

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 378

ББК 74.4

## ПРОФЕССИИ БУДУЩЕГО В ОБЛАСТИ СИСТЕМ РЕЗОНАНСНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Быковский А.А.***Инженер-конструктор,  
калужский филиал «АО НПО им. С.А. Лавочкина».**г. Калуга, Российская Федерация*DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.3.52.153](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.3.52.153)

## FUTURE PROFESSIONS IN THE FIELD OF RESONANT POWER SUPPLY SYSTEMS

**Bykovsky A.A.***Design Engineer,  
Kaluga branch of JSC NPO them. S.A. Lavochkina  
Kaluga city, Russian Federation*

### Аннотация

Автор убежден, что будущее в сфере передачи и перераспределения электроэнергии между потребителями принадлежит резонансным технологиям.

Высокая интеллектуальная ёмкость резонансных технологий предполагает появление целого спектра специалистов новых профессий и подразумевает в будущем их совместную работу.

В настоящей статье представлено авторское видение профессий будущего в сфере резонансных технологий в области электроэнергетики. Кратко описаны рабочие компетенции спектра данных специалистов и их взаимодействие между собой в единой команде разработчиков резонансных систем электроснабжения.

### Abstract

The author is convinced that the future in the field of transmission and redistribution of electricity between consumers belongs to resonant technologies. The high intellectual capacity of resonant technologies implies the appearance of a whole range of specialists in new professions and implies their joint work in the future.

This article presents the author's vision of the professions of the future in the field of resonant technologies in the field of electric power. The working competencies of the spectrum of these specialists and their interaction among themselves in a single team of developers of resonant power supply systems are briefly described.

**Ключевые слова:** Резонансная электротехника, Резонансные линии электропередачи, Новые профессии в области электроэнергетики.

**Keywords:** Resonant electrical engineering, Resonant power transmission lines, New professions in the field of electric power industry.

Как известно, резонансная электрическая линия в идеале является линией без потерь [1; 2]. В реальности же существуют потери на излучение, потери в диэлектрике и потери в проводнике за счёт наличия угла отклонения от четверть-волнового резонанса между синусоидальными волнами тока и напряжения. Однако все три вышеперечисленных вида потерь в резонансных линиях возможно сократить до величин, на порядок и более меньших, чем тепловые потери в проводнике провода при прохождении по нему классического активного тока проводимости (джоулевы потери на нагрев).

Применение резонансных систем передачи электрической энергии, конечно, значительно усложняет электрическую систему, однако дает такие уникальные преимущества [1; 2], как:

- возможность передачи резонансным способом (стоячей электромагнитной волной) электрической реактивной мощности, в сотни и даже тысячи раз большей, чем тот же самый провод мог бы передать посредством бегущей электромагнитной волны (т.е. активной мощности);

- практически полное отсутствие нагрева при передаче по резонансной линии огромной плотности реактивного тока;

- отсутствие такого явления, как короткое замыкание;

- снижение металлоёмкости линии в десятки раз;

- возможность использования провода из более дешёвого, пусть и с меньшей удельной электрической проводимостью, но более прочного металла, чем медь или алюминий (например, сталь);

- сложность несанкционированного съёма электричества с линии;

- отсутствие необходимости использования на линии передачи электрической энергии комплексных трансформаторных подстанций.

Конечно, главным преимуществом является резонансная сверхпроводимость. Благодаря этому и другим вышеперечисленным особенностям резонансные линии электропередачи обладают потенциально большим экономическим эффектом.

Однако у резонансных линий есть и существенные недостатки [2], связанные непосредственно с физикой резонансной передачи электрической энергии.

Над устранением вышеперечисленных недостатков в недалёком будущем будет трудиться специалист с новой профессией, под названием «разработчик систем резонансного электроснабжения».

**Разработчик систем резонансного электроснабжения** – это специалист, продумывающий различные системы электроснабжения, основанные на принципах резонансной электротехники и разрабатывающий новые резонансные системы передачи электрической энергии. Кроме того, он осуществляет модернизацию существующих систем и их приспособление под возможности резонансной электротехники, внедряет современные методы обеспечения культуры бережливого производства, безопасности, экологичности и эффективности использования ресурсов.

Вместе с тем, для получения решающего экономического эффекта потребуются работа и других специалистов новых профессий.

Высокая интеллектуальная ёмкость резонансных технологий, сложность и разветвлённость энергосистем генерации, хранения и передачи электрической энергии предполагает появление целого спектра специалистов новых профессий и подразумевает в будущем их совместную работу.

Основываясь на исходных данных Атласа новых профессий [3], автор статьи предполагает, что данный спектр специалистов в сфере резонансной электротехники в будущем будет представлен следующими специальностями:

- разработчик систем резонансного электроснабжения;
- специалист по интеллектуальным электрическим сетям (Smart Grid);
- проектировщик энергонакопителей;
- специалист по локальным системам электроснабжения;
- метеознергетик;
- системный инженер электротехнических материалов.

Все они образуют команду, продумывающую и предлагающую решения по глобальному экономному использованию, хранению и передаче электрической энергии.

**Разработчик систем резонансного электроснабжения** будет обеспечивать как разработку резонансных систем по передаче электрической энергии между узлами генерации и потребления, так и подстройку под резонансную частоту всех электрических линий между данными узлами. Он будет выступать центральным специалистом и будет взаимодействовать со всеми остальными членами команды. Вокруг компетенций разработчика систем резонансного электроснабжения будет строиться вся

интеллектуальная система «умной сети» передачи и перераспределения электрической энергии.

**Специалист по интеллектуальным электрическим сетям (Smart Grid)** обеспечивает перераспределение электрической энергии в «умных сетях» между пиками и падениями потребления.

**Проектировщик энергонакопителей** будет обеспечивать разработку систем накопления и хранения электрической энергии (аккумуляторы высокой ёмкости, тепловые накопители, маховики, рекуперация и т.д.). Например, аккумуляторные подстанции обеспечивают стабилизацию подачи электроэнергии в случае неравномерной нагрузки в сети значительно быстрее и эффективнее, чем традиционно применяющиеся для этого тепловые подстанции.

**Специалист по локальным системам электроснабжения** будет обеспечивать разработку, внедрение и обслуживание систем малой электрогенерации (ветряная, солнечная, био-, атомные микрогенераторы (РИТЭГи) и т.д.). Тренды для развития микрогенерации сегодня – это рост экологической сознательности, сокращение расходов потребителей и возможность продажи/покупки излишек электрической энергии в «умных сетях» Smart Grid. Помощь таких специалистов в будущем понадобится конечным потребителям электрической энергии (хозяева загородных домов, фермерские хозяйства и т.д.).

**Метеознергетик** в команде специалистов по резонансным системам передачи и распределению электрической энергии будет помогать оптимизировать режимы эксплуатации генерирующих мощностей с учётом климатических условий. Находится во взаимодействии как с разработчиком систем резонансного электроснабжения (погодные условия влияют на электротехнические характеристики проводников и диэлектрических материалов резонансных систем передачи электрической энергии), так и со специалистом по интеллектуальным электрическим сетям (прогнозирует уровень производства энергии в зависимости от долгосрочных метеопрогнозов). Отвечает за выпуск прогнозов по нагрузке на генерирующие мощности с учётом долгосрочных климатических прогнозов.

**Системный инженер электротехнических материалов** будет заниматься разработкой новых материалов (прежде всего диэлектрических, с пониженными значениями диэлектрической проницаемости и тангенсом угла диэлектрических потерь, повышенным напряжением электрического пробоя и со стабильными значениями (малым допуском) на величины вышеуказанных параметров).

Также данный специалист для практических задач резонансной электротехники мог бы заниматься разработкой принципиально новых на сегодняшний день электротехнических элементов. Такие элементы условно можно было бы назвать «Переменная Индуктоёмкость» или, например,

«Регулируемая ёмкость индуктивности». В таких, не существующих пока на сегодняшний день устройствах, было бы возможно плавно изменять две главных удельных электротехнических характеристик данного элемента - электрическую ёмкость и электрическую индуктивность. Причём характер изменения электрической индуктивности и электрической ёмкости в таком элементе задаётся строгой физико-математической моделью, которую изначально прописывает в Техническом задании на разработку данного элемента разработчик систем резонансного электроснабжения.

Стоит пояснить, что автор статьи подразумевает. Как известно, любое материальное тело имеет свою уникальную удельную электрическую ёмкость и свою уникальную удельную электрическую индуктивность и, как следствие этого, свою уникальную резонансную частоту. Однако посредством изменения геометрической формы данного тела (в нашем случае проводника электрической энергии) и изменения его электротехнических характеристик, можно добиться и изменения соотношения электрической индуктивности и электрической ёмкости в данном перспективном электротехническом элементе. Такое изменение целесообразно проводить для изменения резонансной частоты данного элемента, которое изначально задает разработчик систем резонансного электроснабжения.

Встраивая последовательно, параллельно или последовательно-параллельно такие устройства, и включая их в работу резонансных систем (этот процесс необходимо автоматизировать), разработчик систем резонансного электроснабжения будет иметь возможность просто и быстро регулировать (подстраивать) резонансную частоту всех участков резонансной системы под общую для них резонансную частоту.

Таким образом, данные перспективные устройства будут выполнять функцию автоматической постройки рабочих частот резонансных линий электропередачи под общую для них резонансную частоту.

Также, очевидно, необходимо будет разработать и стандартизировать ряд номиналов таких перспективных устройств, по примеру существующих сегодня стандартных рядов резисторов и конденсаторов.

Разработка системным инженером таких вышеописанных новых перспективных электротехнических материалов и устройств, подразумевает его работу в отдельных проектах совместно с разработчиком систем резонансного электроснабжения и метеоэнергетиком.

Трендами для появления всех вышеуказанных новых профессий в области передачи электрической энергии, являются:

1. Рост требований к экологичности.
2. Рост требований к материалоёмкости.

3. Рост сложности систем управления.
4. Автоматизация управления сложными системами.
5. Рост конкуренции.
6. Глобализация.

Кроме того, овладение мастерством профессии «разработчик систем резонансного электроснабжения» потребует от специалиста следующих надпрофессиональных навыков и умений:

1. Системное мышление. Умение определять сложные системы и работать с ними. В том числе системная инженерия.
2. Межотраслевая коммуникация. Понимание технологий, процессов и рыночной ситуации в разных смежных и несмежных отраслях.
3. Управление проектами и процессами.
4. Управление сложными автоматизированными комплексами.
5. Бережливое производство. Управление производственным процессом, основанное на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь, что предполагает вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя.
6. Клиентоориентированность. Умение работать с запросами потребителей. Customer Development.
7. Экологическое мышление.
8. Умение работать с коллективами, группами и отдельными людьми.

Обобщая всё вышесказанное, необходимо заметить, что мега-проект эффективного внедрения резонансных систем передачи электрической энергии потребует от бизнеса (или государства) как создания необходимых условий для объединения вышеуказанных специалистов, так и организации процесса их непрерывного обучения и получения обратной связи (feedback) от потребителей электрической энергии.

#### **Список использованной литературы:**

##### **Монография:**

Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы получения, передачи и применения электрической энергии. Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: ФБГНУ ФНАЦ ВИМ, 2018. – 512 с.

##### **Статья в сборнике:**

Быковский А.А., Андреев М.В. Резонансные системы передачи электрической энергии. Принцип работы, возможности, недостатки и перспективы внедрения // Актуальные теории, концепции, прикладной характер современных научных исследований: сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции. 30-31 мая 2019 года. Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – 241 с.

##### **Электронный ресурс:**

Атлас новых профессий // <http://atlas100.ru>