

УДК: 355/359

**К ВОПРОСАМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ
СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**ON THE FUNCTIONING OF THE ELECTRIC POWER SUPPLY SUBSYSTEM
OF SOFTWARE-DEFINED INFOCOMMUNICATION NETWORKS
FOR SPECIAL PURPOSES**

Д.С. Яговитов, Р.В. Абрамкин

D.S. Yagovitov, R.V. Abramkin

ВАС им. С.М. Буденного

Статья посвящена изучению особенностей функционирования подсистемы электро-энергетического обеспечения в перспективных проектируемых в интересах обороно-способности и антитеррористической безопасности государства программно-конфи-гурируемых инфокоммуникационных сетях специального назначения (ПКИКС СН). Предложены к рассмотрению основные особенности построения, функциониро-вания и управления ПКИКС СН, исследованы принципы построения автономной си-стемы электроснабжения элементов полевого узла связи ПКИКС СН и проблемные вопросы, связанные с построением системы электроэнергетического обеспечения (ЭЭО) ПКИКС СН на стационарном компоненте. Основываясь на результатах ис-следований, в настоящей статье авторы сформулировали требования к системе ЭЭО ПКИКС СН, как основополагающей подсистеме её функционирования.

Ключевые слова: электроэнергетическое обеспечение, программно-конфигурируе-мые сети, инфокоммуникационные сети связи специального назначения.

The article is devoted to research of the functioning peculiarities of the subsystem of electric power supply in promising software-defined infocommunication networks of special purpose (SDIN SP), designed in the interests of defense and anti-terrorist security of the state. The main features of the construction, functioning and control of SDIN SP are proposed for consideration, the principles of constructing an autonomous power supply system for elements of a field communication unit of PKIKS SN and problematic issues related to the construction of an electric power supply (EPS) system of SDIN SP on a stationary component are investigated. Based on the results of studies, in this article authors tried to formulate the requirements for the EPS system of SDIN SP as a fundamental subsystem of its functioning.

Keywords: electric power supply, SDN, software-defined networks, infocommunication networks for special purposes.

7 мая 2018 года Президент Российской Фе-дерации подписал Указ № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Россий-ской Федерации на период до 2024 года» [1], реа-

лизация положений которого приведет к постро-ению в РФ инфокоммуникационной сети связи специального назначения (ИКС СН) для нужд обороны и обеспечения антитеррористической

безопасности государства. Одним из ключевых элементов этой сети должны стать транспортные сети принципиально новой модели управления — программно-конфигурируемые инфокоммуникационные сети специального назначения (ПКИКС СН). Однако, как и в отношении любой другой инфокоммуникационной сети связи, проблема их ЭЗО является наиважнейшей и, с точки зрения авторов, мало проработанной, особенно в юридическом и техническом аспектах.

Программно-конфигурируемая сеть (ПКС) или в зарубежной литературе Soft-Defined Network (SDN) — это принципиально иной подход к построению архитектуры телекоммуникационной сети, согласно которому уровень управления сетью, отвечающий за мониторинг состояния сетевой инфраструктуры и распределение потоков данных, и непосредственно сам уровень передачи данных отделены друг от друга с переносом функций управления (выполняемых в традиционной сети TCP/IP маршрутизаторами и коммутаторами) на отдельное центральное устройство уровня управления сетью — контроллер. Такой подход позволяет контроллеру абстрагироваться от физической сетевой инфраструктуры уровня передачи данных, используя некоторое логическое (виртуальное) представление сети.

Таким образом, можно сформулировать следующие ключевые принципы архитектуры ПКС [2–5]:

- разделение процессов передачи и управления данными;
- централизованное управление сетью, осуществляемое с помощью специализированного контроллера ПКС;
- унифицированный открытый интерфейс между уровнем управления и уровнем передачи данных;
- виртуализация физических ресурсов сети и сетевых функций.

Объединив понятия ИКС СН и ПКС в одну сущность, приведем одно из возможных определений ПКИКС СН, раскрывающее её функциональное предназначение.

Программно-конфигурируемая инфокоммуникационная сеть специального назначения — это информационная система, построенная с применением принципов программно-конфигурируемых сетей, обеспечивающая ее абонентам предоставление набора как связанных,

так и информационных услуг с использованием средств вычислительной техники с гибкими возможностями по управлению этими услугами и их персонализации, предназначенная для нужд органов государственной власти, нужд обороны страны, антитеррористической безопасности государства и обеспечения правопорядка.

Схематично принцип организации и построения ПКИКС СН представлен на рис. 1, в соответствии с которым выделяют 3 уровня иерархии сети связи:

- инфраструктурный уровень (уровень передачи данных), включающий набор сетевых устройств (коммутаторов, маршрутизаторов), хранящих таблицы потоков данных, и каналов передачи данных;
- уровень управления, представленный центральным контроллером с сетевой операционной системой (СОС), на котором реализуются функции мониторинга текущего состояния сетевого оборудования уровня передачи данных, распределения потоков в сети и функции управления сетевыми устройствами. Уровень управления взаимодействует с уровнем передачи данных посредством унифицированного открытого интерфейса (наиболее популярный в настоящее время — OpenFlow), а с приложениями — с помощью интерфейса программирования приложений (API);
- уровень приложений, в которых реализуются различные функции управления сетью: управление потоками данных в сети, управление безопасностью, мониторинг трафика и балансировка нагрузки, управление качеством сервиса, контроль и мониторинг технологического состояния сетевых устройств, управление политикой разграничения доступа и т.д.

Согласно концепции построения автоматизированной системы управления связью (АСУС) вооруженных сил (ВС) РФ [6], контроллер ПКИКС СН должен располагаться на технологическом уровне управления, а оператору сети необходимо осуществлять управление ею с оперативно-технического уровня (ОТУ) (см. рис. 1).

В архитектуре централизованных контроллеров главенствует единый контроллер, отвечающий за управление всех подключенных к нему сетевых устройств инфраструктурного уровня. Распределенная же архитектура подразделяется на плоскую и иерархическую. В плос-

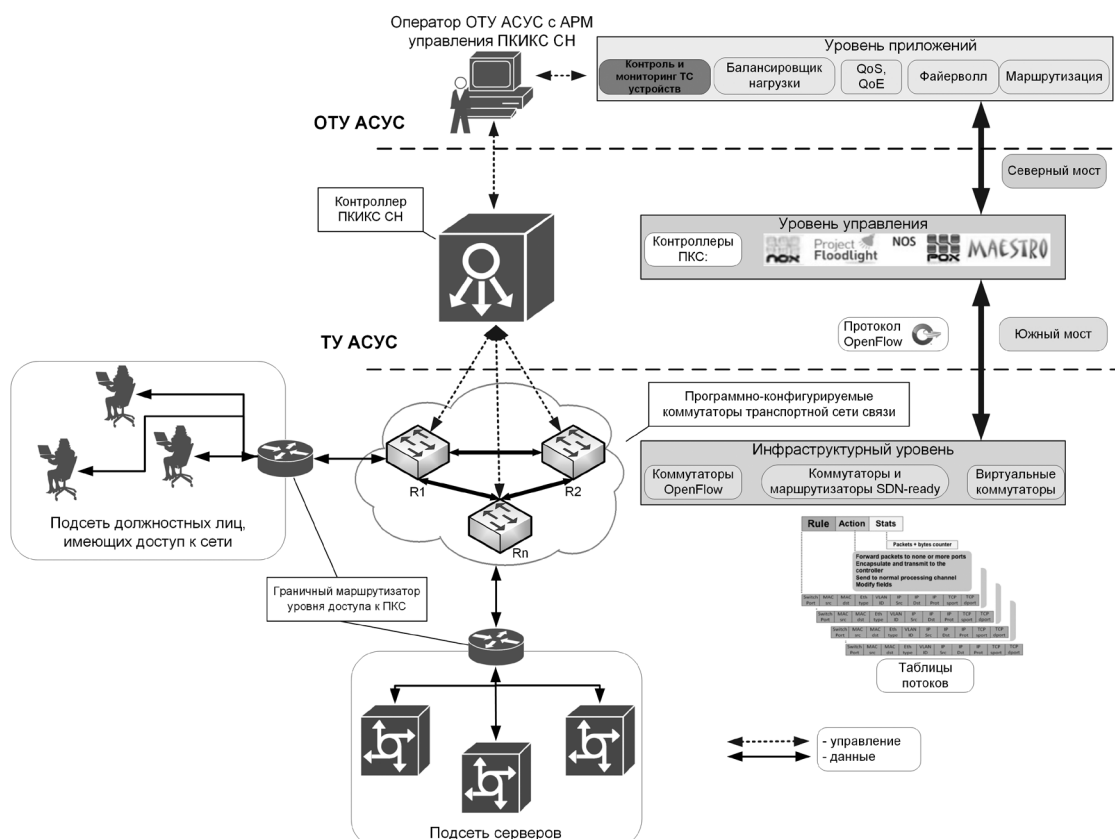


Рис. 1. Принцип организации и построения ПКИКС СН

кой все контроллеры равноправны и находятся на одном логическом слое. В иерархическом отношении контроллеры размещаются на разных уровнях иерархии, выделяя при этом главный или суперконтроллер. По сравнению с централизованной архитектурой распределенная архитектура имеет больше коммуникационных издержек. Причина этого заключается в том, что для того, чтобы иметь представление о наличии и состоянии всех устройств в сети, все контроллеры должны обмениваться служебной информацией, которую эти устройства содержат. Недостаток же централизованной структуры перед распределенной заключается в том, что централизованный контроллер является критической точкой отказа, при сбое которого существует реальная вероятность перехода ПКС в состояние «отказ в обслуживании», что в конечном счете снижает функциональную надежность всей ИКС СН в целом.

Внедрение в построение ИКС СН новых архитектурных принципов, сформулированных технологией ПКС, позволяет выявить ряд существенных эксплуатационно-технических преи-

муществ перед традиционными ТСП/IP-пакетными сетями, начало разработки которых было положено в 1969 году:

- благодаря снятию с сетевых устройств инфраструктурного уровня (коммутаторов, маршрутизаторов) нагрузки по обработке тракта управления ПКИКС СН позволяет этим устройствам направить все свои ресурсы на ускорение перемещения трафика, что существенно повышает производительность такой сети в целом;

- как следствие, сетевые устройства по своей функциональности упрощаются и удешевляются;

- использование открытых интерфейсов управления делает внедрение устройств инфраструктурного уровня независимым от конкретного подрядчика, поскольку исключается использование проприетарных протоколов и интерфейсов управления. Таким образом, происходит переход к унификации сетевого оборудования;

- виртуализация управления ПКИКС СН обеспечивает снижение расходов на ее эксплуатацию;

– на централизованном контроллере или территориально распределенной группе контроллеров (ТРГК) также за счет средств виртуализации оператор ОТУ АСУС может наблюдать всю ПККИС СН в едином представлении, в связи с чем повышаются удобство управления, обеспечения безопасности и упрощается выполнение ряда других задач;

– теоретически неограниченные возможности сетей ПКС к расширению позволяют строить реальные облачные структуры данных, масштабируемые в зависимости от возлагаемых на ИКС СН задач по обеспечению обороноспособности и антитеррористической безопасности государства. При этом сеть обладает требуемой «интеллектуальностью», необходимой, в частности, для управления работой обширных ТРГК.

В настоящее время существует ряд исследований возможности практического перехода от построения ИКС СН на базе сетевых технологий стека протоколов TCP/IP к принципам архитектуры ПКС [7, 8]. В силу специфики построения уже развернутых полевого и стационарного компонентов ведомственной сети связи ВС РФ выделяются два приоритетных направления, следуя которым можно считать такой переход практически достижимым в адекватном для Войск связи ВС РФ будущем.

1. Переход должен осуществляться в парадигме «SDN через API», согласно которой на сетевых устройствах передачи трафика (коммутаторах) сохраняется плоскость управления. Построение топологии ПККИС СН при таком подходе осуществляется методом управления конфигурацией этого сетевого оборудования, либо непосредственно с использованием редактирования таблиц маршрутизации или коммутации соответствующего сетевого устройства. Преимуществом такого метода является использование существующего в настоящее время и уже развернутого на сетях связи телекоммуникационного оборудования и, как следствие, возможность реализации концепции ПКС на традиционных TCP/IP сетях, сохраняя при этом программируемость контроллера. Недостатком же этого метода следует считать теоретически высокую степень загруженности контроллера: в каждый момент времени управления ПККИС СН существует необходимость поддерживать в актуаль-

ном состоянии информацию, поступающую от сетевых элементов, а также синхронизировать состояние своей плоскости управления трафиком и распределенные плоскости управления каждого из сетевых устройств.

2. Использование принципа ПКС в выделенных военных сетях для автоматизации и централизации управления сетевой инфраструктурой целесообразно только в том случае, если эксплуатируемые инфокоммуникационные сети связи находятся в ведении МО РФ, организованы с использованием собственных каналов и трактов, объединены в единое информационное пространство и управляются с ведомственных пунктов управления связью (ПУС), т.е. по существу являются составными частями ИКС СН.

Из курса высшей школы известно, что такие цифровые сетевые устройства, как коммутаторы и маршрутизаторы, выполняющие роль структурных сетевых элементов ПККИС СН в том числе, являются сложной микроэлектронной техникой, чувствительной к наличию статического заряда, перепадам нагрузки в сети электропитания и прочим дестабилизирующим их работу факторам. Поэтому функционирование таких элементов сетей связи совершенно невозможно без необходимого количества и заданного качества электроэнергии, что в свою очередь должна обеспечивать перспективная автономная система электроснабжения (АСЭС) сил и средств связи. Предполагается, что АСЭС функционирует в составе подсистемы ЭЭО сети связи и представляет собой сложную взаимосвязанную техническую систему, предназначенную для электропитания объектов управления и связи (потребителей электрической энергии) [9]. Ее создание позволит оперативно реагировать на изменения технического состояния (ТС) элементов сети связи и своевременно принимать необходимые управленческие решения.

Характерной особенностью построения полевой компоненты ПККИС СН является принцип децентрализованного управления сетевыми устройствами, что означает сохранение в логике их работы полноценной плоскости управления с использованием стека протоколов TCP/IP. Такой подход обусловлен высокой степенью мобильности элементов полевой составляющей сети связи, как следствие — частое выполнение комплекса операций по развертыванию/сверты-

ванию элементов узла связи, а также высокой вероятностью их выхода из строя.

Также можно заключить, что принципы организации и построения АСЭС элемента полевого узла связи ПККИС СН полностью удовлетворяют принципам системы двухканальной радиально-транзитной АСЭС с использованием подвижной электростанций (ПЭС) ЭД-3х30-Т/400 «Багаж» на автомобильном базовом шасси (АБШ) КамАЗ-53501, представленной на рис. 2 [9].

На базе каждой из двух ПЭС размещены 3-и дизель-генераторные установки (ДГУ) трехфазного переменного тока мощностью до 30 кВт каждая, следовательно, теоретический максимум допустимой потребительской нагрузки на такую систему составляет $2 \times 3 \times 30 = 180$ кВт, допустимый — 170 кВт.

Предполагается, что во всех объектах связи, подключенных к источнику электроэнергии по данной схеме, системообразующим и коммутационным оборудованием является базовая унифицированная система электроснабжения (БУСЭС) полевых объектов связи и управления, изображения структурных элементов которой представлены на рис. 3 [9].

Применение двухканального подключения потребителей электроэнергии позволяет организовать 2N резервирование по питанию, причем возможна как балансировка нагрузки в отношении 1:1, так и применение схемы, когда по одному каналу происходит питание нагрузки в полном объеме потребляемой ею электроэнергии, а второй в это время находится в «горячем» резерве.

В отличие от полевого, стационарный компонент ПККИС СН представляет собой ставшее традиционным размещение оборудования транспортных сетей (программно-управляемые коммутаторы) и устройств управления (контроллеры) на базе центра обработки данных (ЦОД или дата-центра) — технически и технологически сложного комплекса, состоящего из нескольких подсистем с единым управлением.

В настоящее время на отечественном рынке инфотелекоммуникационных услуг сложилась ситуация, при которой формализованного стандарта, который регламентировал бы требования по построению помещений дата-центров, просто не существует. Очевидно, что в отечественных вооруженных силах повестка в области регламентирования требований к построению ЦОДов специально-

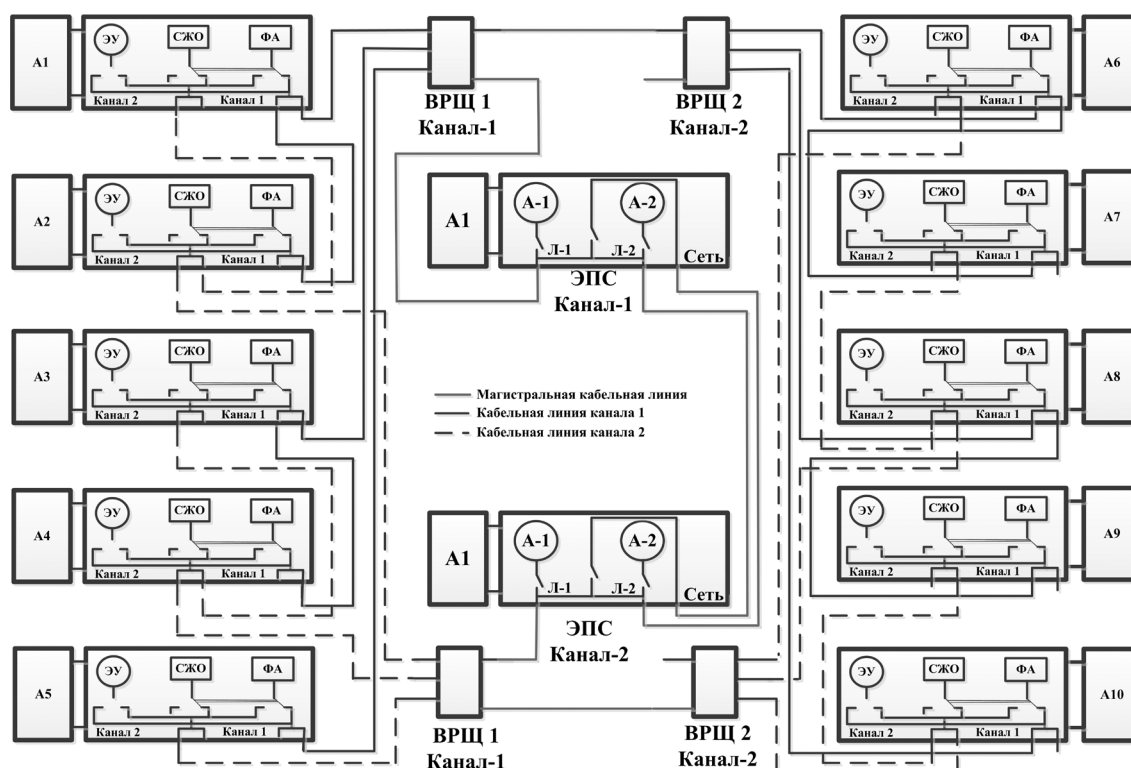


Рис. 2. Схема организации и построения АСЭС элемента полевого узла связи ПККИС СН

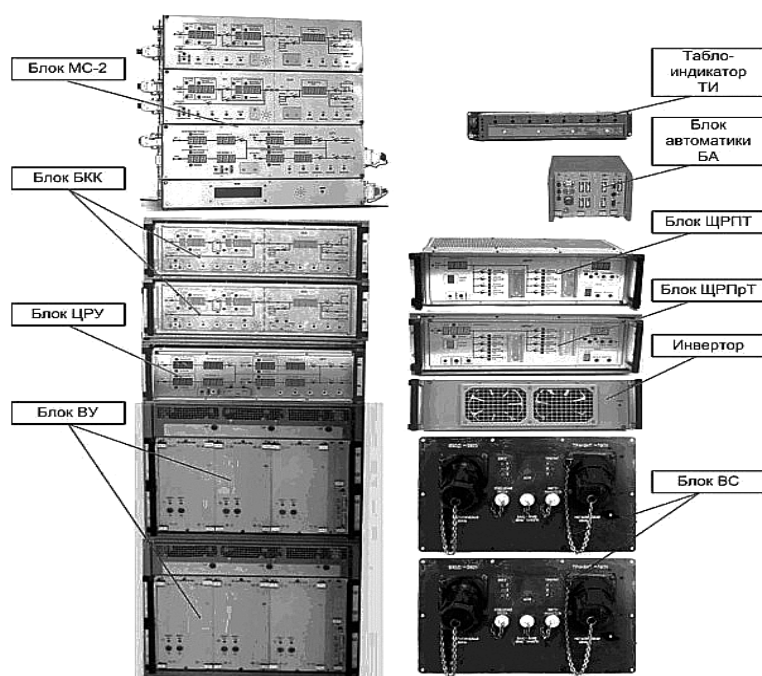


Рис. 3. Оборудование из состава БУСЭС

го назначения в интересах обеспечения анти-террористической безопасности и обороноспособности государства выглядит соответствующе. В США же принят стандарт ANSI «Telecommunications Infrastructure Standard for Data Center» (ANSI/TIA-942) [10] («Стандарт телекоммуникационной инфраструктуры для дата-центра»), на сегодняшний день принимаемый международной общественностью стандартом де-факто по созданию центров обработки данных и их подразделению на классы, согласно степени требуемой надежности их функционирования. Поэтому те дата-центры, которые уже построены на коммерческом рынке телекоммуникаций России, в плане организации и построения опирались именно на этот стандарт, дополняя его рекомендации требованиями для сооружений связи, «Правилами устройства электроустановок» в части, касающейся подсистемы ЭЭО, а также дополнительной информацией от Uptime Institute (Институт изучения проблем повышения производительности цифровой инфраструктуры связи, США) и ГОСТов РФ серии 34.

Учитывая специфичность обрабатываемой в ПККИС СН информации ограниченного доступа, неоспоримым будет являться предложение отнесения ЦОДа, развернутого на стационарном компоненте ПККИС СН, к объекту

IV класса бесперебойной работы (наивысшего), согласно [10]. Это означает, что надежность такого объекта численно эквивалентна 99,995%, что в пересчете на временные параметры равносильно суммарному перерыву в работе не более 15 минут в календарный год. Кроме того, для размещения объекта такого класса положено выделенное здание.

Некоторые предложения по организации и построению системы ЭЭО для дата-центра, развернутого на стационарном компоненте ПККИС СН, сформулированы в таблице.

Ключевым направлением совершенствования техники и технологии контроля технического состояния элементов АСЭС сети связи можно считать ориентацию на автоматизацию операций контроля ТС элементов этой сети, что означает использование современных средств вычислительной техники и различных высокопроизводительных технических устройств сбора, накопления, обработки и передачи информации о ТС элементов сети связи совместно с соответствующим информационным, математическим и программным обеспечением [9]. В масштабе ПККИС СН в рамках данной статьи авторы намеренно оставили этот вопрос без внимания, поскольку он видится им требующим проведения отдельных исследований.

Предложения по организации и построению системы ЭЭО для ЦОД, развернутого на стационарном компоненте ПККИС СН

1. Общие организационные требования к системе ЭЭО	
1.1. Должно обеспечиваться функционирование подсистемы бесперебойного гарантированного ЭЭО (совокупное использование источников бесперебойного питания (ИБП) и дизель-генераторных установок (ДГУ))	
1.2. Должно быть организовано применение модульной архитектуры построения системы ЭЭО — развертывание только необходимого на данном этапе функционирования ЦОД оборудования системы ЭЭО с возможностью последующего наращивания мощностей	
1.3. Степень общего резервирования по питанию ЦОД должна быть кратна двум:	
1.3.1. 2N — система с полностью дублированными компонентами;	
1.3.2. 2(N+1) — система с полностью дублированными компонентами с избыточностью	
1.4. Кластеры ИБП и ДГУ должны быть территориально разнесены	
1.5. На технологическом уровне управления ПККИС СН должна быть предусмотрена возможность автоматической гибернации работающих систем при отсутствии электропитания	
1.6. Регламентные и ремонтные работы должны проводиться регулярно и своевременно	
2. Подсистема бесперебойного гарантированного ЭЭО	
2.1. ИБП	2.2. ДГУ
2.1.1. Каждый модуль ИБП (см. пункт 1.2) должен быть размещен в отдельном закрытом блоке (щитовой комнате) с кондиционированием и главным распределительным щитом (ГРЩ)	2.2.1. ДГУ должны быть размещены за пределами здания ЦОДа в контейнерах подведомственных МО РФ организаций (специализированных шумо- и теплоизолированных конструкциях с внутренней обвязкой)
2.1.2. Должны использоваться герметичные необслуживаемые аккумуляторные свинцово-кислотные герметизированные батареи (АБ) с регулирующими клапанами или АБ с наливными элементами	2.2.2. В контейнерах должна использоваться система вентиляции в форме жалюзи, автоматически открывающихся при запуске двигателя и закрывающихся при его остановке
2.1.3. Должны использоваться технологии оптимизации режима подзарядки аккумуляторов, позволяющих продлить срок службы АБ	2.2.3. В контейнерах также должна использоваться система вывода отработанных газов на уровне не ниже 5 этажа здания
2.1.4. Как один из возможных вариантов - должна использоваться параллельная схема подключения ИБП с резервированием по схеме N+1: выходы N+1 соединенных параллельно ИБП объединяются, в случае выхода из строя одного ИБП нагрузка мощностью не более N поровну распределится между оставшимися ИБП	2.2.4. Контейнер должен быть оснащен активной системой безопасности: пожарно-охранной автономной сигнализацией, аэрозольным (газовым) пожаротушением, системой подогрева антифриза от дизеля
2.1.5. Должны использоваться продвинутые технологии синхронизации и распределения нагрузки в параллельных схемах подключения ИБП с резервированием (т.н. распределенная изолированная конфигурация) (см. п. 2.1.3)	2.2.5. Должны быть предусмотрены программные инструменты самодиагностики и оповещения о неисправностях, низком качестве параметров выходного тока, изменениях режимов работы двигателя
2.1.6. Должны использоваться передовые алгоритмы управления силовой частью	2.2.6. Система охлаждения двигателя ДГУ должна быть жидкостного типа
2.1.7. Должны быть предусмотрены программные инструменты самодиагностики и оповещения о неисправностях, низком заряде АБ, изменениях режимов работы	
2.1.8. Должен быть предусмотрен резервный способ передачи электроэнергии без отключения потребителей во время проведения регламентного обслуживания	

Предложения по организации и построению системы ЭЭО для ЦОД, развернутого на стационарном компоненте ПКИКС СН

3. Подсистема кабельного устройства и системы ввода питания

- 3.1. Высоковольтные фидеры ввода должны приходить в ЦОД от разных энергетических ведомственных подстанций. В случае отсутствия такой возможности фидеры должны быть выделены исключительно для данного конкретного дата-центра и изолированы от всех не критически важных объектов
- 3.2. Должно осуществляться дублирование вводов на ЦОДе между двумя разными подстанциями с целью оперативной переброски нагрузки в случае «просадки» мощности
- 3.3. К ГРЩ (см. п. 2.1.1) от фидеров должны быть проложены шины из меди (сила тока, протекающего по такому контакту, достигает 4500 А) и автоматы ввода резерва (АВР)
- 3.4. Помимо АВР, переключающих нагрузку между фидерами, должен использоваться дополнительный (резервный) АВР для подключения ДГУ при переходе на автономное питание в случае аварии
- 3.5. К электрошкафам стоек с коммутационным оборудованием через АВР должны быть проложены также медные кабели
- 3.6. От ИБП к установленным в вычислительном зале распределительным шкафам должны быть проложены специальные шинопроводы, выдерживающие силу тока до 3600 А

Выводы

На основании предложенных в настоящей статье рассуждений можно сформулировать следующие основные выводы:

1. ПКИКС СН — принципиально новая для Войск связи ВС РФ концепция построения ИКС СН, основанная на принципах программно-конфигурированного управления и предназначенная для нужд обороны и обеспечения антитеррористической безопасности государства. Её построение в перспективе станет реализацией положений нормативно-правовых актов высшего руководства страны;

2. АСЭС — это перспективная автономная система электроснабжения, создаваемая в рамках системы ЭЭО с целью обеспечения потребителей системы связи необходимым количеством и заданным качеством электроэнергии. Для полевого компонента принцип её построения в ПКИКС СН ничем не отличается от уже изученных технологий проектируемой в настоящее время АСЭС ПУС сетей связи МО РФ. В стационарном компоненте ПКИКС СН сохраняется принцип централизованного управления телекоммуникационными устройствами, отвечающими только за пересылку трафика, с плоскости управления контроллера, и, следовательно, система ЭЭО практически идентична принципам организации ЭЭО дата-центров;

3. В настоящее время как на отечественном рынке инфотелекоммуникационных услуг, так

и в Войсках связи ВС России имеет место правовой коллапс, связанный с отсутствием современной нормативной базы, регламентирующей принципы построения и функционирования подсистемы ЭЭО системы связи. В настоящей статье авторы попытались сформулировать некоторые наиболее интересные предложения по организации и построению системы ЭЭО дата-центра, развернутого на стационарном компоненте ПКИКС СН, руководствуясь рекомендациями соответствующего международного стандарта.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения 13.10.2020).
2. Смелянский Р.Л. Технологии SDN и NFV: новые возможности для телекоммуникаций // Вестник связи. 2014. № 1. С. 43–47.
3. Красотин А.А., Алексеев И.В. Программно-конфигурируемые сети как этап эволюции сетевых технологий // Моделирование и анализ информационных сетей. 2013. Т. 20. № 4. С. 110–124.
4. Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Коробельников Д.М., Языков Д.Н. Международная стандартизация программно-конфигурируемых сетей // Электросвязь. 2013. № 8. С. 3–9.

5. Nadeau, Thomas D., Gray, Ken. SDN: Software Defined Networks. O'Reilly Media, Inc. 2013. С. 10–25.

6. Арсланов Х.А., Башкирцев А.С., Лихачев А.М. Автоматизированная система управления связью в Вооружённых Сил Российской Федерации и приоритетные направления её развития // Тематический сборник «Связь в Вооружённых Силах Российской Федерации — 2016». 2016. С. 17–20.

7. Долматов Е.А., Трубников Д.О. Применение технологий программно-конфигурируемых сетей при построении инфокоммуникационных сетей специального назначения // Сборник трудов 71-й Всероссийской научно-технической конференции, посвящённой Дню радио. 2016. С. 116–117.

8. Трубников Д.О., Елисеев Д.И., Ляховский А.А. Анализ оперативно-технических подходов к построению программно-конфигурируемой мультисервисной сети связи // Теория и практика применения новых информационных технологий. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 38–46.

9. Абрамкин Р.В., Бартош В.В., Винограденко А.М. Автоматизированный контроль технического состояния электротехнических средств военной техники связи в системе электроэнергетического обеспечения // I-Methods. 2020. Т. 12. № 3. С. 1–13.

10. Телекоммуникационная инфраструктура Центров Обработки Данных. Документ SP-3-0092: (Стандарт ТИА-942, редакция 7.0, февраль 2005) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ups-info.ru/etc/tia_russkii.pdf (дата обращения 15.10.2020).

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018 № 204 «On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period of 2024». [Electronic resource]. Access mode: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (date of the application: 13.10.2020).

2. Smelyanskiy R.L. SDN and NFV Technologies: New Opportunities for Telecommunications // Vestnik svyazi. 2014. Vol. 1. P. 43–47.

3. Krasotin A.A., Alekseyev I.V. Software-defined Networks as a Stage in the Evolution of Networking Technologies // Modeling and analysis of information networks. 2013. Vol. 20. № 4. P. 110–124.

4. Yefimushkin V.A., Ledovskikh T.V., Korabel'nikov D.M., Yazykov D.N. International standardization of software-defined networks // Elektrosvyaz'. 2013. № 8. P. 3–9.

5. Nadeau, Thomas D., Gray, Ken. SDN: Software Defined Networks. O'Reilly Media, Inc. 2013. P. 10–25.

6. Arslanov Kh.A., Bashkirtsev A.S., Likhachev A.M. Automated communications control system in the Armed Forces of the Russian Federation and priority areas of its development // Thematic collection «Communications in the armed forces of the Russian Federation — 2016». 2016. P. 17–20.

7. Dolmatov Ye.A., Trubnikov D.O. Application of technologies of software-defined networks in the construction of infocommunication networks for special purposes // Collection of works of the 71st All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to Radio Day. 2016. P. 116–117.

8. Trubnikov D.O., Eliseev D.I., Lyakhovsky A.A. Analysis of operational and technical approaches to the construction of a software-defined multiservice communication network // Theory and practice of applying new information technologies. Collection of works of the All-Russian Scientific and Technical Conference. 2020. P. 38–46.

9. Abramkin R.V., Bartosh V.V., Vinogradenko A.M. Automated control of the technical state of electrical equipment of military communication equipment in the system of electrical power supply // I-Methods. 2020. Vol. 12. № 3. P. 1–13.

10. Telecommunication infrastructure of Data Processing Centers. Document SP-3-0092: (Standard TIA-942, edition 7.0, February 2005) [Electronic resource]. Access mode: https://www.ups-info.ru/etc/tia_russkii.pdf (date of the application 15.10.2020).