

Интеллектуальная электроэнергетика нового технологического уклада

В. Лучинин, д. т. н.¹, О. Бохов, к. т. н.², В. Исаев, д. т. н.³,
Е. Матвеев⁴, С. Матвеев⁵

УДК 621.311 | ВАК 05.14.01

В рамках формирования облика нового технологического уклада представлены базовые направления комплексной программы системно востребованных энерготехносферных новаций с обеспечением критериев энергоэффективности, экологичности, безопасности и интеллектуальности систем электроэнергетики для достижения национальных целей технологического суверенитета и лидерства на глобальных энергетических рангах наукоемкой конкурентоспособной продукции.

Для российского энергетического сообщества декабрь 2020 года – знаковая дата столетия принятия плана ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России) [1]. Фактически данный план являлся первой государственной программой, определившей социально-экономические преобразования общества на основе электрификации промышленности, транспорта, сельского хозяйства и культурно-бытового уклада страны. Мировой приоритет выдающихся российских инженеров-электротехников П. Н. Яблочкова, А. Н. Лодыгина, М. О. Доливо-Добровольского определил на границе 19–20 веков формирование передовой российской электротехнической школы. Один из лидеров этой школы Г. М. Крыжановский еще до революции сформулировал базовые положения электрификации России, ставшие основой плана ГОЭЛРО – фактически базиса нового технологического уклада – системного замещения «мускульной силы» на электрическую энергию.

Принятие и реализация плана ГОЭЛРО для России того времени означали энергоэкономическую революцию, определившую энерговооруженность индустрии и, как следствие, повышение производительности труда в сочетании с необходимым уровнем кадрового обеспечения, то есть научно-образовательный, инженерно-индустриальный и социальной культуры.

Академик Генрих Осипович Графтио – преподаватель (1907–1949 гг.) Санкт-Петербургского электротехнического института (ЭТИ, ЛЭТИ, Санкт-Петербургский электротехнический университет «СПбГЭТУ») и его ректор в 1924–1925 годах, являлся членом комиссии и активным разработчиком и реализатором плана в сфере гидроэнергетики [2]. Наиболее известно его участие в строительстве Нижне-Свирской и Волховской ГРЭС («Я писал свои труды бетоном и железом»).

Значительный вклад в развитие энерго- и инфотехносферы внес выпускник ЛЭТИ лауреат нобелевской премии академик Жорес Иванович Алферов, который создал в ЛЭТИ первую в отечественной практике кафедру квантовой электроники с ориентацией на гетероструктурную лазерную технику и фотовольтаику [3]. В связи с развитием энергообеспечивающих безуглеродных технологий можно обратиться к достаточно широко известному его высказыванию, относящемуся к будущему энергетики: «Привычнее торговать нефтью, но запасы ее не бесконечны. Между тем, один грамм лазерной гетероструктуры по цене эквивалентен 10 т нефти. Так не пора ли подумать о будущем?».

Данную статью следует рассматривать как системную эволюцию электротехнической школы ЭТИ, ЛЭТИ, СПбГЭТУ, отражением которой являются представленные в данной работе базовые положения программы «Интеллектуальная энергетика нового технологического уклада».

В настоящее время в рамках формирования нового технологического уклада имеет место становление современных индустриальных экосистем с приоритетом интеллектуального когнитивного над ресурсным материальным. В условиях ослабления сырьевых природно-территориальных факторов благополучия ответом на вызовы радикально изменяющейся социально-экономической конкурентной среды приоритетом

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» (СПбГЭТУ), директор ИЦ «ЦМИД», заведующий кафедрой микро- и нанoeлектроники, профессор, cmid_let@mail.ru.

² СПбГЭТУ «ЛЭТИ», заведующий лабораторией.

³ АО «Российская электроника» (АО «Росэлектроника»), директор по технологическому развитию и стандартизации, профессор.

⁴ ОАО «Центр технологии микроэлектроники» (ОАО «ЦТМ»), директор по инновациям.

⁵ ОАО «Центр технологии микроэлектроники» (ОАО «ЦТМ»), исполнительный директор.

российского энергетического комплекса, наряду с масштабной модернизацией процессов добычи и транспортировки энергоносителей, должны стать обеспечение импортонезависимости и технологического суверенитета в энергосберегающих технологиях генерации, аккумуляции, преобразования, трансляции, распределения и рекуперации энергии. Программа «Интеллектуальная энергетика нового технологического уклада» должна являться комплексной программой системных востребованных отечественных новаций с формированием собственных технологических ниш на основе гармонизированного сочетания отечественных естественного и искусственного интеллектов для обеспечения энергетической безопасности России и паритета или лидерства на глобальных высокотехнологических рынках энерготехносферы.

ПРИОРИТЕТЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Основные директивные документы, определяющие стратегию и базовые направления развития энергосферы Российской Федерации, представлены в табл. 1.

Обобщая изложенное, в данном комплексе директивных документов следует отметить:

- энергетическая инфраструктура, наряду с информационной, отнесена к критическим компонентам обеспечения безопасности государства;
- приоритетом развития энерготехносферы является формирование российской энергетической экосистемы на основе ядра отечественных технологий и обеспечивающего кадрового потенциала для достижения импортонезависимости и конкурентоспособной национальной электроэнергетики на глобальных рынках наукоемкой продукции.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГРАММЫ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА»

Реализация приоритетной цивилизационной тенденции интеллектуализации индустриальной и социальной сфер определяет и смену энергетического уклада с доминированием таких направлений как: возобновляемая энергетика, рекуперирующая энергетика, биоэнергетика, водородная энергетика и химическая аккумуляция энергии, электродвижение. Необходимо формирование системообразующей программы долгосрочного развития электроэнергетики, обеспечивающей прогнозирование и анализ возникающих индустриальных и социально-экономических вызовов, создание научно-технологического заделов и реализацию научно-технологического потенциала, необходимых для своевременного ответа на такие вызовы.

Программа «Интеллектуальная электроэнергетика нового технологического уклада» направлена

на системное внедрение техносферных новаций на основе интеллектуального ядра российских технологий, создание конкурентоспособной отечественной инфраструктуры и кадрового потенциала, интегрированных в формирующуюся корпоративную инновационную бизнес-среду. В основу программы положено понятие «интеллектуальная электроэнергетика», которая находит свое отражение в совокупности доминант современной энергетики:

- наукоемкая – на основе естественно научных новаций и креативных технологий с обеспечением критериев энергоэффективности, экологичности и безопасности энерготехносферы при реализации процессов генерации, преобразования и трансляции энергии;
- цифровая – от цифровых двойников к цифровым платформам и мультиагентным энергоинформационным системам;
- роботизированная – минимизация роли человека, как критического фактора, и усиление технологии искусственного интеллекта – базиса индустриальной когнитивности;
- инфокоммуникабельная – инфосетевая гибридная на основе сочетания беспроводных и традиционных способов передачи информации с интеграцией в распределенное энергоинформационное пространство для управления и диспетчеризации с обеспечением устойчивости функционирования и криптозащиты.

Приоритеты программы:

- формирование единого энергоинформационного пространства;
- развитие возобновляемых источников энергии и внедрение альтернативных видов топлива;
- развитие малой энергетики и децентрализованного энергообеспечения;
- сбалансированность генерирующих и сетевых мощностей, объединение изолированных энергосистем;
- модернизация основных производственных фондов (электростанции, электросети);
- внедрение прогрессивных конкурентоспособных технологий, аппаратных и программных средств в генерирующие, преобразующие, аккумулирующие и транспортирующие энергосистемы;
- переход на прогрессивные системы электродвижения.

Современные требования к объектам электроэнергетики и технологии их обеспечения представлены в табл. 2.

Актуальные задачи отечественной электроэнергетики:

- переход на цифровые подстанции – аппаратно-программные комплексы, интегрирующие силовое

Таблица 1. Директивные документы развития энергосферы Российской Федерации

Директивный документ	Наименование	Системные приоритеты
Указ Президента РФ от 7 июля 2011 года № 899	«Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий» Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	<ul style="list-style-type: none"> Устойчивость функционирования энергетической инфраструктуры, ее защищенность и безопасность. Импортонезависимость и технологический суверенитет. Экономическая эффективность, инновационность и конкурентоспособность продукции и технологий на глобальных энергетических рынках. Энергетическая эффективность энергоиндустрии, энергосетевая адаптивность локальных и распределенных источников энергии. Экологичность и безопасность эксплуатации энергосистем, включая развитие роботизированных технологий и производств с минимальным участием фактора человека. Интеллектуализация энергосферы, цифровизация и информатизация систем генерации, распределения и потребления энергии. Обеспечение необходимого профессионального уровня подготовки кадров и норм промышленной безопасности.
Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642	«О стратегии научно-технологического развития РФ», п. 15д (Наиболее значимые вызовы) «Качественные изменения характера глобальных и локальных энергетических систем, роль значимости энерговооруженности экономики и сохранения энергии, ее передача и использование»	
Указ Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204	«О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» п. 11 (Приоритетное направление развития) «Цифровая трансформация энергетической инфраструктуры»	
Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 года № 321	Государственная программа РФ «Развитие энергетики»	
Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2016 года № 317	«Организации национальной технологической инициативы. Сквозные технологии НТИ «Новые и портативные источники энергии»	
Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 года № 1523-р	«Энергетические стратегии Российской Федерации»	
Ведомственный проект Министерства энергетики на период 1 октября 2018 – 1 декабря 2021	«Цифровая энергетика»	
Прогноз утвержден министром энергетики РФ 14 октября 2016 года	«Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса РФ на период до 2035 года»	
Дорожная карта президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России от 28 сентября 2016 года протокол № 4	Рынки НТИ «Энерджинет»	

Таблица 2. Современные требования к объектам электроэнергетики и технологии их обеспечения

Энергоэффективность	Экологичность	Безопасность	Интеллектуальность
<ul style="list-style-type: none"> Ресурсосберегающие технологии генерации и преобразования энергии Оптимизация транспортно-сетевой инфраструктуры Модернизация основных производственных фондов 	<ul style="list-style-type: none"> Безуглеродная энергетика. Альтернативные виды топлива Возобновляемые источники энергии Рекуперирующая энергетика Технологии трансляции энергии 	<ul style="list-style-type: none"> Сетевое резервирование и аккумуляция энергии Защита критической инфраструктуры от природных, техногенных и антропогенных факторов 	<ul style="list-style-type: none"> Цифровизация компонентов и формирование энергоинфосетевой инфраструктуры Системная интеграция силовой и информационной электроники Адаптивные технологии энергоресурсосбережения

оборудование, средства дистанционного управления, мониторинга и учета;

- развитие интеллектуальных распределенных систем энергообеспечения – «интернета энергии»;
- развитие энергоэффективных сетевых высоковольтных систем энергообеспечения на постоянном токе;
- системное обеспечение технических требований к «качеству» электричества;
- переход на более высокие частоты работы преобразователей, обеспечивающие ресурсосбережение и минимизирующие массогабаритные показатели;
- переход на энергосберегающий регулируемый электропривод – современные технологии управления скоростью вращения электродвигателей на основе статических преобразователей энергии – «цифровых» инверторов;
- обеспечение перехода на системы электродвижения в условиях развития транспортных средств нового поколения.

Развитие базовых технологий, определяющих эффективность и гибкость энергообеспечения при трансляции энергии и энергосбережение в процессе преобразования энергии, представлено на рис. 1.

К проблемам, требующим приоритетного решения, следует отнести:

- научное и экономическое обоснование возможности технологической революции и перехода мировых лидеров на технологические платформы нового поколения, базирующиеся на развитии возобновляемых неуглеродных источников энергии;
- развитие прогрессивного направления «Интернет энергии» [4] для гибкого информационного интеллектуального управления энергосистемами с реализацией технологий распределенной энергетики «от персонального источника энергии до умных сетей» и энергетических транзакций в рамках виртуального формирования энергетических резервов мощности;



Рис. 1. Актуальные направления развития систем электроэнергетики



Рис. 2. Эволюция материалов силовой электроники. От кремния к алмазу

- удовлетворение нарастающего спроса на инновации в отечественной электроэнергетике в рамках реализации процесса импортозамещения через техническое перевооружение и создание новых предприятий производителей индустриальной базы энергетики, включая: электрические машины, электронную компонентную базу, силовые модули, интеллектуальные сборки, информационно-управляющие сетевые устройства, электромагнитные фильтры, датчики тока и напряжения, пассивные компоненты (емкости и индуктивности), трансформаторы и дроссели, радиаторы, силовые и сигнальные кабели, моточные изделия, диэлектрические и магнитные материалы, специализированные металлические сплавы.

ПРИОРИТЕТНЫЕ БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
Электронная компонентная база на основе широкозонных полупроводников

Характеризуя современные тенденции развития электронной компонентной базы (ЭКБ) силовой электроники, следует выделить два основных направления: мощные

дискретные полупроводниковые приборы и интегрированные устройства, включая интегральные схемы и гибридные модули [5, 6].

В настоящее время наибольшее развитие получили силовые диоды Шоттки, дискретные транзисторы IGBT и MOSFET, интеллектуальные MOSFET-модули, драйверы, транзисторно-диодные сборки, интегральные источники питания и стабилизаторы на кристалле [7].

Перспективные направления развития технологий ЭКБ силовой электроники:

- ЭКБ силовой электроники нового поколения, сочетающая высоковольтность, сильноточность и высокое быстродействие, обеспечиваемые переходом от кремния к широкозонным полупроводниковым материалам: GaN (нитриду галлия), SiC (карбиду кремния) и алмазу (рис. 2) [8–10];
- структуры «GaN на кремнии» как доминирующая технология создания интегрированных систем силовой электроники со встроенной электронной или оптической подсистемами управления [11];
- силовая электроника на карбиде кремния как динамично развивающееся направление индустрии высоковольтных сильноточных приборов

Таблица 3. Интеллектуализация преобразователей для энерготехносферы

Базовый компонент локальной системы управления	Базовый компонент инфосетевой системы управления	Базовый компонент «цифровой платформы»	Базовый компонент интеллектуальной smart grid
Управляемый преобразователь	Управляемый преобразователь с дистанционным цифровым управлением	Цифровая IoT-платформа	Цифровая IoT-платформа с искусственным интеллектом
Преобразователь + драйвер	Преобразователь + драйвер + инфокоммуникатор	Преобразователь + драйвер + сенсор + инфокоммуникатор	Преобразователь + драйвер + сенсор + процессор + инфокоммуникатор

с возможностью перехода на высокие частоты работы и использование ЭКБ в высоковольтных пико-наносекундных импульсных преобразователях (рис. 3) [12];

- «системы в модуле с монолитной твердофазной сборкой» – прогрессивное конструкторско-технологическое решение для обеспечения высокой надежности изделия (рис. 4);
- силовые интеллектуальные сборки – высокоинтегрированные гибридные 2D- и 3D-устройства [13], сочетающие силовые и информационно-управляющие подсистемы (табл. 3).

Индустрия традиционной кремниевой электронной компонентной базы для ряда областей применений достигает физического предела своего эффективного использования и уже не может обеспечить перспективные рынки электродвижения, электропривода, энергообеспечения, где ключевыми факторами являются

функциональная эффективность, надежность, энергетический и временной ресурсы.

В области мощной и быстродействующей силовой электроники идет безальтернативная смена материалovedческой базы на так называемые широкозонные полупроводниковые материалы (рис. 2), среди которых предпочтение на мировом уровне отдается нитриду галлия и, безусловно, карбиду кремния – алмазоподобному материалу для экстремальных режимов и условий эксплуатации. Роль SiC в развитии силовой и импульсной электроники, достаточно ясно, определена в «Стратегии развития электронной промышленности РФ до 2030 года» и направлена на обеспечение ранее не достижимых параметров.

Потребность в развитии карбидокремниевой силовой электроники в первую очередь связана с необходимостью решения импортозамещающих специальных и совокупности коммерческих промышленных задач

в области производства электро-транспорта, накопителей энергии и бесперебойных источников питания, силового и сверхбыстродействующего электропривода, интеллектуальных систем энергообеспечения и преобразователей энергии с высоким уровнем показателей (мощность × частота). Приоритетом являются высоковольтные (более 1200 В) и сильноточные (более 1000 А) преобразователи с частотами работы более 100 кГц, а также импульсные киловольтные пико-наносекундные силовые модули.

Для систем преобразования энергии на основе карбидокремниевой силовой электроники характерны: высокая энергоэффективность, связанная с малыми потерями мощности;

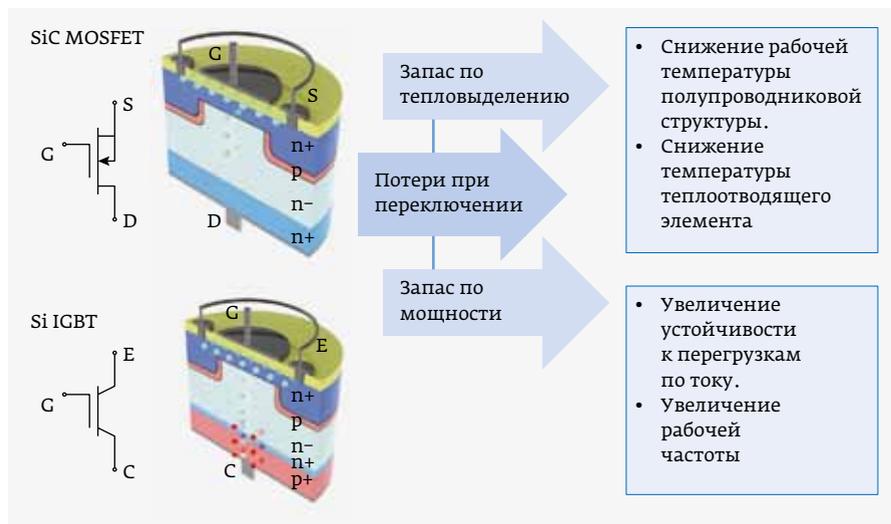


Рис. 3. Сопоставительный анализ перспективных карбидокремниевых MOSFET и традиционных кремниевых IGBT-транзисторов

Таблица 4. Сравнительные характеристики рекуператоров природных и техногенных источников энергии

№	Преобразователь	КПД	Плотность мощности	Особенности
1	Солнечный элемент	15–25%	0,1 Вт/см ²	Зависимость от времени суток и местоположения
2	ИК-фотопреобразователь (направленный, лазерный)	5–40%	0,3–3 Вт/см ²	Зависимость от поглощения излучения в атмосфере
3	Ректенный преобразователь (узкополосный)	До 40%	0,5 мВт/см ²	Определяется мощностью излучателя и расстоянием
4	Ректенный преобразователь (радиоэфирный)	Десятки % (?)	≈1 нВт/см ²	Зависимость от «мощности» радиоэфира и расстояния
5	Термоэлектрический	3–10%	4 мВт/см ²	Зависимость от разности температур источника тепла и холодильника
6	Пьезоэлемент	Единицы %	0,6 мВт/см ²	Доминируют пьезосвойства материала

достаточно высокое быстродействие, определяющее динамику энергорегулирования и энергосбережение, а также уменьшение массогабаритных показателей; минимальные тепловые перегрузки и, как следствие, запас по мощности и ресурсная надежность аппаратных средств.

Сопоставительный анализ современной ЭКБ силовой электроники в рамках сравнения перспективного карбидокремниевого MOSFET и традиционного кремниевого IGBT-транзистора представлен на рис. 3. Энергочастотные приоритеты полевых транзисторов на карбиде кремния в отношении статических и динамических потерь при переключении определяют запас по тепловыделению и мощности, при возможности снижения температуры функционального модуля, увеличения устойчивости к перегрузке по мощности и значительного улучшения массогабаритных показателей.

В России сформированы необходимые базовые компетенции (на базе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» и ОАО «Центр технологии микроэлектроники») для эффективной реализации научно-инженерных и промышленных проектов по переводу отечественной силовой электроники на новый технологический уровень на основе широкозонного алмазоподобного материала карбида кремния. В стадии освоения находится вертикально-интегрированный полностью локализованный в Российской Федерации сквозной технологический процесс производства, включая: рост монокристаллов [14] карбида кремния, формирование эпитаксиальных структур [15, 16], пост-ростовые операции [12] создания ЭКБ и преобразователей с использованием при сборке силовых электронных модулей технологии твердофазного сращивания элементов.

Преобразователи энергии. Гибридные интегрированные компоненты

Направления развития базовых интегрированных компонентов электроэнергетики – преобразователей энергии иллюстрирует рис. 4.

Наряду с переходом на новую ЭКБ современным направлением развития преобразователей различного функционального назначения (см. рис. 4) является их интеллектуализация:

- эффективное совместное использование силовой, цифровой и информационной электроники для управления и рекуперации энергии электрических сетей;
- реализация в рамках «Национальной технологической инициативы» (НТИ) направления ENERGYNET, то есть «умной» распределенной энергетики – так называемых SMART GRID.

Прогрессивные источники энергии и ее трансляция

Ключевым научно-техническим направлением, оказывающим наиболее существенное влияние на развитие энерготехносферы, безусловно, являются «новые портативные источники энергии» с ориентацией на возобновляемую энергетику, включая системы для рекуперации энергии из окружающей среды (рис. 5). Достигнутые в СПбГЭТУ параметры рекуператоров энергии от природных, техногенных и антропогенных источников иллюстрирует табл. 4. Подробное изложение данного вопроса в рамках развития микро- и наноэнергетики более подробно представлено в работах [17–19].

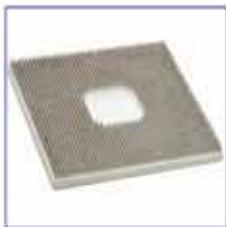
Тесно связана с вопросами рекуперации энергии эволюция систем беспроводной передачи энергии, то есть гибкая передача энергии на расстояние без транспортных линий

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



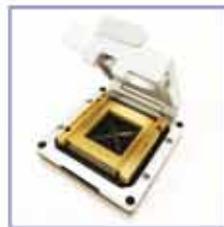
Выводные рамки



Металлокерамические
корпуса



Нагревательные
элементы



Контактные
устройства



Графитовая
оснастка



Оптоэлектронные
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru

Основные технические требования

- Высокая энергоэффективность, определяющая коэффициент полезного действия, непосредственно связанная с малыми потерями мощности.
- Значительная нагрузочная способность по току и напряжению.
- Достаточно высокое быстродействие и возможность реализовать работу в импульсном режиме



- Бесконтактные переключающие устройства переменного и постоянного тока, предназначенные для включения и выключения нагрузки, регулирования мощности.
- Выпрямители, преобразующие переменное напряжение в напряжение постоянного тока.
- Инверторы, преобразующие постоянное напряжение в переменное.
- Преобразователи частоты переменного напряжения.
- Преобразователи величины постоянного напряжения (DC/DC).
- Преобразователи числа фаз.
- Компенсаторы – корректоры коэффициента мощности, предназначенные для компенсации реактивной мощности в питающей сети и компенсации искажения формы тока и напряжения

- Минимизация массогабаритных показателей

Дополнительные функциональные возможности

- Минимизация тепловых перегрузок с возможностью использования дополнительных систем теплоотвода.
- Минимизация помех и обеспечение требуемого уровня надежности при работе комплексированных силовых силовоточных и слаботочных управляющих систем.
- Современная система управления с органическим единством силовых модулей и информационной электроники

Рис. 4. Устройства преобразования энергии

Таблица 5. Матрица «Интеллектуальная энергетика нового технологического уклада»

Технологические направления, продукция	Сквозные проекты										
	Цифровая энергетика	Автономное энергообеспечение	Генерация энергии	Накопление энергии	Передача энергии	Качество энергии	Электропитание	Электропривод	Электродвижение	Электротехнологии	Экстремальная энергетика
Электротехнические материалы и компоненты	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ЭКБ силовой электроники	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Преобразователи энергии	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Драйверы, цифровое управление	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Источники и накопители энергии	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Двигатели	*	*					*	*	*		*
Система передачи энергии и движения	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Энергосети	*			*	*	*	*		*		*



ГРУППА КОМПАНИЙ

ЭЛЕКТРОННОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Акционерное общество
«Научно-производственное предприятие
«Электронное специальное
технологическое оборудование»

124460, г. Москва, Зеленоград,
Георгиевский проспект, д.5, стр.1
тел.: (499) 729-7751, факс: (499) 479-1239
info@nppesto.ru www.nppesto.ru

СИСТЕМА GROOVY ICP –
ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО
Для критического травления
диэлектриков на основе уникального
узкоззорного индуктивного плазменного
реактора для массового производства

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Разработка АО «НПП «ЭСТО» при финансовой поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации

Группа компаний ЭСТО более 20 лет производит оборудование для микроэлектроники в собственном инженерно-производственном комплексе метражом в 5000 кв.м в г. Зеленограде



Оборудование для лазерной микрообработки:
резка, фрезерование, скрайбирование,
прошивка отверстий



Оборудование
для термических процессов



Оборудование для измерения физических
и геометрических параметров



Высокоточное оборудование
для дисковой резки



Рис. 5. Природные, техногенные и антропогенные источники энергии

по оптическому или радиоканалу. В качестве приоритетов здесь рассматриваются такие направления, как:

- энергообеспечение семейств объектов от сосредоточенного источника;
- энергообеспечение труднодоступных объектов;
- передача энергии из космоса от гелиообъекта с неограниченным ресурсом.

Характеризуя современное состояние данного вопроса, отметим следующие особенности систем беспроводной передачи:

- эффективность передачи (КПД) ниже, чем проводных линий;
- экологические ограничения на передачу большой плотности мощности в воздушной приземной среде;
- высокая стоимость оборудования для передачи.

Следует так же отметить и современные особенности традиционной передачи энергии по проводам на переменном и постоянном токах с эволюционным приоритетом последнего направления. Передача энергии

на переменном токе имеет следующие негативные системные проявления:

- рассеяние реактивной мощности (электроволновые потери);
- сложность сопряжения объектов разного энергетического масштаба и рабочих частот;
- сложные конструктивные решения линий передачи, отчуждение значительного пространства на земле;
- экологическая нагрузка на окружающую среду.

При переходе на передачу энергии на постоянном токе проявляется ряд позитивных энергоинформационных процессов:

- отсутствуют потери от электроволновых процессов;
- гибкое сопряжение линий разного масштаба и частоты;
- эффективная адаптивная интеграция систем генерации, трансляции, распределения и аккумуляции энергии (в том числе генерирующего оборудования возобновляемых источников энергии);
- безынерционность изменения направления передачи мощности;
- возможность эффективного управления распределенными энергосистемами из единого центра;
- адаптивность постоянного тока к энергообеспечению железных дорог, бортовых транспортных систем и источников питания хранилищ данных.

ООО СМП ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН www.SMD.ru

электронные компоненты для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Разборные металлические EMI SMD экраны
- Кварцевые генераторы 0532 на частоты до 125 МГц

Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32, e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7398, (495) 940-6244, (499) 943-8780

СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГОТЕХНОСФЕРА

Доминирующие направления потребления электрической энергии:

- электродвигатели различного функционального назначения;
- осветительная техника;
- промышленные электротехнические системы;



Рис. 6. Рынки современной энерготехносферы

- электросистемы транспортных средств;
- энергообеспечение вентиляционных и теплоохлаждающих систем;
- источники питания радиоэлектронной аппаратуры, средств связи, компьютерных систем и хранилищ данных;
- медицинская техника.

Применительно к обеспечению процессов создания наиболее динамично развивающихся систем электродвижения различных транспортных средств приоритетными направлениями являются:

- силовые тяговые и прецизионные регулирующие электроприводы;

- гибридные системы энергообеспечения propulsionного движения;
- системы с преобразованием и распределением энергии на постоянном токе;
- водородная и электрохимическая аккумулирующая энергетика;
- интеллектуальные энергоцифровые преобразователи.

Приоритетные рынки социально-ориентированной энергосферы могут быть определены следующим образом:

- электротранспорт;
- бесперебойные источники питания;

ООО «АК Микротех»

Комплексные решения в области микроэлектронного и микросборочного производства
 Поставка, наладка и ремонт технологического оборудования
 Отработка и постановка технологических процессов
 Обеспечение материалами и комплектующими

WWW.AKMICROTECH.RU +7 (499) 398 0770 SALES@AKMICROTECH.RU

- электротехника для обеспечения освещения и микроклимата;
- энергообеспечение инфокоммуникационных систем;
- накопители электроэнергии с низкой стоимостью энергоемкости и большим ресурсом работы для использования в домохозяйствах, объектах социальной и транспортной инфраструктуры.

Рынки современной энерготехносферы отражает рис. 6.

Обобщая ранее изложенное, базовыми приоритетными направлениями программы «Интеллектуальная электроэнергетика нового технологического уклада» являются:

- безуглеродная природная энергетика (*фото-, ветро-, гидро-, гео-*);
- рекуперирующая техносферная энергетика (*рекуперация энергии из радиоэфира и техногенных источников*);
- биоэнергетика (*генерация энергии биообъектами и рекуперация энергии тела человека*);
- аккумуляция энергии (*аккумуляторы, суперконденсаторы*);
- преобразование энергии (*электроника, фотоника, механика*);
- трансляция энергии (*проводная, беспроводная*);
- распределение энергии (*«Интернет энергии», самоорганизующиеся энергетические сети*);
- технические источники энергии (*постоянного тока, высокочастотные, импульсные*);
- электротехнологии (*модификация материалов, плавка, стерилизация*);
- электродвижение (*преобразователи, электропривод*);
- цифровое управление энергообеспечением (*драйверы, гибридные интеллектуальные модули, искусственный интеллект*).

* * *

Актуальные задачи современной отечественной энергосферы:

- формирование единого энергоинформационного пространства;
- развитие возобновляемых источников энергии;
- модернизация основных производственных фондов;
- интеллектуализация энерготехносферы с цифровой трансформацией компонентов и сетевой энергетической инфраструктуры.

Отечественный потенциал энергоиндустрии находится на высоком уровне, и успех на мировом рынке данной не только сырьевой, но и наукоемкой востребованной продукции определяется оперативностью и эффективностью использования имеющихся уникальных отечественных компетенций в рамках национальной системно ориентированной научно-технологической

и индустриально-экономической политики и обеспечения частно-государственного партнерства.

В рамках реализации программы «Интеллектуальная энергетика нового технологического уклада» (табл. 5) должен быть осуществлен перевод отечественной электротехносферы на новый технологический уровень с освоением инновационных технологий, обеспечивающих:

- опережающее развитие практик интеллектуализации энергетике с трансформацией базовых компонентов и систем для энергоэффективной генерации преобразования, аккумуляции энергии и энергосберегающей сетевой энергетической инфраструктуры трансляции и распределения энергоресурсов;
- формирование современной локализованной в России отечественной научно-производственной базы для выполнения критической миссии обеспечения импортнезависимости и технологического суверенитета при решении приоритетных задач в оборонно-промышленном, ракетно-космическом, инфокоммуникационном, энергетическом комплексах и, безусловно, наукоемком гражданском секторе нового поколения.

Разработка и внедрение наукоемкой продукции для формирования электроэнергетики нового технологического уклада [20, 21] требует системной кооперации разработчиков, производителей и маркетологов, поэтому конкурентными преимуществами, безусловно, будут обладать консорциумы, имеющие полный сквозной инновационный цикл, включая современную индустриальную инфраструктуру, цифровой конструкторско-технологический дизайн и инжиниринг, исследовательские компетенции и устойчивую систему кадрового обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бутырин П. А.** Плану ГОЭЛРО – 100 лет // Электричество. 2020. № 12. С. 4–9.
2. **Шевцов Н. С., Смирнов И. С.** Генрих Осипович Графтио: Инженер-строитель гидроэлектростанций и ученый энергетик. М.-Л.; Госэнергоиздат, 1955. 64 с.
3. **Алферов Ж. И.** Двойные гетероструктуры: концепция и применение в физике, электронике, технологии (Нобелевская лекция) // УФН РАН. 2002. Т. 172. С. 1068–1086.
4. **Воропей Н. И.** От плана ГОЭЛРО к глобальному электроэнергетическому интернету // Электричество. 2020. № 12. С. 9–13.
5. **Семенов Б. Ю.** Силовая электроника. М.: Салон-Пресс, 2021. 415 с.
6. **Семенов Б. Ю.** Силовая электроника. Профессиональные решения. М.: Салон-Пресс, 2014. 416 с.
7. **Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С.** Полупроводниковая силовая электроника. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. 214 с.

8. **Алексеев Н. И., Лучинин В. В.** Электроника Алмаза. СПб: ЛЭТИ, 2019. 143 с.
9. **Лучинин В. В., Колядин А. В., Машинский К. В.** Алмазная индустрия – Российский инновационный вызов // Инновации. 2020. № 4 (258). С. 3–9.
10. **Лучинин В. В.** Национальные технологические приоритеты. Алмазная экстремальная электроника // НАНОИНДУСТРИЯ. 2018. № 2 (81). С. 156–159.
11. **Персон Э.** Преимущества использования нитрид-галлиевых транзисторов в силовой электронике // Силовая электроника. 2015. № 3. С. 6–8.
12. **Лучинин В. В.** Отечественная экстремальная ЭКБ. Карбидокремниевая индустрия. Ч. 2 // НАНОИНДУСТРИЯ. 2016. № 4 (66). С. 40–49.
13. **Борисов А. А., Буробин В. А.** Обзор современных технологий гетероинтеграции. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. 256 с.
14. **Авров Д. Д., Лебедев А. О., Таиров Ю. М.** Основные дефекты в слитках и эпитаксиальных слоях карбида кремния. I. Дислокационная структура и морфологические дефекты. Обзор // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2015. Т. 20. № 3. С. 225–238.
15. **Афанасьев А. В., Ильин В. А., Лучинин В. В., Решанов С. А.** Анализ эпитаксии карбида кремния из газовой фазы как базового процесса технологии силовой электроники // Известия вузов. Электроника. 2020. № 6. С. 483–495.
16. **Лучинин В. В.** Отечественная экстремальная ЭКБ. Карбидокремниевая индустрия. Ч. 1 // НАНОИНДУСТРИЯ. 2016. № 3 (65). С. 78–89.
17. **Афанасьев П. В., Ильин В. А., Козырев А. Б., Лучинин В. В., Смелов В. И.** Рекуперация энергии из эфира // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 12(161). С. 47–52.
18. **Афанасьев П. В., Ильин С. Ю., Лучинин В. В.** Инновационная энерготехносфера. Рекуперация энергии из окружающей среды // НАНОИНДУСТРИЯ. 2017. № 3 (73). С. 38–44.
19. **Федулов Ф., Фетисов Ю., Чашин Д.** Источники питания, использующие энергию вибраций и магнитных полей // Lap Lambert Academic Publishing RU. 2019. 115 с.
20. **Лучинин В. В.** Модель университета для нового технологического уклада. Университет человека и профессии будущего // Инновации. 2019. № 10. С. 42–49.
21. **Волков А. В., Жданова Д. А., Ильин С. Ю., Комаров Б. Г., Лучинин В. В.** Кадровое проектирование для экономики нового технологического уклада. Мотивации и компетенции для социума нового поколения // Инновации. 2021. № 2. С. 3–10.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1300 руб.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ Сампер А., Баггини А.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2020. – 488 с.,
ISBN 978-5-94836-574-9.

Новаторский подход этой книги заключается в том, чтобы доступно ознакомить читателя с технологиями, позволяющими повысить уровень эффективности использования электроэнергии, и сферами применения таких технологий. Из этой всеобъемлющей книги читатель узнает о различных методах энергосбережения, а также экспертное мнение по поводу большинства промышленных и коммерческих сфер электроэнергетики.

В каждой главе рассматриваются различные мероприятия, направленные на достижение энергоэффективности, в широком диапазоне их сфер применения.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📞 +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru