

УДК 620.9 (470+571)

Электроэнергетика будущего как фактор активного развития цивилизации

В.В. Бушуев^[0000-0001-9288-4699]Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН),
г. Москва, 125412, Россия

E-mail: vital@guies.ru

Аннотация. В статье тезисно представлены основные взгляды автора на развитие энергетики за 50-летним горизонтом (от фантазий – к цели и целевому видению).

Ключевые слова: энергетика будущего, ресурсно-инновационное развитие, инновационная энергетика, цивилизация.

1 Введение

Человек многому научился у природы, создавая по ее образу и подобию соответствующие технические средства для повышения собственной производительности и расширения возможностей собственной жизнедеятельности. Энергию ветра и воды, мускульной силы животных, а затем энергию пара и электроэнергии он приспособил для облегчения своих физических усилий, а затем и количественной производительности используемых машин и других устройств.

В XX-м веке человек стал внедрять в технологические устройства элементы бионики – материалы, конструкции и схемы, заимствованные у живых биологических существ: обтекаемые корпуса, элегазовое оборудование, светодиоды, химические и биохимические реагенты, средства визуализации, включая 3D-модели и многое другое [1,2].

В XXI веке предстоит поставить на службу инновационной энергетики новой цивилизации аналоги мыслительных процессов, позволяющие сделать процесс проектирования и управления энергоинформационными системами творческим актом, уходя из простой деятельности в сторону комплексной, общей, зачастую вербальной, оценки живучести и эффективности систем жизнеобеспечения и жизнедеятельности, адаптации используемых алгоритмов к текущей и развивающейся ситуации, работая на опережение по сравнению с электромеханическими

и даже электромагнитными процессами в системе и ее звеньях, а так же самообучения и саморазвития (в функциональном и структурном плане) единого комплекса «человек-машина» [2–4].

2 Электроэнергетика будущего и развитие цивилизации

Алгоритм поведения человека в интеллектуальной системе содержит много уровней, соответствующих широкому спектру поведения «умного» и активного функционера.

В первую очередь это касается использования ноосферных знаний природы и ноосферного умопостигаемого опыта человеческой деятельности по проведению энергетического форсайта – формированию сначала умозрительного, а затем и модельного представления об энергетике будущего как социогуманитарной сферы жизнедеятельности цивилизации и всего человечества.

При этом мысль (идея) этой перспективной системы включает в себя не только нынешнее представление о физической силовой энергетической системе, но и представление о новой роли электроэнергетики в жизни общества с учетом экологических, информационных и интеллектуальных требований общества к будущей социотехносфере, где «три У»- мф электроэнергетики (универсальность, удобство и управляемость) делает ее новым потенциальным и активным фактором жизнедеятельности[5].

Естественно, электроэнергетика развивается не на пустом месте, поэтому творческое начало человека заключается не только в том, чтобы придумать и создать что-то принципиально новое, а и в том, что бы сделать обобщения и выводы на основе анализа функционирования и развития существующих и модернизируемых установок и систем.

При этом особая роль отводится способности человека не просто количественно оценить характеристики и показатели действующей электрической системы, а в обобщенном качественном (вербальном) виде оценить степень соответствия системы ее текущему и перспективному представлению и целевому видению.

Так, те же оценки живучести энергообъединения включают в себя не только величину аварийно отключаемой нагрузки и среднее время восстановления режима, а соответствие возможного каскадного развития аварий и принимаемых мер по их предотвращению социально обусловленным нормативам и требованиям, которые еще предстоит выработать с точки зрения той роли, которая отводится электроэнергетике в жизни общества.

При формировании структуры будущей электроэнергетики важно оценить социальные и геополитические последствия централизации электроэнергетики, в том числе создание межгосударственных объединений и развитие децентрализованных систем с распределенной генерацией, автономными схемами энергоснабжения и активным потребителем.

К сожалению, подобные подходы к оценке эффективности различного вида энергетических систем как на стадии их функционирования, так и на стадии их

проектирования пока не имеют четких критериев и показателей. Поэтому, говоря об инновационной электроэнергетике – 21, необходимо вести речь не только (и даже не столько) о новых технологических устройствах и средствах управления, а об организационных инновациях инфраструктуры будущей энергетики. Опыт централизованных ЕЭС СССР в новых социально-экономических и политических рыночных условиях мало применим, но и развал всего энергообъединения на отдельные автономные системы мало эффективен. Поэтому востребован именно новый подход к разумному построению энергоинформационных систем типа ЕЭС – 2.0, сочетающим в себе рыночные и централизованные способы формирования энергетики будущего.

Другим аспектом новой роли человека в интеллектуальной социо- и техно-среде становится его взаимодействие со средствами информации и оценки состояния системы и отдельных видов оборудования (с возможным использованием алгоритмов дооценки состояния (при недостатке текущей информации), а так же роль человека как интегратора оценки действий различных устройств контроля и автоматики [6].

Опасения в возможной ускоренной роботизации процессов управления в электроэнергетике основаны на том, что человек пока что воспринимается как пассивное звено энергоинформационных систем. При этом роботы – автоматы с заложенными в них алгоритмами адаптации и самообучения действительно без контроля со стороны человека могут «вырваться на свободу» и при малейших сбоях или непредусмотренных ситуациях развитие процессов может пойти в нежелательном (сверхаварийном) направлении. Оператор в человеко-машинных энерго-информационных системах не должен дублировать автоматику, а видя на основе своего более общего представления о возможном и нежелательном развитии ситуации, должен не просто блокировать действия роботов-автоматов, а взять на себя «ручное, но интеллектуальное» управление системой. Оператор является контролером САУ, оценщиком ситуации и блокиратором недопустимых действий системы.

Излишнее увеличение количества функций, передаваемых автоматике, грозит появлением в системе новой угрозы кибернетической безопасности. Решение этой проблемы связано не с дальнейшим введением все новых автоматических устройств, которые могут порождать собственную проблему неустойчивости оперативно-информационной системы. Обилие автоматики не улучшает надежность функционирования системы. В человеко-машинных системах необходимо по-иному выстраивать отношения интеллектуала-оператора и робота-автомата.

Их взаимоотношения могут и должны строиться на основе когнитивных (умопостигаемых) представлений о процессах в САУ, аналогичных процессам в человеческом мозге по распознаванию образов, и стратегических действиях в случаях развития опасных ситуаций.

По сути дела, человеко-машинная система должна по своей структуре и функциональному поведению соответствовать нейронной сети. Подобно человеческому мозгу такая сеть должна опираться на индивидуальную либо коллективную базу знаний, помогающую правильно оценивать ситуацию и прогнозировать

ее развитие, формировать оценку рисков поведения роботов-автоматов и возможных траекторий предотвращения каскадного развития аварий в самой электрической системе и в ее оперативно-информационной модели.

Нейронные сети являются аналогом средств реализации когнитивной функциональности человеко-машинных систем [7].

Поведение человека в энерго-информационных системах – это и процесс его эволюции, когда на смену дуальному (черно-белому) представлению (да-нет, включено-выключено) поведения нейронной сети творческая деятельность человека расцветивает палитру возможностей и принимаемых решений.

Реальный мир, так же как и техносреда, которая приобретает черты интеллектуальности только благодаря наличию в ней творческого человека, построен по принципу триалектики. На смену дуальных понятий «да-нет», «хорошо-плохо» приходит третья составляющая, оценивающая выход из противопоставления двух начал.

Эволюция – это не просто единство и борьба противоположностей, это еще и путь преодоления этих противоположностей. Дилемма «централизация-децентрализация», «большая и малая энергетика», как и релейный принцип работы большинства устройств автоматики в реально развивающемся мире везде заменяется на третье начало, где выход – путь по которому должна последовать эволюция. Если ранее и сам человек и создаваемые им системы развивались по пути дифференциации знаний и функций (в левом полушарии), либо образного представления (в правом полушарии), то эволюция самого человека в интеллектуальной техносреде идет по пути нейронных сетей, увязывающих обе половины человеческого мозга в единое целое.

По этому же пути должна пойти и эволюция человеко-машинных систем в общую интеллектуальную техносреду [2]. Но этому надо учить не только машину, но и самого человека.

3 Энергетика – за 50-летним горизонтом (от фантазий – к цели и целевому видению)

Энергетика в современном виде существует немногим более 100 лет. И план ГОЭЛРО, принятый в 1920 г., в свое время казался фантазией, а его вдохновителя Г. Уэллс назвал «кремлевским мечтателем». Но жизнь показала, что, объединив мечту и государственную энергетическую политику, мы получили новую энергопромышленную цивилизацию, позволившую стране перейти от ручного крестьянского плуга к уникальным фабрикам электричества и мощным энерго-металлургическим и энерго-промышленным комплексам.

И на новой энергетической основе страна не только выиграла «войну моторов» во время ВОВ, но и проложила дорогу в Космос, оставаясь ядерной военной и гражданской державой.

Сегодня развитие электроэнергетики требует нового организационно-технологического подхода, ибо будущее страны – это социогуманитарная (по цели) и энерго-информационная (по средствам) цивилизация. Каков будет конкретный

облик будущей энергетики – сегодня предсказать трудно и даже невозможно, ибо темпы технологического развития, тем более в сочетании с информационным обновлением на основе интеллектуальных человеко-машинных систем все более и более ускоряются.

И все же заглядывать за полувековой горизонт – не только нужно, но и можно. Нужно – потому, что в силу инерционности масштабного развития электроэнергетики то, что будет составлять основу новой энергетической цивилизации, через полвека должно пройти путь промышленного освоения, а перед этим – стадию пилотных проектов, а главное – организационно-технологический форсайт. Можно – потому что общие принципы развития любых социотехнических систем, в том числе и электроэнергетики, определяются общими законами энергологии, справедливыми как для энергетики самого человека, так и для инновационных энергоинформационных систем новой цивилизации.

Поэтому, говоря об инновационной энергетике – 21, в данной работе отражены как ожидаемые в ближайшие 15-20 лет (до 2035 г., в соответствии с новой Энергетической стратегией России) информационно-технологические решения, так и «прорывные» организационно-технологические инновации, которые в этот период еще только будут рассматриваться в виде ожидаемых форсайтных предположений [8].

К числу таких «прорывных» решений, радикально изменяющих облик будущей энергетики, следует, в первую очередь, отнести как космическую энергетику, энергетику экстремальных состояний и новую энерго-информационную структуру «умной энергетики» (Smart Energy).

Эта инфраструктура будет развиваться на основе, как минимум, трех принципиально новых подходов:

- Она будет не радиально-кольцевой, с явно выраженными крупными центрами генерации и потребления, а ячеистой (распределенной), обладающей большей надежностью и живучестью и отражающей необходимость сочетания электрических связей большой и малой мощностей, централизованных и децентрализованных систем, традиционной топливной (в первую очередь газовой) и нетрадиционной возобновляемой энергетики. Эта сеть, по аналогии с информационными интернет-сетями, будет формироваться структурно как «энерго-нет»

- Не следует ожидать даже на столь отдаленный период появления каких-либо принципиально новых энерго-источников, а также вно заменяющих существующую генерацию.

Даже если будут осуществлены научно-технологические «прорывы» в области термоядерной или космической энергии большой мощности, они не смогут решить проблему комплексной электрификации страны, где будут зоны с высокой и низкой концентрацией нагрузки.

Более перспективным представляется развитие исследований и пилотных проектов по малой атомной энергетике, включая микроисточники на радиоактивных изотопах (карманные атомные батарейки).

Качественно новыми источниками энергии могут стать топливные (электрохимические), а так же биоэнергетические элементы, обеспечивающие широкий

спектр новых энергетических услуг, в том числе для тригенерации – одновременного производства электроэнергии, тепла и пресной воды.

- Новая инфраструктура не будет однородно сетевой, а обязательно будет включать в себя различные накопители, преобразователи частоты и напряжения, быстроредействующие контакторы с ограничителями восстанавливающегося напряжения, импульсные установки, позволяющие использовать у потребителя не только постоянный и переменный (50, 60 или 400 Гц) ток, но и энергопотоки с большей упорядоченностью (лазерные, направленно-взрывные, на основе изменения фазо-частотных характеристик системы).

Это тем более важно, что будущая инфраструктура будет интегрировать не только региональные, но и межгосударственные объединения, не только физические, силовые, но и информационные потоки энергии, а так же рыночные связи, посредством которых могут формироваться энергообъединения нового типа ЕЭС-2.0.

В составе энергетической инфраструктуры найдут применение смешанные коммуникации (трубопроводного, железнодорожного и электросетевого типа). В составе нового объединения перспективными станут и коммуникации с трансформируемыми видами передаваемой энергии (водно-энергетические связи, водородные кабели, энергоемкие металло-керамические провода и конденсаторы).

Энерго-информационная инфраструктура, объединяющая с помощью новых связей «большую» и «малую» энергетику, комплексную генерацию и активного потребителя, станет не просто увязывать все элементы в одно целое, но и позволит формировать саморазвивающуюся и самообучаемую электроэнергетику, обеспечивающую потребителя не только достаточными (в количественном и качественном выражении) поставками энергии и широким спектром новых энергетических услуг.

Инфраструктура будет не только адаптивно встраивать новые технологические решения и установки. Она по принципу направленной генной инженерии будет формировать требования к новым звеньям энергоинформационной системы, обеспечивая при этом повышение общей эффективности всей системы.

Определяющим при этом станет новая роль человека в такой энергетической системе, который придает ей черты «умной» (а не просто роботизированной) интеллектуальной системы, направленной на обеспечение жизнедеятельности нового социо-гуманитарного общества.

Поэтому одной из важных задач формирования инновационной электроэнергетики – 21 становится задача формирования самого человека нового типа – не просто квалифицированного специалиста, инженера широкого профиля, но и человека-творца, умеющего мечтать о будущем и последовательно стремиться к его осуществлению.

Благодарность. Исследование выполнено в рамках Госзадания ОИВТ РАН АААА-А16-116051810068-1.

Литература

1. Бушуев В.В., Первухин В.В., Соловьев Д.А. Энергетические истоки Евразийской цивилизации. - Сер. Энергетика в глобальной системе природа-общество-человек. Москва: ИЦ «Энергия», 2018. 198 p.
2. Prostejovsky A.M. et al. The future role of human operators in highly automated electric power systems // *Electr. Power Syst. Res. Elsevier*, 2019. Vol. 175. P. 105883.
3. Бушуев В.В., Первухин В.В. Энергетический потенциал новой цивилизации и геополитика // *Академия энергетики*. № 4(66). P. 4–10.
4. Бушуев В.В. и др. Перспективы и тенденции ТЭК // *Экологический вестник России*. 2017. № 12. P. 12–22.
5. Батенин В.М., Бушуев В.В., Воропай Н.И. Инновационная электроэнергетика – 21. Москва: ИЦ «Энергия», 2017. 584 p.
6. Директор Л.Б., Зайченко В.М., Майков И.Л. Интеллектуальные системы управления автономными энергетическими комплексами в составе локальных распределительных сетей малой энергетики // *Известия РАН*. 2012. P. 38–48.
7. Каменев А.С., Королёв С.Ю. Нейромоделирование как идеология и инструмент интеллектуализации энергоинформационных сетей. Москва: ИЦ «Энергия», 2012. 146 p.
8. Бушуев В.В. Основные положения Форсайта развития электросетевого комплекса России на ближайшие 15 лет // *Окружающая среда и энерговедение*. 2019. № 1. P. 11–17.

Reference

1. Bushuev V.V., Pervukhin V.V., Soloviev D.A. Energy sources of the Eurasian civilization. - Ser. Energy in the global system nature-society-man. Moscow: IC Energia, 2018.198 p.
2. Prostejovsky A.M. et al. The future role of human operators in highly automated electric power systems // *Electr. Power Syst. Res. Elsevier*, 2019. Vol. 175. P. 105883.
3. Bushuev V.V., Pervukhin V.V. The energy potential of a new civilization and geopolitics // *Academy of Energy*. No. 4 (66). P. 4-10.
4. Bushuev V.V. and others. Prospects and trends of the fuel and energy complex // *Ecological Bulletin of Russia*. 2017. No 12. P. 12–22.
5. Batenin V.M., Bushuev V.V., Voropay N.I. Innovative electric power industry - 21. Moscow: IC Energia, 2017. 584 p.
6. Director LB, Zaichenko V.M., Maykov I.L. Intelligent control systems for autonomous energy complexes as part of local distribution networks of small energy // *News of the Russian Academy of Sciences*. 2012. P. 38–48.
7. Kamenev A.S., Korolev S.Yu. Neuromodeling as an ideology and tool for the intellectualization of energy-information networks. Moscow: IC Energia, 2012. 146 p.
8. Bushuev V.V. The main provisions of the Foresight of the development of the electric grid complex of Russia for the next 15 years // *Environment and Energy*. 2019. No. 1. P. 11–17.

The power industry of the future as a factor in the active development of civilization

V.V. Bushuev

Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
125412, Izhorskaya, 13/2, Moscow, Russia

E-mail: vital@guies.ru

Abstract. This article presents the main views of the author on the development of energy beyond the 50-year horizon (from fantasy – to the goal and the target vision).

Keywords: electric power industry of the future, resource-innovative development, innovative electric power industry, civilization.

Acknowledgement. The study was performed in the framework of the State Mission of the Institute of High Temperatures RAS AAAA-A16-116051810068-1.