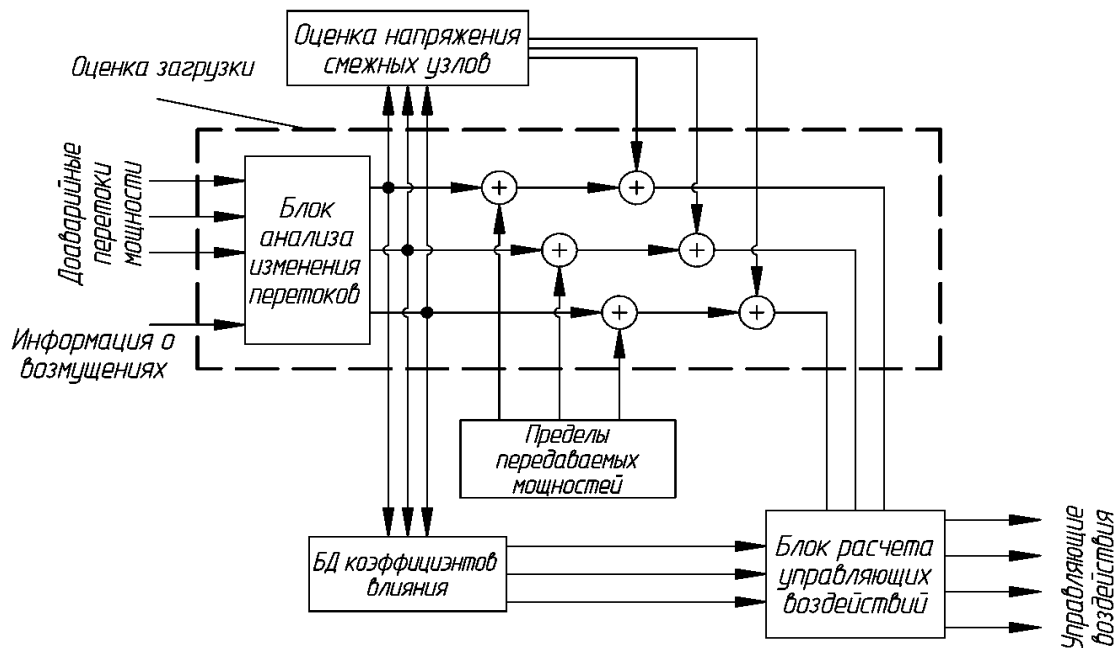


Рис. 6. Структурная схема алгоритма функционирования по допустимой нагрузке силового оборудования

Основа алгоритма функционирования по допустимой нагрузке силового оборудования это оценка перегрузки кабельных линий сети и питающих трансформаторов (рис. 6). Результатом его действия являются формирования управляющих воздействий, которые анализируются блоком управляющих воздействий.

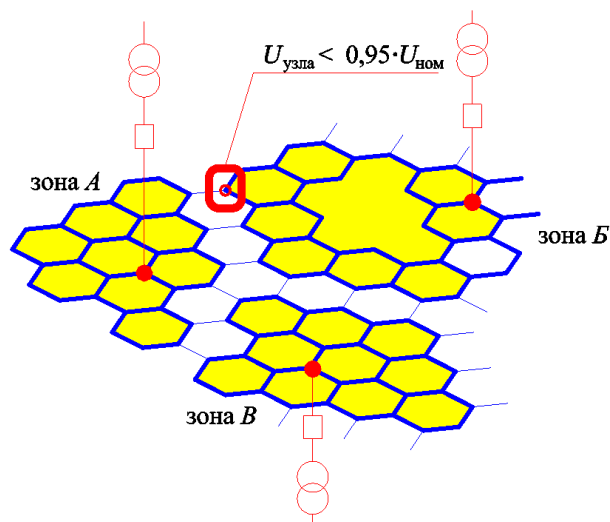


Рис. 7. Схема сети при аварийном отключении ее участка в одной из гексагональных зон

Одной из ключевых особенностей гексагональных сетей является возможность гибких переключений, например, в случаях просадки напряжения в удаленном узле, как результат аварийного отключения участка сети (рис. 7), следствием которого является увеличение длины пути протекания тока от источника к потребителю (выход из строя резервных связей). При этом соблюдения ГОСТ на качество электроэнергии, а именно поддержание необходи-

мого уровня напряжения возможно путем автоматического переключения питания проблемного узла от источника соседней гексагональной зоны. Здесь ключевым является алгоритм функционирования по допустимому уровню напряжения (рис. 8).

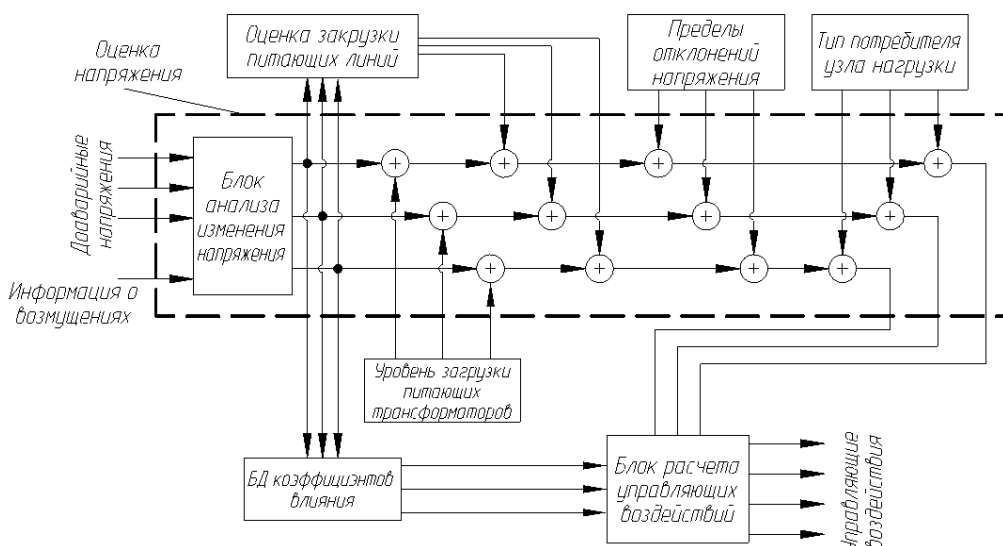


Рис. 8. Структурная схема алгоритма функционирования по допустимому уровню напряжения

Управляющие воздействия, сформированные различными алгоритмами, анализируются в блоке, представленном на рис. 9. Данный блок является ключевым элементом взаимодействия между узлами (подстанциями) сети: здесь анализируются сигналы управления от смежных подстанций и принимаются окончательные управляющие оборудованием сигналы.

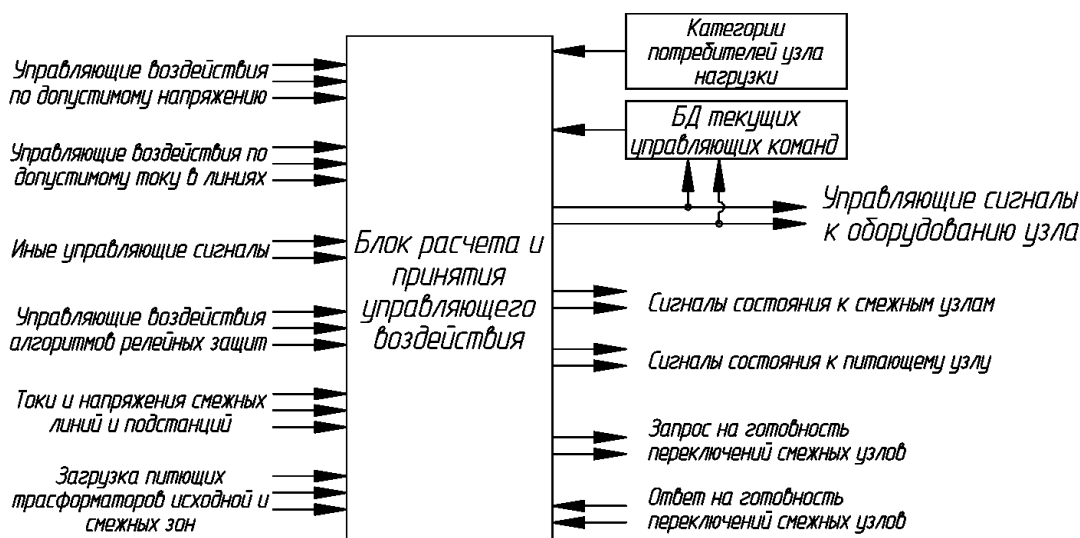


Рис. 9. Структурная схема блока анализа алгоритмов управления

Особое внимание уделяется стандарту обмена информацией между элементами сети разных уровней. Системы управления узловой релейной защиты, системы противоаварийной автоматики, системы телемеханики и диагностики нового поколения реализуются посредством протоколов (IEC 61850-9-2 LE). Причиной использования стандарта IEC 61850 является поддержка его новыми типами первичного оборудования, что облегчает возможность информационной интеграции, управления и диагностики. Основным новшеством является со-

здание шины процессов (ProcessBus), под которой подразумевается высокоскоростная оптическая среда передача данных, обеспечивающая передачу измеренных и преобразованных в цифровой вид (в формат GOOSE) мгновенных значений тока и напряжения, а также положений коммутационного оборудования для выполнения всех задач управления (РЗА ЦСУ, учета электроэнергии и др.).

Ввиду большой значимости узлов нагрузки и системы цифровых коммуникаций, для функционирования гексагональной сети, актуальны повышенные требования к информационной безопасности, в том числе защита данных от внешних и внутренних угроз, защита каждой точки потенциального вторжения в цифровую сеть передачи данных, фильтрация сетевого трафика.

Библиографический список

1. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной. Редакция 5,0. – М., 2012.
2. Лоскутов, А.Б. Интеллектуальные распределительные сети 10-20 кВ с гексагональной конфигурацией / А.Б. Лоскутов [и др.] // Промышленная энергетика. 2013. № 12. С. 3–7.
3. Лоскутов, А.Б. Топология городских распределительных интеллектуальных электрических сетей 20 кВ / А.Б. Лоскутов, Е.Н. Соснина, А.А. Лоскутов // Промышленная энергетика. 2012. № 5. С. 11–17.

Дата поступления

в редакцию: 29.04.2014

A.B. Loskutov, A.A. Loskutov, D.V. Zyrin, L.A. Larionov,

FLEXIBLE DISTRIBUTION NETWORK WITH ADAPTIVE ALGORITHMS AS DECISION INTELLECTUALIZATION OF URBAN ELECTRICAL GRIDS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Concept of new configuration of active-adaptive electric grids with typical control algorithms was proposed.

Design/methodology/approach: Existing urban distribution electric grids are highly depreciation and have a large number of non-ordered reserve links. In existing radial distribution networks may be organized automatic operation. Hexagonal networks have precise system configuration and they are able to complete algorithmization control due to their configuration.

Findings: Hexagonal grids which consist of universal three-prong nodes were developed. Adaptive control algorithms have been developed for hexagonal grids. Power grids with a hexagonal configuration will be more flexible to changes in electric regime.

Research limitations/implications: Hexagonal configuration of electrical networks achieves maximum efficiency when new distribution networks are formed from individual hexagonal zones. Hexagonal zones have reserve connection with each other. Every network node becomes an independent operating unit. Operation algorithms are universal for all nodes of the circuit.

Originality/value: Implementation of hexagonal electric grids is possible while using the equipment load nodes with digital control. Digital electrical substations will be the main element of an active-adaptive uniformly distributed power grids in the future. Digital information space of hexagonal grids allows quick generate the control actions. Adaptive control algorithms in hexagonal grids allow to make electric network flexible. Implementation of adaptive control algorithms allow to abandon dispatching in electric networks.

Key words: active-adaptive control system, adaptive control algorithms, distribution electric grids, hexagonal configuration of the distribution electric grids, information network, interface, IEC 61850, smart grid.