

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИННОВАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСАХ И СИСТЕМАХ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Казань 2018

УДК 621.311

ББК 31.2

И66

*Рецензенты:*

канд. техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» И.С. Ризаев;  
канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» А.М. Гусячкин

**И66      Инновации в электроэнергетических комплексах и системах:**  
учеб. пособие / Авт.-сост.: А.И. Рудаков, Н.В. Роженцова, Л.В. Фетисов. –  
Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 147 с.

Учебное пособие содержит разделы, слабо освещенные в литературе по традиционной энергетике, среди них: новейшие технологии и перспективные направления развития энергетики, заключающиеся в проектировании конструкций, обосновании параметров гидроударных генерирующих установок, использовании свободной энергии и применении беспроводных и однопроводных систем передачи электрической энергии.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по образовательной программе направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность «Техническое и информационное обеспечение проектирования и функционирования электроэнергетического хозяйства потребителей».

УДК 621.311

ББК 31.2

## ВВЕДЕНИЕ

Электронергетика – одна из ведущих отраслей народного хозяйства нашей страны, охватывающая энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии.

Прошедшие годы – это время становления и развития мощной энергетики нашей страны. Это период широкого освещения энергетики в зарубежной и отечественной периодической печати.

Интегрирование России в общеевропейское образовательное пространство требует от государства компетентных и конкурентоспособных специалистов.

Область профессиональной деятельности магистров включает техническую и технологическую модернизацию энергетического производства. Она включает также эффективное использование и сервисное обслуживание электротехнического оборудования, средств автоматизации технологических процессов в электроэнергетике. Это требует от магистра неординарного подхода к своей повседневной деятельности, инновационного подхода решения большинства проблем.

Цель учебного пособия – дать студентам достаточно глубокие знания по некоторым, слабо освещённым в литературе разделам традиционной энергетики, которые нашли широкое применение в промышленности и сельском хозяйстве.

Представленный материал может быть полезен студентам, магистрантам и аспирантам широкого круга электроэнергетических специальностей при изучении ими дисциплин, связанных с перспективными направлениями получения и передачи электрической энергии.

В настоящем учебном пособии представлены проблемы и пути их решения по разделам, слабо освещённым в литературе по инновационной энергетике:

- перспективно-инновационные направления развития электроэнергетики в России;
- новейшие технологии и перспективные направления развития электроэнергетики;
- разработка конструкций и обоснование параметров гидроударных генерирующих установок;

- свободная энергия;
- беспроводные и однопроводные системы передач электрической энергии.

Материал, представленный в учебном пособии, направлен на формирование у студентов:

- способности планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований;
- способности самостоятельно выполнять исследования;
- способности оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности;
- способности осуществлять технико-экономическое обоснование проектов
- способности разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии.

## ГЛАВА 1. ПЕРСПЕКТИВНО-ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Переход от монопольной структуры российской электроэнергетики к конкурентной модели ее функционирования предъявляет качественно новые требования к механизмам управления различными аспектами деятельности в данной области. Особое внимание при этом должно быть уделено развитию инновационных организационных структур в отрасли. В представленном материале рассматриваются особенности отечественного и зарубежного опыта построения инновационных структур в электроэнергетике.

Перенос центра тяжести конкурентной борьбы в сферу высоких технологий предопределяет существенное расширение инновационного поля в мировой экономической системе через вовлечение в него целого ряда новых отраслей, которые не относились ранее к числу наукоемких. Особое место среди них занимает электроэнергетика, которая в свете предстоящей масштабной модернизации ее технологических основ может стать одним из локомотивов активизации инновационных процессов в отечественной экономике, задавая импульс развитию целого ряда смежных с ней сфер деятельности.

Создание условий для успешного решения данной задачи предопределяет необходимость построения в электроэнергетическом комплексе инновационной системы, интегрирующий характер которой должен по существу определять направления стратегического развития как отрасли в целом, так и входящих в ее состав предприятий [4, 5, 7, 8].

Вначале вкратце рассмотрены общие вопросы энергетики, затем более подробно вопросы электроэнергетики. Для этого представлены описания и схемы первичной энергии, их классификация.

Ниже показано большое число так называемых инновационных (традиционных и нетрадиционных) источников, часть которых разработана, изготовлена и исследована авторами [1, 12, 22].

### 1.1. Классификация первичной энергии

Энергия, не подвергавшаяся искусственному преобразованию (энергия топлива, воды, ветра, тепловая энергия Земли, ядерная), которая впоследствии может быть преобразована в электрическую, тепловую, механическую, химическую, называется *первичной*. В соответствии с классификацией энергоресурсов по признаку исчерпаемости можно

классифицировать и первичную энергию. На рис. 1.1 представлена классификационная схема первичной энергии. Энергия, получаемая человеком, после первичного преобразования на специальных установках – станциях, называется *вторичной* (электрическая энергия, энергия пара, горячей воды и т. д.) [29].

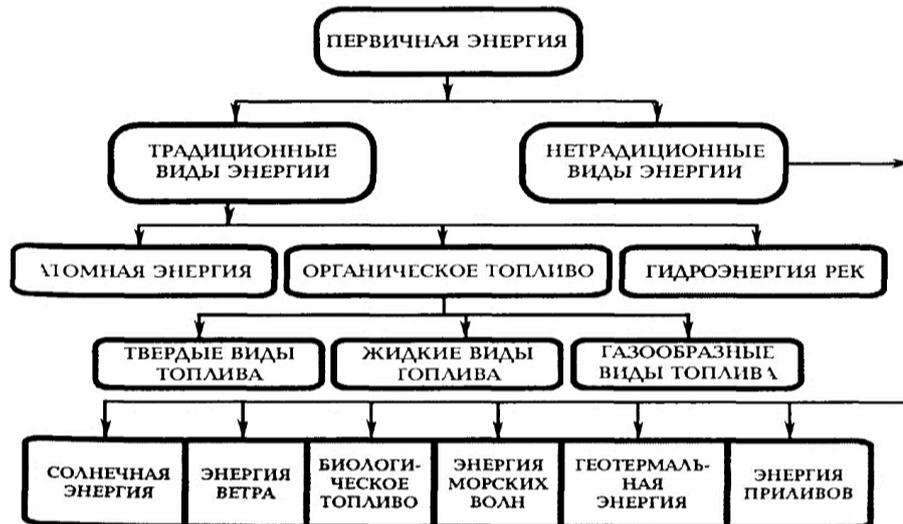


Рис. 1.1. Классификация первичной энергии

При классификации первичной энергии выделяют *традиционные* и *нетрадиционные* виды. К традиционным относятся такие виды энергии, которые на протяжении многих лет широко использовались человеком. Это: органическое топливо (уголь, нефть и т. д.), гидроэнергия рек и ядерное топливо (уран, торий и др.). К нетрадиционным видам энергии относят такие виды, которые начали использоваться сравнительно недавно.

**Преимущества электрической энергии.** Электрическая энергия является наиболее удобным видом и по праву может считаться основой современной цивилизации. Подавляющее большинство технических средств механизации и автоматизации производственных процессов (оборудование, приборы ЭВМ), замена человеческого труда машинным в быту имеют электрическую основу [12].

Немногом более половины всей потребляемой энергии используется в виде тепла для технических нужд, отопления, приготовления пищи, оставшаяся часть – в виде механической, прежде всего в транспортных установках. Причем доля электрической энергии с каждым годом растет.

### 1.1.1. Структурная схема энергетики и связей ее с другими подсистемами

Энергетика как сфера деятельности человеческого общества является большой глобальной системой, включающей как подсистемы окружающей среду и различные отрасли народного хозяйства.

На рис. 1.2 представлена совокупность систем, их прямые (сплошные линии) и обратные (штриховые линии) связи [10].

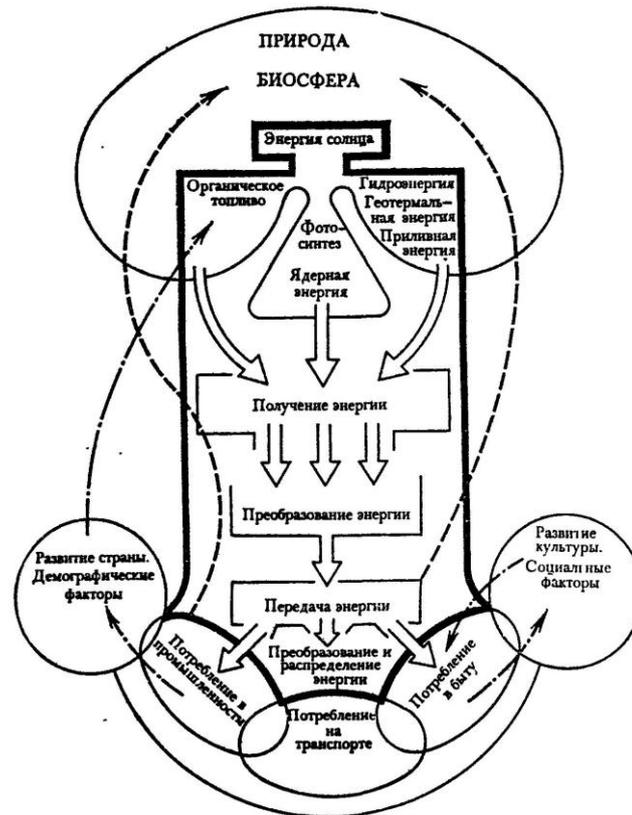


Рис. 1.2. Структурная схема энергетики и ее связей

## 1.2. Специфика отраслевой электроэнергетики

Несмотря на уникальность каждой модели построения инновационной системы, все их многообразие объединяет целый ряд общих особенностей, обусловленных отраслевой спецификой электроэнергетики. Среди них необходимо отметить прежде всего ее относительно невысокую наукоемкость, определяемую величиной расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) в общем объеме продаж энергетических компаний, по причине чего электроэнергетика традиционно относится к числу средне- и низкотехнологичных отраслей.

Еще одной особенностью инновационной деятельности в энергетическом комплексе является зависимость направлений ее осуществления от доступности и стоимости топливных ресурсов, климатических условий, требований национального законодательства о сохранении окружающей среды и других факторов. В последнее время в экономике многих стран складываются условия, под влиянием которых инновационное развитие их национальных энергетических систем выходит на качественно новый уровень.

С одной стороны, в мире наблюдается общая тенденция повышения стоимости основных видов топлива для электрических станций и сокращения его запасов, сопровождающаяся постоянным ростом спроса на энергию. С другой стороны, с развитием в мировой экономике высокотехнологичных отраслей и изменением характера спроса в бытовом секторе возрастают требования к качеству организации самого процесса энергоснабжения, что, в свою очередь, стимулирует появление нового поколения энергетических систем, отличающихся повышенными характеристиками надежности и эффективности функционирования.

Указанные обстоятельства предопределили возникновение в электроэнергетике инновационных систем, структура которых носит сетевой характер, о чем свидетельствует широкая география размещения и институциональная неоднородность их элементов, а также широкая тематика осуществляемых современных разработок. Центральным элементом инновационных сетей являются внутренние исследовательские подразделения крупнейших энергетических компаний, которые, с одной стороны, нацелены на реализацию собственного потенциала научно-технического развития, а с другой стороны, осуществляют поиск новейших разработок, созданных сторонними организациями и научными коллективами.

В настоящее время инновационная деятельность в мировой энергетической системе сопровождается формированием многоуровневой инфраструктуры с широкой географией размещения ее элементов, целью которой является объединение разных по профилю организаций и научных коллективов в рамках решения возрастающих по сложности задач инновационного развития отрасли.

### **1.3. Инновационные системы в электроэнергетике**

Традиционная энергетика редко рассматривается как отрасль с большим инновационным потенциалом. Однако изучение опыта ведущих международных энергетических компаний показывает, что применение

последних технологических и управленческих решений позволяет лидерам отрасли не только значительно сократить издержки, но и перейти на новые принципы организации бизнес-процессов. Существующее отставание российских компаний по уровню внедрения современных решений означает и наличие больших возможностей, для реализации которых необходима эффективная система управления инновационным развитием.

### ***1.3.1. Инновации и стратегические цели предприятий***

В последние годы в бизнесе складывается устойчивое понимание важности и необходимости инноваций для развития компании и обеспечения ее долгосрочной конкурентоспособности. Тем не менее, достаточно часто приходится встречаться с ограниченным пониманием термина «инновации». Как правило, под инновациями понимаются новые технологии или продукты, пока не получившие широкого распространения. Такой подход может ограничивать представления руководителей о «горизонтах возможностей» инновационного развития. Для того чтобы увидеть эти горизонты, необходимо понимать, что инновацией можно считать любое нововведение в деятельность компании, которое направлено на достижение ее стратегических целей, на создание и получение новой ценности только что появившимися способами [7, 11].

С точки зрения инновационного развития энергетика может казаться достаточно консервативной отраслью. Действительно, срок службы основного оборудования составляет несколько десятков лет, а его обновление требует значительных инвестиций с большими сроками окупаемости. Если, к примеру, циклы появления и устаревания технологий в IT-секторе меняют практически весь облик отрасли за несколько лет, то в электроэнергетике эти обновления проходят не быстрее, чем за несколько десятков лет. Кроме того, в отличие от других отраслей, компании энергетического сектора характеризуются низким уровнем НИОКР. Например, в электросетевых компаниях затраты на НИОКР не превышают 0,8 % от выручки даже для самых крупных компаний. При этом большая часть исследований выполняется поставщиками оборудования или передается на аутсорсинг научным организациям. Тем не менее, управление инновационным развитием является значимым инструментом для обеспечения эффективного роста всех ведущих международных энергетических компаний.

Основной принцип эффективного управления инновациями вытекает из определения – инновации должны обеспечивать достижение стратегических целей компании, создавать новую ценность. К сожалению, чаще встречается обратная практика, которая приводит к дискредитации

самой идеи инновационного развития. Эту практику можно охарактеризовать как «инновации ради инноваций».

Компании не занимаются внедрением всех или каких-либо произвольных инноваций, имеющих отношение к тем или иным целям. Вместо этого проводится анализ ключевых вызовов, стоящих перед компанией, и проблем, препятствующих достижению ее стратегических целей. Именно для решения этих проблем и формируются приоритетные программы инновационного развития. При реализации каждой из программ проводится анализ существующих в мире инновационных решений или разрабатываются новые.

### *1.3.2. Подходы к построению эффективных инновационных систем*

Принцип построения эффективной инновационной системы – это обеспечение инновационного развития производства по трем основным направлениям:

- внедрение технологических инноваций;
- внедрение управленческих инноваций, современных управленческих методик и процессов;
- построение и развитие системы управления инновациями – реализация процессов управления всем жизненным циклом инноваций, развитие организационной структуры и культуры компании, а также методы по управлению эффективностью инновационного развития.

Как правило, основное внимание при формировании программ инновационного развития уделяется только технологическим новшествам. Однако управленческие инновации не менее эффективны и позволяют быстро добиться результатов. Построение системы их управления необходимо для эффективного внедрения инновационных решений и развития инновационного потенциала самой компании.

Основными задачами технологических инноваций являются:

- определение ясного долгосрочного видения технологического развития;
- выявление основных требований к ключевым группам активов и основных процессов компании;
- выбор приоритетных технологических инноваций.

Эффективным инструментом для решения этих задач является построение карты инновационного развития отрасли. Эта карта описывает основные технологические решения, внедренные или планируемые к внедрению ведущими мировыми компаниями.

Первое измерение карты – это технологическая цепочка отрасли – основные процессы и группы активов.

Второе измерение – это временные горизонты.

Первый горизонт относится к настоящему времени, здесь указываются те технологические решения, которые на данный момент уже внедрены ведущими игроками и таким образом стали «стандартом отрасли». Далее отмечаются инновационные технологические решения, которые будут внедрены ведущими компаниями в перспективе 5, 10 и 15 лет.

### ***1.3.3. Система управления инновациями***

Для того чтобы обеспечить долгосрочное инновационное развитие компании, недостаточно только закупить новое оборудование или начать внедрение передовых управленческих методик. Необходимо также обеспечить эффективное управление инновациями на всем жизненном цикле – от поиска до сопровождения. Кроме того, нужно развивать собственный инновационный потенциал компании. В этом состоит задача третьего направления инновационного развития – построение комплексной системы управления. Ее основными блоками являются: реализация процессов управления инновациями, оптимизация организационной структуры и развитие культуры, ориентированной на инновационную деятельность и создание системы управления эффективностью развития.

Как правило, основные процессы по управлению инновациями в той или иной мере уже присутствуют в любой компании. Задача состоит в том, чтобы провести анализ соответствия уровня развития основных элементов уровню лучших международных компаний, определить желаемое состояние системы управления инновациями и разработать новые регламенты основных процессов. Основой для этой работы также является изучение лучшей практики в ведущих мировых компаниях.

Как показал проведенный «Strategy Partners Group» анализ, компании энергетического сектора характеризуются более низким уровнем развития системы управления инновациями по сравнению с другими отраслями. Тем не менее, ведущие энергетические компании уделяют особое внимание внедрению систем управления инновационным развитием. Для российских компаний одним из самых важных шагов в краткосрочном масштабе может быть развитие процессов управления идеями и знаниями, обеспечивающих вовлечение персонала в инновационную деятельность. Кроме того, важно создать условия для стимулирования инновационной активности персонала и развития культуры, направленной на постоянные улучшения.

Наконец, существенным является вопрос выбора организационной модели системы управления инновациями. Проведенный «Strategy Partners Group» анализ показал, что международные компании используют

три основные модели: кросс-функциональные команды, специализированный отдел и отдельный департамент. Выбор модели зависит как от масштаба компании, так и от значимости и объема задач по инновационному развитию. Для решения отдельных проектов по инновационному развитию могут формироваться временные команды из представителей различных департаментов. Этот подход обеспечивает гибкость и вовлеченность представителей всех департаментов компании, но его сложно использовать для ведения системной работы по инновационному развитию. Этот подход используется в Fingrid – небольшой компании (250 человек) с высоким уровнем компетенций и мотивации персонала. Работой команд управляет один координатор, отвечающий за инновационное развитие компании и непосредственно подчиняющийся первому руководителю. Недостатками данной модели являются сложность применения в крупных компаниях и высокие требования к компетенциям персонала.

Крупные организации, как правило, создают специализированные департаменты для решения масштабных задач по инновационному развитию. На начальном этапе может быть сформирован отдел, полномочия и набор функций которого будут зависеть от значимости инновационного развития для компании. Впоследствии компания может поменять организационную модель в зависимости от достигнутых результатов и стоящих перед ней задач по инновационному развитию.

#### ***1.3.4. Электроэнергетика – базовая отрасль экономики России***

Электроэнергетика является базовой отраслью экономики России, создающей необходимые условия для функционирования производительных сил и жизни населения. Надежное и эффективное функционирование электроэнергетики, бесперебойное снабжение потребителей – основа поступательного развития экономики страны и неотъемлемый фактор обеспечения комфортных условий жизни ее граждан.

Производство электроэнергии является высокотехнологичным, полностью автоматизированным процессом, при котором в Единой энергетической системе (ЕЭС) России и составляющих ее энергетических объединениях синхронно работают сотни генераторов электрических станций. Вырабатываемая ими электроэнергия непрерывно преобразуется на напряжениях разных уровней, обеспечивается ее передача, распределение и потребление. Распределительные системы преобразования и передачи электроэнергии (трансформаторные подстанции и линии электропередачи) также работают строго согласованно по многим электрическим параметрам.

Особенностями технологического процесса электроснабжения являются:

- непрерывность процесса выработки, передачи, распределения и потребления электроэнергии;
- невозможность промышленного хранения электрической энергии, что требует особого подхода к организации ее продажи;
- неравномерность объемов потребления электрической энергии по времени суток, дням недели и сезонам года в условиях соблюдения непрерывного баланса мощности и электроэнергии, что требует особого подхода к формированию тарифов;
- физическая однородность электрической энергии, что не позволяет выделить у потребителя энергию, выработанную конкретным производителем.

Основные требования общества к электроэнергетике в обобщенном виде можно определить как обязательное соблюдение следующих принципов ее функционирования и развития: достаточность, доступность, приемлемость, эффективность, экологичность.

В связи с этим в электроэнергетике России произошли радикальные изменения: преобразовалась система государственного регулирования отрасли, сформировался конкурентный рынок электроэнергии, создались новые компании.

Генерирующие, сбытовые и ремонтные компании стали частными и конкурируют друг с другом. В естественно монопольных сферах, напротив, произошло усиление государственного контроля.

Таким образом, созданы условия для развития конкурентного рынка электроэнергии, цены на котором не регулируются государством, а формируются на основе спроса и предложения, а его участники взаимодействуют, снижая свои издержки.

Так, магистральные сети перешли под контроль Федеральной сетевой компании, распределительные сети интегрированы в межрегиональные распределительные сетевые компании (МРСК), функции и активы региональных диспетчерских управлений переданы общероссийскому Системному оператору.

### ***1.3.5. Проблемы современной электроэнергетики***

Электроэнергетическая отрасль России – это развивающийся в масштабе всей страны высокоавтоматизированный комплекс электростанций, электрических сетей и объектов электросетевого хозяйства, объединенных единым технологическим циклом и централизованным оперативно-диспетчерским управлением.

Автоматизация технологических процессов на подстанциях осуществлена незначительном объеме – менее 1 % по отношению ко всем подстанциям, поэтому схемы организации эксплуатации ориентированы, прежде всего, на круглосуточное пребывание на них обслуживающего (оперативного) персонала. Замена устаревших устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) на современные микропроцессорные устройства составляют незначительное количество (не более 3 %).

В системе РЗА так же, как и в системе противоаварийного управления, велик физический и моральный износ средств и аппаратуры РЗА, снижающий их надежность, функциональные возможности, требующий замены большого количества кабелей вторичной коммутации и создающий повышенную нагрузку на персонал служб РЗА.

#### **1.4. Стратегические цели развития электроэнергетики России**

К стратегическим целям развития отечественной электроэнергетики в перспективе до 2030 г. следует отнести решение проблемы энергетической безопасности как важнейшей составляющей государственной энергетической политики, являющейся составной частью национальной безопасности России. При этом развитие электроэнергетики должно обеспечить:

- гарантию надежного энергоснабжения предприятий и населения страны электроэнергией;
- повышение эффективности использования энергоресурсов за счет применения энергосберегающих технологий;
- повышение эффективности функционирования энергетической системы России;
- создание и сохранение целостности Единой энергетической системы на всей территории России с усилением ее интеграции с другими энергообъединениями на Евразийском континенте;
- уменьшение вредного воздействия отрасли на окружающую среду.

В последнее время в научных и политических кругах идут разговоры о необходимости вводить инновации в электроэнергетике. И причиной тому служит тот факт, что мир сегодня потребляет очень много нефти, газа и угля. Если не позаботиться о внедрении альтернативных видов топлива в повседневную жизнь, скоро может наступить такой момент, когда ресурсы начнут истощаться. К альтернативной энергетике можно отнести любую, не использующую в качестве топлива нефть, газ и прочие исчерпаемые ресурсы.

Массовый переход к альтернативным источникам при этом пока не происходит, но мировое сообщество активно обсуждает острую необходимость внедрения такого рода инноваций в электроэнергетике. Многие ученые утверждают, что это единственный путь для человечества, а также прогнозируют уже к 2020 году долю нетрадиционных методов в 13 %. Страны Большой восьмерки возлагают на инновации в электроэнергетике огромные надежды. Российские ученые утверждают, что углеводородов хватит человечеству максимум на 50 лет. За это время просто необходимо полностью перейти на новую систему.

Мировое сообщество давно стремится к развитию инноваций в электроэнергетике. Учитывая опыты Н. Тесла по беспроводной передаче энергии, некоторые ученые видят выход в развитии технологий по добыче энергии Солнца, которое теоретически может полностью покрыть все потребности в энергии человечества. Возможно, в скором будущем начнут строиться первые лунные электростанции, где будет собираться солнечная энергия и лучом передаваться на Землю. При этом важно помнить, что для развития и внедрения в жизнь инноваций в электроэнергетике необходимо, *чтобы выход энергии в несколько раз превышал затраты на ее получение.*

В современном мире внедрение инноваций в электроэнергетике происходит неравномерно, с учетом природных особенностей. Например, в Исландии широко применяется энергия геотермальных источников. Достаточно большой популярностью на сегодняшний день пользуется гидроресурс. Существуют прогнозы, что гидроэнергетика удержит свои позиции, несмотря на отрицательную составляющую для экологии. Кроме того, ведутся разработки в сфере применения энергии океана – приливов и отливов, волн, морских течений и т.д. Небольшой процент мировых инноваций в электроэнергетике сосредоточен на развитии таких возобновляемых источников, как ветер, солнце и биомассы. В некоторых странах Азии и Европы он составляет 10 %, но это относительно дорогая энергия, отчасти из-за роста цен на применяемые в этих видах энергетики устройства.

Но в конечном счете процесс внедрения инноваций в электроэнергетике как будто зашел в тупик. Ученые ищут дешевую и доступную энергию. Многие склоняются к тому, что неизбежен переход на энергию водорода. Он в предостаточных количествах находится в недрах Земли, но его добыча – дорогостоящая вещь. И пока совершенно непонятно, как использовать энергию водорода на бытовом уровне и какие именно инновации в энергетике обеспечат реальное сокращение затрат.

Итак, поиск новых источников пока не дает результатов и возвращает к идее более успешного использования атома. В самом ближайшем будущем рост атомных электростанций наиболее вероятен. А далее, скорее всего, будет осваиваться космос ради добычи гелия-3 и последующего развития термоядерной энергетики.

### **1.5. Ключевые перспективы электроэнергетики России**

Роль электроэнергии как универсального энергоносителя в жизни современного общества и человека очень велика. Электроэнергетика обеспечивает потребности в энергии бытовую и социальную сферы, производство, транспорт, связь, информатику, управление и оборону. Способность электроэнергии трансформироваться в световую, механическую, тепловую, звуковую виды энергии, ее коммуникативность, экологичность и регулируемость в использовании обеспечивают основу энергетической базы современной цивилизации.

Рассматривая место, роль, эффективность современного и перспективного применения электроэнергии в России, целесообразно оценить три аспекта ее функционирования и развития:

- эффективность производства электроэнергии и ее место в первичном и конечном энергобалансе России;
- системное формирование функционирования и развития энерго-снабжающих функций электроэнергетики;
- потребительская эффективность использования электроэнергии, когда под энергоэффективностью понимается не только и не столько чисто экономическая категория, но и социальная роль и значимость.

Доминантой эффективности производства электроэнергии является, как известно, энергетическая (топливная) составляющая ее себестоимости, достигшая 60 % суммарной себестоимости. Высокая энергоемкость производства электроэнергии, связанная с физическим процессом цикла Карно (для ТЭС и АЭС), обуславливает тот факт, что при затратах на генерацию в целом по стране – почти 35 % всех потребляемых первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), конечное ее потребление составляет лишь около 19 % от суммарного конечного энергопотребления в России. Эти соотношения характеризуют как высокую эффективность конечного электропотребления в экономике страны, так и низкую энергоэффективность производства электроэнергии – высокие удельные расходы топлива (около 330 г на отпускаемый кВт·ч), что значительно выше, чем в развитых зарубежных странах.

Поэтому важнейшей экономической задачей развития отечественной электроэнергетики является снижение удельного расхода топлива в ближайшие 25–30 лет до уровня 280–300 г/кВт·ч, в том числе ТЭС на газе до 240–250 г/кВт·ч.

Прогнозирование почти сорокалетнего горизонта становления российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и выбор стратегии долгосрочного развития требуют оценок мировых и отечественных экономических и даже политических трансформаций, структурных и научно-технических преобразований, качественных изменений социальных условий жизни. В настоящее время соответствующие прогнозные оценки для перспективы уровня 2050 г. практически отсутствуют. В то же время специфика ТЭК, его высокая капиталоемкость и инерционность развития требуют долгосрочного прогнозирования будущей энергетической ситуации в целях формирования основных направлений энергетической стратегии и политики.

В совокупности такая ситуация не позволяет в настоящее время сформировать предложения по развернутой «Энергетической стратегии России на период до 2050 года», в то же время делает необходимым и возможным разработать концепцию соответствующей энергетической стратегии, содержащей основные направления долгосрочного энергетического развития страны в виде целей развития, маршрутов достижения этих целей при ограниченном объеме количественных прогнозных оценок будущего энергетики и экономики страны. Имеется в виду, что данная концепция энергетической стратегии на столь долгосрочный период создаст ориентиры для формирования и осуществления энергетической политики в стране.

Отметим, что удобство и регулируемость использования электроэнергии для целей отопления обеспечат ему со временем все больший приоритет, несмотря на удорожание затрат на него в настоящее время, с учетом всех факторов влияния примерно в 1,8 раза. При этом есть все основания прогнозировать снижение затрат на электроотопление за счет широкого использования парогазовой генерации электроэнергии, атомной энергетики, дешевого угольного топлива в восточных районах страны. Несомненно, что по мере роста благосостояния населения фактор комфортности жизни будет превалировать над фактором затрат, тем более, что стоимость электроэнергии в структуре расходов населения и подавляющего большинства промышленных ее потребителей составляет единицы процентов. То, что фактор затрат при выборе населением меры удобств не всегда является определяющим, видно на примере высоких

темпов развития собственного автомобильного транспорта, притом что затраты на него в разы выше, чем на пользование общественным транспортом.

Следует учитывать, что развитию электроотопления будет способствовать возможность его аппаратного единства с уже нашедшим сегодня широкое применение кондиционированием воздуха в помещениях.

В промышленном производстве имеются основания прогнозировать развитие электротехнологий, электронной техники, информатики, средств связи, электрифицированного железнодорожного транспорта. Дальнейшая электрификация процессов во всех видах деятельности – важная составляющая повышения производительности, гигиены и культуры труда, автоматизации производственных процессов, охраны природной среды.

Возможность и целесообразность расширения использования электроэнергии имеется практически во всех видах деятельности, в сфере услуг и быту.

Дальнейшая электрификация процессов труда и технологий всех видов деятельности может позволить оценочно увеличить производительность производственных процессов в 2,5–3 раза, повысить в ближайшие 35 лет комфортность быта за счет удвоения удельного электропотребления в жилом секторе, и в целом в стране увеличить удельное электропотребление на одного человека с 7 тыс. кВт · ч в год до 13 тыс. кВт · ч, соответственно.

Таким образом, есть все основания прогнозировать, что дальнейшая электрификация страны принесет в перспективе новые возможности повышения качества жизни в России.

### **1.6. Интеллектуальная деятельность, ее учет и оценка**

В электроэнергетике значительные средства направлялись и направляются на создание как материально-технической базы электроэнергетики, так и на интеллектуальную деятельность. Внедрение технических и организационно-управленческих инноваций позитивно влияет на технологию производства и экономику энергокомпаний. Определенную роль для улучшения финансового положения энергокомпаний и повышения их капитализации может играть учет ранее созданных *результатов интеллектуальной деятельности* (РИД) как нематериальных активов (НМА), их коммерческое использование.

РИД можно условно разделить на несколько категорий.

**Объекты интеллектуальной собственности (ОИС)** – результаты интеллектуального труда, создаваемые в процессе научной, проектной и производственной деятельности, включая базы данных и программы для ЭВМ, защищенные охранными документами. Их отличительными признаками является наличие документального подтверждения их существования и права на использование (в виде патентов, свидетельств, лицензий, договоров) и возможность учета в балансе компании напрямую в виде нематериальных активов (НМА). Данные РИД могут создавать новую собственность напрямую и применяться в гражданско-правовом обороте для создания новых и улучшения существующих продуктов и услуг, снижения издержек и т.д.

РИД, существование которых может быть подтверждено документально, и отражено на балансе предприятия в качестве НМА по действующим в РФ правилам бухгалтерского учета только в случае купли-продажи компании: «деловая репутация» (гудвилл), оцениваемая как разница между стоимостями организации как единого целого и ее активов, и обязательств. Указанная категория РИД представляет собой *интеллектуальный капитал*, состоящий из:

- организационного капитала, выражающего ценность организационной структуры и качества управления компанией;
- человеческого капитала, включающего в себя квалификацию, опыт, знания и творческие способности персонала и руководителей;
- социального капитала – качества отношений как внутри компании, так и вовне – системы отношений с поставщиками, потребителями, обществом в целом.

*РИД, имеющие потенциальную коммерческую ценность в рыночном обороте в силу неизвестности их другим лицам:* ноу-хау, научная, техническая, производственная информация.

Использование имеющихся РИД и совершенствование инновационной деятельности позволяет обеспечить:

- рост капитализации – за счет организации учета результатов интеллектуальной деятельности в качестве нематериальных активов;
- дополнительные доходы – за счет коммерческого использования принадлежащих компаниям результатов интеллектуальной деятельности;
- рост производственно-экономической эффективности – за счет внедрения приобретенных или разработанных производственно-технических и организационно-управленческих инноваций.

Каждое из этих направлений имеет свою схему реализации.

Так, рост капитализации компании достигается путем перевода РИД в НМА. Для этого необходимо проведение соответствующей экспертизы РИД, оформление прав на них как на объект интеллектуальной собственности и последующая постановка на учет как НМА.

### *Три аспекта энергетики*

Энергетика в ее современном состоянии и развитии рассматривается в трех аспектах – техническом, биосферическом (или экологическом) и социально-политическом [2].

#### *Технический аспект*

Технический аспект электроэнергетики характеризуется прежде всего огромными мощностями, которые получает человек, используя энергетический потенциал планеты. Так, мощность электростанций, существующих в настоящее время в мире, составляет около 2 млрд кВт. Общая же мощность всех энергетических установок достигает 10 млрд кВт. Для обеспечения этих мощностей человек ежегодно берет у природы разного топлива, приведенного к условному, массой не менее 40–50 млрд т. При этом КПД использования взятых у природы энергетических ресурсов не очень велик – не более 0,2%. Отсюда возникает одна из основных задач электроэнергетики – снижение потерь электроэнергии на всех стадиях ее преобразования (от получения до конечного ее применения). Для этого необходимо и улучшение оборудования, и более разумное использование полученной энергии, что уже выходит из сферы чисто технической и должно рассматриваться в социальном аспекте. Снижение потерь при передаче, получении и распределении электрической энергии зависит в значительной степени от количества израсходованного металла, в основном алюминия. Допуская большие плотности тока в сечении провода ( $1,0\text{--}1,2\text{ А/мм}^2$ ), снижают расход алюминия, но увеличивают потери электроэнергии. Изменение мировой конъюнктуры в отношении цен на алюминий таково, что этот металл становится дешевле, поэтому в электроэнергетике капиталистических стран проявляется тенденция к резкому снижению плотностей тока ( $0,35\text{ А/мм}^2$ ). Следовательно, стоимость алюминия непосредственно влияет на выбор сечения проводов линий электропередач, т.е. на определение технических характеристик электрической системы. Снижение потерь энергии путем утепления промышленных и жилых зданий, выработки правильных тарифов

на электроэнергию, которые бы стимулировали потребление энергии в «провалах» графика нагрузки и приводили бы к уменьшению этого потребления во время максимумов, определяется успешным решением социально-экономических задач.

Созданные человеком энергетические установки, имеющие огромные суммарные мощности, оказывают заметное влияние на естественные процессы, происходящие в биосфере. Это влияние во многих случаях носит негативный характер, который необходимо учитывать при рассмотрении биосферического аспекта электроэнергетики. Еще Ф. Энгельс говорил о том, что если человек подходит к природе как завоеватель, он оставляет после себя пустыню. Эти слова в настоящее время приобретают особый смысл, требуя от человека познания законов природы и организации своей деятельности в соответствии с ними. Здесь, однако, возникает противоречие: с одной стороны, выступает мощная техника, а с другой – капиталистическая система, стремящаяся любой ценой получить прибыль, не склонна согласовывать эту технику с законами природы. Отсюда появляется задача широкого управления энергетикой, такого управления, которое бы осуществлялось не только в техническом аспекте, но и аспекте экологическом, тесно связанном с социально-политическим аспектом. Техника открывает неограниченные возможности для организации управления: использование кибернетических методов, сбор и передача информации, широкое применение ЭВМ, микропроцессорной техники и т.д. Но эти возможности ограничиваются социально-политическими и экономическими условиями существования.

Технический аспект энергетики характеризуется огромными мощностями, которые получает человечество, используя энергетический потенциал планеты. Одна из основных задач энергетики – снижение потерь энергии на всех стадиях ее преобразования (от получения энергетических ресурсов до конечного их использования). Для этого необходимо улучшение оборудования путем повышения КПД и более разумного использования полученной энергии.

Снижение потерь при получении, передаче и распределении электрической энергии зависит в значительной степени от количества израсходованного металла, в основном алюминия.

### ***Биосферический или экологический аспект***

Биосферический (или экологический) аспект энергетики характеризуется влиянием энергетических установок и процессов добычи топлива на окружающую среду. При этом возникает общий технико-

экологический вопрос: при столь высоких темпах развития энергетики, не наступит ли полное истощение всех запасов топлива и не произойдет ли это раньше, чем человечество получит в свое распоряжение новые огромные ресурсы термоядерной энергии.

Запасы топлива на планете оцениваются по-разному, с очень большими расхождениями в зависимости от их вида:

- готовые к использованию – оцениваются в 25 трлн МВт · ч;
- разведанные – 50 трлн МВт · ч;
- прогнозируемые – 100 трлн МВт · ч.

Иными словами, соотношение запасов в зависимости от вида можно записать как 1:2:4. Кроме того, на приведенные цифры существенно влияет способ подсчета запасов топлива.

В этом случае можно утверждать, что еще не на одну сотню лет человечеству хватит ископаемого топлива, получаемого из недр. Например, предполагается, что угля хватит на 600 – 700 лет. Это, конечно, не означает, что экономия топлива не является важнейшей задачей.

Созданные человеком энергетические установки, имеющие огромные суммарные мощности, оказывают заметное влияние на естественные процессы, происходящие в биосфере. Это влияние во многих случаях носит негативный характер, который необходимо учитывать при рассмотрении биофизического аспекта энергетики.

Нежелательными отрицательными воздействиями на окружающую среду являются:

- механическое загрязнение воздуха, воды и земли частицами переработанного продукта (зола и др.);
- химическое загрязнение воздуха, воды, земли;
- радиоактивное загрязнение воздуха, воды и земли;
- тепловое загрязнение;
- ионизационное загрязнение;
- электромагнитное высоко- и низкочастотное загрязнение;
- шумовое загрязнение;
- расход воздуха (кислорода);
- расход воды.

Отсюда появляется задача широкого управления энергетикой, которое бы осуществлялось не только в техническом аспекте, но и аспекте биосферическом, тесно связанном с социально-политическим аспектом.

### ***Социально-политический аспект***

Расходование топлива относится не только к техническому и биосферическому аспектам, но и в значительной мере к социально-политическому. Так, 30 % населения земного шара потребляет более 90 %

всей вырабатываемой на планете энергии, на долю же 70 % населения, преимущественно в развивающихся странах, приходится менее 10 % всей энергии. Между тем, уровень промышленности, состояние быта и развитие культуры теснейшим образом связаны с количеством используемой энергии.

Запасы энергии разных видов распределены на планете неравномерно и по количеству, и по возможности их реализации. Многие из стран, потребляющих наибольшее количество энергии (70 %), используют импортируемые энергоносители. Так, например, Япония более 80 % энергетических ресурсов (преимущественно нефть) ввозит из стран, лежащих в районе Персидского залива. Европейские страны получают отсюда же около 20 % энергии.

### *Значение энергетики в техническом прогрессе*

Развитие человеческого общества и его успехи на пути цивилизации и прогресса непосредственно связаны с повышением производительности труда и улучшением материальных условий жизни людей. Научно-технический и социальный прогрессы сопровождаются увеличением потребляемой энергии и освоением новых, более эффективных ее видов [14].

Количество потребляемой современными машинами энергии очень велико. Представление об этом может дать следующее образное сравнение: все работоспособное население мира, работая с полным напряжением физических сил по 8 ч в сутки, не смогло бы за год выработать одной сотой доли энергии, получаемой в настоящее время за счет сжигания топлива и энергии рек.

Ускорение экономического развития страны на основе широкого использования совершенных автоматических управляемых машин, заменяющих физический и нетворческий умственный труд, возможно только при увеличении потребляемой энергии и росте производительности труда.

Процесс потребления энергии на нашей планете исторически протекал крайне неравномерно. Ориентировочное представление о нем может дать приведенная на рис. 1.3 кривая (сплошная линия), указывающая на резкое возрастание потребления энергии, начиная с XX века. Так, человечество за всю историю своего существования израсходовало примерно 900–950 тыс. ТВт·ч энергии всех видов. Отметим, что более 2/3 из этого количества энергии израсходовано за последние семьдесят лет.

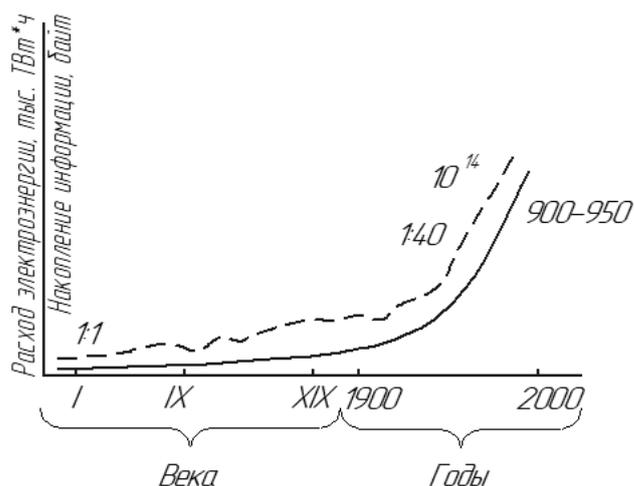


Рис. 1.3. График измерения расходуемой человечеством энергии и развития культуры

Увеличение расходуемой энергии связано с развитием цивилизации, расширением и углублением знаний человека об окружающем мире. Объем знаний со временем возрастает по мере того, как развивается культура, искусство, науки, открываются новые свойства материи.

Современный период развития техники, характеризующийся значительным потреблением энергии и по праву называемый периодом научно-технической революции, качественно отличается от предшествующих.

При рассмотрении современной научно-технической революции следует учитывать историю развития техники, важнейшие ее достижения и научные открытия последних лет. Развитие новых областей связано с успехами в физике, радиоэлектронике, кибернетике, молекулярной биологии, бионике и многих других науках. Успехи в автоматизации, электрификации производства, транспортной технике также существенны для настоящих и будущих революционных изменений в электроэнергетике и энергетической науке, которая существенно влияет на ход научно-технической революции.

Технический прогресс и развитие цивилизации с далеких исторических времен непосредственно связаны с количеством используемых энергоресурсов. Сознание человека, его разум развивались вместе с совершенствованием средств труда, эволюцией производительных сил.

Пытаясь проникнуть в тайны природы, люди стремились использовать ее возможности для своих нужд. Со временем им понятнее становились такие явления, как молния, солнечное тепло, морские приливы и отливы и многие другие, которые для древних людей были таинственными. Преклоняясь перед ними и перед стихиями природы, человек обожествлял их. У многих древних народностей не случайно

верховным богом считалось Солнце. В этом представлении о Солнце отражено его значение как источника почти всей энергии, используемой человечеством, как источника жизни. Солнечное тепло было первым источником энергии, которым пользовался человек.

Освоение природных энергетических ресурсов стимулировало создание машин, выполнявших довольно сложные операции и позволявших переложить на них значительную часть вначале физического, а затем (в настоящее время) и нетворческого умственного труда. Совершенствование машин освобождало время для наиболее творческой работы, позволяло глубже проникать в законы природы, используя их для своего блага. Это, в свою очередь, способствовало созданию более совершенных орудий труда.

Потребности в энергии постоянно возрастали, что вынуждало изыскивать новые энергоресурсы и способы ее преобразования из одного вида в другой. Сегодня стало традиционным использование таких видов энергии, как энергия Солнца, химическая энергия органического топлива, механическая энергия воды в реках, морях и океанах, энергия ветра, внутриядерная энергия, получаемая при делении тяжелых ядер. Весьма перспективно применение термоядерной энергии, получаемой при синтезе легких элементов.

Бурный прогресс техники и тот уровень, которого она сейчас достигла, был бы невозможен без использования качественно новых видов энергии, в первую очередь электрической. Электрическая энергия широко применяется в жизни современного человека. Она широко используется в промышленности для приведения в действие различных механизмов и непосредственно в технологических процессах, на транспорте, в быту. Работа современных средств связи – телеграфа, телефона, радио, телевидения – основана на применении электрической энергии. Без нее невозможно было бы развитие кибернетики, вычислительной техники, космической техники и т. д. Основные отличительные свойства электрической энергии состоят в том, что она может легко передаваться на большие расстояния и относительно просто с малыми потерями преобразовываться в другие виды. Понятие энергетики нельзя ограничить рамками искусственных систем – создаваемых человеком; необходимо учитывать теснейшее их взаимодействие с естественными системами природы.

*Энергетическая система* (рис. 1.4) – объединение электростанций, электрических и тепловых сетей и ряда установок и устройств для производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии.

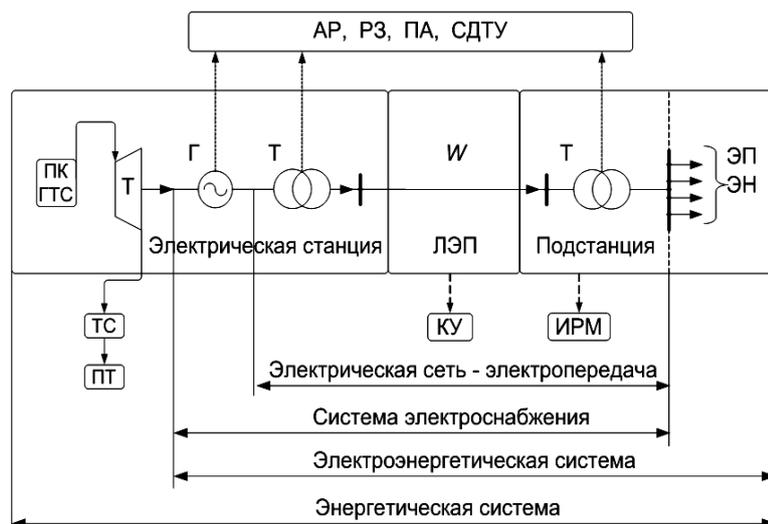


Рис. 1.4. Взаимосвязь объектов, обеспечивающих производство

## 1.7. Коммерческие и некоммерческие источники энергии

Коммерческие источники энергии включают в себя:

- твердые (каменный и бурый уголь, торф, горючие сланцы, битуминозные пески);
- жидкие (нефть и газовый конденсат);
- газообразные (природный газ) виды топлива и первичное электричество (электроэнергия, произведенная на ядерных, гидро-, ветровых, геотермальных, солнечных, приливных и волновых станциях).

Некоммерческие источники энергии включают в себя все остальные источники энергии (дрова, сельскохозяйственные и промышленные отходы, мускульная сила рабочего скота и собственно человека).

Мировая энергетика в целом на протяжении всей индустриальной фазы развития общества основана преимущественно на коммерческих энергоресурсах (около 90 % общего потребления энергии). Хотя следует отметить, что существует целая группа стран (экваториальная зона Африки, Юго-Восточная Азия), многочисленное население которых поддерживает свое существование почти исключительно за счет некоммерческих источников энергии.

Одним из важнейших факторов, учитывавшихся при разработке прогноза, является обеспеченность ресурсами мировой энергетике, базирующейся на сжигании ископаемого органического топлива.

В рамках рассматриваемого прогноза, безусловно относящегося к категории умеренных по абсолютным цифрам потребления энергии, исчерпание разведанных извлекаемых запасов нефти и газа наступит не ранее 2050 г., а с учетом дополнительных извлекаемых ресурсов – после 2100 г.

Уменьшение энергопотребления по отношению к прогнозируемому связано, прежде всего, с переходом от экстенсивных путей его развития к интенсивному, т.е. от энергетической эйфории к энергетической политике, основанной на повышении эффективности использования энергии и ее экономии [7, 29, 37].

Отметим, что интенсивный путь развития предусматривает качественное осмысление необходимых работ, их рационализм и бесконечное совершенствование до тех пор, пока технология полностью не исчерпает себя.

Экстенсивный путь развития не предусматривает высокой производительности труда как таковой, а следовательно, эффективности экономики, высочайших позиций в благосостоянии и комфорте граждан, повсеместного развития комфортной инфраструктуры, особенно при малой плотности населения.

### **Выводы**

1. Россия до настоящего времени выбирала воспроизводство и модернизацию старой энергетической технологической системы.

2. Ресурсы направлены в средства преобразования углеводородного и «атомного» энергетического материала в электрическую энергию.

3. Государство понимает «малую и нетрадиционную энергетику» как часть энергосбережения.

4. Энергетика в ее современном состоянии и развитии рассматривается в трех аспектах.

5. Научно-технический и социальный прогрессы сопровождаются увеличением потребляемой энергии и освоением новых, более эффективных ее видов.

6. Производство электрической энергии концентрируется преимущественно на крупных электростанциях, работающих совместно.

7. Для характеристики всей структуры «генерация – передача – потребление» вводятся некоторые общеизвестные понятия, термины и определения.

### **Контрольные вопросы**

1. Раскройте суть понятий «энергетика» и «энергетические системы».
2. Охарактеризуйте общие черты и различия понятий «энергетика» и «электроэнергетика».

3. Раскройте сущность понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность».
4. Расскажите о поэтапном развитии энергетики в России.
5. Перечислите виды ресурсов в энергетике.
6. Охарактеризуйте общие черты и различия, а также раскройте понятия КЭС и ТЭЦ.
7. Охарактеризуйте виды передач электрической энергии на расстояния.
8. Что принято называть термином «условное топливо»? Расскажите о его размерности.
9. Назовите аспекты энергетики.
10. Дайте определение понятию «технический аспект».
11. Раскройте суть понятия «биосферический или экологический аспект».
12. Раскройте сущность понятия «социально-политический аспект».
13. Расскажите о роли и значении энергетики в техническом прогрессе в настоящее время.
14. Раскройте сущность понятия «электроэнергетическая система» и охарактеризуйте ее особенности.
15. Расскажите о коммерческих источниках электрической энергии.
16. Охарактеризуйте некоммерческие источники электроэнергии.

## ГЛАВА 2. НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

На сегодняшний день наработано большое число исследуемых направлений и готовых установок инновационной энергетики.

Современные исследования позволяют выделить несколько изобретений и сфер, способных сыграть важную роль в энергетической революции. Возможно, благодаря таким новшествам привычный мир навсегда уйдет в прошлое.

И хотя этот перечень не является исчерпывающим, он позволяет сделать вывод, что научное общество может приступить к осуществлению крупных проектов в инновационной энергетике, чтобы создать и развить принципиально новые технологии генерирования энергии. Благодаря этому будет создано важное условие развития инновационной энергетики как энергетической отрасли, так и всей экономики.

### 2.1. Вихревой теплогенератор (ВТГ)

На рис. 2.1 показано фото вихревого теплогенератора [2, 28].

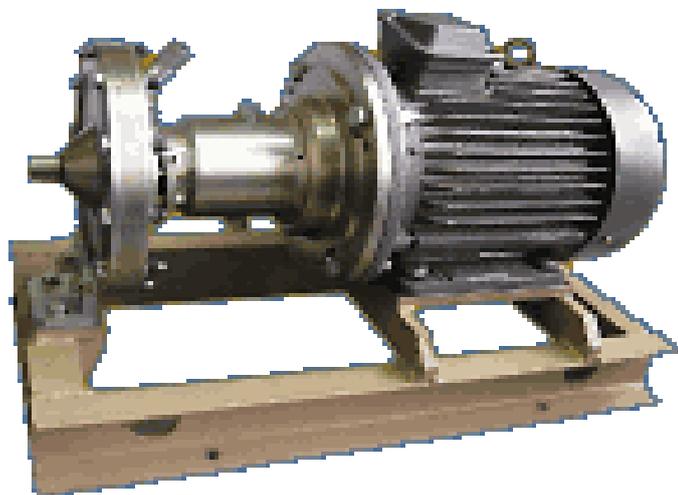


Рис. 2.1. Фото вихревого теплогенератора

Вихревой теплогенератор (ВТГ), работающий на воде и предназначенный для преобразования электрической энергии в тепловую, был разработан в начале 90-х годов прошлого столетия. ВТГ используются для обогрева жилых, производственных и иных помещений, горячего водоснабжения. ВТГ возможно применять для получения электрической или механической энергии.

ВТГ представляет собой цилиндрический корпус, оснащенный циклоном (улиткой с тангенциальным входом) и гидравлическим тормозным устройством. Рабочая жидкость под давлением подается на вход циклона, после чего по сложной траектории проходит через него и тормозится в тормозном устройстве. Дополнительного давления в трубах тепловой сети не создается. Система работает в импульсном режиме, обеспечивая заданный режим температур.

### ***2.1.1. Принцип работы вихревого теплогенератора***

В воздухонагревателе газ поступает из баллона в камеру сгорания через щелевидные отверстия горелки и поджигается электровоспламенителем.

Он направляется из сети в газовую горелку через газовый кран, электромагнитный клапан и редуктор.

В качестве теплоносителя в ВТГ используется вода или иные неагрессивные жидкости (антифриз, тосол) в зависимости от климатической зоны. При этом специальной подготовки воды (химической очистки) не требуется, так как процесс нагревания жидкости происходит за счет ее вращения по определенным физическим законам, а не от нагревательного элемента

Работает установка в автоматическом режиме с учётом температуры окружающего воздуха. Режим работы контролируется надежной автоматикой. Возможен проточный нагрев жидкости (без замкнутого контура), например для получения горячей воды. Производство тепловой энергии экологически чистое и пожаро-взрывобезопасное. Нагрев происходит за 1–2 часа в зависимости от наружной температуры и объёма обогреваемого помещения. Коэффициент преобразования электрической энергии (КПЭ) в тепловую намного выше 100 %. При работе установки накипь не образуется (при ее использовании для получения горячей воды).

## **2.2. Технические устройства гидронеуматического действия для получения тепловой и электрической энергии**

### ***2.2.1. Гидродинамический источник тепла на базе насосного агрегата***

То, что механическое воздействие на жидкость в замкнутом объеме приводит к ее нагреву, установили ещё Джеймс П. Джоуль и его современник немецкий физик Роберт Майер, определившие механический эквивалент теплоты. Это сыграло большую роль в обосновании закона сохранения и превращения энергии [28].

Но только в наше время установлено, что в тепло может быть превращена не только механическая работа привода, но и внутренняя энергия жидкости (на основе использования ее свойств, проявляющихся при особых условиях её взаимодействия с поверхностями твердых тел, а также между внутренними слоями – в режиме кавитации).

При таких режимах температура воды на выходе может не соответствовать энергии привода на ее нагревание, что неоднократно фиксировалось разными исследователями.

Идея сделать свой теплогенератор [22] (на первом этапе его проект) возникла после знакомства с различными его видами. Их конструкции казались достаточно простыми, но требующими удешевления.

Известны две модификации таких устройств: роторная [17, 28] и статическая [21]. В первом случае для создания кавитации, как можно догадаться из названия, служит ротор, во втором – основным элементом устройства является сопло. Чтобы сделать выбор в пользу одного из вариантов исполнения, требуется сравнить конструкции обоих.

От использования роторного теплогенератора пришлось отказаться, так как его конструкция требует довольно высокой точности изготовления и необходима балансировка ротора. К тому же приходится решать вопрос уплотнения вала ротора. Естественно, уплотнительные элементы нуждаются в регулярной замене.

Из выше сказанного следует, что ресурс подобных установок не так уж и велик. Помимо всего прочего, работа роторных теплогенераторов сопровождается повышенным шумом. Хотя они обладают большей на 20–30 % производительностью в сравнении с теплогенераторами статического типа. Теплогенераторы роторного типа способны даже вырабатывать пар. Но это не является их преимуществом, ввиду непродолжительного срока эксплуатации (в сравнении со статическими моделями).

Второй тип теплогенератора называется статическим условно. Это обусловлено отсутствием вращающихся частей в конструкции кавитатора для создания кавитации.

Кавитационное течение характеризуют безразмерным параметром (числом кавитации):

$$X = \frac{2(P - P_s)}{\rho V^2},$$

где  $P$  – гидростатическое давление набегающего потока, Па;  $P_s$  – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – скорость потока на входе в систему, м/с.

Известно, что кавитация возникает при достижении потоком граничной скорости  $V = V_s$ , когда давление в потоке становится равным давлению парообразования (насыщенных паров). Этой скорости соответствует граничное значение критерия кавитации.

В зависимости от величины  $X$  различают четыре вида потоков:

- докавитационный – сплошной (однофазный) поток при  $X > 1$ ;
- кавитационный – (двухфазный) поток при  $X \sim 1$ ;
- пленочный – с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (пленочная кавитация) при  $X < 1$ ;
- суперкавитационный – при  $X \ll 1$ .

Физический процесс кавитации близок процессу закипания жидкости. Основное различие между ними заключено в том, что при повышении скорости потока относительно тела понижается давление потока до давления насыщенных паров (вакуума). При этом жидкость вскипает, и образуются кавитационные парогазовые пузырьки микроскопических размеров. Кавитационные пузырьки, попадая в область повышенного давления, схлопываются (замыкаются, конденсируются) кумулятивными струйками в точки. В этих точках, а их огромное количество, кумулятивные эффекты приводят к точечному повышению давлений до десятков тысяч атмосфер, с образованием точечных температур в десятки тысяч градусов по Кельвину. Кроме того, резкое (внезапное) исчезновение кавитационных пузырьков приводит к образованию микрогидравлических ударов и, как следствие, к созданию волны сжатия и растяжения в жидкости с ультразвуковой частотой. Если ударная волна встречает на своем пути препятствие, то она разрушает его поверхность. Кавитационных микропузырьков довольно много и захлопывание их происходит много тысяч раз в секунду, поэтому кавитация может привести к значительным разрушениям.

Энергия схлопывающихся пузырьков расходуется на излучение ударных волн, локальный нагрев газа, содержащегося в сжимающихся кавитационных полостях, на возбуждение сонолюминисценции, образование свободных радикалов, а также на появление шума.

Для создания кавитационных процессов применяются различные виды сопел. Наиболее часто используется так называемое сопло Лавалля [32].

Для возникновения кавитации необходимо создать большую скорость движения жидкости в кавитаторе. Для этого используется обычный вихревой насос. Насос нагнетает давление жидкости перед соплом, она устремляется в так называемое критическое сечение

(наименьший диаметр отверстия), которое имеет значительно меньший размер, чем подводный трубопровод, что и обеспечивает высокую скорость на выходе из сопла. За счет резкого расширения жидкости на выходе из сопла и возникает кавитация. Кроме того, этому способствует трение жидкости о поверхность канала сопла и завихрения воды, возникающие при резком истечении струи из него. Это означает, что вода греется по тем же причинам, что и в роторном теплогенераторе, но с несколько меньшей эффективностью.

Таким образом, был выбран теплогенератор статической конструкции, схема, одного из вариантов которого приведена на рис. 2.2.

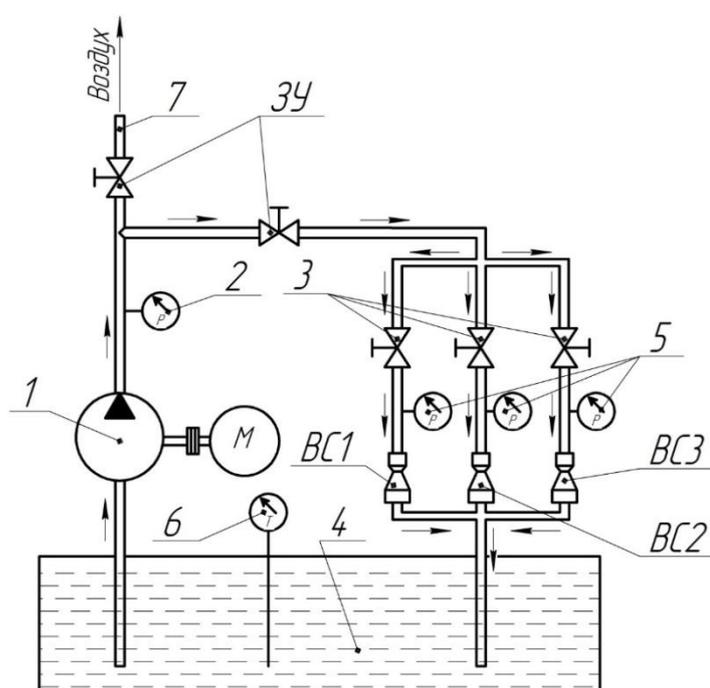


Рис. 2.2. Схема экспериментальной установки:

- 1 – насос; 2 – манометр общего давления; 3 – вентили; 4 – резервуар; 5 – манометры;  
6 – термометр; 7 – суфлер воздушный. ЗУ – запорные устройства; BC1, BC2,  
BC3 – выпускные сопла Лавалья

### **2.2.2. Конструкция статического теплогенератора и описание принципа его работы**

Конструкция статического теплогенератора (СТГ) не требует высокой точности изготовления деталей. Благодаря отсутствию вращающихся частей легко решается вопрос уплотнения сопрягаемых узлов и деталей. Срок службы кавитатора значительно больше (не менее 5–8 лет). Даже в случае выработки соплом своего ресурса изготовление и его замена потребуют значительно меньших материальных затрат.

Насос 1 с нерегулируемой подачей всасывает рабочую жидкость из резервуара 4 и подает ее в гидравлическую систему, состоящую из выпускных сопел ВС1, ВС2, ВС3 и вентилей 3. Работа выпускных сопел может осуществляться как индивидуально, так и совместно (2–3 сопла).

Максимальное давление в гидросистеме и, следовательно, нагрузка регулируются с помощью запорного устройства (ЗУ) и измеряется манометром общего давления 2. Величина давления перед соплами измеряется манометрами 5. Температура жидкости измеряется термометром 6.

### ***2.2.3. Инжекторная ветрогидроаккумулирующая электроустановка***

Ветрогидроаккумулирующая электроустановка работает следующим образом.

Набегающий поток воздуха приводит во вращение ветродвигатель 1, который через энергоузел 2 соединен с компрессором 3. Накопитель воздуха 4, служащий для его сбора и поддержания под определенным давлением, сообщен с входным устройством 5 посредством компрессора 3 и трубопровода 6. Гидравлический реверсивный шестеренчатый насос 7 служит для наполнения бака 8 водой во время активной стадии работы ветродвигателя 1. Особенностью работы реверсивного шестеренчатого насоса, является практически одинаковая подача и создаваемое рабочее давление при прямом и обратном вращении ротора, а также движении жидкого потока. Подача воды шестеренчатым насосом 7 осуществляется водозаборным устройством 15 при открытом вентиле подачи воды 11. После полного заполнения накопительного бака 8 вентиль подачи воды 11 закрывается, гидравлическая часть аккумулялирующей электроустановки находится в режиме ожидания. Получение электроэнергии в энергоузле 2 за счет потенциальной энергии накопленной воды в баке 8 и напора, создаваемого реверсивным шестеренчатым насосом 7, производится при открытых (9, 10 и 12) и закрытых вентилях (11 и 14). Работа инжектора 18 осуществляется совместным действием сжатого воздуха в накопителе 4 и статического давления воды в баке 8. При этом вентили 13 и 14 открываются, а вентиль 11 закрывается. Эффективность работы инжектора можно повысить включением в работу реверсивного шестеренчатого насоса 7 при открытом реверсивном вентиле 10.

На рис. 2.3 приведена схема ветрогидроаккумулирующей электроустановки [3, 33].

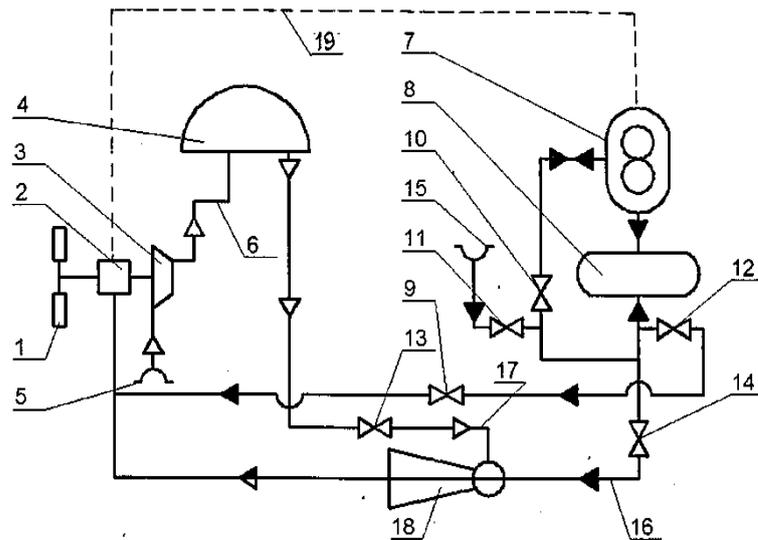


Рис. 2.3. Схема инжекторной ветрогидроаккумулирующей электроустановки:  
 1 – ветродвигатель; 2 – энергоузел; 3 – компрессор; 4 – накопитель воздуха;  
 5 – входное устройство компрессора; 6 – трубопровод подачи воздуха;  
 7 – реверсивный шестеренчатый насос; 8 – накопительный бак; 9 – вентиль гидравлический дополнительный; 10 – гидровентиль реверсивный;  
 11 – вентиль подачи воды; 12 – вентиль гидравлический основной;  
 13 – вентиль воздушный; 14 – вентиль эжекторный; 15 – водозаборное устройство; 16 – трубопровод подачи воды под давлением; 17 – трубопровод подачи воздуха; 18 – инжектор; 19 – электропровод

#### 2.2.4. Инжекторный статический кавитатор

Получение тепла и последующее превращение его в электроэнергию происходят в инжекторном кавитаторе (рис. 2.4). Существует огромное количество конструкций статических кавитаторов (в этом можно убедиться с помощью интернета), но практически во всех случаях они выполнены в виде сопла. За основу берется сопло Лавалья [21, 22].

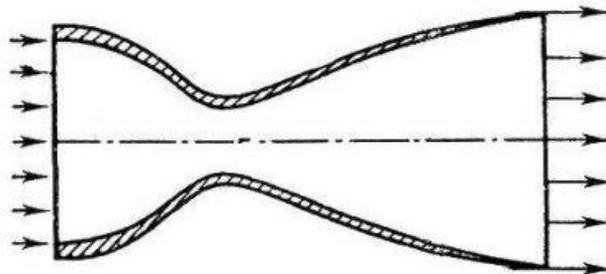


Рис. 2.4. Сопло Лавалья

Первое, на что стоит обратить внимание, – это сечение канала между диффузором и конфузуром.

Не стоит слишком сильно заужать его сечение, стараясь обеспечить максимальный перепад давления. Конечно, при выходе воды из отверстия малого сечения и попадании ее в камеру расширения, будет достигаться наибольшая степень разрежения, а следовательно, и более активная кавитация. Так, вода за один проход через сопло будет нагреваться на большую температуру. Однако объем перекачиваемой через сопло воды будет слишком мал, и, смешиваясь с холодной водой, она будет передавать ей недостаточное количество теплоты. Таким образом, общий объем воды будет нагреваться медленно. Кроме того, малое сечение канала будет способствовать завоздушиванию воды поступающей во входной патрубок рабочего насоса. Вследствие этого он будет работать более шумно и возможно возникновение кавитации в самом насосе, а это уже нежелательные явления. Почему это происходит, станет понятно, когда будет рассматриваться конструкция гидродинамического контура теплогенератора.

Наилучшие показатели достигаются при диаметре отверстия канала 8–15 мм. К тому же эффективность нагрева будет зависеть еще и от конфигурации камеры расширения сопла. Таким образом, мы переходим ко второму важному моменту в конструировании сопла – камере расширения.

Какой же из профилей выбрать? Тем более что это далеко не все возможные варианты профилей сопла. Поэтому, чтобы определиться с конструкцией сопла, можно прибегнуть к математическому моделированию течения в них жидкости. Конструкции сопел позволяют проводить кавитационный нагрев жидкостей, прокачиваемых через них.

Как видно из рис. 2.5, профиль сопла может быть самым разным. Вариант *a* – это, по сути, классический профиль сопла Лавалья. Используя такой профиль, можно варьировать угол раскрытия камеры расширения  $\alpha$ , тем самым меняя характеристики кавитатора. Обычно величина  $\alpha$  находится в пределах 12–30°.

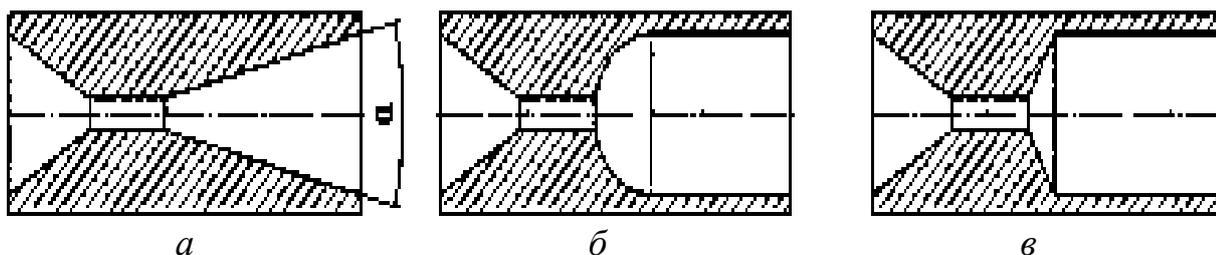


Рис. 2.5. Варианты исполнения сопел

Вариант *б* более эффективно создает разрежение при истечении жидкости из канала, соединяющего камеры расширения и сжатия. Скорость движения потока жидкости через данное сопло будет наименьшей. Турбулентность, возникающая вследствие прохождения жидкости через сопло второго варианта, наиболее оптимальная для нагрева воды.

Возникновение вихря в потоке (вариант *в*) начинается уже на входе в промежуточный канал, а на выходе из сопла начинается вторая волна вихреобразования. Однако в изготовлении такое сопло немного сложнее, так как придется вытачивать полусферу.

## **2.3. Атмосферная электроэнергетика**

### ***2.3.1. Атмосферная электроэнергетика, общие сведения***

Атмосферная электроэнергетика объединяет различные способы и проекты получения накапливаемой в атмосфере электрической энергии [22, 26]. Наиболее очевидный путь состоит в захвате колоссальной энергии молний. Данное направление новой энергетики обладает немалым потенциалом.

В 2010 году бразильский ученый Фернандо Галембекк сделал сенсационное заявление о возможностях получения атмосферного электричества. Согласно разработкам его группы из университета Кампинаш в Сан-Паулу, мельчайшие заряды могут собираться из влажного воздуха. Как показали испытания, для сбора зарядов могут применяться определенные металлы, что в перспективе открывает крупные возможности для производства электроэнергии в регионах с влажным климатом. Считается, что совершенствование этой технологии даст человечеству еще один источник возобновляемой энергии.

Разработки бразильских ученых – не единственные попытки получить доступ к электричеству, заключенному в воздушном слое планеты. Существуют проекты летающих станций, занимающихся «ловлей» молний, а также наземных установок того же назначения. В России опытами в данной области увлекаются сразу несколько групп, не имея никакой государственной поддержки.

Бразильские исследователи стремятся разработать устройство для получения – «вытягивания» – электроэнергии из движущегося влажного воздуха. С этой целью проводятся эксперименты с материалами, что должно помочь выделить наиболее эффективные (более эффективные, чем кварц и фосфат алюминия) для содействия формированию электрического заряда в атмосфере.

Критики опытов профессора Галембекка по получению «влажного электричества» подчеркивают, что данный способ может дать немного энергии. Но вся группа (как известных, так и непубличных) работ в области атмосферной электроэнергетики может оказаться куда более значительной по результатам. Постановка на службу человечеству энергии атмосферного электричества вообще способна надолго и без гигантских затрат решить энергетический вопрос, как минимум дав один из основных источников электроэнергии недалекого будущего.

Тесла говорил, что энергия окружает нас повсюду, и вопрос состоит лишь в том, как ее взять [27]. В конце XIX – начале XX века Тесла попытался экспериментально получить доступ к «неиссякаемому источнику энергии неба». Атмосферная электроэнергетика может в ближайшие десятилетия стать ведущим направлением в группе технологий, призванных обновить энергетику. Соответствующие работы сейчас активно ведутся в Массачусетском технологическом институте (Massachusetts Institute of Technology – MIT), имеются также и российские разработки. Бесспорным является революционный характер исследований в области получения атмосферного электричества [10, 12, 30]. При этом источник энергии зачастую оценивается как почти безграничный, а затраты по ее получению должны оказаться минимальными.

На рис. 2.6 показано фото установки Галембекка.



Рис. 2.6. Установка Фернандо Галембекка

Ученые всего мира давно установили, что в атмосфере Земли существуют сгустки энергии, которые невозможно рассмотреть без специальных приспособлений. Речь идет про такой вид энергии, как колебания молекул газа в атмосфере.

Если температура воздуха превышает  $0\text{ }^{\circ}\text{K}$  (температура абсолютного нуля), молекулы любого вещества (не важно жидкого, твердого или газа) хаотически двигаются. К примеру, при комнатной температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , скорость перемещения молекул достигает  $1400\text{ м/с}$ . Представьте, какую энергию можно получить, используя эти силы!

Итак, вокруг людей находятся десятки и сотни тысяч молекул гелия, кислорода и других атмосферных газов. Эти газы постоянно перемешиваются в атмосфере, а молекулы сталкиваются друг с другом, создавая тепловое излучение.

Представим самую простую антенну – рамочную, размерами  $10 \times 10$  метров. Такие антенны расположены в одной плоскости и имеют толщину порядка  $10\text{ мкм}$ . Они имеют сопротивление  $150$  для двойной рамки и  $300$  для одинарной, настроены на мощные спектральные линии в инфракрасном диапазоне.

Получаем мощное усиление и выход напряжения  $1\text{ В}$  на сегменте. Размеры сегмента –  $1 \times 1\text{ мм}$ . Экономически выгодно создавать сегменты  $8 \times 8$  антенн, которые гораздо проще даже обыкновенного компьютерного процессора, которые сегодня штампуют десятками на заводах.

Расчетная мощность сегмента  $1 \times 1\text{ мм}$  может достигать  $3\text{ мВт}$ . Каждый сегмент имеет одно напряжение и является по своей сути – законченным источником питания.

Для хорошего результата следует настроить группы на несколько мощнейших спектральных линий. Все вместе они образуют постоянный ток и напряжение, необходимые конечному потребителю.

Расчетная мощность рассмотренной выше решетки (размерами  $10 \times 10\text{ м}$ ) равна  $300\text{ кВт}$ . Этого вполне достаточно для одного цеха или целого подъезда в городе.

### *2.3.2. Энергия молний*

Огромные сполохи природной энергии – молнии – давно привлекают внимание людей (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Природное явление – молнии

После того как была установлена электрическая природа молний, люди стали подробнее изучать это явление. Естественно, рассматривался вопрос о практическом использовании энергии молний. Для этого, прежде всего, необходимо определить ее запас. Однако описанные разработки в области атмосферной электроэнергетики не включали причин вызова молний и их расчет. Провоцирования грозových разрядов с целью получения энергии экспериментально опробованы ученым Никола Тесла еще в конце XIX столетия [34]. Работа в данном направлении может оказаться наиболее перспективной из всей группы исследований атмосферной электроэнергетики.

Постановка на службу человечеству энергии молний вообще способна надолго и без гигантских затрат решить энергетический вопрос,

Умение вызывать грозových разряды и аккумулировать полученное электричество откроет новые возможности экономического развития мира, вновь сделав энергию дешёвой. Накапливаемая в атмосфере планеты энергия обладает колоссальным потенциалом [23, 27].

Работы в этой области шли совместно с исследованиями по беспроводной передаче электричества. Финансовые затруднения вынудили ученого свернуть работу, хотя он много лет безуспешно пытался найти поддержку своих исследований. Известным результатом его экспериментального труда оказался вызов в Колорадо молнии, что привело к аварии на местной электростанции в результате возникновения короткого замыкания. В современных условиях при наличии государст-

венной поддержки исследований по «приручению» атмосферного электричества такая технология способна оказаться чрезвычайно продуктивной, что в конечном итоге должно помочь технологическому преодолению энергетического кризиса.

### ***2.3.2.1. Расчет энергии молний***

Максимальная разность потенциалов молнии достигает 50 млн В, а ток – до 100 тыс. А. Для расчётов энергии молнии можно взять цифры близкие к средним для большинства молний, а именно: напряжение 20 млн В и ток 20 тыс. А.

При грозовом разряде электрический потенциал уменьшается до нуля. Поэтому для того, чтобы правильно определить среднюю мощность грозового разряда, в расчётах надо брать половину первоначального напряжения.

Тогда мы имеем мощность электрического разряда:

$$\frac{20000000 \text{ В} \cdot 20000 \text{ А}}{2} = 200000000000 \text{ Вт}.$$

Получается, что мощность грозового разряда молнии 200 млн кВт. Длительность молнии составляет около 0,001 с. По этим данным можно определить общее количество энергии, которую даёт разряд молнии:

$$\frac{200000000000}{3600 \cdot 1000} = 55556 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 55,556 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

При цене электрической энергии 3 руб. за 1 кВт·ч. ее стоимость (при условии полного использования всей энергии молнии) составит 166,67 руб.

На большей части России частота ударов молнии в пределах 2–4 в год на квадратный километр, в горных районах – до 10 ударов. Из всех видов молний как источник энергии нас может интересовать только разряд между землёй и электрически заряженными облаками. Для покрытия квадратного километра нужно большое количество молниеотводов. Технически возможно собрать небольшую часть электричества от молнии в высоковольтных конденсаторах. Понадобятся также преобразователи с функцией стабилизации напряжения. Но, как показывает расчёт энергоёмкости конденсаторов, для хранения даже небольшого количества электрической энергии нужны конденсаторы огромной ёмкости

и размеров. Стоимость такого оборудования будет на много порядков дороже цены полученной электрической энергии, даже при регулярном, например, ежегодном её пополнении разрядами молнии.

Подобные расчёты энергии молнии приводились в технической литературе. Реально получить и использовать, например, на нагрев воды, можно только небольшую часть этой энергии. Основная её часть расходуется при искровом разряде на нагрев атмосферы, и даже теоретически потребители могут использовать меньшую часть энергии молнии.

Для примера можно рассчитать, сколько энергии потребляет на нагрев, например, такое устройство, как громоотвод. Электрическое сопротивление воздушного промежутка, молниеотвода и заземления, которое преодолевает молния при усредненных характеристиках разряда, составит:

$$R=U/I = 20000000 \text{ В} / 20000 \text{ А} = 1000 \text{ Ом}.$$

### ***2.3.2.2. Расчёт сопротивления проводника***

Расчёт сопротивления проводника громоотвода можно сделать по разработанной методике, если известны материал, его удельное сопротивление, длина и толщина провода. Но для нашего примера будем считать сопротивление проводника равным 1 Ом, а сопротивление заземления 4 Ома.

Если сопротивление молниеотвода в тысячу раз меньше общего сопротивления для молнии, то по закону Ома для участка цепи падение напряжения на нем (громоотводе) прямо пропорционально сопротивлению. А значит мощность, которая выделяется в виде тепла на молниеотводе, будет в тысячу раз меньше общей мощности или количеству энергии, которое выделяется на этом устройстве. В нашем примере это количество энергии будет равно 55,556 Вт·ч, что очень незначительно. Зная теплоёмкость материала молниеотвода и его массу, можно определить, на сколько градусов повысится его температура.

Для повышения мощности потребителя необходимо увеличить его электрическое сопротивление. Оптимальным вариантом для источника и потребителя электрической энергии является согласование сопротивлений, когда они равны. Нужно иметь в виду, что при увеличении общего сопротивления токопроводящей цепи уменьшится величина тока, а разность потенциалов останется прежней. Это приведёт к уменьшению общей энергии молнии и снизит без того небольшую вероятность грозового разряда.

## 2.4. Современные аккумуляторы электрической энергии

### 2.4.1. Нанопроводниковый аккумулятор

Это вид литий-ионного аккумулятора, изобретённый группой под руководством доктора Йи Сю (Yi Cui) в Стэнфордском университете в 2007 г. Изобретение состоит в замене традиционного графитового анода аккумулятора на анод из нержавеющей стали, покрытый кремниевым нанопроводником. Кремний, способный удерживать в 10 раз больше лития, чем графит, позволяет создавать значительно большую плотность энергии на аноде, снижая, таким образом, массу аккумулятора. В будущем увеличение площади поверхности анода позволит ускорить процессы зарядки и разрядки. Подобная работа была сделана в России, в Институте высокотемпературной электрохимии Уральского отделения РАН под руководством доктора технических наук Ю.П. Зайкова. Кремниевые нанонити были выращены электролизом в расплавленных солевых системах. Испытан первый отечественный нанопроводниковый аккумулятор. Работа была выполнена в связи с тем, что одним из альтернативных способов получения наноструктурированных осадков кремния является электролиз из расплавов солей. Был исследован метод рафинирования  $Si$  в хлоридно-фторидном расплаве солей в инертной атмосфере, который позволяет получить наноструктурированный кремний высокой чистоты при сравнительно низких энергозатратах (по сравнению с газофазным синтезом).

### 2.4.2. Устройство литиево-ионного аккумулятора

Вначале отрицательные пластины изготавливались с применением кокса – продукта переработки угля. Из-за того, что этот материал обладает повышенной хрупкостью, вместо него стали применять графит. Традиционно положительные пластины изготавливают из окислов лития с добавлением кобальта или марганца. Пластины с добавлением кобальта более долговечные, с добавлением марганца – дешевле.

Первоначально были проведены исследования традиционных кремниевых анодов, но они были отвергнуты в связи с тенденцией кремния растрескиваться и увеличиваться в объёме. Такой анод становится неработоспособным, потому что в процессе работы трещины заполняются литием. Нанопроводник свободен от этого недостатка. По словам доктора Сю, аккумуляторы достигали десятикратной плотности заряда при первой зарядке и затем стабилизировались на уровне восьмикратной плотности при последующих зарядках. Поскольку это достигается только за счёт

усовершенствования анода, необходимо будет провести эквивалентное изменение катода, чтобы получить максимальное повышение плотности хранения энергии.

Как ожидается, коммерциализация изобретения продлится до 2012–2020 гг. За это время стоимость хранения ватт-часа энергии станет такой же или даже меньше по сравнению с обычными литий-ионными аккумуляторами. Следующий важный этап – тестирование жизненного цикла – должен быть скоро завершен, группа рассчитывает добиться не менее тысячи циклов на аккумулятор.

### ***2.4.3. Преимущества и недостатки литиево-ионного аккумулятора***

Преимущества:

1. Более высокая удельная плотность запасённой энергии. Это означает, что при одинаковых геометрических размерах других видов аккумуляторов *Li-ion* аккумуляторы способны отдавать больше энергии во внешнюю нагрузку.

2. Низкий саморазряд. В отсутствие нагрузки эти аккумуляторы дольше сохраняют накопленную энергию без заметного её снижения.

3. Простота обслуживания. Очень существенный фактор при длительной эксплуатации.

Недостатки:

1. *Li-ion* аккумуляторы опасны для человека при нарушении герметизации их корпуса.

2. Как следствие – малая долговечность аккумуляторов.

3. Недопустимость глубокого разряда, который, как правило, полностью выводит аккумулятор из строя.

4. Литиево-ионный аккумулятор обладает неприятным свойством – стареть, даже если он не эксплуатируется. Уже через 1,5–2 года *Li-ion* аккумулятор теряет свою ёмкость более чем на 50 %.

### ***2.4.4. Выводы по результатам использования нанопроводниковых литиево-ионных аккумуляторов***

Проведя небольшое знакомство с литиево-ионными аккумуляторами, становится проще понять, чего коснулись изменения в устройстве нанопроводниковых аккумуляторов по сравнению с их прародителями:

1. Анод нанопроводникового аккумулятора изготовлен из нержавеющей стали, лишь сверху покрытый изобретённым недавно нанопроводником. Запасы кремния в Земле огромны: на порядок больше, чем лития.

2. Используются новейшие технологии изготовления сверхпористого кремния, благодаря чему увеличивается активная поверхность анода, что приводит к значительному росту энергетической плотности.

3. Как следствие, при одинаковых энергетических характеристиках классических литиево-ионных и нанопроводниковых аккумуляторов последние будут иметь меньшую массу, что немаловажно.

4. По сравнению с обычными, литиево-ионными, нанопроводниковые аккумуляторы даже на данной стадии производства обладают в 8–10 раз большей плотностью заряда.

5. Стоимость хранения ватт-часа энергии меньше, чем у классических литиево-ионных аккумуляторов.

6. Количество циклов «заряд-разряд» у нанопроводниковых аккумуляторов уже приближается к тысяче, что для других типов недостижимо.

## 2.5. Динамическая сверхпроводимость – сенсационное открытие с 10-летним стажем

В 1858 г. немецкий математик А. Мебиус описал геометрическую поверхность, имеющую лишь одну сторону, (рис. 2.8). Но не все считали ленту Мебиуса (ЛМ) математическим курьезом. В 1886 г. Н.Тесла получает патент на многофазную систему переменного тока, так вот ротор у генератора и двигателя имели плосконамотанные катушки, которые в середине намотки меняли направление, и в результате получалась общая плоскость (плоской катушки) с бесконечной поверхностью [34].

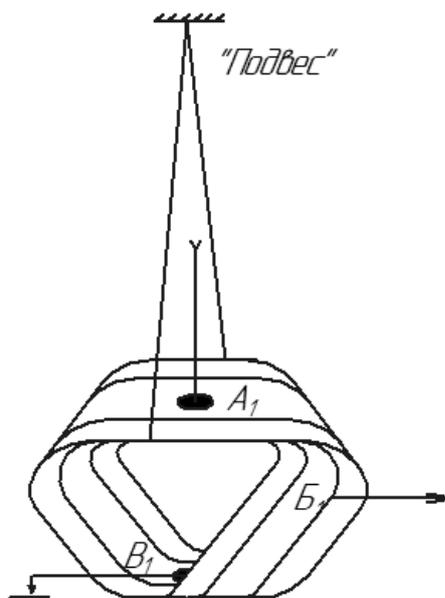


Рис. 2.8. Геометрическая поверхность, лента Мебиуса

В XIX и XX вв. волна «мебиусотворения» прокатилась по миру во всех областях науки и техники. Выдавались патенты, заявки во многих странах, в основе которых лежал принцип односторонней поверхности.

В 1970 г. в институте электродинамики академии наук Украины Ю.И. Драбович и И.А. Криштафович получили авторское свидетельство на «...значительное улучшение свойств магнитных сердечников, изготовленных из ферромагнитной ленты по способу Мебиуса». За 50 лет не перечислить и части патентов по этой теме.

Интерес к ЛМ велик и сейчас.

Проведены сотни исследований с помощью механо-математической модели, открытого в 1996 г. эффекта «КОРТЭЖ» (короткозамкнутый тороидальный электронный жгут-вихрь) с использованием топологического качества не ориентированной поверхности ЛМ. Сегодня это устройство, непохожее на конденсатор, имеет свойства неориентированного контура ЛМ. Использовать устройство, как показали математические прогнозы и экспериментальные данные, в проекте «МАГФ» можно всюду: начиная от электротехники и электроники до перемещения в пространстве не зависимо от плотности среды.

В 1992 году на лабораторной модели МАГФ выявлены и описаны эффект ионизации газовой струи при обдуве несущей поверхности («огни святого Эльма») и процесс накопления статического заряда от скорости ее истечения.

Огни святого Эльма (или Огни святого Элмо) – это разряд в форме светящихся пучков или кисточек (коронный разряд). Он возникает на острых концах высоких предметов (башни, мачты, одиноко стоящие деревья, острые вершины скал и т. п.). При большой напряжённости электрического поля в атмосфере огни образуются в моменты, когда она в атмосфере у острия достигает величины порядка 500 В/м и выше. Это чаще всего бывает во время грозы или при её приближении и зимой во время метелей. По физической природе они представляют собой особую форму коронного разряда [35].

Проверен эффект ионизации, электростатического вихря. В «колбе» летают шарики от пинпонга, внутри колбы (относительно экваториальной зоны) – 10000 В в верхней зоне колбы и +10000 В – в нижней.

Ранее было упомянуто имя Н. Теслы неслучайно, протопроботка аналогов привела к потрясающим данным. Система переменного тока у великого изобретателя была сконструирована на основе безынерционных магнитных контуров со свойствами инверсии вектора напряженности магнитного поля, с выделением только

положительных экстремумов действующих значений ЭДС в роторе и статоре, генератора и двигателя. Представьте себе, куда бы продвинулась наука и техника, не имей мы 100-летнего квантового забвения великого ученого. В физике существует понятие «рамка Фарадея», которая является основным элементом генератора и электродвигателя всей нашей энергетики на планете. Так Н. Тесла в 1886 г. усовершенствовал эту «рамку» в форме ЛМ и статор, да и не только, вся схемотехника и принципы в корне отличаются от нынешних понятий в электродинамике. Поэтому коэффициент полезного действия (КПД) генерации в его системе доходило до 98–99,9 %, вот Вам и Вестингауз.

Эффект динамической сверхпроводимости (ДСП-КОРТЭЖ) выявил возможность получения управляемого сверхсильного статического магнитного поля (ССМП) с микро- и макропараметрами, на основе которых вполне реализуемы мечты человечества о перемещении в пространстве, не зависящем от среды, и получении любого количества энергии, не зависящего от места в пространстве. Звучит некоторым образом сенсационно.

В заключении, нужно отдать должное, что без научных воззрений, открытий и экспериментов таких великих подвижников, как Д. Кили, В. Ритц, Н. Тесла, В. Рассел, В. Шаубергер, А. Шопенгауэр, Г. Игнатъев, И. Филимоненко, открытие бы не состоялось.

## 2.6. Плазменные генераторы электроэнергии

Эксперименты с различными конструкциями ведутся давно в основном на лабораторном уровне.

Наукой доказано, что чем сильнее будет нагрет пар, тем выгоднее превращение его тепла в работу. Увеличив температуру пара в современной электростанции до 1000–1500 °С, можно повысить её коэффициент полезного действия в полтора раза. Но, оказывается, такую высокую температуру выдержит не всякая турбина.

Для повышения жаростойкости турбины надо разрабатывать жаростойкие материалы. Стоимость таких материалов очень высокая.

Проведённые исследования и эксперименты позволили решить данную задачу и построить устройство, с помощью которого энергия раскалённого газа превращается в электрическую, что получило название плазменного генератора. Решение такой задачи стало возможно благодаря науке, которая называется магнитогидродинамикой. На рис. 2.9 показан плазменный генератор электроэнергии в сборе.



Рис. 2.9. Плазменный генератор электроэнергии

В результате проведённых исследований было доказано, что если жидкость, которая обладает свойством проводника, расположить в магнитное поле, то она не будет отличаться от металлического проводника, например, металла. Известно, что если металлический провод заставить двигаться между полюсами магнита, то в нём будет наводиться электрический ток. Раз жидкость-проводник в магнитном поле ведёт себя как обычный металлический проводник, то и на ней происходит индукция.

Несмотря на простоту предположения, учёным все же не удалось построить генератор с помощью проводника жидкого типа. Для того чтобы заработал такой генератор, необходимо было струю жидкости разогнать до очень высокой скорости. Для того чтобы придать струе высокую скорость необходимо большое количество энергии, причём основная её доля теряется в самой струе на завихрения. Попробовали применить газ. Придать струе газа высокую скорость не так сложно. Но, к сожалению, газы являются плохими проводниками.

Учёные, занимающиеся этой проблемой, были убеждены, что твёрдые проводники могут не справиться с высокой температурой, жидкости очень трудно разогнать до высоких скоростей, а газы не являются хорошими проводниками тока.

Проблема была решена созданием плазмы. Ярким примером плазмы является состояние солнца. Плазма – это ионизированный газ.

Молекулярная структура плазмы такова, что в ней встречаются ионы, т. е. атомы с нарушенными электронными орбитами. В молекулярной структуре есть и свободные электроны. Всем хорошо известно, что ионы и электроны являются носителями электрических зарядов. Раз в структуре плазмы много ионов и свободных электронов, значит она должна быть проводником.

Для превращения газа в плазменное состояние необходимо разогреть его до очень высоких температур. При нагреве газа молекулы начинают двигаться быстрее, и при движении происходит столкновение частиц. Из-за нагрева молекулы распадаются на отдельные атомы. При достижении температуры 4000 °С атомы газа приобретают высокую энергию и разгоняются до огромных скоростей. Из-за высокой скорости при столкновении атомов их оболочка нарушается, и в результате резко увеличивается количество ионов и электронов.

Такое состояние газа называется плазмой. Но, для того, чтобы достичь такой температуры газа, нужно огромное количество топлива. Здесь пришел на помощь щелочной металл калий. Достаточно добавить немного калия к газам и ионизацию можно получить уже при температуре 3000 °С.

Несмотря на все усилия учёных, плазменные генераторы пока ещё не вышли на уровень промышленной выработки.

## **2.7. Понятие об энергоустановках на основе динамической сверхпроводимости**

Разработчики этих потенциальных генераторов электроэнергии утверждают, что при определённой скорости вращения дисков возникает эффект динамической сверхпроводимости тока, что позволяет генерировать мощные магнитные поля. А уже эти поля можно использовать для генерации электроэнергии. В ходе экспериментов накоплен большой массив информации по необычным физическим эффектам. Есть возможность не только генерировать энергию, но и создать двигатель для транспортных средств. Это направление выглядит одним из самых перспективных в новой энергетике.

Около 100 лет назад под руководством Х. Лоренца Стюарт-Толмен поставил сейчас уже считающийся тривиальным опыт с быстро вращающейся катушкой и определил инерцию и массу электрона, что и послужило для вычисления так называемой, силы Лоренца. Вот только взвесить катушку до раскрутки и во время торможения почему-то не захотели. Зато наши соотечественники в СССР в АН Белоруссии Вейник и Добромислов при повторении этого опыта все-таки взвешивали катушку. Получили и подтвердили все, но более точно, а главным событием их опытов было обнаружение так называемого вектора «электродинамической тяги»: по часовой стрелке вращения катушки он положителен, а против – отрицателен. Для инженера-аэродинамика вектор

тяги – это подъемная сила крыла самолета или ротора вертолета. Но как обычно это бывает, научные данные по выявлению «свежих» природных эффектов достаточно сильно разделены широкой и глубокой пропастью от инженеров-«силовиков». И вот почему. Опыты Вейника и Добромыслова, хоть имели под собой серьезную академическую «базу», но вектор тяги появлялся в лабораторной установке только в вакууме (по значению был не более 250 мг), поэтому и не был хорошо освещен в научно-практической литературе, но, как показывает опыт, напрасно.

Научно-теоретическая поддержка обоснования проекта МАГФ опирается на элементарные знания теоретической физики. Это ряд открытий законов и замечательных эффектов, во многих случаях до сегодняшнего дня не используемых. Чтобы построить модель естественного природного тела (ЕПТ) и перейти к понятию «нового рабочего тела» (вода, воздух и углеводородное топливо) необходимо и достаточно правильно использовать знания, приобретенные человечеством с помощью великих подвижников физики, не раньше 80 и не позднее 150 лет. Алгоритм необходимого понимания процессов, происходящих в механо-математической модели ЕПТ: Ньютон – закон всемирного тяготения; Кулон, Фарадей, Максвелл – существование магнитных силовых трубок и вихревое взаимодействие между ними; Жуковский – вихревая теория газов; Лавуазье, Клаузиус и Клайперон – корпускулярная теория вещества, понятия «эфир», идеальная жидкость и идеальный газ; Вернадский и Вавилов – введение понятия ЕПТ; и электронного газа (*e*-газ). Можно отметить труды Алекса фон Шума и В. Шаубергера, подтвердивших вихревое движение вещества и работы по созданию генератора ССМП на основе работ Тесла.

Очень знаменательно, что наши соотечественники (сотрудники центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) С.К. Бетяев и А.М. Гайфулин математически описали на основе уравнений Навье-Стокса стационарный спиральный вихрь, вследствие этого наша российская наука имеет современное математическое представление об эволюции спирального вихря в идеальном газе.

На основании вышесказанного, просматривается путь, который позволяет посредством простого технического устройства реализовать процесс непосредственного преобразования энергии окружающей среды. Техническое устройство – это способ или попытка моделирования процессов происходящих в естественном природном теле звезды или атома водорода, с использованием энергии нового «рабочего тела».

Возникает законный вопрос: а причем тут динамическая, да еще и сверхпроводимость? Эффект Мейснера (от 1933 года) гласит: магнитное поле не может проникнуть в тело сверхпроводника. По-другому, как бы выталкивает его.

Динамическая сверхпроводимость – значит постоянно подпитываемая статическим зарядом огромной напряженности: быстровращающееся кольцо с возникающим током больших величин и есть подобие сверхпроводника, только без охлаждения до абсолютного нуля. Конечно, были и технологические трудности, непреодолимые на первый взгляд. Например, генератор Ван Графа, единственный и «неповторимый» способ накопления статического заряда для постоянной подпитки преобразователя, здесь не годится, пришлось делать свой преобразователь.

## 2.8. КОРТЭЖ-технология

Группа Московских инженеров разработала технологию производства электрической энергии по принципам динамической сверхпроводимости. В физике эффект сверхпроводимости наблюдается во время скоростного вращения металлического диска. Существует научное предположение, что в процессе вращения диска электроны будут концентрироваться по его периметру. Этот эффект позволяет пропустить через области скопления электронов высокие токи. В данном случае сконцентрированные в определенной области электроны будут образовывать собой короткозамкнутый тороидальный электронный жгут (КОРТЭЖ). Благодаря наличию данного жгута токи будут отделяться от металлической поверхности диска, не нагревая его. Эти физические процессы позволяют пропускать электрические токи огромнейших величин. В свою очередь, большие токи создают сверхсильные магнитные поля, которые в дальнейшем используются для постепенной генерации электричества.

В чем же заключается уникальность данной технологии?

Ученые, работающие над проектом «МАГФ – нейтральная энергетика», могут предложить кардинальное усовершенствование показателей энерговооруженности армии страны без сооружения новых АЭС, ТЭЦ и ГЭС. В основе разработанного проекта лежит открытие физического эффекта сверхпроводимости динамического типа в нормальных условиях. Все открытие законы не противоречат традиционным принципам и тенденциям классической теории физики. Эффект сверхпроводимости динамического типа КОРТЭЖ предоставил ученым возможность получать

полностью управляемые статические магнитные поля с различными макро- и микропараметрами. С данным открытием человечество еще на шаг смогло приблизиться к реализации мечты о перемещении в пространстве и получении необходимого количества энергии независимо от реального места размещения. Учеными также были исследованы особенности работы электрогенератора безынерционного типа.

Конструктивные и технические решения данной технологии КОРТЭЖ:

1. Полное обеспечение энергетической независимости потребителя.
2. Установка оборудования в непосредственной близости от потребителя без постройки ЛЭП.
3. Снятие вопроса необходимости проведения экологического мониторинга.
4. Реализация массового производства унифицированного оборудования.
5. Создание различных стандартов токов в единой системе.

Нейтральная энергетика просто необходима для полноценного функционирования нашей промышленности. Но далеко не всегда она оказывает позитивное влияние на окружающий нас внешний мир, который уже не может справиться с варварским потреблением человечеством природных ресурсов.

Прикладные качества КОРТЭЖ-технологии позволяют осуществлять необходимые расчеты и предварительные прогнозы работы систем и объектов, которые абсолютно не оказывают никакого негативного влияния на окружающую среду, природу и развитие нации. По данной технологии ученые провели множество экспериментальных опытов, проработали основные методики управления эффектом электронного жгута для генерации необходимого количества электрической энергии. В дальнейшем остается только проверить ее работоспособность на промышленных образцах.

## 2.9. E-Cat и «холодный синтез»

Изобретение Андреа Росси автономного реактора *E-Cat* открывает эпоху революции в энергетике. Демонстрация готовой работающей установки дает основания надеяться на запуск серийного производства аппаратов.

В конце октября 2011 года группа итальянских ученых во главе с Андреа Росси представила и протестировала в Болонье революционный автономный реактор, источник «бесплатного тепла» – «катализатор

энергии» (*E-Cat*). Принцип действия его строится на использовании в качестве топлива никеля и водорода, в процессе взаимодействия которых выделяется тепловая энергия и образуется медь. В основе функционирования устройства лежит низкоэнергетическая ядерная реакция (*LENR*). При работе установки Росси мощностью в 1000 кВт в течение шести месяцев будет расходоваться только 10 кг никеля и 18 кг водорода. Создатели подчеркивают: реактор обеспечивает выработку абсолютно чистой энергии, количество которой не ограничено. Ее производство возможно в промышленных масштабах, а сами установки планируется предоставлять в аренду.

Выпуск генераторов Росси, вероятно, начнется в США. Предполагается, что цена «домашнего» *E-Cat* составит 400–500 долларов, что не должно помешать изобретению окупиться в ходе всего одного года. Перезарядка генераторов и их техническое обслуживание не будет дорогим. В отличие от автономных генераторов для промышленности, экономичные «домашние» агрегаты нельзя будет перестроить для применения в индустрии. Интерес в мире к работе итальянского ученого все более возрастает.

Длительное время мировая экономика обходилась без инноваций в энергетике. Прогресс в информационной сфере 1970–2000-х годов соединился с застоем в области энергетике. Так называемые «альтернативные источники» не создавали реальной замены сжиганию углеводородного топлива. Биотопливо, ветровые и солнечные генераторы не ставили под удар старую энергетическую систему. Разработки революционных технологий в энергетике для получения атмосферного электричества или экономичной автономной генерации блокировались правительствами и корпорациями. Появление реактора Росси пробивает брешь в обороне консерваторов. В ближайшие годы появятся и другие изобретения, радикально снижающие себестоимость энергии.

Новые генераторы позволят предприятиям и людям автономно получать дешёвое электричество. Составной частью глобального экономического кризиса является энергетический кризис, выражающийся в удорожании ключевых энергоресурсов, нефти и газа. Резкое удешевление электроэнергии – одно из необходимых условий преодоления кризиса и запуска нового подъёма в экономике. И чем скорее оно будет выполнено, тем скорее пойдет дальнейший научный, культурный, социальный, политический и экономический прогресс человечества.

## Выводы

1. Россия до настоящего времени выбирала воспроизводство и модернизацию старой энергетической технологической системы.

2. Ресурсы направлены в средства преобразования углеводородного и «атомного» энергетического материала в электрическую энергию.

3. Государство понимает «малую и нетрадиционную энергетику» как часть энергосбережения.

4. Энергетика в ее современном состоянии и в развитии рассматривается в трех аспектах.

5. Научно-технический и социальный прогрессы сопровождаются увеличением потребляемой энергии и освоением новых, более эффективных ее видов.

6. Производство электрической энергии концентрируется преимущественно на крупных электростанциях, работающих совместно.

7. Для характеристики всей структуры «генерация – передача – потребление» вводятся некоторые общеизвестные понятия, термины и определения.

## Контрольные вопросы

1. Раскройте смысл понятий «энергетика» и «энергетические системы».

2. Назовите общие черты и покажите различия понятий «энергетика» и «электроэнергетика».

3. Раскройте понятия «энергосбережение» и «энергоэффективность».

4. Расскажите о поэтапном развитии энергетики.

5. Перечислите виды ресурсов в энергетике.

6. Расскажите об общих чертах и различиях понятий КЭС и ТЭЦ.

7. Назовите виды передач электрической энергии.

8. Что принимается за «условное топливо»? Расскажите об его размерности.

9. Назовите аспекты энергетики.

10. Раскройте суть понятия «технический аспект».

### **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОУДАРНОЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ**

В данной главе рассмотрено получение электрической энергии путем использования энергии гидротарана. Применение гидротарана для получения электрической энергии позволяет экономить органическое и другие виды топлива. Гидротаран конструктивно прост и не сложен в эксплуатации.

Гидротаран – устройство, работающее за счет гидравлического удара [28, 32]. Гидравлический удар представляет собой кратковременное, но резкое и сильное повышение давления в трубопроводе при внезапном торможении двигавшегося по нему потока жидкости. Как правило, это явление возникает при заполнении трубопроводов, когда воздух успевает выйти через специально открытый кран, но сечения этого крана не хватает, чтобы пропустить весь поток внезапно достигшей его несжимаемой жидкости. Такой же эффект возникает и при быстром закрытии вентиля, резко перекрывающего поток. Последнее особенно актуально в наши дни, когда старые винтовые кран-буксы, поневоле закрывавшиеся, плавно заменяются современными шаровыми кранами, «перерезающими» поток всего за четверть оборота.

Гидроудар, в конечном счёте, используется для получения электрической энергии путём генерирования падающего потока воды.

Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии является одним из решений проблем энергоснабжения для промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий.

Одним из наиболее перспективных направлений возобновляемой энергии в Российской Федерации можно считать малую гидроэнергетику. В настоящее время наименее всего разработано электроснабжение маломощных потребителей, которое можно достаточно экономично решить с помощью электростанций малой мощности (мини-ГЭС), установленных на реках с необходимым количеством гидроресурсов. Эти ГЭС удобны для небольших посёлков, геологических партий, фермерских хозяйств в качестве основного источника энергии и могут работать параллельно с дизельными электростанциями либо как дополнительные при подаче электроэнергии в общую сеть.

### 3.1. Виды гидротаранных установок для получения электрической энергии

#### 3.1.1. Гидротаранные установки классического типа

Сегодня электроэнергия все дорожает. И многие вспомнили о гидротаране. Гидравлический таран – это механическое устройство, предназначенное для поднятия воды на высоту, которая может составлять несколько десятков метров.

На рис. 3.1 показан внешний вид классического гидротарана, на рис. 3.2 приведена его принципиальная схема.



Рис. 3.1. Внешний вид гидротаранного водоподъемника

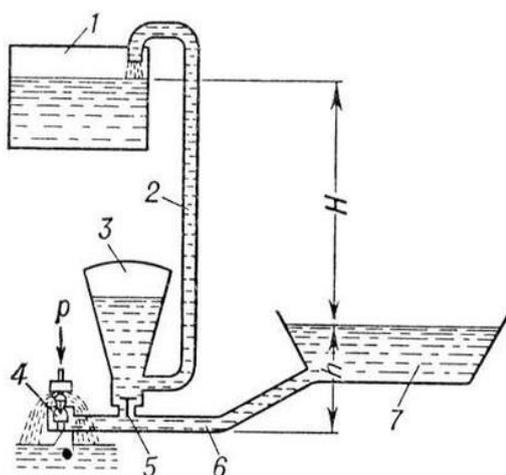


Рис. 3.2. Принципиальная схема классического гидротарана:  
1 – резервуар; 2 – труба; 3 – воздушный колпак; 4 – отбойный клапан;  
5 – напорный клапан; 6 – труба; 7 – водоём

Энергию для своей работы насос забирает из источника воды, которая перетекает посредством силы тяжести из резервуара по трубе в сток, находящийся ниже. Устройство может функционировать

непрерывно в течение нескольких месяцев, причем его не обязательно регулировать и обслуживать.

Чтобы гидротаран начал работать, достаточно небольшого перепада уровней (в пределах десяти сантиметров). Также не обязательным является большой расход воды, который может составлять доли литра и несколько литров в секунду.

Из водоема 7 вода по трубе 6 поступает внутрь устройства и вытекает через отбойный клапан 4. Скорость потока нарастает, его напор увеличивается и достигает величины, превышающей вес клапана. Клапан мгновенно перекрывает поток, и давление в трубопроводе резко повышается – возникает гидравлический удар. Возросшее давление открывает напорный клапан 5, через который вода поступает в воздушный колпак 3, сжимая в нем воздух. Давление в трубопроводе падает, напорный клапан 5 закрывается, а отбойный 4 – открывается, и цикл повторяется снова. Сжатый в колпаке воздух гонит воду по трубе 2 в верхний резервуар 1 на высоту до 10-15 м.

При всех своих достоинствах гидротаранный насос не может работать на прудах и озерах, где водная поверхность постоянно находится на одном уровне. Также он не действует на равнинных местах рек, где разность уровней обширных течений составляет не более нескольких сантиметров. Это объясняется тем, что разогнать поток в трубопроводе до нужной скорости получится только при перепаде высот, равном минимум нескольким сантиметрам на участке протяженностью несколько метров.

Классические гидротараны являются весьма простыми, нетребовательными устройствами, которые снова обретают популярность.

### ***3.1.2. Гидротаранная установка подводного типа***

Известные конструкции неудобны, так как необходим слив значительной части воды, протекающей через устройство. Значит, требуется место слива ниже расположения устройства. И сам он должен быть ниже уровня воды в источнике.

В этом случае более эффективен подводный гидротаран, схема которого приведена на рис. 3.3.

Для запуска в работу из пусковой емкости 1 в цилиндр 2 подают воду под давлением, больше скоростного напора течения реки. Для этого емкость располагается достаточно высоко. Поршень 3 смещает шток 4 и прикрепленный к нему диск 5 ударного клапана влево. Кулачковый механизм, вмонтированный в шток, поворачивает диск 6 так, что отверстия в обоих дисках совпадают, вследствие чего сопротивление течению речной воды через гидротаран уменьшается.

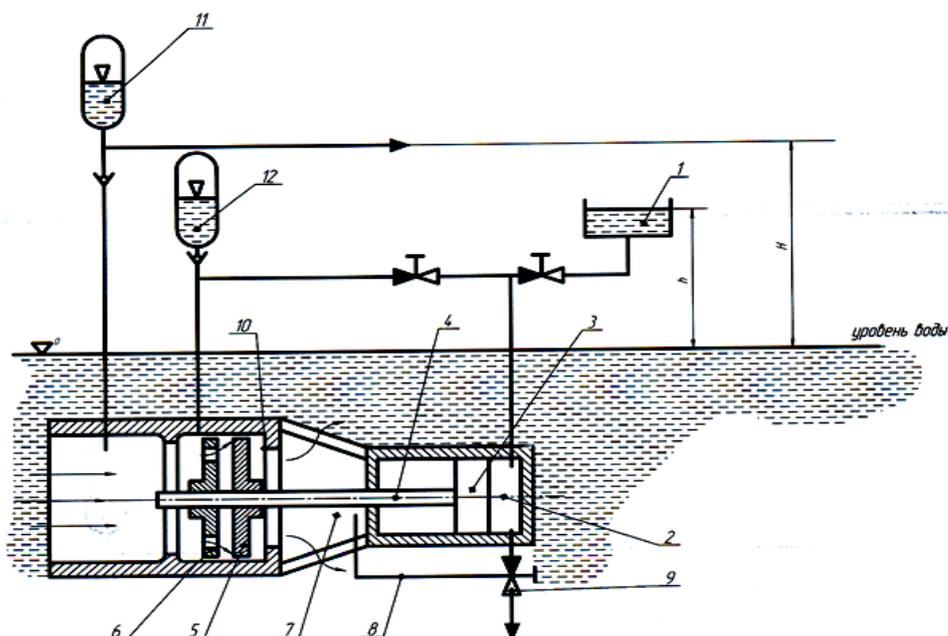


Рис. 3.3. Схема подводного гидротарана:

- 1 – пусковая емкость; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – шток; 5 – диск ударного клапана;  
 6 – диск; 7 – упор; 8 – рейка; 9 – механизм управления вентилем;  
 10 – питательная труба; 11 – воздушный колпак; 12 – гидроаккумулятор

Движение штока прекратится, когда упор 7 надавит на рейку 8 механизма управления вентилем 9. Он откроется, давление в цилиндре упадет, шток под действием скоростного напора двинется вправо. Кулачковый механизм при этом повернет диск 6 вокруг оси штока так, что отверстия в дисках перекроются и сопротивление клапана увеличится, а скорости течения воды и движения клапана со штоком сравняются.

Движение вправо закончится ударом диска 5 в край 10 питательной трубы. Проток мгновенно закроется, произойдет гидроудар. Динамическое давление воды откроет обратные клапаны, вода поступит в воздушный колпак 11 и далее – в сеть потребителя и в гидроаккумулятор 12, а затем – в цилиндр 2. Под действием этого давления поршень начнет движение влево – процесс повторится, и будет это делать автоматически уже без участия пусковой емкости 1, которая пополнится при заполнении цилиндра 2.

Этой машине не нужен слив «лишней» воды, что не только повышает экономичность и удобство эксплуатации, но и делает ее почти универсальной – она может работать на любой реке. Чем быстрее течение, тем производительнее насос или миниатюрнее при равной производительности. Устройство водопровода с гидротараном требует осмотрительности: где попало его ставить не надо. На самой тихой реке есть быстрины, где течение сильнее среднего. Там и место гидротарану.

Работоспособен круглый год, если установлен глубже промерзания реки. Производительность и КПД устройства можно несколько повысить, если приемную трубу заменить конфузуром, тогда скорость течения через ударный клапан увеличится.

На рис. 3.4 приведена принципиальная схема гидротаранной установки подводного типа.

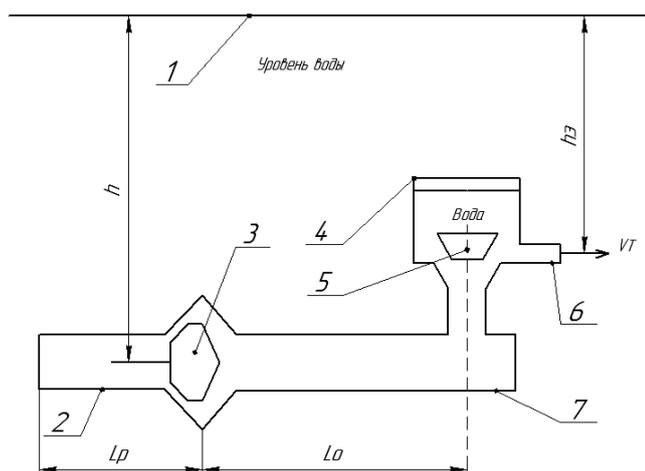


Рис. 3.4. Принципиальная схема нового источника энергии:  
1 – уровень воды; 2 – труба; 3 – клапан; 4 – воздушный колпак;  
5 – нагнетающий клапан; 6 – выходная труба; 7 – труба

По сравнению с приведенной выше гидротаранной установкой она является более перспективной. В этом случае на выходе из колпака на глубине  $h_3 \approx h$  имеется участок трубы 6 небольшой длины с сечением, равным сечению выходного отверстия в колпаке.

В том и другом случае, как показывают полученные зависимости, при определенных объеме воздушной подушки в колпаке и площади проходного сечения выходного отверстия, теоретическая зависимость давления (напора) в колпаке от времени будет выглядеть так, как представлено на рис. 3.5. При этом время подъема давления ( $t_w$ ) и его спада ( $t_u$ ) составляет менее  $0,1tH$ . Причем, в течение периода  $t_u < tH$  происходит открытие клапана 3, разгон воды и накопление энергии. Давление с погрешностью менее  $0,5\%$  за время  $tH$  практически постоянно. Таким образом, на выходе из насадки один раз в течение времени  $tH$  должна периодически формироваться струя воды, характеризующаяся расходом с определенной скоростью  $VT$ .

Таким образом, данная схема превращается в идеальный пульсирующий гидрореактивный движитель. Его эффективность при отсутствии силы за время  $t_u$ , как и для любой пульсирующей системы,

будет определяться суммарным по времени импульсом силы. Это эквивалентно постоянному действию некоторой (несколько меньшей по величине) средней результирующей реактивной силы  $RT_{\text{ср}}$ . Кроме того, сама по себе такая струя воды в течение времени  $tH$  способна производить определенную работу.

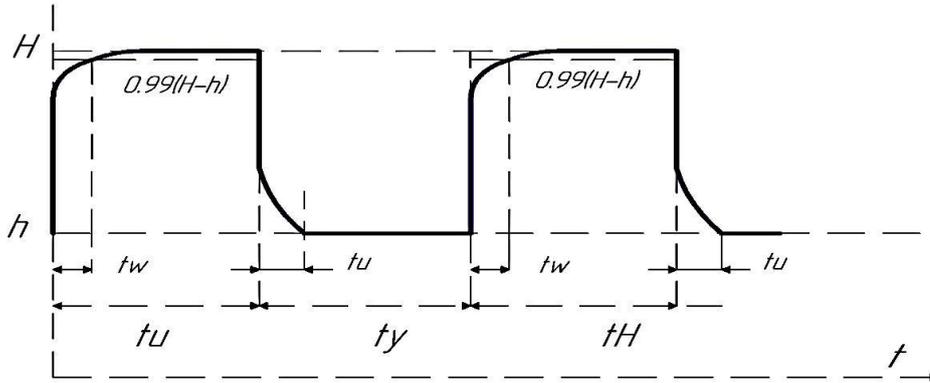


Рис. 3.5. Теоретическая зависимость давления от времени

Это позволяет на выходе из колпака установить гидротурбину с последовательно соединенным электрогенератором. В результате, описанная схема превращается в источник электрического тока.

При этом электрогенератор должен находиться в герметическом контейнере, либо на поверхности воды, имея соединение с гидротурбиной посредством какого-либо вращающегося вала. Поскольку сравнительно малый период времени  $t_u$  будет влиять только на время набора заданной угловой скорости гидротурбины и электрогенератора, то получаемая электрическая мощность определяется только КПД гидроэлектроагрегата.

### 3.2. Обоснование параметров гидравлического удара и расчет гидротаранной электроустановки

#### 3.2.1. Физическая сущность и теоретические основы гидравлического удара

Гидравлическим ударом называется комплекс явлений, происходящих в капельной жидкости при резком уменьшении ее скорости движения, благодаря чему в ней возникает колебательный затухающий процесс, сопровождающийся чередующимся резким повышением и понижением давления.

Гидравлический удар происходит и тогда, когда в покоящейся жидкости, находящейся в трубопроводе, закрытом только с одной стороны (гидравлический тупик), внезапно создается давление у открытого конца.

Это приложенное давление в виде удара распространяется по трубопроводу. В начальной стадии удара одновременно с распространением по длине трубопровода приложенного давления приходит в движение вследствие сжатия заключенная в нем жидкость.

Вторичное повышение давления происходит после того, как жидкость, пришедшая в движение, вынуждена будет начать останавливаться, потому, что трубопровод в конце тупика перекрыт. Такой случай удара происходит в трубопроводах, подводящих топливо от топливных насосов к форсункам бескомпрессорных двигателей, или в тупиковых трубопроводах водопроводных систем.

Колебательный процесс изменения давления возникает и при внезапном открытии задвижки, т. е. при быстром сообщении жидкости скорости, что вызывает уменьшение давления. В тех случаях, когда при использовании явления удара его действие вредно отражается на нормальной работе трубопровода или на его прочности, система должна быть оборудована устройствами, которые не позволили бы осуществить мгновенное уменьшение скорости (запорные устройства вентильного типа), или должны быть установлены приспособления, ограничивающие распространение удара.

Процесс изменения давления в жидкости при перекрытии трубопровода осуществляется следующим образом. Сначала повышается давление в остановившемся слое жидкости непосредственно у закрытой задвижки. Остановка жидкости и повышение давления в трубопроводе происходят постепенно от слоя к слою. Одновременно с постепенной остановкой отдельных слоев в остановившихся слоях происходит увеличение давления. Таким образом, возникшая у задвижки волна повышения давления, или ударная волна, распространяется по трубопроводу длиной  $l$  к его открытому концу.

Скорость распространения ударной волны, если трубопровод и жидкость по длине однородны, будет постоянна; обозначим ее через  $a$ . Через время  $t = l/a$ , в течение которого ударная волна достигнет открытого конца трубопровода, вся жидкость в нем остановится.

Так как емкость, к которой присоединен трубопровод, велика, то явление удара на жидкость в ней не распространится. Поэтому к моменту подхода ударной волны к началу трубопровода у емкости создается граница, на которой соприкасаются две среды: первая среда – жидкость в емкости, находящаяся в нормальном состоянии, вторая среда – жидкость в трубопроводе, находящаяся в сжатом состоянии. Совершенно очевидно, что сжатая в трубопроводе жидкость не может оставаться там

в состоянии покоя. Как сжатая пружина, свободная с одного конца, жидкость в трубопроводе начнет перемещаться в сторону емкости, приобретая при этом в том же направлении и скорость. Благодаря этому начинается спад давления, который будет распространяться уже от резервуара в сторону задвижки. Причем вместе со спадом давления будет приходить в движение жидкость в трубопроводе со скоростью, направленной в сторону, противоположную начальной. Явление происходит так, как если бы у свободного конца в тот самый момент, когда к нему подошла волна повышения давления, возникла вторая волна – понижения давления. Она перемещается в направлении к задвижке с той же скоростью  $a$  и гасит давление, которое создала первая ударная волна. Когда волна понижения давления ко времени:

$$T = 2l / a, \quad (3.1)$$

называемому фазой удара, достигнет закрытой задвижки, вся масса жидкости будет иметь начальное давление и скорость, направленную к резервуару. Ввиду последнего обстоятельства жидкость в трубопроводе в дальнейшем будет стремиться оторваться от задвижки. Вследствие этого давление у задвижки, ставшее начальным, при подходе волны гашения будет продолжать падать, становясь меньшим того, чем оно было до удара. Падение давления прекратится, когда слой жидкости у задвижки, «разжавшись» вследствие этого процесса, остановится. После этого произойдет падение давления у смежного слоя и его остановка. Падение давления, сопровождающееся остановкой слоев жидкости, будет распространяться в сторону резервуара. Явление может быть описано так, как если бы у задвижки возникла третья волна – снижения давления до значений, ниже нормального.

Когда волна снижения достигнет резервуара, при  $3t = 3l/a$  вся жидкость в трубопроводе будет неподвижна и иметь пониженное давление. В этом состоянии жидкость в трубопроводе не может оставаться в покое. Так как давление в резервуаре больше, чем в трубопроводе, то вследствие своей упругости жидкость начнет перемещаться, но теперь уже от открытого конца в сторону задвижки. При этом в трубопроводе начнется процесс восстановления начальных давления и скорости. Явление будет происходить так, как если бы у открытого конца трубопровода возникла четвертая волна – восстановления начальных скорости и давления. Поэтому, когда волна восстановления ко времени

$$2T = 4l / a \quad (3.2)$$

достигнет задвижки, во всем трубопроводе будут восстановлены и начальная скорость, и начальное давление. Но так как задвижка продолжает оставаться закрытой, а жидкость движение свое продолжать не может, то у первой вновь возникает удар. Если пренебречь рассеянием (диссипацией) энергии потока, обусловленной работой сил трения и деформацией трубопровода, то вновь возникший удар будет повторять предыдущий. Он будет иметь периодический характер. В этом случае колебательный процесс будет продолжаться бесконечно долго. Такой удар называется прямым.

### 3.2.2. Расчет параметров гидравлического удара

Гидравлический удар зависит от многих факторов: от изменения скорости потока, длины и вида трубопровода, материала и геометрии труб, транспортируемой среды и т. д. Учет их приводит к усложнению расчетов и не всегда обоснован. Расчетная схема гидравлической системы представлена на рис. 3.6.

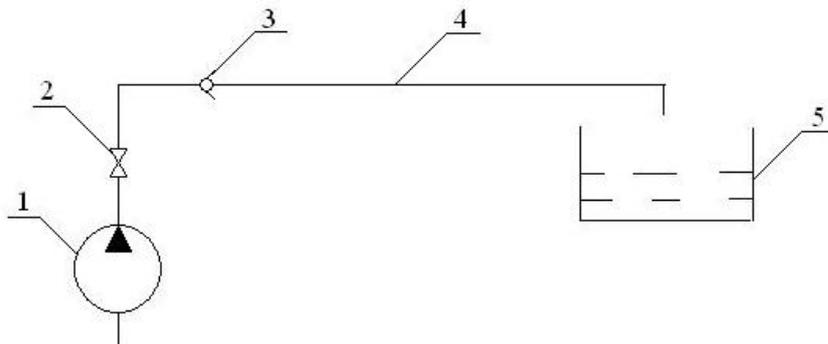


Рис. 3.4. Расчетная схема гидравлической системы:  
1 – насос; 2 – задвижка; 3 – обратный клапан; 4 – нагнетательный трубопровод;  
5 – резервуар

Известно, что гидравлический удар в трубопроводах вызывается быстрым варьированием скорости движения воды, что сопровождается большим изменением давления. В низконапорных системах в общем случае резкие изменения скорости движения воды могут возникнуть в насосных установках при пуске, остановке и регулировании. Особенно опасные колебания давления наблюдаются при внезапном отключении привода насосного агрегата [1, 2].

Расчет гидравлического удара для случая отключения насоса производится при следующих основных допущениях:

– изменение скорости потока происходит мгновенно (ротор насосного агрегата безынерционен);

- распределенное по длине сопротивление концентрируется в одной точке;
- сечение труб постоянно по всей длине, транспортируется вода без примеси воздуха.

### **3.3. Расчет гидротаранной электростанции малой мощности с низконапорным водотоком**

Общепринятого понятия малой гидроэлектростанции нет, в качестве основной характеристики таких ГЭС можно считать их установленную мощность. Поэтому считается так: мини-ГЭС – это гидроэлектростанции мощностью до 100 кВт, микро-ГЭС – до 1000 кВт.

Одним из направлений увеличения гидроэнергетического потенциала является использование энергии малых рек, на которых строятся плотинные и бесплотинные гидроэлектростанции [3, 9, 29].

Одним из вариантов использования бесплотинных вариантов являются минигидроэлектростанции, основу которых составляет гидравлический таран.

Гидравлический таран – гидромеханическое устройство, основанное на применении энергии гидроудара [32]. Гидравлический удар представляет собой кратковременное, но резкое и значительное повышение давления в трубопроводе при внезапном торможении или остановке двигавшегося по нему потока жидкости. Как правило, это явление возникает при заполнении трубопроводов, когда воздух успеваает выйти через специально открытый кран, но сечения этого крана не хватает, чтобы пропустить весь поток внезапно достигшей его несжимаемой жидкости. Такой же эффект возникает и при быстром закрытии задвижки, резко перекрывающей поток.

В качестве автономного источника получения электрической энергии используется асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением. Он соединен с гидротараном, подводящим и напорным трубопроводами. Гидротаран, входящий в состав мини-ГЭС, работает следующим образом: из водоема вода по трубе поступает внутрь устройства и вытекает через отбойный клапан. Скорость потока нарастает, его напор увеличивается и достигает величины, превышающей вес клапана. Клапан мгновенно перекрывает поток, и давление в трубопроводе резко повышается – возникает гидравлический удар. Возросшее давление открывает напорный клапан, через который вода поступает в напорный колпак, сжимая в нем воздух. Давление в трубопроводе падает, напорный клапан закрывается,

а отбойный – открывается, и цикл повторяется снова. Сжатый в колпаке воздух направляет воду по трубе в верхний резервуар на высоту до 10–15 м. Резервуар турбинным водоводом соединен с блоком «турбина – асинхронный генератор». Одна из структурных схем мини-ГЭС с турбиной и асинхронным генератором изображена на рис. 3.7.

Алгоритм расчета гидротаранной электростанции малой мощности с низконапорным водотоком заключается в следующем:

1. Расчет режимных и геометрических параметров гидротаранного водоподъемника.
2. Определение расхода и скорости течения воды в трубопроводе.
3. Определение объема воздуха в воздушном аккумуляторе.
4. Расчёт электрической мощности генератора.

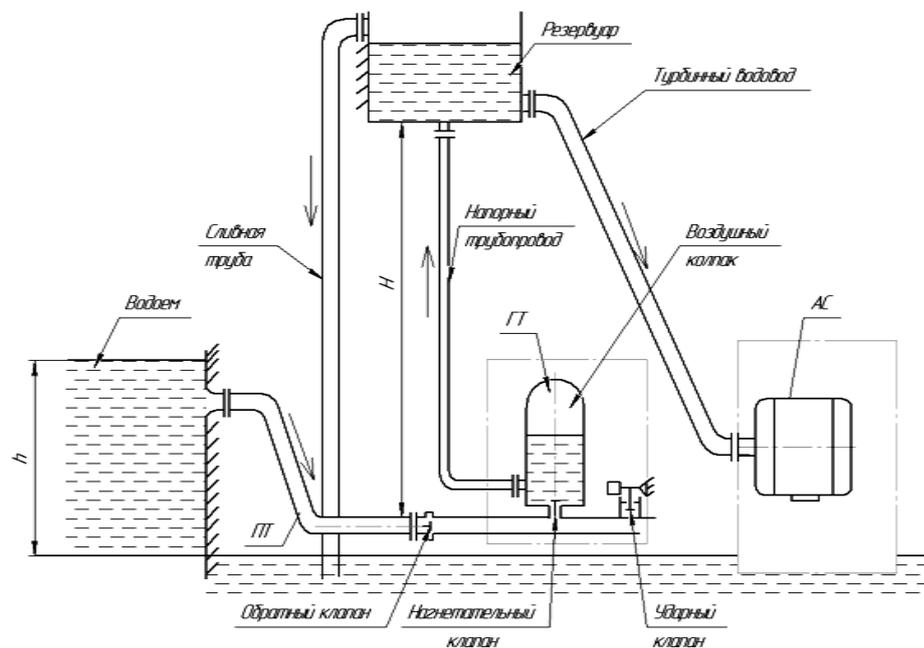


Рис. 3.7. Автономная гидротаранная электростанция с низконапорным водотоком

### 3.3.1. Расчет режимных и геометрических параметров гидротаранного водоподъемника

Повышение давления в трубе равно:

$$p = \rho \cdot v \cdot c; \quad (3.3)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \left( \frac{1}{E_1} + \frac{D_1}{bE_2} \right)}}, \quad (3.4)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости;  $v$  – скорость жидкости в трубе;  $b$  – толщина стенок трубы;  $c$  – скорость распространения ударной волны;  $E_1$  – модуль упругости жидкости;  $E_2$  – модуль упругости стенок трубы;  $D_1$  – внутренний диаметр трубы.

Если подсчитать значения  $c$  для обычных труб с отношением диаметра к толщине стенки равным 12,5, то скорость распространения ударной волны будет следующая:

- стальные трубы – 1333 м/с;
- дюралевые трубы – 1221 м/с;
- пластиковые трубы – 476 м/с.

Если толщина стенок очень большая, то  $c$  приближается к своему возможному пределу, равному 1414 м/с.

Длина трубы в формулу давления не входит. Длинные и короткие трубы будут работать теоретически одинаково. У коротких труб будет лишь короче рабочий цикл.

На практике это не совсем так.

Формула давления выведена в предположении, что клапан 1 закрывается моментально. Если время срабатывания клапана ограничено, то давление нарастает постепенно по мере его закрытия. Предельно допустимое время закрытия равно  $2 l/c$ , т.е. времени прохода скачка давления до конца трубы и обратно. На практике время закрытия клапана должно быть значительно меньше периода колебаний в трубопроводной системе.

Клапаны имеют какое-то время действия. В длинной и короткой трубах время срабатывания клапана 1 будет одинаковым. Но в короткой трубе время действия будет составлять относительно большую долю рабочего периода (по сравнению с длинными трубами). По этой причине давление в коротких трубах будет меньшим, и они будут работать менее производительно.

Для построения компактных, дешевых установок необходимо решить проблему быстродействующих клапанов.

Требование быстродействия касается и клапанов воздушного аккумулятора. Чтобы пропустить воду, клапан 2 должен приподняться над седлом. При понижении давления он опускается назад, и вода, заключенная в пространстве вертикального хода клапана, выдавливается из аккумулятора вниз в трубу. При коротких трубах время цикла может быть настолько мало, что клапан будет только успевать подниматься и опускаться, а поступления воды в аккумулятор не будет совсем. Поэтому дешевый простой пластинчатый клапан вызывает необходимость в многократном увеличении длины трубы. Пластинчатый клапан на входе в гидроаккумулятор нельзя использовать.

### 3.3.2. Определение расхода и скорости течения воды в трубопроводе

Скорость течения воды в трубе зависит от ее наклона, сечения и диаметра [9].

Для труб диаметром меньше 100 мм:

$$v = \sqrt{35,5 \frac{h_1}{L} D_1^{0,68}} . \quad (3.5)$$

Для труб диаметром больше 100 мм:

$$v = \sqrt{31,2 \frac{h_1}{L} D_1^{0,625}} . \quad (3.6)$$

Вот теперь можно оценить перспективы использования подводного гидротарана. Уклон, который можно получить от ручья, известен. Его легко измерять. Уклон речки измерять сложнее. Он очень маленький. Можно воспользоваться грубой оценкой. Допустим, место установки насоса имеет глубину дна 1,1 м и скорость потока 0,4 м/с. Внутренний диаметр трубы равен 0,12 м. Эквивалентный диаметр реки можно принять равным глубине реки. Он больше диаметра трубы в  $1,1/0,12 = 9,2$  раза. Вода в трубе замедлит свою скорость на величину  $\sqrt[3]{9,2} = 2,1$ . Скорость воды в трубе будет примерно 0,2 м/с. Скачек давления в стальной трубе будет 266 000 Па, в пластмассовой 95 200 Па. Для подъема на 1 м высоты необходимо давление 10 000 Па. С учетом неизбежных потерь стальная труба обеспечит подъем воды на 13 м, пластмассовая – на 5 м.

Тут надо сделать замечание. Уклон, о котором говорится – это уклон водной поверхности реки. Если трубу под водой положить клапаном 1 на дно, а начало трубы поднять к поверхности, то геометрический уклон увеличится, а гидравлический – нет.

Скорость движения воды по мере погружения падает незначительно и лишь у самого дна скачком уменьшается. Поэтому трубу укладывать на дно нельзя. Очень большие будут потери.

Расход воды, т.е. количество ее кубометров, протекающее в секунду по трубе равно:

$$Q = \frac{\pi D_1^2}{4} v . \quad (3.7)$$

### 3.3.3. Определение объема воздуха в воздушном аккумуляторе.

#### Расчет производительности водоподъемника

Входя в воздушный аккумулятор, вода тратит часть своей энергии на преодоление давления воздуха, которое равно давлению столба жидкости. Поэтому скорость ее замедляется.

$$v_1 = -\frac{2gh_2}{c} + \sqrt{\left(\frac{2gh_2}{c}\right)^2 + v^2}. \quad (3.8)$$

Для рассмотренного выше числового примера со стальной трубой в реке и высотой подъема 13 м  $v_1 = 0,084$  м/с. Поступление воды в аккумулятор за один цикл равно:

$$m = v_1 \frac{\pi D^2}{4} \frac{2L}{c} \rho. \quad (3.9)$$

При длине трубы 10 м всего 14 г. Это не удивительно, так как длительность одного периода равна  $2 L/c = 0,015$  с. Дополнительно необходимо какое-то время на открытие 1 клапана, а также на ускорение воды. Уклон трубы  $h_1/L$  очень маленький (0,005), поэтому ускорение тоже будет очень мало и время разгона  $t = v/0,005g = 4$  с. Производительность гидротарана равна 3,5 г/с или 302 дм/сут. Количество воды, прошедшее через основную трубу будет в 140 раз больше.

Производительность водоподъемника ограничивается временем разгона. Масса воды, заключенная в трубе, составляет 113 кг. Уклон – 0,005.

Сила тяжести, разгоняющая воду, равна:

$$113 \cdot 0,005 = 0,57 \text{ кг} = 5,586 \text{ Н}.$$

Дополнительно на вход в трубу действует напор набегающего потока от течения реки. Добавка за счет динамического напора составляет 0,1 кг = 0,98 Н. Поэтому желательно не замедлять движение воды перед входом в трубу. Дополнительно разгоняющую силу можно увеличить еще двумя способами. Можно создать подпор воды перед входом в трубу, поставив небольшую, можно планочную, негерметичную плотину. Сечение трубы равно  $113 \text{ см}^2$ , поэтому небольшой буртик воды перед входом в трубу высотой в 5 см подъема воды этой плотиной дадут

дополнительно 0,57 кг ускоряющего давления, т.е. вдвое увеличит производительность. Расчет производительности выявил еще одну сложность. Длительность существования повышенного давления 0,015 с, вода движется в воздушный аккумулятор со скоростью 0,084 м/с. Следовательно, она успеет пройти путь лишь 1,3 мм. Эта цифра объясняет неудачи многих проектировщиков, пытающихся построить гидротаран при малых уклонах, диаметрах, длинах труб. Во-первых, клапан 1 должен быть жесткий. Если он прогнется на 1,3 мм, то он заберет на себя весь поток и поступления воды в аккумулятор не будет. Даже прогиб на 0,13 мм означает снижение производительности на 10 %. Во-вторых, если клапан 2 приподнимется на 1,3 мм, то получившаяся кольцевая щель будет в 23 раза меньше по площади, чем сечение трубы. Это означает, что вода должна убыстриться в 23 раза, чтобы пройти в аккумулятор. Энергии на разгон мы потратим немного. Всего 1 %. Суть здесь в другом. Если клапан приподнялся на 1,3 мм, то воде незачем идти в аккумулятор, она свой путь совершила. Вода за время гидроудара как раз и вытолкнется в разгонную трубу и производительность насоса будет нулевая. Сам клапан должен быть неподвижный, и только узенькая полоска (счет идет на миллиметры) по его периметру должна быть гибкая. И сам периметр неплохо бы увеличить, увеличив диаметр клапана или сделав его «многоэтажным».

Вода, движущаяся по трубе, должна беспрепятственно продолжать движение в воздушный аккумулятор. Поэтому сечение входного отверстия равняется сечению трубы. По мере поступления воды воздух сдавливается, давление его возрастает. Если давление воздуха превысит предельно возможное давление в трубе, то вода в воздушный аккумулятор поступать не будет. Поэтому объем воздуха должен быть достаточен и равен:

$$V = \frac{m(\rho_{cv} + p_0)}{\rho(\rho_{cv} - \rho gh_2)}. \quad (3.10)$$

Таким образом, вычислен объем воздуха, который сжат столбом воды в водопроводе. Первоначальный объем воздуха – в сухом гидротаране, т.е. емкость воздушного аккумулятора над клапаном 2 должна быть не меньше

$$V_0 = V \frac{\rho gh_2 + p_0}{p_0}, \quad (3.11)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $p_0$  – атмосферное давление 101000 Па;  $\rho$  – плотность воды.

Водопроводная труба должна быть достаточного сечения, чтобы не ограничивать производительность установки. Давление, необходимое для продавливания воды через трубу, проходит путь 1,3 мм. Поэтому клапан опустится на место:

$$p_2 = 0,0000128 \left( \frac{m}{t_y} \right)^2 \frac{L}{D_2^{5,36}}. \quad (3.12)$$

Оно должно составлять небольшую часть от давления в основной трубе. Время цикла и массу воды, накачиваемую за этот период, точно не рассчитать. Поэтому параметры водопроводной трубы можно точно определить в результате экспериментальных исследований, после изготовления гидротарана и определения его производительности. Время цикла вычислять не обязательно. Можно измерить массу воды, полученную за произвольное время. Величина  $m/t_y$  от этого не изменится.

Все соображения по гидротарану получены путем анализа идеализированных происходящих процессов, в основном относящихся к гидравлическому удару. Формулы дают граничные оценки рассматриваемых процессов. Объем вычислений даже в таком идеализированном упрощении получается довольно значительным.

### **3.3.4. Расчёт электрической мощности генератора**

Для точного определения области применения и пригодности любого электроагрегата для выполнения поставленных задач необходимо, прежде всего, вычислить суммарную мощность потребителей тока. Только таким образом можно выявить, какой электроагрегат может быть использован для данных целей. При выборе необходимой мощности электроагрегата можно использовать приведённые ниже эмпирические формулы [18, 19].

1. Потребители, являющиеся только активной нагрузкой (например, электронагреватели, лампы накаливания и подобные им приборы с чисто омическим сопротивлением).

Суммарную мощность можно рассчитать путём простого сложения мощностей отдельных потребителей, которые могут быть подключены к генератору. В данном случае полная электрическая мощность, измеряемая в ВА или VA (Вольт-ампер), равна активной мощности, измеряемой в Вт или W (Ватт). Необходимая мощность электроагрегата определяется путём увеличения суммарной мощности подключаемых потребителей на 10 % (т.е. с учётом определённых технических факторов).

*Пример.* Суммарная мощность потребителей · 110 % = Мощность, требуемая от электроагрегата.

Если суммарная мощность всех потребителей 2000 Вт (в данном случае 2000 Вт = 2000 ВА), то требуемая мощность электроагрегата будет: 2000 ВА · 110 % = 2200ВА.

2. Потребители, имеющие индуктивную составляющую мощности (компрессоры, насосы и прочие электродвигатели). Эти нагрузки потребляют очень большой ток при пуске и выходе на рабочий режим. В данном случае сначала необходимо определить точное значение мощности одновременно подключаемых потребителей. Далее следует выбрать мощность электроагрегата.

Полная мощность такого электроагрегата должна быть не менее, чем в 3,5 раза больше суммарной мощности потребителей. В исключительных случаях она должна превышать мощность потребителей в 4–5 раз.

*Пример.* Суммарная мощность потребителей · 3,5 = Мощность, требуемая от электроагрегата.

Если суммарная мощность всех потребителей 2000 ВА, то требуемая мощность электроагрегата будет: 2000 ВА · 3,5 = 7000 ВА.

Определение гидравлической мощности, создаваемой гидротараном, и эквивалентных им электрических параметров напряжения и силы тока генератора:

Давление, создаваемое гидротараном, составит:

$$P = \rho \cdot v \cdot c = 1000 \cdot 0,2 \cdot 476 = 95200 \text{ Па.}$$

Расход жидкости через трубу равен:

$$Q = (\pi D^2/4) \cdot v = (3,14 \cdot 1,277)/4 \cdot 0,2 = 0,200489 \text{ м}^3.$$

Гидромеханическая мощность равна:

$$N = \gamma \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 0,2 \cdot 5 = 1000 \text{ Вт.}$$

Принимая  $N = P$  и напряжение генератора, равное 220 В, сила тока составит:

$$I = P/U = 1000/220 = 4,5 \text{ А.}$$

Описанный способ получения энергии позволяет снимать значительную механическую мощность с маловодных низконапорных водотоков, достаточную для автономного тепло- и энергоснабжения зданий и сооружений.

Такой способ получения энергии не требует сооружения массивных плотин, исключает подтопление прилегающих территорий и является экологически чистым. Кроме того, описанный способ имеет ряд преимуществ перед автономным энергоснабжением, основанным на использовании сырьевых ресурсов.

Скорость движения воды в трубопроводе  $v_0 = 0,2$  м/с. Для сравнения, чтобы получить одинаковую механическую мощность при равном объемном расходе жидкости и при таких же скоростях движения воды используют традиционные гидротурбины, для которых необходимы различные значения напоров на входе в гидроагрегаты. Напор на входе в гидроагрегат, в котором энергия потока воды преобразуется в механическую работу с использованием явления гидравлического удара, составляет около 0,3 м, а для традиционной гидротурбины необходим напор длиной более 8 м. Такой напор для турбины предусматривает сооружение достаточно высокой подпорной плотины.

### ***3.3.5 Построение волновых характеристик и графика колебаний давления во времени***

Проанализировать процесс в случае мгновенного отключения насоса можно графоаналитическим способом. При этом начальное сечение совпадает с обратным клапаном 3. В момент времени 0 происходит изменение скорости потока и расхода с рабочего значения до нуля.

В момент времени  $t = 0,0$  состояние потока определяется точкой пересечения характеристик насоса и сети, т.е. стационарный напор в системе равен  $H_A$ , а расход –  $Q_A$  происходит мгновенное закрытие обратного клапана, расположенного в начальном сечении трубопровода.

Время преодоления расстояния между начальным и конечным сечениями равно  $L/c$  ( $c$  – скорость распространения ударной волны, м/с;  $L$  – длина трубопровода, м). После отключения насоса ударная волна движется по направлению потока и в начальном сечении образуется скачками давления, определяемой волновой характеристикой  $A-B$ . В момент времени  $t = 0,0$  состояние потока в начале трубопровода определяется точкой  $B$ .

Далее ударная волна движется по потоку (прямая характеристика) и прибывает в конечное сечение с параметрами точки  $C$ . Затем ударная волна движется против потока, и через время  $2L/c$  от начала процесса вновь прибывает в начальное сечение, параметры режима определяются точкой  $D$ . Дальнейшими аналогичными построениями определяются точки

$E$ ,  $F$ ,  $G$  и т.д. Уравнения волновых характеристик для этого случая имеют следующий вид. Линия  $A-B$ :

$$H_B = -\frac{c}{gS} \times Q_A. \quad (3.13)$$

По этому уравнению рассчитывается координата точки  $B-H_B$ . Все остальные величины известны ( $Q_B = 0$ ), а также  $Q_A$ ,  $H_A$ . Соединив точки  $A$  и  $B$ , можно получить волновую характеристику трубопровода.

При этом скорость распространения ударной волны может быть рассчитана по формуле, приведенной в работе [32]:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{E_{ж}}{E}}}, \text{ м/с.}$$

Здесь:  $E_{ж}$  – модуль упругости воды,  $2,05 \cdot 10^9$  Па;  $E$  – модуль упругости стали,  $1 \cdot 10^{11}$  Па;  $\delta$  – толщина стенки трубы, м;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  – внутренний диаметр труб, м.

Координаты точки  $C$  определяются из системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_C = H_{\Gamma} - a \cdot Q_C^2; \\ H_C - H_B = -\frac{c}{gS} \cdot Q_C. \end{array} \right. \quad (3.14)$$

Совместное решение уравнений (3.14) позволяет определить координаты точки  $C$  с  $H_C$  и  $Q_C$ .

Координату точки  $D - H_D$  ( $Q_D = 0$ ) можно определить из следующего уравнения:

$$H_D = H_C - \frac{c}{gS} \cdot Q_D. \quad (3.15)$$

Остальные линии графического расчета, образующие верхнюю часть, строятся по приведенному выше принципу (рис. 3.8).

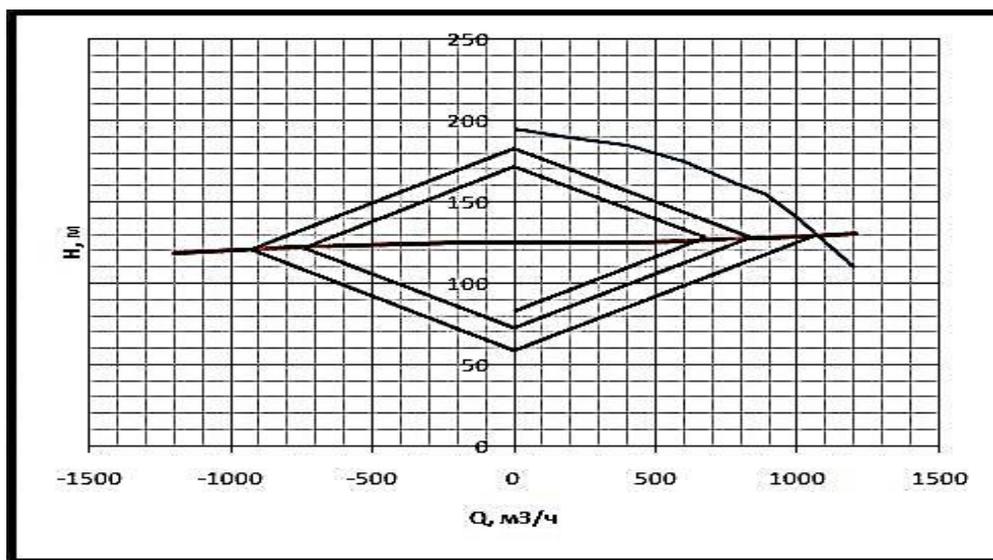


Рис. 3.8. Определение волновых характеристик

### 3.3.6. Защита гидротаранной установки от обратной волны

Защиту гидравлических систем от одноименных ударов в общем случае можно осуществить двумя путями: непосредственным воздействием на устройство, вызывающее изменение скорости потока в переходном процессе, и применением специальных устройств, которые вызывают искусственное снижение модуля ускорения движения жидкости. Первый путь (как профилактический) следует считать предпочтительным при разработке защитных мероприятий, однако он применим только при плановых переходных режимах.

Защита гидравлических систем путем сброса части транспортируемой жидкости является самым распространенным и универсальным приемом искусственного снижения величины гидравлического удара. Устройства, выполняющие данную функцию, можно разделить на клапанные, разрывные мембраны и переливные колонны. Мембраны, являясь устройствами разового действия, при срабатывании которых опорожнялся бы весь став, не нашли применения. Переливные колонны в связи с большими напорами и значительной геодезической высотой рассматриваемых систем также не используются [7].

Клапанные устройства для защиты от гидравлических ударов можно разделить на предохранительные клапаны и специальные гасители гидравлических ударов. Предохранительные клапаны всех типов обладают рядом характерных недостатков. Это большая разница давлений открытия и закрытия (гистерезис) клапана, резкое захлопывание затвора и генерирование дополнительного удара в момент подхода отрицательной

волны давления, как правило, ручная настройка на рабочее давление и связанная с этим необходимость пробных срабатываний. Следует, однако, отметить, что в некоторых конструкциях для плавной посадки клапана предусмотрен гидравлический демпфер, в других – наоборот, выдвигается требование быстрого закрытия, так как «недостаточно быстрое закрытие клапана не в состоянии прервать пленку протекающей между уплотнительными поверхностями среды, и поэтому герметичность клапана не восстанавливается» [15]. Постоянство настройки предохранительных клапанов не позволяет оптимально гасить гидравлические удары, начинающиеся с понижения давления, так как они не реагируют на эффект его снижения в трубопроводе в момент отрицательной волны.

В принципе, более или менее успешно функции гашения гидравлических ударов могут выполнять все предохранительные клапаны, так же, как и многие устройства для этого могут не допускать и статического роста давления сверх величины настройки. Большая группа устройств, которая реагирует на понижение давления в системе, предшествующее волне его повышения, и открывает при этом сливной клапан, безусловно, относится к гасителям. Это конструкции Г.И. Радченко, В.М. Папина, Г.М. Тимошенко, и др. Общим недостатком этих устройств является то, что они могут открывать сливной клапан при снижении давления по другим причинам, в том числе и вследствие разгерметизации трубопровода или утечек через обратный клапан насоса, и не реагируют на повышение давления.

Однако последнее время все большее распространение получают конструкции, реагирующие на положительные производные давления по времени, что объясняется, в первую очередь, их универсальностью. Большинство этих устройств прямого действия, и, следовательно, запорный орган является одновременно чувствительным элементом. Это способствует высокому быстродействию устройства, возможности легко обеспечить минимально необходимый для гашения удара слив транспортируемой жидкости. В то же время зависимость между чувствительностью и уплотняющим усилием на клапане приводит к тому, что требуемая чувствительность устройства определяет при проектировании возможное уплотняющее усилие в клапанной паре, которое бывает недостаточным. Свободными от указанных недостатков являются устройства непрямого действия, которые содержат звено усиления, включенное между измерительным исполнительным (запорным) органом.

Все известные конструкции гасителей гидравлических ударов непрямого действия (часто называемые импульсными) содержат измерительный элемент, выполненный в виде пружинного предохранительного клапана, рычажно-поршневой системы, электромагнитного клапана, воздействующий на управляющий элемент, который чаще всего имеет вид клапанной пары или золотника. Управляющий элемент сообщает полость гидропривода либо с атмосферой, либо с напорной магистралью, тем самым открывается или закрывается запорный орган гасителя. Поскольку площадь поршня гидропривода может быть значительно больше площади сливного клапана, ограничений для уплотняющей силы практически нет [19, 20].

Для защиты данной насосной установки (рис. 3.9) от гидравлических ударов подобран гаситель гидравлических ударов непрямого действия.

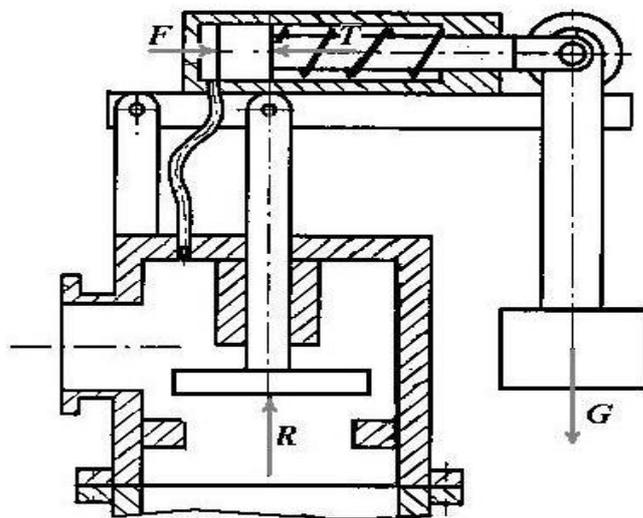


Рис. 3.9. Клапан для защиты от гидроударов

Данный клапан для защиты от гидроударов свободен от ряда недостатков, в частности, обеспечивается гарантированное его закрытие при повышенном уплотняющем усилии. Известно, что для закрытия обычного клапана давление в защищаемом трубопроводе или резервуаре должно упасть намного ниже давления срабатывания (клапанный гистерезис). Это зачастую приводит к большим сливам транспортируемой среды, что отрицательно сказывается на экономике и может навредить экологии.

Увеличение силы закрытия клапана при посадке тарелки на седло обуславливается увеличением плеча действия груза  $G$ , что обеспечивает гидроцилиндр, закрепленный на рычаге благодаря наличию трубки, соединяющей полость клапана и поршневую полость гидроцилиндра [10].

### 3.4 Асинхронный электродвигатель в качестве генератора

#### 3.4.1 Работа асинхронного электродвигателя в качестве генератора

Асинхронные электродвигатели – самые простые и надёжные в эксплуатации. Поэтому во всех случаях, когда это допустимо по условиям электропривода и нет необходимости в компенсации реактивной мощности, следует применять асинхронные электродвигатели переменного тока.

Различают два основных вида асинхронных двигателей: с короткозамкнутым и фазным роторами. Асинхронный короткозамкнутый электродвигатель состоит из неподвижной части (статора) и подвижной части – ротора, вращающегося в подшипниках, укрепленных в двух щитах двигателя. Сердечники статора и ротора набраны из отдельных изолированных один от другого листов электротехнической стали. В пазы сердечника статора уложена обмотка, выполненная из изолированного провода. В пазы сердечника ротора укладывают стержневую обмотку или заливают расплавленный алюминий. Кольца-перемычки накоротко замыкают обмотку ротора по концам (отсюда и название – короткозамкнутый). В отличие от короткозамкнутого, в пазах фазного ротора размещают обмотку, выполненную по типу обмотки статора. Её концы подводят к контактным кольцам, укрепленным на валу. По кольцам скользят щетки, соединяя обмотку с пусковым или регулировочным реостатом. Асинхронные электродвигатели с фазным ротором являются более дорогостоящими устройствами, требуют квалифицированного обслуживания, менее надёжны, а потому применяются только в тех отраслях производства, в которых без них обойтись нельзя. По этой причине они мало распространены, и мы их в дальнейшем рассматривать не будем.

По обмотке статора, включенной в трехфазную цепь, протекает ток, создающий вращающееся магнитное поле. Магнитные силовые линии вращающегося поля статора пересекают стержни обмотки ротора и индуцируют в них электродвижущую силу (ЭДС). Под действием этой ЭДС в замкнутых накоротко стержнях ротора протекает ток. Вокруг стержней возникают магнитные потоки, создающие общее магнитное поле ротора, которое, взаимодействуя с вращающимся магнитным полем статора, создает усилие, заставляющее ротор вращаться в направлении вращения магнитного поля статора. Частота вращения ротора несколько меньше частоты вращения магнитного поля, создаваемого обмоткой статора. Этот показатель характеризуется скольжением  $S$  и находится для большинства двигателей в пределах от 2 до 10 %.

В промышленных установках наиболее часто используются трёхфазные асинхронные электродвигатели, которые выпускают в виде унифицированных серий. К ним относится единая серия 4А с диапазоном номинальной мощности от 0,06 до 400 кВт, машины которой отличаются большой надёжностью, хорошими эксплуатационными качествами и соответствуют уровню мировых стандартов.

Автономные асинхронные генераторы – трёхфазные машины, преобразующие механическую энергию первичного двигателя в электрическую энергию переменного тока. Их несомненными достоинствами перед другими видами генераторов являются отсутствие коллекторно-щеточного механизма и, как следствие этого, большая долговечность и надёжность. Если отключенный от сети асинхронный двигатель привести во вращение от какого-либо первичного двигателя, то в соответствии с принципом обратимости электрических машин при достижении синхронной частоты вращения на зажимах статорной обмотки под действием остаточного магнитного поля образуется некоторая ЭДС. Если теперь к зажимам статорной обмотки подключить батарею конденсаторов  $C$ , то в ней потечёт опережающий ёмкостный ток, являющийся в данном случае намагничивающим. Ёмкость батареи  $C$  должна превышать некоторое критическое значение  $C_0$ , зависящее от параметров автономного асинхронного генератора: только в этом случае происходит его самовозбуждение и на обмотках статора устанавливается трёхфазная симметричная система напряжений. Значение напряжения зависит, в конечном счёте, от характеристики машины и ёмкости конденсаторов. Таким образом, асинхронный короткозамкнутый электродвигатель может быть превращен в асинхронный генератор.

На рис. 3.10 показана схема включения асинхронного электродвигателя в качестве генератора.

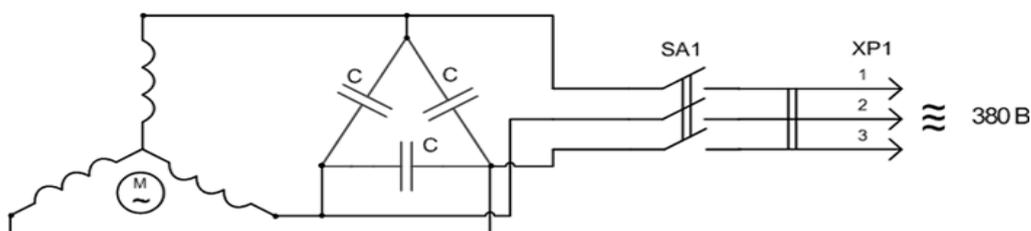


Рис. 3.10. Стандартная схема включения асинхронного электродвигателя в качестве генератора

Можно подобрать емкость так, чтобы номинальное напряжение и мощность асинхронного генератора равнялись соответственно напряжению и мощности при работе его в качестве электродвигателя.

Ёмкости конденсаторов для возбуждения асинхронных генераторов ( $U = 380$  В, при оборотах 750–1500 об/мин) подбираются по реактивная мощность  $Q$ , которая определяется по формуле:

$$Q = 0,314 \cdot U^2 \cdot C \cdot 10^{-6}, \quad (3.16)$$

где  $C$  – ёмкость конденсаторов, мкФ.

### 3.4.2. Двухфазный режим асинхронного генератора

Такой режим (рис. 3.11) следует использовать в том случае, когда нет необходимости в получении трёхфазного напряжения. Этот вариант включения уменьшает рабочую ёмкость конденсаторов, снижает нагрузку на первичный механический двигатель в режиме холостого хода и, таким образом, экономит топливо.

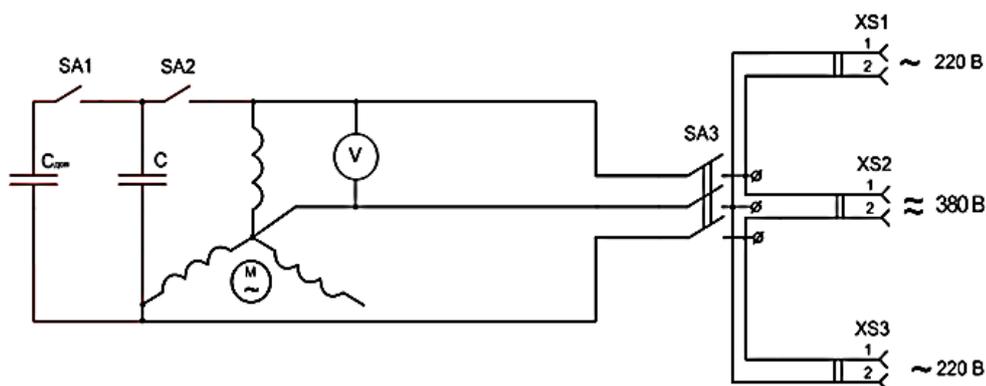


Рис. 3.11. Двухфазный режим асинхронного генератора

В качестве маломощных генераторов, вырабатывающих переменное однофазное напряжение 220 В, можно использовать однофазные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели бытового назначения: от стиральных машин типа «Ока», «Волга», поливальных насосов «Агидель», «БЦН» и пр. У них конденсаторная батарея может подключаться параллельно рабочей обмотке либо использовать уже имеющийся фазосдвигающий конденсатор, подключенный к пусковой обмотке. Ёмкость этого конденсатора, возможно, следует несколько увеличить. Его величина будет определяться характером нагрузки, подключаемой к генератору: для активной нагрузки (электропечи, лампочки освещения, электропаяльники и др.) требуется небольшая ёмкость, для индуктивной (электродвигатели, телевизоры, холодильники и др.) – большая (рис. 3.12).

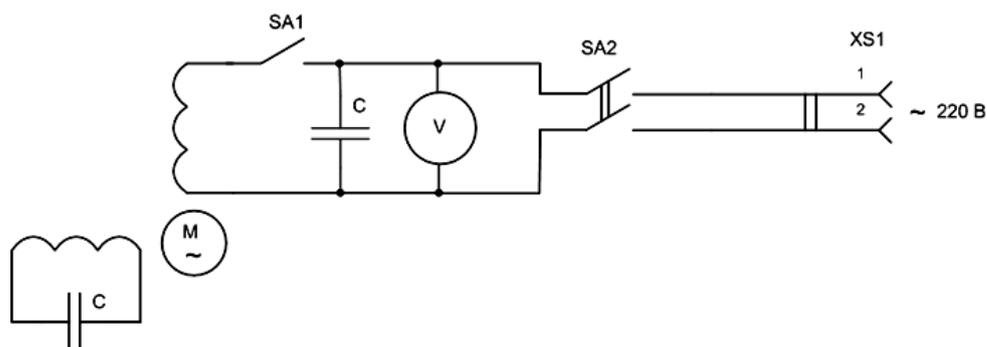


Рис. 3.12. Маломощный генератор на базе однофазного асинхронного двигателя

Как известно, любое преобразование энергии связано с её неизбежными потерями. Их величина определяется КПД устройства. Поэтому мощность механического двигателя должна превышать мощность асинхронного генератора на 50–100 %. Например, при мощности асинхронного генератора 5 кВт мощность механического двигателя должна быть 7,5–10 кВт. С помощью передаточного механизма добиваются согласования оборотов механического двигателя и генератора так, чтобы рабочий режим последнего устанавливался на средних оборотах первого. При необходимости можно кратковременно увеличить мощность генератора, повышая обороты механического двигателя.

Каждая автономная электростанция должна содержать необходимый минимум навесного оборудования: вольтметр переменного тока (со шкалой до 500 В), частотомер (желательно) и три выключателя. Один выключатель подключает нагрузку к генератору, два других – коммутируют цепь возбуждения. Наличие выключателей в цепи возбуждения облегчает запуск механического двигателя, а также позволяет быстро снизить температуру обмоток генератора, после окончания работы – ротор невозбужденного генератора еще некоторое время вращают от механического двигателя. Эта процедура продлевает активный срок службы обмоток генератора.

Если с помощью генератора предполагается запитывать оборудование, которое в обычном режиме подключается к сети переменного тока (например, освещение жилого дома, бытовые электроприборы), то необходимо предусмотреть двухфазный рубильник, который в период работы генератора будет отключать данное оборудование от промышленной сети. Отключать надо оба провода: «фазу» и «ноль».

### 3.4.3. Асинхронный генератор с конденсаторным накопителем

Асинхронная машина, подключенная к трехфазной сети переменного тока, при частоте вращения  $n_2 > n_1$  переходит в генераторный режим. При этом реактивную мощность, необходимую для возникновения вращающегося магнитного поля, машина получает из сети. Можно также обеспечить работу асинхронной машины в качестве автономного генератора, если подавать в обмотку статора необходимую реактивную мощность от батареи конденсаторов.

В автономном асинхронном генераторе (рис. 3.13, а) к выходу генератора АГ, приводимого во вращение каким-либо первичным двигателем Д, параллельно нагрузке в каждую фазу подключают конденсатор С. При активной нагрузке реактивная мощность, поступающая от конденсатора,  $Q_C$  должна быть равна реактивной (намагничивающей) мощности генератора  $Q_p$ , необходимой для создания его магнитного потока. При смешанной активно-индуктивной нагрузке мощность  $Q_C$  должна покрывать также реактивную мощность  $Q_{pH}$  нагрузки. Схема замещения асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением изображена на рис. 3.13, б.

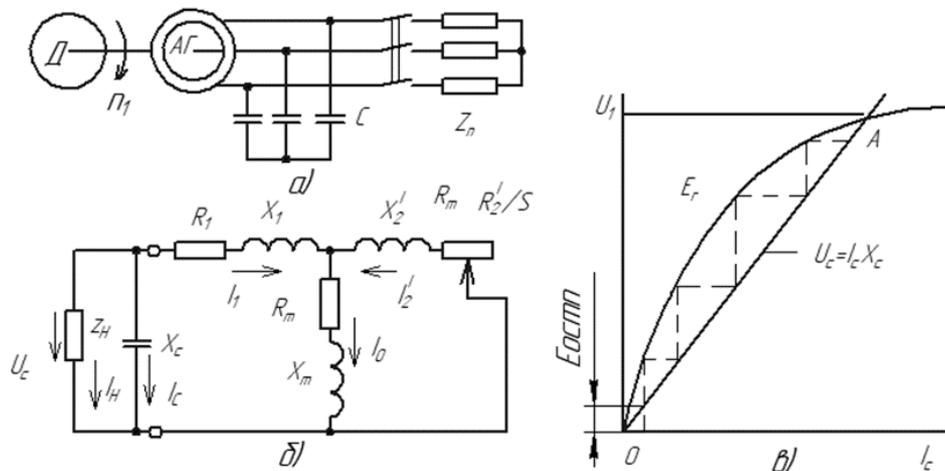


Рис. 3.13. Схема включения асинхронного генератора:  
а – с конденсаторным возбуждением, б – схема замещения,  
в – зависимость ЭДС от тока  $I_C$

В асинхронном генераторе возникает процесс самовозбуждения, как и в генераторе постоянного тока с параллельным возбуждением. Ввиду наличия в магнитной системе машины остаточного магнетизма при вращении ротора в обмотке статора индуцируется остаточная ЭДС  $E_{ост}$  (рис. 3.13, в), которая создаёт в конденсаторах ток  $I_C$ . Этот ток,

проходя по обмотке статора, усиливает его магнитный поток, в результате чего индуцируемая в генераторе ЭДС  $E_{\Gamma}$  и ток конденсатора увеличиваются. Рассматриваемый процесс продолжается до тех пор (точка  $A$ ), пока ЭДС  $E_{\Gamma}$  не станет равной напряжению на конденсаторе  $U_C$ . Это условие можно выразить в виде равенства сопротивлений  $X_1 + X_{\Gamma} = X_C$ , где  $X_{\Gamma}$  – индуктивное сопротивление намагничивающего контура, уменьшающееся из-за насыщения магнитной цепи машины;  $X_C$  – емкостное сопротивление конденсатора. В ряде случаев начало процесса самовозбуждения генератора обеспечивается путем разряда на обмотку статора предварительно заряженной конденсаторной батареи.

Автономные асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением обычно выполняют с короткозамкнутой обмоткой ротора. Их используют главным образом на гидроэлектростанциях небольшой мощности, работающих без обслуживающего персонала.

### **Выводы**

1. Изучена теория и исследована работа гидротаранного водоподъемника для получения электрической энергии.

2. Разработана принципиальная схема подключения установки в качестве резервного источника энергии, что позволяет получать электричество как в качестве основного источника, так и при пиковой нагрузке.

3. Описанный способ получения энергии позволяет снимать значительную механическую мощность с маловодных низконапорных водотоков, достаточную для автономного энергоснабжения большого числа объектов.

4. Гидротаранный способ получения энергии не требует сооружения массивных плотин, исключает подтопление прилегающих территорий и является экологически чистым.

### **Контрольные вопросы**

1. Объясните принцип действия классического гидротарана.

2. Поясните физическую сущность и теоретические основы гидравлического удара.

3. Расскажите об особенностях и принципе действия подводного гидротарана.

4. В чем заключается назначение воздушного колпака классического гидротарана?

5. Расскажите об устройстве воздушного колпака классического гидротарана.

6. Дайте определение расхода и скорости течения воды в трубопроводе.

7. Расскажите об оборудовании для получения электрической энергии с помощью гидротарана.

8. Дайте определение гидравлической мощности, создаваемой гидротараном, и эквивалентным им электрическим параметрам напряжения и силы тока генератора.

9. Покажите алгоритм расчета гидротаранной электростанции малой мощности с низконапорным водотоком.

10. Перечислите достоинства и недостатки гидротаранного способа получения электрической.

## ГЛАВА 4. СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ

### 4.1. Свободная энергия. Общие положения

Тысячи лет люди мечтали о получении бесплатной энергии в виде электрического тока. Одним из них был Никола Тесла, который и ввел понятие свободная энергия как рациональное использование энергии окружающей среды. «Наша задача, – писал Тесла – развить средства получения энергии из запасов, которые вечны и неисчерпаемы, развить методы, которые не используют потребление, и расход каких бы то ни было «материальных» носителей [27, 35]. Сейчас я совершенно уверен, что реализация этой идеи не за горами. Возможности развития этой концепции, которой я занимаюсь, заключаются именно в том, чтобы использовать для работы двигателей в любой точке планеты чистую энергию окружающего пространства» (1897).

Электроэнергия является самым эффективным и универсальным видом энергии. Потребность в ней по мере развития цивилизации и техники непрерывно растет. Поэтому электроэнергия – самый дефицитный и постоянно дорожающий товар в мире.

Сегодня человечество остро нуждается в замене существующих энергетических технологий на экологически чистые, гарантирующие сохранение биосферы. Это особенно касается энергетики, основанной на сжигании природных запасов угля, нефти, газа, урана. Уровни получаемой энергии остаются незначительными и проблема энергообеспечения не находит решения. Доставка энергии потребителям также остается дорогостоящей. Кроме того, запасы полезных ископаемых и ресурсы дешевого урана исчерпываются.

Как было сказано выше, предполагается, что в ближайшее время потребление природных ресурсов достигнет 25 млрд т, поэтому прогнозируется, что запасов природного топлива человечеству хватит примерно на 150 лет.

Атомная энергетика, кроме опасностей эксплуатационного характера, имеет нерешенную проблему захоронения и утилизации ядерных отходов. Все меньше надежд у ученых на успешную реализацию программы управляемого термоядерного синтеза. Решение этой проблемы многократно уже отодвигалось на более поздние сроки, и теперь видят ее решение не ранее 2050 года.

Разрабатываются проекты использования солнечной энергии. Солнечную энергию планируется перерабатывать в электричество путем создания космических электростанций. Для получения мощности в 10 млн кВт

необходимы солнечные батареи площадью примерно  $100 \text{ км}^2$ . В микроволновом диапазоне энергию можно будет транспортировать на Землю. На пути решения этой задачи стоят серьезные проблемы создания передающих и приемных систем, работающих в диапазоне СВЧ-волн, небезопасных для биосферы, а также орбитальных солнечных электростанций, представляющих собой крупногабаритные космические объекты.

На сегодняшний момент видно, что экологически чистой энергии и способов ее получения, безопасных для биосферы, несмотря на огромнейшие затраты в этом направлении, мир еще не нашел. Причиной является то, что поиски ведутся в традиционных направлениях, которые в рамках сложившихся представлений, могут привести лишь к небольшим доработкам существующих подходов и не способны вывести на прорывные решения. Ограниченность энергоресурсов ставит задачу поиска принципиально новых способов получения энергии.

Свободная энергия – это «бесплатная» энергия, которая может быть практически доступна в неограниченном количестве вне существенной зависимости от погоды, времени суток, времени года и прочих факторов.

Под свободной энергией понимается процесс, при котором она на выходе получается больше, чем на входе. В основу положена так называемая идея создания сверхъединичности, не воспринимаемая классической физикой, однако она описывает явления резонанса, генерирующие системы свободной энергии. Такие системы экологически чистые, так как используют явления резонанса, импульса, электромагнитного поля, эфира.

В последнее время появилось много различных методов получения свободной энергии [35]. Общим, объединяющим все эти методы, является то, что они предполагают использование небольшого количества энергии одного типа для получения другого типа и оптимизации процесса [17, 30, 31].

Мировая практика показывает, что исследуются генераторы свободной энергии, построенные на гравитации, механических элементах, импульсных системах, химических элементах, электромагнитных полях. В данной главе рассматриваются резонансные явления и импульсные системы. Резонанс имеет огромный потенциал, так как способен создать на выходе энергию, многократно превышающую изначальную, поэтому перспективность таких систем очевидна.

## 4.2. Использование резонанса при создании трансформатора Тесла и передачи энергии на расстояние

В последнее время вопросы явления резонанса рассматриваются на конференциях различного уровня: республиканских, всероссийских, международных. Следует отметить значительный вклад ученых Татарстана по исследованию ядерно-магнитного резонанса (Р.С. Кашаев [8]), импульсного двойного электрон-электронного резонанса (К.М. Салихов) и многих других ученых.

Резонанс в электрической цепи будет выражен отчетливо при малых значениях активного сопротивления  $R$  [33]. Если активное сопротивление будет маленьким, то собственная циклическая частота колебаний в контуре будет вычисляться по следующей формуле:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \times C}}. \quad (4.1)$$

Сила тока вынужденных колебаний должна достигать максимального значения в момент, когда частоты вынужденных и собственных колебаний будут равны.

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \times C}}. \quad (4.1)$$

Резонанс в электрическом контуре – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний силы тока при совпадении частоты собственных колебаний контура с частотой внешнего переменного напряжения.

Момент наступления резонанса в колебательном контуре является оптимальным для поступления в него энергии от внешнего источника. Мощность будет максимальной при отсутствии разности фаз между силой тока и напряжением.

Резонансное значение силы тока устанавливается в цепи не сразу после включения переменного напряжения. Амплитуда будет нарастать постепенно. При резонансе амплитуда установившихся колебаний силы тока будет определяться следующим уравнением:

$$I_m = U_m / R. \quad (4.3)$$

При стремлении активного сопротивления к нулю амплитуда колебаний будет неограниченно возрастать.

Помимо того что при резонансе увеличивается сила тока в цепи, возрастают еще и напряжения на конденсаторе и катушке индуктивности. При малых значениях активного сопротивления они во много раз превысят внешнее напряжение.

Если говорить о генерировании резонанса, то в этом случае общих теоретических знаний достаточно, однако нет какой-либо теории, которая описывала бы способы управления резонансом. Процессы свободной энергии предполагают использование полупроводниковых элементов, на которых строится генерирующая система.

Как уже отмечалось выше, явление резонанса приведено в работах Николы Тесла, который использовал его при создании трансформатора и башни для передачи энергии на расстоянии. Его технологии основывались на использовании резонанса.

На рис. 4.1 схематично изображен трансформатор Тесла, который состоит из двух обмоток: первичная ( $L_p$ ); вторичная ( $L_s$ ).

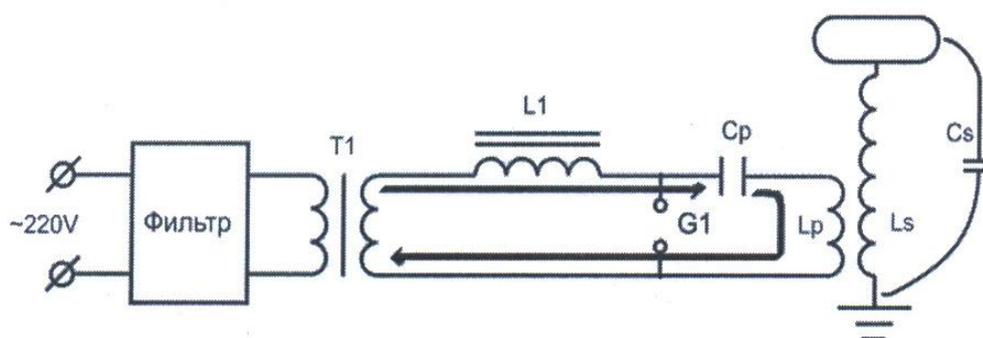


Рис. 4.1. Трансформатор Тесла

На рис. 4.2 схематично изображен колебательный контур Тесла.

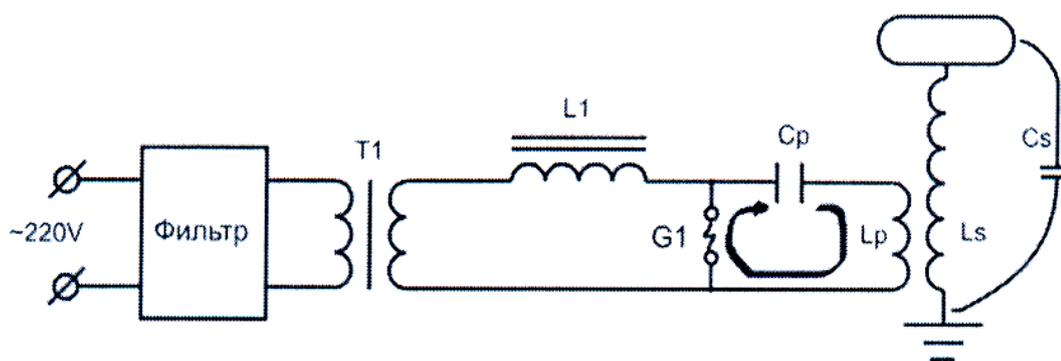


Рис. 4.2. Колебательный контур Тесла

Трансформатор и колебательный контур Тесла работают следующим образом. Высоковольтный трансформатор  $T1$  через дроссель  $L1$  заряжает конденсатор  $Cp$ . Через некоторое время напряжение на конденсаторе увеличивается до такого показателя, что становится причиной пробоя разрядника

Дуга в разряднике является отличным проводником, и поэтому конденсатор  $Cp$  и катушка  $Lp$  образуют параллельный колебательный контур (рис. 4.2); (при разрыве дуги он не работает). За счет энергии, которая находилась в конденсаторе, в данном контуре появляются колебания. Во время таких колебаний между конденсатором и катушкой происходит обмен энергией, часть которой теряется в виде теплового излучения в обмотке  $Lp$ , а часть проявляется свето-шумовыми эффектами в разряднике.

Показатели индуктивности  $Ls$  и емкости  $Cs$  ( $Cs$  – это суммарность емкости, которую имеет вторичная обмотка и тороида) способствуют созданию еще одного параллельного колебательного контура, который называют вторичным.

Все компоненты подбираются таким образом, чтобы резонансная частота первичного и вторичного контуров были одинаковыми. Процесс происходит так, что первичный контур передает энергию во вторичный, и, со временем вся энергия будет во вторичном контуре. Этот момент называют «узел энергии первичной обмотки». Показатели амплитуды колебаний тока и напряжения первичной обмотки в происходящий момент будут нулевыми. Но обмен энергии на этом не заканчивается. Когда дуга исчезнет, остатки энергии окажутся «запертыми» во вторичном контуре и постепенно рассеются. Конденсатор  $Cp$  войдет в режим зарядки через дроссель  $L1$ .

Дальше все повторяется. Чем сильнее связь между контурами (чем меньше расстояние от одной катушки к другой), тем с большей скоростью обмениваются энергией. Коэффициент связи ниже 0,05 будет причиной рассеивания всей энергии в первичном контуре. Большой коэффициент связи потребует смонтировать первичную и вторичную обмотки рядом. По этой причине между ними будут образовываться стримеры.

#### **4.3. Основные параметры и характеристики в резонансных системах (резонансно связанных контурах)**

Основной характеристикой любого контура является добротность  $Q$ , которая определяет ширину резонанса и характеризует, во сколько раз запасов энергии в системе больше, чем ее потерь за время изменения фазы

на 1 радиан. Добротность обратно пропорциональна скорости затухания собственных колебаний в системе. Так, чем выше добротность колебательной системы, тем меньше потери энергии за каждый период и тем медленнее затухают колебания. Общая формула для добротности систем:

$$Q = \frac{w_0}{P_d} W = \frac{2\pi f_0}{P_d} W, \quad (4.4)$$

где  $w_0$  – резонансная круговая частота колебаний;  $f_0$  – резонансная частота колебаний;  $W$  – энергия, запасённая в колебательной системе;  $P_d$  – рассеиваемая мощность.

Для такого рода систем (т.е. резонансных связанных контуров), КПД передачи энергии определяется произведением коэффициента связи систем  $k$  и их добротности  $Q$ . Коэффициент связи – это, грубо говоря, коэффициент, определяющий, какую часть энергии резонанса контура-источника «видит» контур-приёмник:  $\eta = kQ$ .

Типичный график зависимости КПД от произведения коэффициента связи на добротность приведен на рис. 4.3.

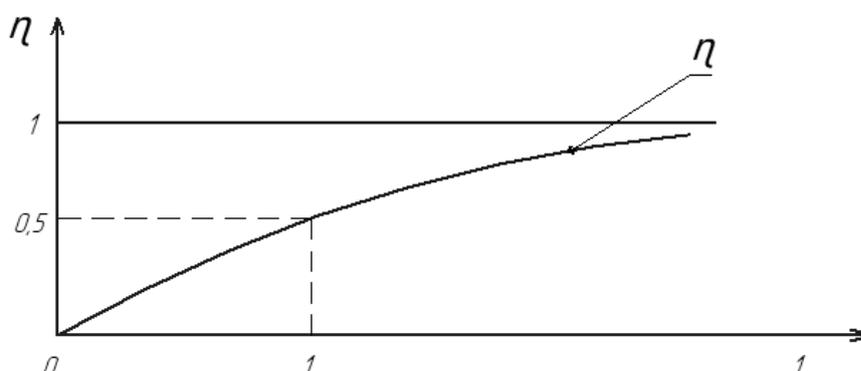


Рис. 4.3. Зависимости КПД от произведения коэффициента связи на добротность

Физический смысл этой зависимости очевиден: даже если за один период колебаний приёмник «забирает» лишь малый процент энергии источника, но за этот же период (в силу высокой добротности резонанса) ее потери в суммарном резонансе малы – то КПД передачи (определяющий отношение переданной и рассеянной энергий) будет высоким. Таким образом, для получения высокого КПД передачи не требуется такого же показателя связи контуров – большая добротность резонанса может компенсировать малость коэффициента связи.

#### 4.4. Генерирующее устройство Дональда Смита

Работы Николы Тесла, который использовал резонанс при создании трансформатора и башни для передачи энергии на расстоянии, его технологии, основанные на применении резонанса, послужили развитию нового научного направления.

Анализ иностранных литературных источников дает возможность выбрать и изучить генерирующее устройство Дональда Смита [6].

Предложенное им известное генерирующее устройство схематично изображено на рис. 4.4.

Необходимо обратить внимание на то, что обмотки намотаны на полимерную трубку. Дело в том, что железный сердечник имеет магнитные свойства при расположении вблизи источников энергии электромагнитной природы и влияет на геометрию поля. При изменении параметров тока, протекающего по катушкам, преобразуется и поле. Однако при наличии сердечника такое изменение происходит с задержкой, т.е. возникает сильная индуктивная связь на больших частотах. Также появляются потери на гистерезис.

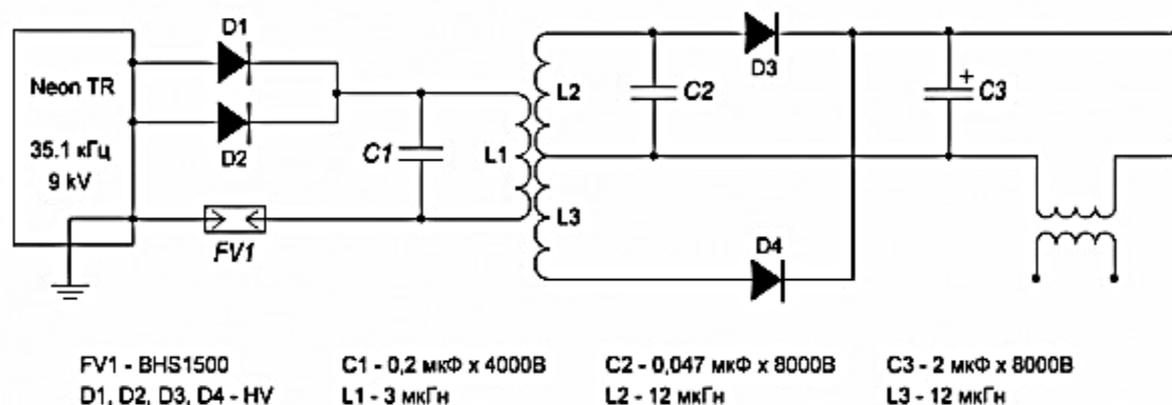


Рис. 4.4. Схема генерирующей системы Дональда Смита

На рис. 4.5 показаны петли гистерезиса сердечника при различных частотах.

Таким образом, энергия, израсходованная в единице объема ферромагнитного сердечника за один цикл перемагничивания, определяется площадью, ограниченной петлей магнитного гистерезиса.

При достаточно быстром изменении намагничивающего тока в ферромагнитном сердечнике возникают вихревые токи.

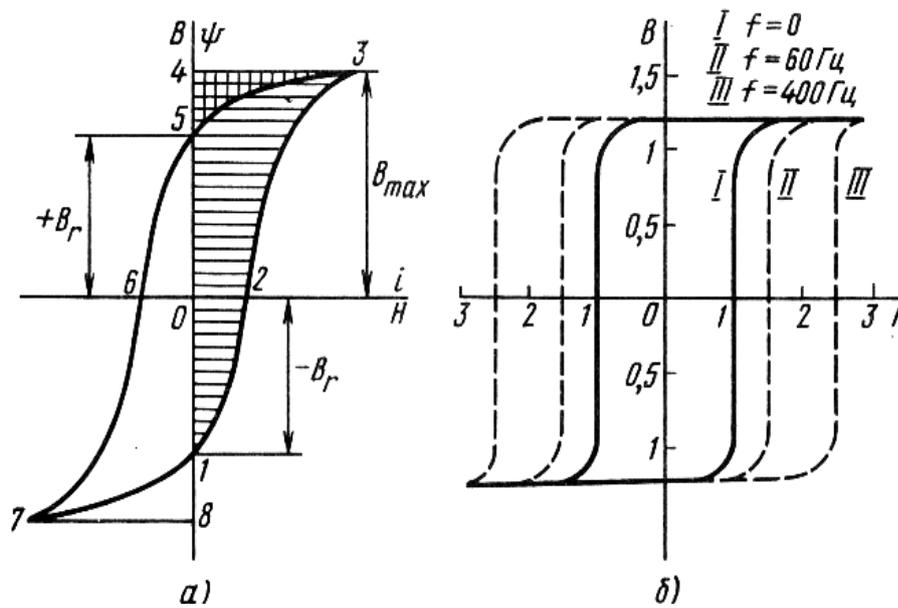


Рис. 4.5. Петли гистерезиса сердечника при различных частотах

Вихревые токи создают намагничивающую силу, направленную навстречу намагничивающей силе обмотки с током  $i$ , поэтому изменения магнитной индукции и магнитного потока в сердечнике как бы задерживаются: те же величины магнитной индукции и потока получатся при большем намагничивающем токе в обмотке. Это значит, что при переменном токе в обмотке петля магнитного гистерезиса шире статической петли в связи с действием вихревых токов. Вихревые токи увеличиваются с ростом частоты перемагничивания, удельной проводимости и магнитной проницаемости материала сердечника, при этом динамическая петля расширяется.

Возникновение вихревых токов вызывает дополнительный расход энергии в сердечнике. Энергия, израсходованная на перемагничивание сердечника и поддержание в нем вихревых токов, преобразуется в теплоту. Эту энергию называют магнитными потерями или потерями в стали. Мощность магнитных потерь  $P_M$  пропорциональна площади динамической петли магнитного гистерезиса. Ее обычно определяют по формуле:

$$P_M = P_{уд} G, \quad (4.5)$$

где  $G$  – масса ферромагнитного сердечника, кг;  $P_{уд}$  – удельная мощность потерь в стали, Вт/кг.

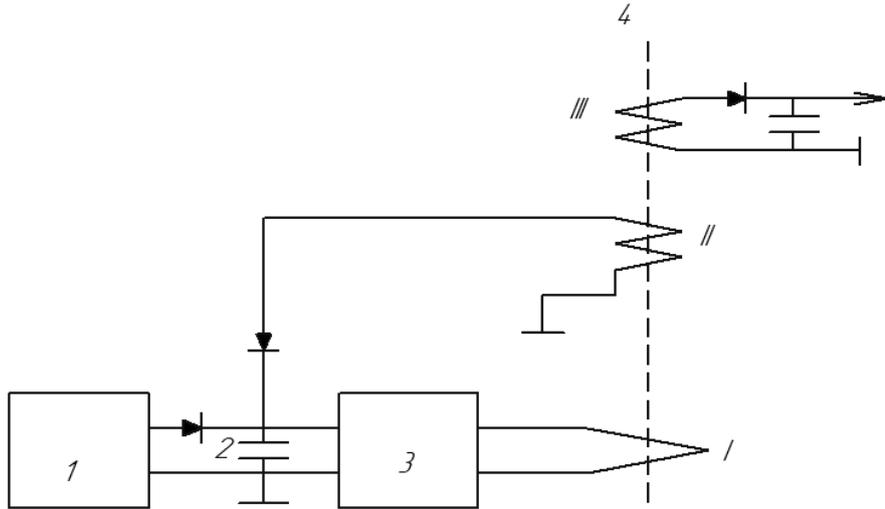


Рис. 4.6. Схема генерирующего устройства Дональда Смита:

1 – стартерное устройство; 2 – зарядный конденсатор; 3 – генератор импульсов с усилителем мощности; I – первичная обмотка; II – вторичная обмотка обратной связи; III – вторичная выходная обмотка

Основной вывод из схемы можно сделать следующий: вторичная обмотка обратной связи служит для поддержания работы системы в устойчивом состоянии.

**Частота  $f$ .** Как уже было сказано, используются импульсы с высокой частотой. Чтобы понять, почему именно высокой, надо рассмотреть зависимость плотности потока излучения от частоты. Излучение электромагнитных волн происходит при ускоренном движении заряженных частиц. Напряженность электрического поля  $E$  и магнитная индукция  $B$  электромагнитной волны пропорциональны ускорению  $a$  излучающих частиц. Ускорение при гармонических колебаниях пропорционально квадрату частоты. Поэтому напряженность электрического поля и магнитная индукция также пропорциональны квадрату частоты.

$$E \sim a \sim \omega^2, B \sim a \sim \omega^2. \quad (4.6)$$

Плотность энергии электрического поля пропорциональна квадрату его напряженности. Энергия магнитного поля пропорциональна квадрату магнитной индукции. Полная плотность энергии электромагнитного поля равна сумме плотностей энергий электрического и магнитного полей. Плотность потока излучения равна:

$$I \sim w \sim (E^2 + B^2) \quad (4.7)$$

Согласно выражениям (4.7) и (4.6):

$$I \sim w^4. \quad (4.8)$$

Плотность потока излучения пропорциональна четвертой степени частоты, что показано на графике.

При увеличении частоты колебаний заряженных частиц в 2 раза излучаемая энергия возрастает в 16 раз. В антеннах радиостанций поэтому возбуждают колебания больших частот: от десятков тысяч до десятков миллионов герц.

Электромагнитные волны переносят энергию. Плотность потока излучения (интенсивность волны) равна произведению плотности энергии на скорость ее распространения. Интенсивность волны пропорциональна четвертой степени частоты и убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

**Напряжение  $U$ .** Приведем зависимости энергии, запасенной в элементах индуктивности и емкости.

$$W = \frac{CU^2}{2}; W = \frac{LI^2}{2}. \quad (4.9)$$

Поскольку конденсаторы и катушки индуктивности хранят энергию (и они включены в цепь), то тогда выходная мощность будет пропорциональна квадрату напряжения в цепи. Квадратичная зависимость показана на графике (рис. 4.7).

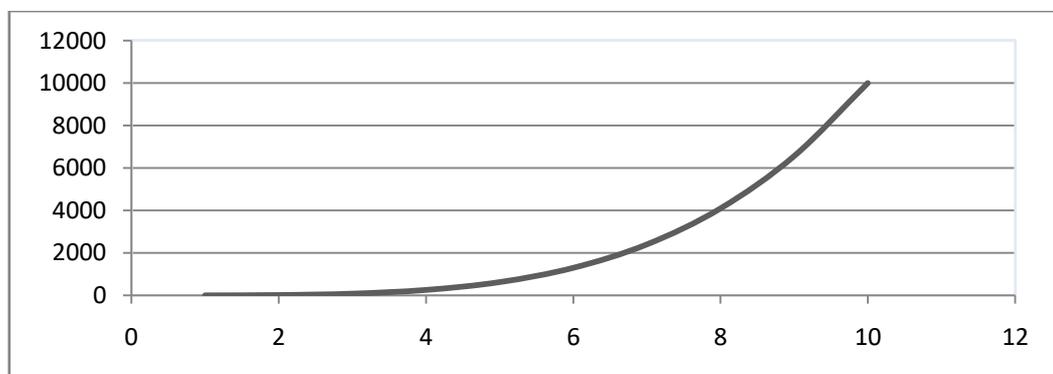


Рис. 4.7. Квадратичная зависимость выходной мощности от напряжения в цепи

Поэтому одновременно повышают и частоту, и напряжение импульса. Но нужно заметить, что важным параметром импульса является время нарастания и время его спада, т.е. постоянная времени импульса. Она зависит от индуктивности и сопротивления:

$$\tau = \frac{L}{R}. \quad (4.10)$$

Известно, что с увеличением сечения провода удельная индуктивность уменьшается.

В табл. 4.1 приведена зависимость удельной индуктивности от сечения провода.

Таблица 4.1

Сечение провода, мм <sup>2</sup>	Удельная индуктивность, Гн/м
0,35	1,65
0,5	1,45
0,75	1,2
1,0	0,97

Таким образом, увеличение сечения провода первичной обмотки является наилучшим способом для сокращения длительности фронтов импульсов, что и сделано в трансформаторе Тесла: первичная обмотка выполнена из толстого провода, имеющего сечение десятки и сотни квадратных миллиметров.

#### 4.5. Расчет параметров электродвигателя «свободной энергии»

Выбираем электродвигатель в следующей последовательности:

1. Известно, что энергия асинхронного двигателя зависит от магнитного потока, а магнитный поток – от тока.

2. Ток зависит от напряжения и сопротивления по закону Ома:

$$I = U/R. \quad (4.11)$$

3. Мощность асинхронного двигателя есть произведение напряжения на ток:

$$P = U \cdot I. \quad (4.12)$$

4. При включении электродвигателя в сеть 220 В по нему будет протекать номинальный ток 10 А, при этом потребляемая мощность будет равна 2200 Вт, а сопротивление (активное + реактивное) – 22 Ом.

5. Последовательное включение конденсатора позволяет получить последовательный резонанс, который убирает реактивную составляющую сопротивления. Остается только сопротивление провода обмотки, которое в 5–10 раз меньше полного номинального сопротивления.

6. Допустим, что сопротивление равно 5 Ом.

7. В этом случае, для получения того же тока в 10 А понадобится не 220 В, а  $U = I \cdot R = 5 \cdot 10 = 50$  В.

8. Следовательно, мощность будет равна:  $P = I \cdot U = 10 \cdot 50 = 500$  Вт.

9. Окончательный вывод – асинхронный электродвигатель потребляет 500 Вт, и в нем течет номинальный ток в 10 А и производит работу с той же мощностью, как и при потреблении 2200 Вт.

#### 4.6. Обзор направлений получения и использования свободной энергии

**Существо проблемы.** Производителям электрической энергии выгодно предлагать атомную энергию, которая мало приемлема из-за опасности и дороговизны. А благодаря бестопливной энергетике, в частности бестопливному генератору электроэнергии, появляется возможность обеспечить постоянным и недорогим, а самое главное экологически безопасным теплом и электричеством.

В последнее время появилось большое число публикаций о различных методах получения свободной энергии. Не претендуя на полное освещение их, отметим наиболее важные и полные [6, 33, 35].

*Радиантная энергия:*

- усиливающий трансмиттер Никола Теслы;
- устройство на радиантной энергии Томаса Генри Морея (1892 – 1974);
- мотор Эдвина Грея;
- машина Пола Баумана «Тестатика» и др.).

*Постоянные магниты:*

- двигатель турецкого изобретателя Муамми Видица;
- электромоторы, генераторы и нагреватели Роберта Адамса;
- вентилятор Троя Рида и т.д.

*Механические нагреватели:*

– системы инжекторной (струйной), в том числе и вихревого воздействия жидкости;

- системы вращающихся цилиндров Френотта и Перкинса и др.

*Имплозия / Вихрь* (имплозионный двигатель Виктора Шаубергера).

Эти и другие методы предоставляют большие возможности, позволяющие облегчить жизнь жителям планеты. С помощью них вероятны снижение расходов на производство и транспортировку любых товаров, опреснение неограниченных объемов морской воды (при этом затрачиваются на это небольшие средства) и снабжение пресной водой наиболее удаленных районов. А самое главное эти методы получения свободной энергии позволяют остановить выброс «парниковых газов» и закрыть большую часть атомных электростанций.

Разработанные (в большей части пока в виде проектов) методы и конструкции получения свободной энергии представляют большой интерес для отечественных и мировых исследователей. Несомненно, что в недалеком будущем использование свободной энергии найдет широкое применение.

#### **4.7. Электродинамические преобразователи энергии и получение радиантной энергии Н. Тесла, Т. Мореем и Э. Греем**

Специфика радиантного излучения, обнаруженного Н. Тесла, весьма близка к свойствам продольных электромагнитных волн (ПЭМВ), обнаруженных в недавнее время и обладающих следующими особенностями:

- способностью проникать сквозь любые металлические экраны и диэлектрики;
- скоростью, на несколько порядков превышающей скорость поперечных волн;
- способностью перемещаться по проводникам искривленной формы и распространяться по их поверхности;
- чрезвычайно малым сопротивлением потоку электрической энергии, что позволяет передавать большие мощности через проводники малого сечения;
- способностью к возрастанию эффекта со временем при той же экспозиции при ее повторении [30, 31].

Однако современная физика отрицает существование ПЭМВ на том основании, что они не вытекают из уравнений Максвелла (в отличие от поперечных ЭМВ).

Это позволяет сделать заключение, что в случае радиантного электричества присутствуют продольные волны эфира, что и объясняет обнаруженную Н. Тесла сверхсветовую скорость его распространения в ионосфере. Однако отсюда, еще не следует, что природа

(как продольных, так и поперечных ЭМВ) является электромагнитной. Дело в том, что эти волны в его экспериментах не реагировали на электрические и магнитные поля. Это свидетельствовало о том, что сам по себе эфир не обладает ни электрическими, ни магнитными свойствами. Таковы же в принципе и фотоны в квантовой теории излучения. Более того, предположение о том, что в эфире распространяются ЭМВ, приводит к противоречию с законом сохранения энергии в электромагнитном поле (ЭМП).

Это указывает на неэлектромагнитную природу света вообще и радиантной энергии в частности. Это обстоятельство неоднократно отмечал в своих статьях и Н. Тесла, который специально посетил Г. Герца с попыткой убедить его в ошибочности интерпретации открытых им волн как электромагнитных. Кроме того следует заметить, что какова бы ни была природа волн эфира, силовая природа их взаимодействия с веществом и способность «подпитывать» его энергией при нарушении равновесия несомненны. Этим и объясняет энергодинамика работу многих устройств, отнесенных ею к классу «альтернаторов».

В 1889 г. Н. Тесла при попытке воспроизвести опыты Герца (1887 г.) обнаружил существование специфической формы энергии, которая переносилась в пространстве без каких-либо видимых посредников и обладала огромной проникающей способностью, не свойственной открытым Герцем электромагнитным волнам. В запатентованном им устройстве, названном усиливающим трансмиттером (рис. 4.8), применен специфический трансформатор, получивший впоследствии его имя.

Его первичная катушка «А» состояла из двух витков толстого кабеля с очень малым сопротивлением, концы которого были присоединены через разрядник с электромагнитным прерыванием дуги к выводам генератора постоянного тока с напряжением 6 кВ. Для ускорения разряда и придания ему колебательного характера Тесла зашунтировал выводы генератора конденсатором большой емкости, установленным непосредственно вблизи разрядника. Вторичная обмотка трансформатора имела вид цилиндрической или конусной катушки, содержащей большое число витков провода, намотанного в один слой. Верхний конец этой катушки был присоединен к тороидальной металлизированной антенне, обладающей незначительной емкостью при сравнительно развитой поверхности, а нижний её конец – к заземлению. Настройка первичной и вторичной цепей трансформатора Тесла осуществлялась подбором емкости конденсатора и зазора разрядника. Все это позволяло резко увеличить частоту электромагнитных колебаний, достигавших нескольких мегагерц по сравнению с вибратором Г. Герца.

На рис. 4.8 представлен усиливающий трансмиттер Николы Тесла,

в котором был использован специфический трансформатор, получивший впоследствии его имя.

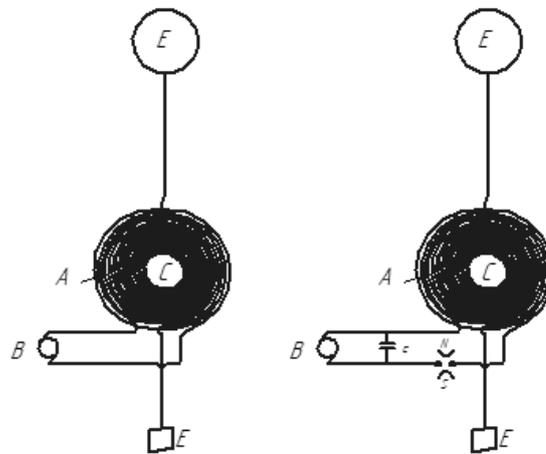


Рис. 4.8. Усиливающий трансмиттер Н. Тесла

При этом наряду с необъяснимым эффектом многократного усиления излучаемой мощности наблюдалось явление излучения неизвестной природы, которое Н. Тесла назвал «радиантным». Специфика его проявлялась во многом. Прежде всего, эти излучения получались только с помощью односторонних импульсов тока высокой частоты.

Они возникали, когда высоковольтный постоянный ток разряжался в искровом промежутке и прерывался до того, как появлялся какой-либо реверсивный (обратный) ток. Эффект значительно увеличивался, когда источником постоянного тока служил заряженный конденсатор. Он состоял в возникновении светоподобного потока энергии неизвестного происхождения, сопровождающего электрический разряд, но существующего отдельно от потока электронов. Этот поток имел вид «белых туманных газоподобных струй», которые распространялись по поверхности проводников поперек витков, не проникая внутрь их (так называемый «скин-эффект») до тех пор, пока не достигали свободного конца катушки. При этом воздух вокруг сферы трансформатора Теслы и проводов светился белым цветом, как бы увеличиваясь в объеме. Однако в пространстве этот ток не улавливался. При применении конусообразных катушек «белое пламя» удавалось концентрировать и направлять. Поток излучения проникал на ярд в окружающее пространство и при длительности импульсов менее 100 микросекунд ощущался как нечто холодное, мягкое и безопасное. Однако при большей длительности эти импульсы вызывали «покалывание» вплоть до шокового

удара. При этом обнаруживалась невероятная проникающая способность этих излучений: от них не защищали ни диэлектрические, ни токопроводящие металлические экраны, непроницаемые для электромагнитных волн. Эффект от воздействия радиантной энергии возрастал со временем при той же экспозиции при ее повторении (накапливался).

При передаче энергии от острия трансформатора Тесла к медным пластинам в них появлялся заряд, равнозначный создаваемому сильным током. Этот поток в зависимости от расположения искрового разрядника мог или «нагнетать» заряд на поверхность, или «высасывать» его из нее. В то же время радиантное излучение было нейтральным по отношению к зарядам и магнитному полю. Изменением напряжения и длительности импульсов трансформатора Тесла можно либо нагревать комнату, либо охлаждать её. При этом более короткие импульсы порождали течения, наполнявшие комнату прохладными потоками, и сопровождалась появлением ощущения тревоги и беспокойства. К тому же радиантное излучение не подавалось фотографированию (только при очень длительных экспозициях появляются намеки на что-то подобное объекту). Будучи очень похожими на свет, эти излучения, тем не менее, распространялись со сверхсветовыми скоростями (о чем можно было судить по времени огибания ими земного шара). О том, что радиантное излучение обладало свойствами, которых обычные поперечные электромагнитные колебания не имеют, свидетельствовал целый ряд фактов. Радиантная энергия распространялась по земле, т.е. передавалась по одному проводнику. При этом обычные лампы накаливания, будучи присоединенными к источнику (в том числе земле) одним контактом, были способны вызвать свечение, подобное по яркости дуговой лампе.

Эти световые эффекты наблюдались и в вакуумных трубках, не вызывая их нагрева. При проникновении излучения в металл из него вырывались голубые стрелы, опасные для жизни. При погружении выводов вторичной катушки вертикально в масло на его поверхности образовывалась полость глубиной до 5 см. Ни один из этих энергетических эффектов Н. Тесла не удавалось получить при помощи гармонических электромагнитных колебаний высокой частоты. Это было открытие совершенно нового вида энергии и излучения.

Следует особо подчеркнуть, что и трансформатор Тесла не был обычным электромагнитным устройством. Трансформация напряжения в нем происходила иначе, чем для электромагнитной энергии

(т.е. непропорционально числу ампер-витков). При этом напряжение на вторичной катушке могло превышать начальное напряжение на искровом разряднике в тысячи раз и достигать 100 млн  $V$ . К тому же развиваемое вторичной катушкой напряжение зависело от длительности импульса: возрастало с его укорочением. В разряднике, снабженном магнитом, радиантный ток не изменялся, несмотря на уменьшение электрического тока. Ток во вторичной катушке трансформатора Тесла не обнаруживался, однако напряжение увеличивалось с каждым сантиметром ее длины. При этом коэффициент трансформации был значительно выше обычного. В катушках трансформатора Тесла, как и в шунтированной цепочке ламп накаливания, наблюдалось «фракционирование» потока энергии: электроны двигались преимущественно через шунт (меньшее сопротивление), а «радиантный» поток энергии – через лампы (наибольшее сопротивление).

Радиантный поток энергии не был электромагнитным, поскольку он был нейтральным по отношению к зарядам и магнитному полю. Как подчеркивал сам Н. Тесла, «было бы большой ошибкой считать, что в моей системе передается электроэнергия». В то же время этот поток был подобен оптическому излучению, отличаясь от него лишь частотой и обусловленным этим специфическим характером взаимодействия с веществом. Это противоречило максвелловской интерпретации света как электромагнитной волны, что и побудило Н. Тесла посетить Г. Герца с целью убедить его в ошибочности интерпретации им результатов своих экспериментов [1].

Из немногих последователей Н. Тесла, в первую очередь, следует назвать доктора наук Томаса Генри Морея (1892–1974). Из устройств, на которые сохранилась патентная информация, заслуживает внимания, прежде всего установка Эдвина Винсента Грея (рис. 4.9) (1925–1989). За период 1961–1986 гг. он построил и запатентовал несколько прототипов самоподдерживающихся устройств «ЕМА» (Electric Magnetic Association), способных производить электрическую энергию без использования топлива и обеспечивать ею жилой дом, машину, поезд или самолет. Неоднократные демонстрации его технологии получили восторженные отклики в прессе, а сам Грей удостоился звания «Изобретатель года» (1976) и «Сертификата качества» от Р. Рейгана, в то время губернатора Калифорнии.

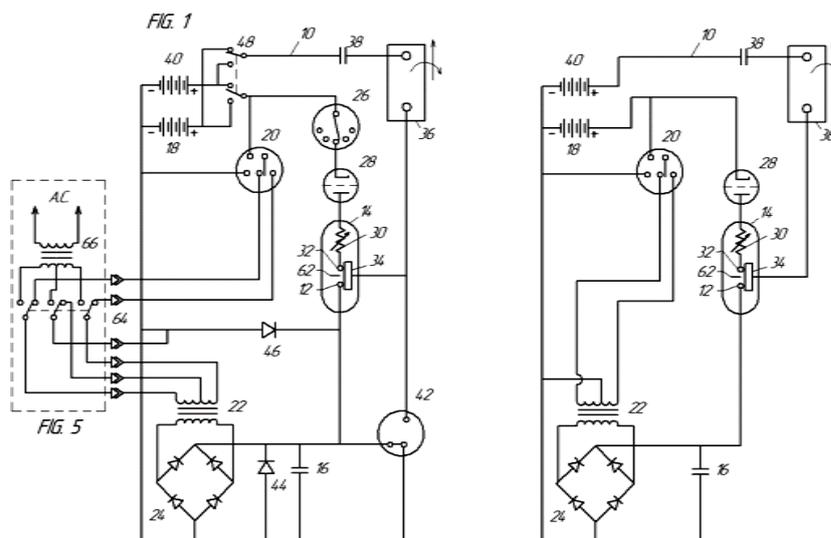


Рис. 4.9. Упрощенная схема трансмиттера Э. Грея

Выходным элементом у Теслы служит «поднятая уединённая ёмкость» ( $E$ ), заземленная через вторичную обмотку, у Грея – индуктивная нагрузка № 36, которая в первоначальной конструкции представляла из себя подпрыгивающие электромагниты, а в последующем – телевизор, радио, лампочки накаливания и двигатель на электромагнитах. Нагрузкой у Грея служил также трансформатор, понижающий напряжение для питания ламп накаливания и других устройств, а также дополнительный понижающий трансформатор для заряда вторичной батареи (рис. 4.10). Периодически переключая батареи, Грей не только восстанавливал затраченную электроэнергию, но и получал при этом внушительную «избыточную» энергию.

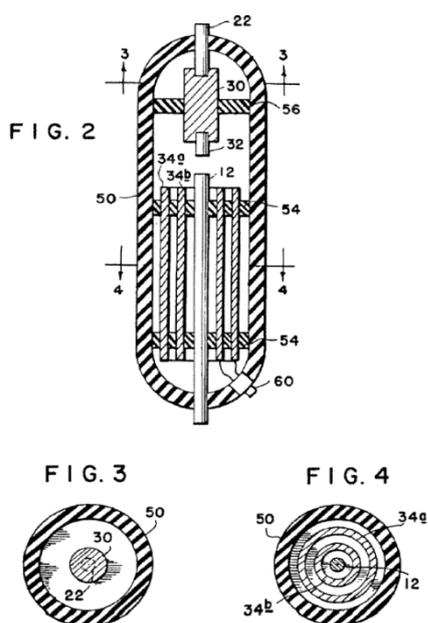


Рис. 4.10. Конверсионная трубка Грея

#### **4.8. Динамические преобразователи энергии с использованием постоянных магнитов**

Среди устройств, которые ошибочно относят к категории «вечных двигателей», наиболее многочисленным и разнообразным является класс генераторов тока, использующих постоянные магниты. Способность постоянных магнитов совершать полезную внешнюю работу была известна еще несколько веков назад. Столько же времени предпринимаются и усилия одиночек–энтузиастов в направлении их использования. Первый магнитный двигатель был предложен еще семь веков назад П. Пилигримом. В XVI веке созданием магнитного «перпетуум-мобиле» занимался иезуитский священник Й. Тайснериус. В последующем число подобных проектов лавинообразно нарастало, и к настоящему времени достигло такой величины, что можно вводить разветвленную классификацию этих устройств по различным признакам. Официальным подтверждением работоспособности некоторых из них явилась выдача специфической категории патентов США, требующей представления действующей модели устройства. Поэтому представляет интерес показать, что эта разновидность альтернаторов не нарушает законов физики и относится к «сверхъединичным» устройствам лишь по недоразумению.

То обстоятельство, что в огромном числе случаев магниты, совершая работу, не утрачивают своих свойств, можно объяснить только «подпиткой» их со стороны внешней среды. Установлено, что если постоянные магниты изолировать от внешней среды магнитным экраном, то при работе под нагрузкой они теряют свои магнитные свойства значительно раньше. Это подтверждено, например, на основании испытаний магнитных двигателей «Perendev» фирмой К. Андерсон, построившей два его работающих аналога. В отсутствие же нагрузки, как показали долговременные исследования, коэрцитивная сила постоянных магнитов изменяется крайне незначительно (в пределах от нуля для магнитов из редкоземельных материалов до 3 % для магнитов «Алнико» за  $10^4$  часов испытаний).

О нарушении равновесия между окружающей средой и постоянными магнитами при их работе под нагрузкой однозначно свидетельствует понижение температуры системы магнитов. Этот эффект был обнаружен во всех без исключения действующих установках на постоянных магнитах. В генераторе Флойда это понижение температуры достигало 20 °С.

Легко убедиться простыми расчетами, что энергообмен постоянных магнитов с внешней средой не ограничивается диапазоном теплового излучения. О том, что нетепловое излучение воспринимается телами как совершенная над ними работа, свидетельствуют такие явления, как фотоэффект, фотосинтез, фотохимические и фотоядерные реакции и т.п. Известно также, что магнитная индукция зависит от площади, «ометаемой» электронами в их орбитальном движении, и может не только убывать в процессе излучения или совершения постоянным магнитом работы, но и восстанавливаться в процессе поглощения энергии орбитальными электронами извне. Таким образом, «механизм» энергообмена эфира с магнитами в основном понятен – это поглощение энергии колебаний плотности эфира (или, как предпочитают говорить некоторые, «радиантной» энергии) с превращением ее в движение орбитальных электронов. Однако с позиций энергодинамики как безгипотезной (феноменологической) теории физический механизм этого явления не имеет значения. Важно лишь то, что в любом случае длительно допустимая мощность магнитных двигателей лимитируется величиной их энергообмена с источником энергии. Последнее означает, что с позиций энергодинамики относиться к постоянным магнитам необходимо так же, как и к любым другим рабочим телам, совершающим циклический процесс, и ни о каких «вечных двигателях» речи быть не может. В таком случае можно показать, что работа генераторов на постоянных магнитах основывается на тех же закономерностях, что и другие тепловые или нетепловые машины. Действительно, элементарная работа магнитного двигателя на каком-либо участке кругового процесса  $dW_{\text{ц}}$  определяется круговым интегралом от дифференциальной формы

$$dW_{\text{ц}} = B \cdot dZ_{\text{м}}, \quad (4.13)$$

где  $B$ ,  $Z_{\text{м}}$  – соответственно магнитная индукция и намагниченность рабочего тела в целом. Разделим, как и прежде, круговой процесс на два участка, 1–2 и 2–1, в пределах которых изменение абсолютной величины намагниченности  $Z_{\text{м}}$  имеет один и тот же знак ( $dZ_{\text{м}} > 0$  или  $dZ_{\text{м}} < 0$ ).

Тогда, обозначая модуль магнитной индукции  $B$  на «прямом» и «обратном» участке цикла соответственно одним и двумя штрихами и учитывая, что  $dZ_{\text{м}}'' = -dZ_{\text{м}}'$ , вместо (4.13) можем написать:

$$W_{\text{ц}} = \int (B'' - B') dZ_{\text{м}}'. \quad (4.14)$$

Отсюда следует, что если средняя магнитная индукция материала будет одинаковой как в процессе восстановления намагниченности материала ( $B''$ ), так и при совершении им работы ( $B'$ ), то работа циклического процесса будет равна нулю. Сказанное иллюстрирует рис. 4.11, на котором изображен произвольный цикл магнитного двигателя, напоминающий непределенную петлю гистерезиса. В последнем случае работа этого цикла, определяемая его площадью, целиком рассеивается вследствие потерь. Следовательно, необходимо каким-либо образом изменять характер «прямого» 1–2 и «обратного» 2–1 процесса с тем, чтобы увеличить площадь цикла за счет совершения полезной внешней работы  $dW_M$ .

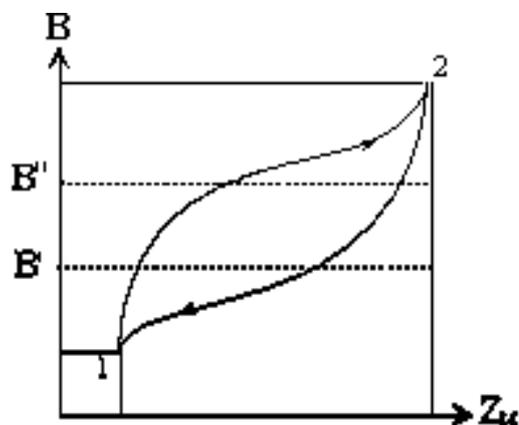


Рис. 4.11. Цикл магнитного двигателя

## 4.9. Динамические преобразователи энергии с использованием постоянных магнитов

### 4.9.1. Магнитный мотор-генератор Р. Адамса

Другой способ предложил Роберт Адамс. В его мотор-генераторе (рис. 4.12, 4.13) «асимметрия» прямого и обратного хода достигается подачей электрических импульсов на дополнительную обмотку, размагничивающую статор в момент противостояния магнитов ротора и статора.

И хотя традиционная наука говорит, что постоянные магниты не могут быть использованы в качестве источника энергии, реальность такова, что они просто не знают методов, необходимых для извлечения магнитной силы.

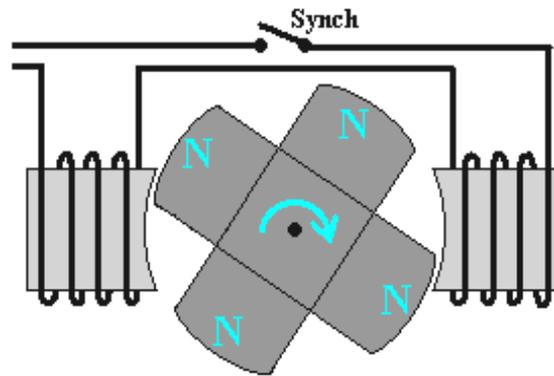


Рис. 4.12. Мотор Адамса

Мотор Адамса питает двигатель от постоянных магнитов, установленных на роторе, а не от электрических импульсов электромагнитов статора, обеспечивающих движущую силу двигателя.



Рис. 4.13. Магнитный мотор-генератор Адамса

#### 4.9.2. Генераторы тока Сёрла

Генераторы тока основаны на использовании эффекта «самоускоряющегося вращения» английского профессора Дж. Сёрла (Mortimer, Borkshire) (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Генератор Сёрла

В 50-х годах прошлого столетия Сёрл обнаружил, что добавление небольшой компоненты переменного тока ( $\sim 100 \text{ mA}$ ) радиочастоты ( $\sim 10 \text{ MHz}$ ) в процессе изготовления постоянных ферритовых магнитов придает им новые и неожиданные свойства. Они заключались в самопроизвольном качении роликов по цилиндрической поверхности центрального магнита после придания одному из них небольшого импульса. Эффект объясняется явлением гистерезиса – разность сил притяжения и отталкивания магнитов возникает за счет запаздывания перемагничивания.

### 4.9.3. Исследования эффекта Сёрла в России

В России эффект Сёрла исследовался в Институте высоких температур РАН. Сотрудники этого института В. Роцин и С. Годин в 1992 г. построили генератор, который они назвали «магнитодинамическим конвертером».

На рис. 4.15 представлен Российский конвертер Роцина – Година.

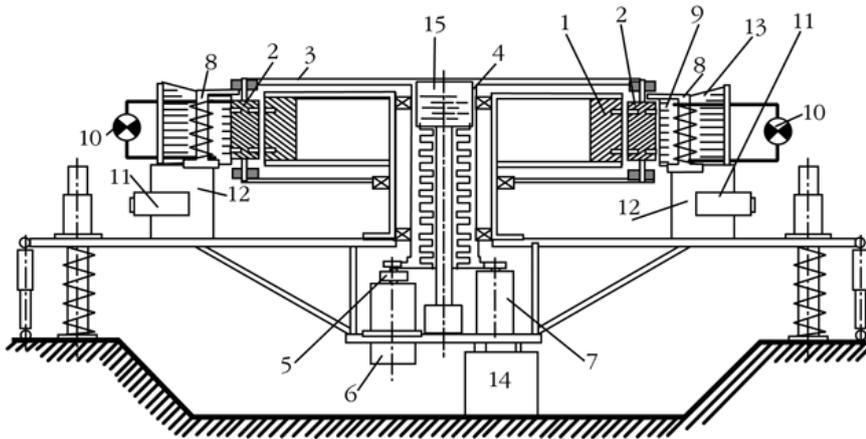


Рис. 4.15. Конвертер Роцина – Година:

1 – статор с постоянными магнитами; 2 – магнитные ролики; 3 – сепаратор; 4 – вал; 5 – фрикционные обгонные муфты; 6 – пусковой двигатель; 7 – электродинамический генератор; 8 – электромагнитные преобразователи; 9 – магнитопроводы; 10 – нагрузка

Конвертер представлял собой статор с секторными постоянными магнитами 1 и кольцевой ротор с вращающимися магнитными роликами 2. Диаметр ротора – 1 м, его масса – 500 кг. Сегменты ротора выполнены на основе редкоземельных магнитов и намагничивались путём разряда батареи конденсаторов через индуктор. В отличие от диска Сёрла, в установке В. Роцина и С. Година высокочастотное подмагничивание не применялось. «Зацепление» роликов с кольцевым магнитом ротора осуществлялось по принципу шестерен размещением в статоре и роликах поперечных магнитных вставок из NdFeB с остаточной индукцией 1,2 Тл.

Между поверхностью статора и роликами был оставлен воздушный зазор 1 мм. Элементы магнитной системы были собраны в единую конструкцию на платформе из немагнитных сплавов. Эта платформа была снабжена пружинами, амортизаторами и имела возможность вертикального перемещения по трём направляющим, что измерялось индукционным датчиком 14. Статор 1 был укреплен неподвижно, а ролики 2 – на общем подвижном сепараторе 3 с помощью динамических воздушных подшипников. Сепаратор был жестко связан с валом 4 и посредством фрикционных обгонных муфт 5 с пусковым двигателем 6 и с электродинамическим генератором 7. Вдоль ротора были расположены электромагнитные преобразователи 8 с разомкнутыми магнитопроводами 9. Нагрузка 10 была выполнена в виде ламп накаливания. Установка запускалась в действие путём раскрутки ротора с помощью электродвигателя. При  $\sim 550$  об/мин обороты ротора самопроизвольно начинали возрастать, несмотря на отключение электродвигателя и присоединение к валу электродинамического генератора. Для удержания оборотов к генератору ступенчато подключалась нагрузка в виде набора обыкновенных ТЭНов. Максимальная отводимая мощность в установке составила 7 кВт.

Помимо генерирования «избыточной мощности», в установке наблюдался целый ряд необычных эффектов: уменьшение веса платформы (которое достигло 35 % от первоначального); вертикальные концентрические зоны повышенной напряженности магнитного поля порядка 0,05 Тл и аномальное падение температуры (на 6–8 °С) в непосредственной близости от конвертора. Невозможность объяснить весь этот комплекс эффектов свидетельствует о серьезном отставании теории.

Следует отметить, что создание альтернаторов перешло уже в стадию практических разработок. Так, совсем недавно швейцарская фирма SEG объявила о намерении выпустить на рынок генератор, работающий на эффекте Сёрла.

Устройством, выпуск которого запланирован в первую очередь, станет компактный 15-киловаттный генератор с размерами примерно 46×61×12 см, который можно настроить для выработки постоянного или переменного токов различного напряжения в диапазоне от 12 до 240 В.

Каждый такой генератор способен выработать 60 МВт/ч энергии, прежде чем встанет необходимость в его перемагничивании. Предлагаемая модель генератора «D15AP» состоит из трех четырехслойных концентрических колец, каждое из которых изготовлено из композита.

Эти кольца расположены по отношению друг к другу концентрически и прикреплены к основанию. Вокруг каждого кольца свободно вращаются ролики в количестве 10 штук вокруг первого кольца, 25 – вокруг второго и 35 – вокруг третьего. За роликами, расположенными по диаметру внешнего кольца, находятся катушки, соединенные различными способами, что дает возможность вырабатывать либо постоянный, либо переменный ток различного напряжения. Выходные катушки должны быть рассчитаны таким образом, чтобы напряжение тока на выходе составляло 240 В при 15 кВт мощности.

#### **4.10. Преобразование гравитационной энергии**

##### ***4.10.1. Преобразователи гравитационной энергии***

В настоящее время становится более понятной работа преобразователей гравитационной энергии, с которых, собственно, и начиналась история создания «perpetuum mobile». Поиск вечно движущихся технических устройств уходит своими корнями в философию Древнего Востока и идею вечного движения во Вселенной. Оттуда же исходят и первые документальные свидетельства о создании двигателей, использующих силу тяжести. Таково, в частности, «самовращающееся колесо» Бахаскара (Индия) с тангенциально-расположенными трубами, до половины заполненными водой, которое демонстрировалось в середине XII в. В Европе первые проекты такого рода механических «вечных двигателей» относятся к XIII в.: колесо с семью грузами В. Оннекура (V. de Nonnecourt, 1245, Франция); аналогичное колесо В. Марикура (V. Maricourt, 1269, Франция). Ряд чертежей устройств такого типа, где падающие вертикально вниз грузики или вода вращают колесо, производя полезную работу, оставил Leonardo da Vinci. В Италии в 1438 г. М. Жакопо построил систему из восьми стержней, радиально расположенных в плоскости вращения и сгибающихся в одном направлении. Благодаря этому левая половина системы отличается по весу от правой, обеспечивая ее вращение. В 1610 г. (предположительно) создал перпетуум-мобиле К. Дребель (Cornelis Drebbel), алхимик и маг. Большое количество устройств такого типа к 1630 г. разработал Р. Фладд (Robert Fludd). Позднее, в 1870 г., многие пытались получить патенты на различные вариации устройства Фладда. В 1664 г. в Германии разработал «шариковый» перпетуум-мобиле У. Карнах (Ulrich von Carnach). В 1667–1748 гг. проект устройства флюидной энергии представил известный ученый Ж. Бернулли (Jean Bernoulli). В 1686 г. Боклер (Bockler) сконструировал «самовращающиеся мельницы», используя различные варианты винтов Архимеда.

В Англии первый патент на перпетуум-мобиле был выдан в 1635 г. на четырехметровое колесо Э. Соммерсета (E. Somerset) с 14-ю грузами по 25 кг. Испытания машины с блеском прошли в Лондоне в присутствии короля Карла, о чем имеется запись в архивах. Одно из таких колес Е. Сомерсет демонстрировал в 1638 г. королю Франции. Характерно, что к 1903 г. в Англии было выдано уже 600 патентов на подобные устройства.

Наибольшую известность в начале XVIII века приобрело колесо Ж. Бесслера (J. Bessler), более известного как Орфериус (Orffyreus). На протяжении нескольких десятков лет он публично демонстрировал различные модели своего колеса, приводившегося в движение грузами внутри колеса, создававшими ассиметричный момент сил при его вращении. Последняя из его конструкций имела 6 футов в диаметре, 12 дюймов толщиной и вращалась со скоростью 42 об/мин. Это колесо не только поддерживало непрерывное вращение, но и позволяло совершать полезную работу, например, поднимать груз массой 16 кг на высоту 1,5 м. Его функционирование неоднократно проверяли известные ученые и официальные лица, а немецкий принц Карл, посвященный в его устройство, выдал Орфериусу сертификат на «вечный двигатель». Под контролем компетентной комиссии из 11 человек (среди членов которой был профессор Грависант, близкий друг Ньютона) в 1717 г. колесо сорок дней проработало в замкнутом опечатанном помещении, и при внезапной проверке было обнаружено по-прежнему вращающимся со скоростью 26 об/мин. Попытки многократно повторялись, при этом комиссией тщательно проверялась возможность существования скрытых приводов (для чего колесо меняло местоположение).

Как видим, созданием вечных двигателей занимались отнюдь не шарлатаны. Поэтому вовсе не к чести одной из наиболее авторитетных в то время Парижской академии наук следует отнести ее решение в 1775 г. (т.е. задолго до открытия закона сохранения энергии) «раз и навсегда» не рассматривать такие проекты. Нелишне отметить, что ранее та же Академия отказалась рассматривать существование метеоритов, считая абсурдным возможность падения камней с неба. Всем известно, каким конфузом это обернулось. Вполне вероятно, что, если бы французские академики не отмахнулись от внимательного и объективного рассмотрения подобных устройств, пути развития энергетики и науки в целом были бы иными. Однако в реальной жизни наблюдалась обратная картина: когда публично демонстрировалось работающее устройство, выдававшееся за «perpetuum mobile», обоснованного опровержения не следовало, и обычно дело заканчивалось журнальным памфлетом.

#### 4.10.2. Основы гравитационной теории

Казалось бы, отношение к проблеме вечного двигателя должно было поменяться после установления закона сохранения энергии, когда стало ясно, что полезная (упорядоченная) работа – это лишь количественная мера процесса превращения энергии из одной формы в другую при сохранении ее в системе как целом [13]. При таком понимании вопрос о каких-либо «затратах» энергии при совершении работы должен был отпасть сам собой, поскольку становилось ясным, что количество «затраченной» энергии всегда будет равно сумме полезной и диссипативной работ, сопровождающих этот процесс. В таком случае научный и технический интерес представляет не столько природа преобразуемой формы энергии, сколько соотношение этих работ, т. е. зависящий от конструкции машины и протекающих в ней процессов относительный КПД этих устройств. Следует отметить, что в этом отношении основоположник термодинамики С. Карно был значительно ближе к излагаемой позиции, чем его «последователи», поскольку теплота в его понимании была неуничтожимым флюидом (теплородом), и вопрос о ее «расходовании» в процессе совершения работы не мог даже возникнуть. Более правильным было и его понимание возможности использования «живой силы» тепла окружающей среды, которую он выразил словами: «повсюду, где имеется перепад температур, может возникнуть и живая сила» (С. Карно, 1824). Он же указал и на пути достижения наилучшего соотношения между полезной и диссипативной (в теперешнем понимании) работой. Именно эту цель поставила перед собой энергодинамика, обосновавшая единство законов преобразования любых форм энергии и развившая на этой основе теории подобия и производительности тепловых и нетепловых, циклических и нециклических, прямых и обратных машин (В. Эткин, 2008). Эти теории осуществили дальнейшее обобщение и синтез термодинамики, теории энергообмена и экономики, показав, что суть дела состоит не в форме преобразуемой энергии, а в организации процесса её преобразования. Это имеет непосредственное отношение к гравитационной энергии, порожденной неравномерным распределением в эфире вещества (массы). Запрет на преобразование гравитационной энергии и отнесение таких преобразователей к разряду «вечных двигателей» основано на законе тяготения И. Ньютона, который обычно записывается в виде:

$$F_g = GgrmM/r^3, \quad (4.15)$$

где  $Gg$  – гравитационная постоянная;  $M$ ,  $m$  – масса «полеобразующего» и «пробного» тела;  $r$  – расстояние между их центрами.

Этому выражению соответствует гравитационный потенциал.

$$\psi_g = GgM/r. \quad (4.16)$$

Если теперь представить себе произвольную циклически действующую машину, совершающую работу  $Wg$  за счет энергии гравитационного поля, то в соответствии с выражением (4.16) она будет равна нулю независимо от характера кругового процесса:

$$Wg = - \int m d\psi_g = GgmM \int r^{-2} dr = 0, \quad (4.17)$$

поскольку пробное тело в этом процессе всегда возвращается в исходное положение. Совершенно иным будет положение дел, если подойти к этому вопросу с позиций системного подхода и рассмотреть ту же задачу в условиях произвольного распределения масс в эфире. В таком случае гравитационный потенциал определяется выражением:

$$\psi_g = - Gg \int (\rho/r) dV + C, \quad (4.18)$$

где  $r$  – расстояние между элементом объёма  $dV$  и точкой, в которой определяется потенциал  $\psi$ ;  $C$  – произвольная постоянная.

В частном случае произвольного расположения  $k$  тел с массами  $M_k$  и  $r = r_k$  этот потенциал выражается суммой:

$$\psi_g = - \sum k Gg M_k / r_k + C. \quad (4.19)$$

Таким образом, если в ходе циклического процесса рабочего тела массой  $m$  происходит малейшее изменение взаимного расположения полеобразующих тел с массами  $M_k$ , то даже в случае восстановления положения этого тела с одним из них (например, с Землей) потенциал  $\psi_g$  претерпит преобразование, и работа  $Wg$  станет отличной от нуля. На этом принципе и функционируют приливные электростанции, где подъем воды во время прилива обусловлен взаимодействием Земли с Луной и сопровождается некоторым смещением центра тяжести нашей планеты относительно неё и других небесных тел. Поскольку этот процесс носит необратимый характер, т.е. сопровождается потерями на трение и превращением части гравитационной энергии в технически пригодные её

формы, подобные изменения постепенно накапливаются. Отсюда следует, что и этот источник энергии не является «вечным». С этих позиций становится более очевидным, что и в этом случае Парижская академия наук поспешила объявить любые проекты такого рода «вне закона».

#### **4.11. Проект бестопливной миниэлектростанции для повышения эффективности работы генерирующих систем**

##### ***4.11.1. Гравитационный генератор Часа Кэмпбелла***

Все тела при свободном падении получают одинаковое ускорение. Этот закон был установлен Галилеем в 1583 году. Причем во время падения наблюдается закон сохранения энергии: потенциальная энергия тела полностью переходит в кинетическую, когда оно достигает границу земли.

Но если этот закон справедлив для всех тел, то он справедлив и для падающего заряженного тела. Предположим, что с высоты 10 м бросается заряженное тело весом в 1 кг, его заряд равен  $Q_1$ .

Потенциальная энергия заряда  $Q_1 = 0$ , потому что он не находится в статическом поле. Теперь это тело начинает падать с ускорением  $g = 9,8$  м/с, но с таким же ускорением движется и заряд на этом теле. Общая энергия падающего заряженного тела состоит из кинетической энергии самого тела и его потенциальной энергии. На границе с землей первоначальная потенциальная энергия нашего тела полностью перейдет в кинетическую, которая определяется:

$$W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}. \quad (4.20)$$

При ускоренном движении заряженного тела этот заряд рассматривается как ток, направление которого совпадает с направлением его падения. Сила этого тока все время возрастает, потому что заряд, как и тело, приобретает равное ускорение  $g = 9,8$  м/с. Но если сила тока меняется, то вокруг него создается переменное магнитное поле, энергия которого все время возрастает, потому что увеличивается сила тока. На образование энергии переменного магнитного поля не затрачивается кинетическая энергия тела, потому что если бы это было так, то это противоречило бы закону свободного падения, где все тела получают

одинаковое ускорение. Причем, если заряд  $Q_1$  очень большой, то энергия переменного магнитного поля во время его движения может в несколько раз превосходить кинетическую энергию падающего тела [17].

Дальше, если это свободное падение заряженного тела заменить электродвигателем, вращающим заряд по эллипсу или по кругу, то в этом случае можно получить то же ускоренное движение заряда, создающего вокруг себя переменное магнитное поле, которое может запитывать генератор. На этом принципе и построен гравитационный генератор австралийца Часа Кэмпбелла.

Он использовал свой двигатель, чтобы вращать серию валов, один из которых имеет тяжелый маховик, установленный на нем. Окончательный вал вращает стандартный электрический генератор, и Час обнаружил, что он смог получить питание для электрооборудования от этого генератора, которое требует больше тока, чем может создать его приводной двигатель.

Час пошел дальше, и когда система начала работать на полной скорости, он переключил питание двигателя от сетевой розетки на генератор. Система продолжала функционировать, питая себя и другое оборудование.

Проанализировав изобретение Часа Кэмпбелла, можно объяснить принцип действия гравитационного генератора, который заключается в следующем. Двигатель вращает маховик через ремень. Маховик при помощи такого же ремня вращает другой вал и далее генератор. Во время работы всей системы благодаря трению на ремне накапливается определенной величины заряд за некоторый период времени. Заряд получает то же ускорение, что и вращающийся ремень. Следовательно, вокруг генератора этим заряженным ремнем создается переменное магнитное поле, которое запитывает генератор. Маховик используется как механический накопитель энергии для того, чтобы в момент отключения и подключения двигателя к генератору, последний продолжал работать. Следовательно, можно сделать вывод, что система будет продолжать функционировать, питая себя и другое оборудование.

На рис. 4.16 приведена схема гравитационного генератора Кэмпбелла.

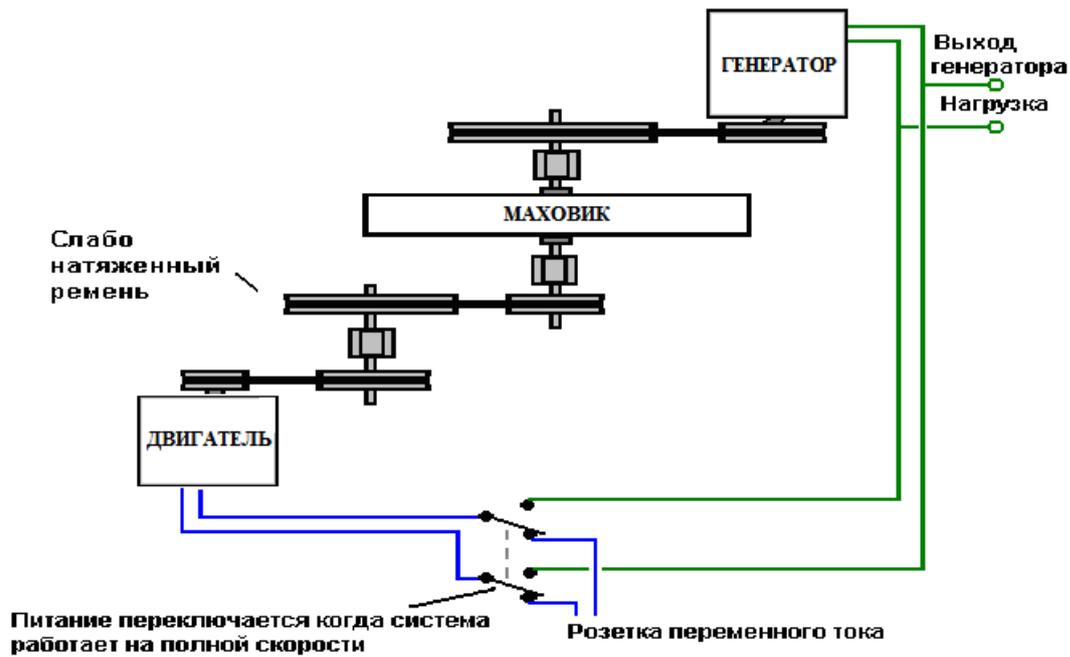


Рис. 4.16. Принципиальная схема гравитационного генератора Часа Кэмпбелла

В 1998 году Джекоб сделал заявление по установкам типа Часа Кэмпбелла. Джекоб анализировал работу установки и обратил внимание на ключевой фактор системы. Он заявил, что очень важная особенность высокой эффективности всей установки подобного типа – отношение диаметров шкивов на оси, которая содержит разгонный маховик, особенно, где маховое колесо вращается на высокой скорости. Шкив со стороны вала мотора должен быть в 3 или 4 раза большим, чем шкив со стороны вала генератора. Используя двигатель, как у Часа на 1430 об/мин, и обычный генератор на 1500 об/мин, соотношение шкивов 12:9 (в дюймах) дает прирост мощности на ось привода маховика и удовлетворительную скорость генератора, обеспечивая передачу мощности с вала мотора в 3,27 раза по отношению к 9" диаметру. Мощность передается на шкив диаметром 2,75" маховика и затем на аналогичный шкив оси генератора. Если генератор, который был разработан для использования в ветряных установках, имеет пиковую выходную мощность при 600 об/мин, то соотношение диаметров шкивов может дать лучший результат.

Кроме того, можно применять струю воды или воздуха от мощного водяного насоса (компрессора) на лопасти, приводя в движение колесо с помощью серий импульсов. Вал, на котором установлено колесо, будет вращать стандартный электрический генератор, рекомендуется использовать для зажигания обычных лампочек.

Далее можно отключить электропитание водяного насоса и перевести его к генератору, который вращается колесом.

Результатом является то, что насос (компрессор) питает себя, давая избыточную электроэнергию, используемую для питания других электрических устройств (рис. 4.17).

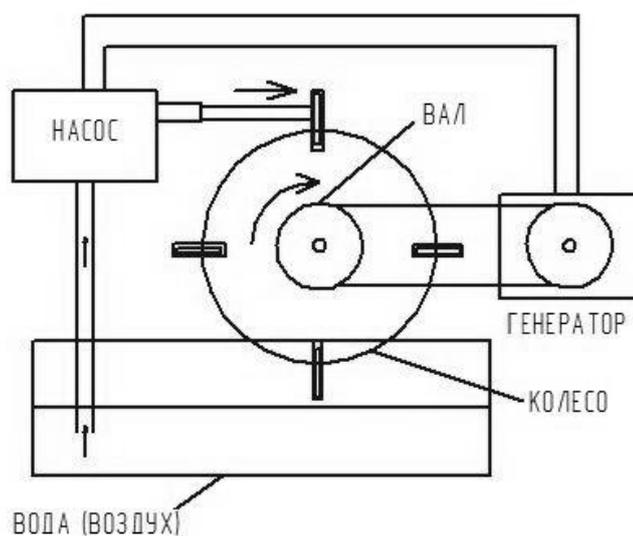


Рис. 4.17. Принципиальная схема гравитационного жидкостного (газового) генератора свободной энергии

#### **4.11.2. Проект бестопливной миниэлектростанции**

Бестопливная миниэлектростанция – это проект, и поэтому были проведены теоретические исследования по обоснованию выбранной конструкции. Проект основан на изобретении Часа Кэмпбелла, который обнаружил, что если использовать двигатель переменного тока, подключенный к сети, то можно получить больше работы, чем необходимо для функционирования двигателя. Отметим то, что рассматриваемое устройство действует на основании закона сохранения энергии. В создании проекта бестопливной миниэлектростанции импонирует то, что все материалы и элементы конструкции доступны как в приобретении, так и в изготовлении [7].

Рассматриваемая конструкция работает за счет силы инерции маховика, разогнанного до рабочей скорости. С одной стороны, электродвигатель раскручивает маховик (в дальнейшем подкручивает), с другой – маховик крутит генератор. Назначение маховика – увеличение крутящего момента. Достоинствами комплекса элементов станции является ее мобильность и запуск ее без внешних источников питания. Бестопливная миниэлектростанция может быть вписана в комплекс ветроустановки (исключая ветрогенератор с контроллером заряда аккумуляторной батареи) (рис. 4.18).

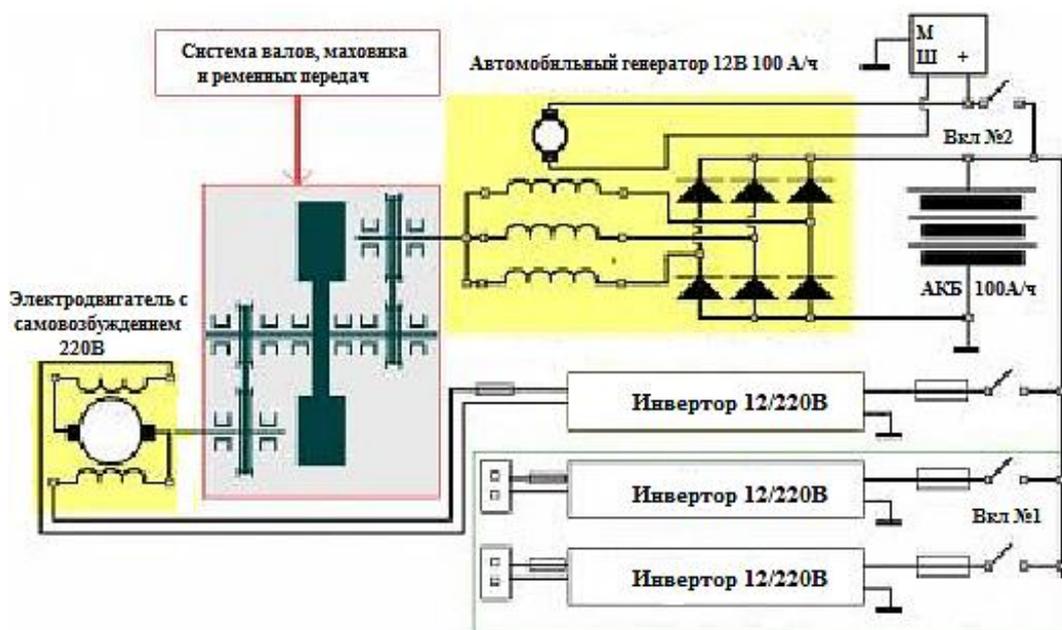


Рис. 4.18. Электрическая принципиальная схема бестопливной миниэлектростанции

## Выводы

1. Проблема использования свободной энергии становится все более актуальной из-за ухудшения экологической обстановки во всем современном мире и в связи с интенсивным ростом цен на газ и нефть.

2. Генератор свободной энергии позволяет сделать мир чище и наполнить его энергией, доступной каждому в любой точке.

3. При помощи методов получения свободной энергии можно остановить выброс «парниковых газов» и закрыть все атомные электростанции.

4. Внедрение и использование бестопливных генераторов остается пока не решенным, так как выгода очевидна только для тех потребителей, кто производит энергию и распределяет ее под своим контролем.

5. Разрабатываются проекты бестопливных миниэлектростанций, позволяющих в ближайшем будущем расширить использование свободной энергии, найти более широкое применение альтернативной электроэнергетики.

## Контрольные вопросы

1. Раскройте термин «свободная энергия» и расскажите о возможных путях ее использования.

2. Как Вы понимаете процесс получения и использования свободной энергии?

3. Объясните явление резонанса в электрическом контуре.
4. В каком случае при резонансе мощность будет максимальной?
5. Каковы назначение, состав и принцип работы трансформатора Николы Тесла?
6. Расскажите о назначении, составе и принципе работы колебательного контура Николы Тесла.
7. Перечислите особенности работы генерирующего устройства Дональда Смита.
8. Охарактеризуйте основные методы получения свободной энергии, покажите их общие и отличные черты.
9. В чем особенность динамических преобразователей энергии с использованием постоянных магнитов?
10. Что представляют собой работа с использованием постоянных магнитов, магнитный мотор-генератор Р. Адамса?
11. Охарактеризуйте особенности получения и преобразования гравитационной энергии.
12. Расскажите о повышении эффективности работы генерирующих систем, гравитационном генераторе Часа Кэмпбелла.

## ГЛАВА 5. БЕСПРОВОДНАЯ И ОДНОПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА РАССТОЯНИЕ

### 5.1. Современное состояние и перспективы использования систем беспроводной и однопроводной передач электрической энергии

#### 5.1.1. Состояние и перспективы применения систем беспроводной передачи электрической энергии

Среди систем, обеспечивающих эффективное функционирование предприятий сельского хозяйства и промышленности, большое место занимают системы энергообеспечения. Большинство потребителей получает электроэнергию от централизованного источника – государственных энергосистем и основной системы электроснабжения – электрических сетей.

В настоящее время передача электрической энергии производится различными способами и, прежде всего, наиболее широко распространенной трехфазной системой.

Большая протяженность, разветвленность, малые мощности и объемы потребляемой электроэнергии, необходимость значительных капитальных и эксплуатационных затрат являются серьезными факторами, определяющими необходимость поиска удешевления систем централизованного электроснабжения, снижения металлоемкости и других материалов на их сооружение и эксплуатацию.

Из общего курса электротехники известно, что питание к нагрузке электрической цепи подаётся посредством двух проводников, ток в которых течёт в разных направлениях (рис. 5.1). Проводники образуют замкнутую электрическую цепь, что обеспечивает прохождение электрического тока через нагрузку. Этот принцип положен в работу современных систем питания различных устройств.

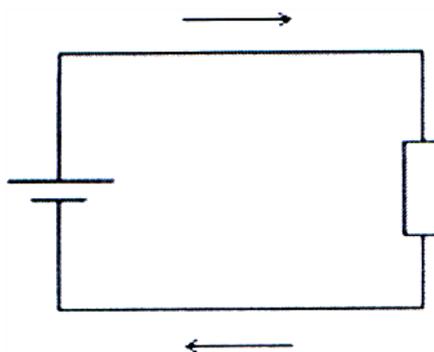


Рис. 5.1. Замкнутая электрическая цепь

Вместе с этим существует возможность передачи электроэнергии с помощью одного проводника, диэлектрика или вообще без него.

В обычной электрической цепи, чтобы существовал ток, необходимо выполнение двух условий: цепь должна быть замкнута и в ней должна присутствовать ЭДС.

Система однопроводной передачи основана на другом принципе, суть которого заключена в том, что ток, текущий по проводнику, не несёт в себе электрическую энергию.

Беспроводная передача электричества – способ передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической цепи.

Технологические принципы такой передачи включают в себя индукционный (на сравнительно малых расстояниях и мощностях), резонансный (используется в бесконтактных смарт-картах и чипах RFID) и направленный электромагнитный для относительно больших расстояний и мощностей (в диапазоне от ультрафиолета до сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения).

Необходимо различать беспроводную передачу электрических сигналов и электрической энергии. В первом случае человечество добилось больших успехов, во втором оно делает первые шаги. В 2010 году Haier Group удивила мир первым в мире LCD-телевизором. В основе разработки лежали исследования по беспроводной передаче энергии и на беспроводном домашнем цифровом интерфейсе (WHDI).

Целью мировой беспроводной системы Теслы являлось совмещение передачи энергии с радиовещанием и направленной беспроводной связью, которое бы позволило избавиться от многочисленных высоковольтных линий электропередачи и содействовало бы объединению электрических генераторов в глобальном масштабе.

К настоящему времени проведены успешные опыты передачи энергии мощностью до десятков киловатт в микроволновом диапазоне с КПД около 40 %, однако, еще в 1893 году Никола Тесла продемонстрировал беспроводное освещение люминесцентными лампами как проект для Колумбовской всемирной выставки в Чикаго. В 1897 году ученый зарегистрировал первый план беспроводной передачи электричества. Но способ, разработанный Тесла, не нашел широкого практического применения, что было, прежде всего, связано с недостаточностью для экономического развития уже имеющихся базовых изобретений в электроэнергетике. Столь же холодно были восприняты попытки Тесла предложить новые – революционные способы генерации –

взамен ранее выдвинутым им же методам. В 1917 году была разрушена принадлежавшая ему башня Ворденклифа, построенная для проведения опытов по беспроводной передаче больших мощностей.

Успехи современной беспроводной передачи выглядят скромно по сравнению с размахом работ Тесла столетней давности. Однако именно в наши дни кризис новой когда-то электроэнергетики делает работы по беспроводной передаче электричества чрезвычайно актуальными и ценными.

Современная беспроводная передача не могла появиться и развиваться без трудов А. Ампера, показавшего, что электрический ток создает магнитное поле (1820 г.), М. Фарадея, открывшего закон индукции (1831 г.), Д. Максвелла, создавшего теорию и математическое описание электромагнитного поля (1864 г.), Г. Герца, подтвердившего существование электромагнитного поля созданием передатчика «радиоволн» в диапазонах СВЧ или ультра высоких частот (УВЧ) (1888 г.).

Наряду с отмеченными выше работами, можно выделить демонстрацию А. Поповым изобретённого им радиоприёмника на заседании физического отделения Русского физико-химического общества (1895 г.), передачу радиосигнала через Атлантический океан Ф. Маркони, который использовал аппарат Тесла (1901 г.), а также большое число научных разработок, появившихся в последнее время. Это воспроизводство сотрудниками фирмы «Intel» опытов Николы Тесла 1894 г. и группы Джона Брауна 1988 г. по беспроводной передаче энергии для свечения ламп накаливания с КПД, равным 75 %, (2008 г.) и выяснение учёными из Вашингтонского университета возможности передачи электричества посредством технологии Wi-Fi (2015 г.).

## **5.2. Технологии беспроводной передачи**

Начавшие распространяться в наши дни беспроводные зарядные устройства для всевозможных гаджетов демонстрируют возрождение интереса к беспроводной передаче электроэнергии. Перспективы этого направления колоссальны. Не случайно в 2008 г. корпорация «Intel» попыталась воспроизвести опыты Тесла 1894 г., а также группы Джона Брауна 1988 г. по беспроводной передаче энергии для свечения ламп накаливания с 75 % КПД. Задачи и успехи современной беспроводной передачи выглядят скромно по сравнению с размахом работ Тесла столетней давности. Однако именно в наши дни кризис электроэнергетики делает работы по беспроводной передаче электричества чрезвычайно актуальными и ценными.

### ***5.2.1. Ультразвуковой способ передачи энергии***

Ультразвуковой способ передачи энергии изобретён студентами университета Пенсильвании и впервые широкой публике представлен на выставке «The All Things Digital» (D9) в 2011 г. Использовался приёмник и передатчик. Передатчик излучал ультразвук, приёмник преобразовывал звук в электричество (расстояние передачи 7–10 м, должна быть обеспечена прямая видимость приёмника и передатчика, передаваемое напряжение 8 В).

### ***5.2.2. Метод электромагнитной индукции***

Используется ближнее электромагнитное поле на расстояниях около одной шестой длины волны. Благодаря электродинамической индукции переменный электрический ток, протекающий через первичную обмотку, создаёт переменное магнитное поле, которое действует на вторичную обмотку, индуцируя в ней электрический ток. Для достижения высокой эффективности взаимодействие должно быть достаточно тесным. По мере удаления вторичной обмотки от первичной, всё большая часть магнитного поля не достигает её.

Простейшим устройством для беспроводной передачи энергии является электрический трансформатор.

Использование резонанса несколько увеличивает дальность передачи.

### ***5.2.3. Электростатическая индукция***

Электростатическая или ёмкостная связь представляет собой процесс прохождения электроэнергии через диэлектрик. На практике это градиент электрического поля или дифференциальная ёмкость между двумя или более изолированными клеммами, пластинами, электродами или узлами, возвышающимися над проводящей поверхностью. Электрическое поле создается за счёт заряда пластин переменным током высоких частоты и высокого потенциала. Ёмкость между двумя электродами и питаемым устройством образует разницу потенциалов.

Электрическая энергия, передаваемая с помощью электростатической индукции, может быть использована в приёмном устройстве, например таком, как беспроводные лампы. Тесла продемонстрировал беспроводное питание ламп освещения энергией, передаваемой переменным электрическим полем.

#### ***5.2.4. Микроволновое и сверхвысокочастотное излучения***

СВЧ-излучение – электромагнитное излучение, включающее в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазоны радиоволн (длина волны от 1 м – частота 300 МГц до 1 мм – 300 ГГц).

Микроволновое излучение большой интенсивности используется для бесконтактного нагрева тел (как в бытовых, так и в промышленных микроволновых печах для термообработки металлов), в хирургии.

Микроволновое излучение малой интенсивности применяется в средствах связи, преимущественно портативных – рациях, сотовых телефонах (кроме первых поколений), устройствах Bluetooth, Wi-Fi и WiMAX.

Радиоволновую передачу энергии можно сделать более направленной, значительно увеличив расстояние эффективной передачи энергии путём уменьшения длины волны электромагнитного излучения, как правило, до микроволнового диапазона. Для обратного преобразования микроволновой энергии в электричество может быть использована ректенна, эффективность преобразования энергии которой превышает 95 %. Данный способ был предложен для передачи энергии с орбитальных солнечных электростанций на Землю и питания космических кораблей, покидающих земную орбиту.

Экспериментами по беспроводной передаче энергии с помощью СВЧ-излучения занимался также академик Пётр Капица.

#### ***5.2.5. Лазерный метод передачи энергии***

В том случае, если длина волны электромагнитного излучения приближается к видимой области спектра (от 10 мкм до 10 нм), энергию можно передать путём её преобразования в луч лазера, который затем может быть направлен на фотоэлемент приёмника.

Лазерная передача энергии по сравнению с другими методами беспроводной передачи обладает рядом преимуществ:

- распространяется на большие расстояния (за счёт малой величины угла расходимости между узкими пучками монохроматической световой волны);

- отсутствие радиочастотных помех для существующих средств связи, таких как Wi-Fi и сотовые телефоны (лазер не создаёт таких помех);

- возможность контроля доступа (получить электроэнергию могут только приёмники, освещённые лазерным лучом).

У данного метода есть и ряд недостатков:

- преобразование низкочастотного электромагнитного излучения в высокочастотное неэффективно; преобразование света обратно в электричество также неэффективно;

– необходимость прямой видимости между передатчиком и приёмником (как и при микроволновой передаче).

Технология передачи мощности с помощью лазера ранее в основном исследовалась при создании новых систем вооружений и в аэрокосмической промышленности, а в настоящее время разрабатывается для коммерческой и потребительской электроники в маломощных устройствах.

### ***5.2.6. Всемирная беспроводная система***

Ранние эксперименты известного сербского изобретателя Никола Теслы касались распространения обычных радиоволн, т.е. волн Герца, электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве.

В 1919 г. Никола Тесла отметил, что успеха можно достичь благодаря ряду радикальных решений. В первую очередь, должны быть созданы высокочастотные генераторы и электрические осцилляторы. Их энергию необходимо было преобразовать в эффективных передатчиках и принять на расстоянии надлежащими приёмниками, они должны разрабатываться с учётом физических свойств нашей планеты. Одним из условий создания всемирной беспроводной системы является строительство резонансных приёмников. Заземлённый винтовой резонатор катушки Теслы и расположенный на возвышении терминал могут быть использованы в качестве таковых. Тесла лично неоднократно демонстрировал беспроводную передачу электрической энергии от передающей к приёмной катушке Теслы. Это стало частью его беспроводной системы передачи (рис. 5.2).

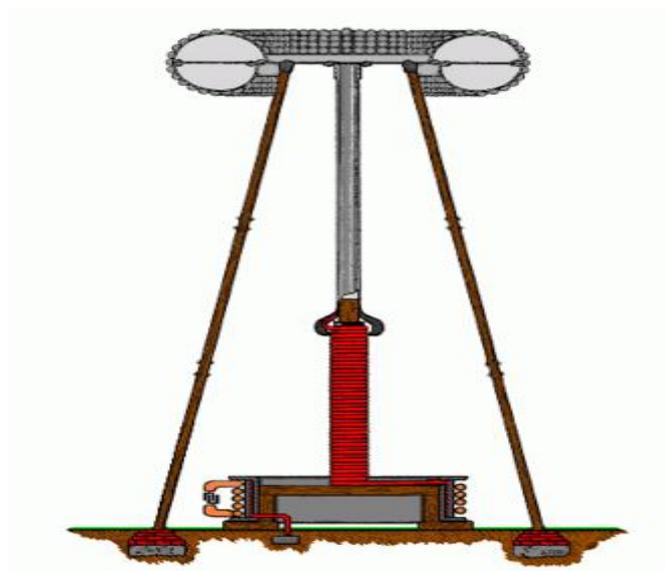


Рис. 5.2. Конструкция передающей катушки Теслы

Тесла предложил установить более тридцати приёмно-передающих станций по всему миру. В этой системе приёмная катушка действует как понижающий трансформатор с высоким выходным током. Параметры передающей катушки тождественны приёмной.

Целью мировой беспроводной системы Теслы являлось совмещение передачи энергии с радиовещанием и направленной беспроводной связью, которое бы позволило избавиться от многочисленных высоковольтных линий электропередачи и содействовало бы объединению электрических генераторов в глобальном масштабе.

Глобальная система передачи электроэнергии без проводов, так называемая «Всемирная беспроводная система», основанная на высоких электропроводности плазмы и электропроводности земли, была предложена Николой Тесла в начале 1904 г. и вполне могла стать причиной Тунгусского метеорита, возникшего в результате «короткого замыкания» между заряженной атмосферой и землей.

### **5.3. Проект беспроводной передачи энергии методом Николы Тесла с использованием теории эфира**

Известно, что такого рода системы имеют весьма ограниченный радиус действия, который исчисляется в метрах. Существуют направленные передатчики (лазерные или ультразвуковые), но они работают только в условиях прямой видимости. Складывается впечатление, что прогресс в данной области идет очень медленно и постепенно замедляется, так как известные принципы передачи доводятся до совершенства корпорациями вроде Apple, Samsung, Microsoft и университетами, как MIT. Тем не менее, существует ряд острых проблем, которые требуют скорейшего решения:

1. Очевидно, что электроника становится все более энергоемкой и требует более частой зарядки посредством сотен отличающихся стандартов и разъемов.

2. Передача электричества по проводам влечет за собой большие потери, особенно, когда речь идет о промышленных масштабах.

3. Емкость аккумуляторов растет недостаточно быстро и ограничивает развитие многих отраслей (электромобили, дроны, мобильная электроника и т.п.).

Мы каждый день пользуемся такими вещами, как переменный ток в розетках, газоразрядные лампы, электродвигатели и прочие незаменимыми предметы. И мало кто помнит, что все это изобрел

ученый-гений Н.Тесла. Такая неосведомленность является грубейшей несправедливостью, и нам кажется, что так получилось не случайно. Весьма давно, когда жил и начинал работать Тесла, господствовал постоянный ток, машины по генерации которого изобрел и производил Томас Эдисон. Такой ток имел серию недостатков, но мало кто обращал на них внимания. Пока Тесла не предложил пускать ток в виде набора импульсов, что выгодно выделяло его. В итоге их противостояния, известного как «Война Токов», весь Нью-Йорк был переведен на переменное электричество. Дальше Тесла продолжил разрабатывать свой метод передачи энергии без проводов и имел колоссальные успехи, которые дали ему общемировую славу и напустили немало тумана вокруг его персоны. Венцом его исследований должна была стать Башня Ворденклиф, которая представляла собой огромную магнифицирную катушку Тесла.

После этих событий, кстати, Альбертом Эйнштейном была разработана общая и специальная теория относительности. Она исключала теорию эфира и накладывала запрет на всякие разработки, связанные с этой темой, называя их антинаучными. Все попытки воспроизведения опытов Теслы тщательно высматривались и пресекались, лаборатории сжигались, ученые подвергались преследованию.

Нефть и газ – одни из самых популярных источников энергии. И никто не хочет терять прибыль из-за изобретения альтернатив.

#### **5.4. Современное состояние и перспективы использования систем однопроводной передачи электрической энергии**

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к развитию технологий однопроводной системы передачи электрической энергии как наиболее перспективной. Это вытекает из важнейшей задачи энергоснабжения потребителей удаленных от генерирующих станций и электрических систем, а также создания экономичных, эффективных и надежных линий электропередач.

Наряду с традиционными, существующими способами передачи электрической энергии постоянного и переменного токов, которым присущи определенные недостатки, в настоящее время появляются новые способы. Одним из них является отмеченная выше передача электрической энергии по однопроводниковой кабельной линии тока повышенной частоты – резонансный метод.

Первым учёным, разработавшим подобную систему, был Никола Тесла [5], который предложил ее в конце XIX века. Но на тот период была недостаточно изучена элементная база (тиристоры, диоды, транзисторы и т.п.).

Резонансный метод как наиболее разработанный и широко применяемый способ передачи электроэнергии повышенной частоты по однопроводниковой кабельной линии мог реализоваться лишь в наше время.

В конце XX – начале XXI века разработки в этой области вели российские учёные С.В. Авраменко [1], С.А. Герасимов [5] Д.С. Стребков [26] и другие исследователи.

С позиций настоящего времени можно сказать, что резонансный метод является перспективным направлением передачи электроэнергии.

На рис. 5.3 (в качестве подтверждения актуальности использования в будущем) приведена гистограмма, отображающая сравнение некоторых параметров трёхфазных и однопроводных систем передачи электроэнергии.

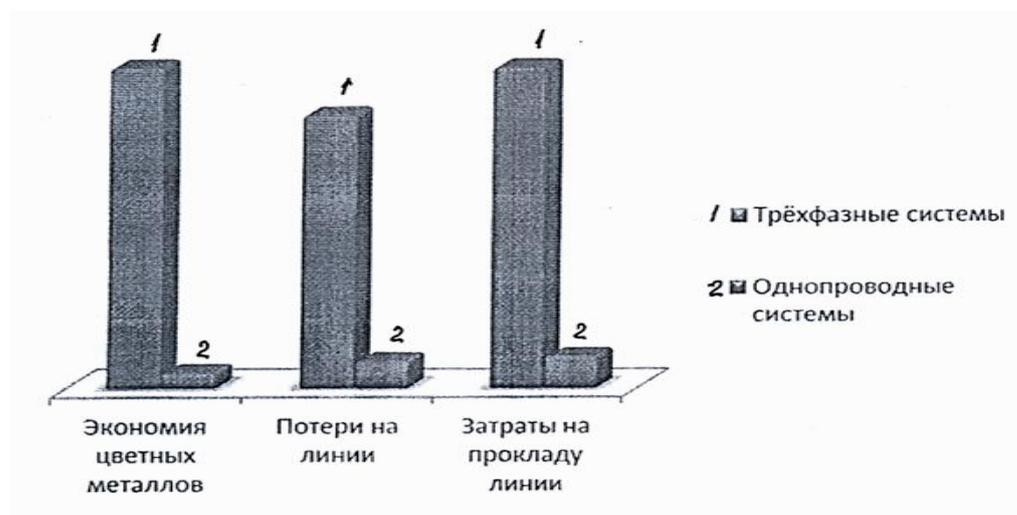


Рис. 5.3. Гистограмма, отображающая сравнение некоторых параметров трёхфазных и однопроводных систем передачи электроэнергии

### 5.5. Электромагнитное излучение в системе однопроводной передачи электроэнергии

Технические возможности для широкой реализации «тесловских» идей долгое время были ограничены, и это задержало их использование на многие годы. В настоящее время разработаны основы теории однопроводной передачи электроэнергии, многие теоретические аспекты проверены экспериментально.

На сегодняшний день из большого числа разрабатываемых и существующих способов однопроводной передачи энергии наиболее широко используются:

- способ передачи путем электромагнитного излучения;
- способ передачи, использующий резонансные методы.

Рассмотрим первый – электромагнитное излучение в системе однопроводной передачи электроэнергии.

В данном случае ведущую роль в системе однопроводной передачи электроэнергии играет электромагнитное излучение. Оно возникает вокруг различных проводников или катушек с переменным током. Причём, чем выше частота смены направления тока, тем мощность излучения будет больше, что следует из формулы:

$$W \approx \frac{v^4}{r^2}, \quad (5.1)$$

где  $W$  – мощность электромагнитного излучения;  $v$  – частота колебаний;  $r$  – расстояние от источника электромагнитного излучения.

Для однопроводной системы необходима высокая частота, поэтому используется генератор высокочастотного электромагнитного поля, задача которого – преобразовать энергию электрического тока в электромагнитное излучение.

Электромагнитное излучение, несущее в себе энергию, распространяется на некоторое расстояние вокруг активного элемента генератора. Затем надо преобразовать электромагнитное излучение в электрическую энергию. Тут используется известный постулат об образовании переменного тока в проводнике, внесённом в электромагнитное поле.

Если представить себе проводник, находящийся в пространстве. Очевидно, его индуктивность, равно как и ёмкость, достаточно малы. Исходя из формулы Томсона, можно показать, что резонансная частота такого проводника высока.

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (5.2)$$

Если у проводника есть резонансная частота, то существует возможность возбудить в нём колебания, войдя с ним в резонанс. Для этого непосредственно подключается генератор, частота которого кратна частоте проводника.

На рис. 5.4 представлена структурная схема системы однопроводной передачи электроэнергии.

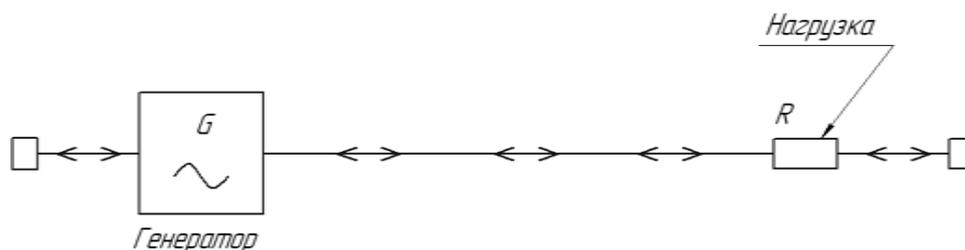


Рис. 5.4. Структурная схема системы однопроводной передачи электричества

### 5.6. Особенности однопроводниковой резонансной системы передачи электрической энергии

Как было отмечено выше, принцип передачи электрической энергии базируется на идее Н. Теслы, которая доработана с учетом современного развития науки и техники. Одна из разработок основана на использовании двух резонансных контуров с частотой 0,5–50 кГц и однопроводной линии между контурами с напряжением линии 1–100 кВ при работе в режиме резонанса напряжений [11].

Провод линии является направляющим каналом электромагнитной энергии. При таком способе передачи омические потери в проводах крайне незначительны, что в конечном итоге позволяет обеспечить снижение себестоимости электроэнергии.

Отличительные особенности однопроводниковой резонансной системы электрической энергии [1, 2, 5, 11, 26, 33]:

1. Возможность создания сверхдальних кабельных линий электропередач, также передача электрической энергии в болотистые места, горы, хутора, где освоение полезных ископаемых затруднено связи с отсутствием электричества.

2. При обрыве резонансной однопроводной линии резко меняется частота и линия отключается, что позволяет сберечь её от перенапряжения, а изоляторы от разрушения.

3. Экономия и предоставление высококачественной электроэнергии потребителю. Кроме того, экономия денежных затрат при монтаже и проводниковых материалов.

На рис. 5.4 показана электрическая резонансная схема (РС) с двумя высокочастотными (ВЧ) трансформаторами.

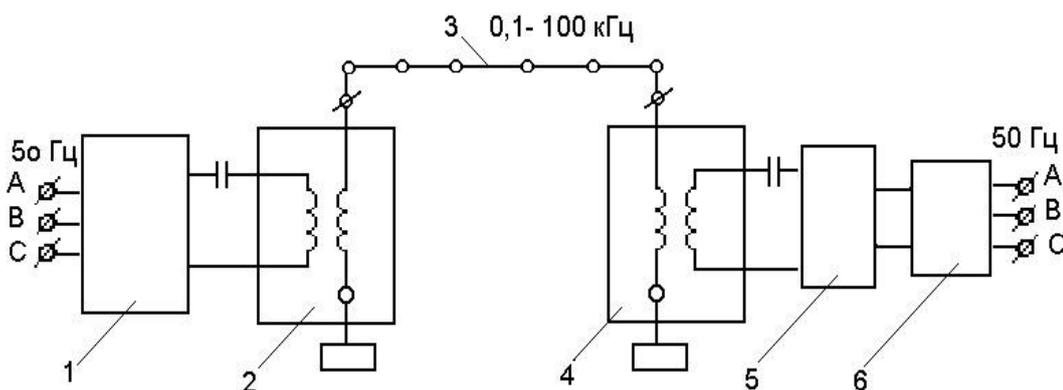


Рис. 5.4. Электрическая схема резонансной системы с двумя высокочастотными трансформаторами:

1 – генератор повышенной частоты; 2 – резонансный контур повышающего трансформатора; 3 – однопроводниковая линия; 4 – резонансный контур понижающего трансформатора; 5 – выпрямитель; 6 – инвертор

Наряду с обозначенной РС, широко применяются схемы однопроводной передачи электрической энергии с диодно-конденсаторным блоком (рис. 5.5), система уличного освещения по однопроводной схеме (рис. 5.6) и др.

*Схема передачи электрической энергии с диодно-конденсаторным блоком.*

Конкуренция между системами передачи электрической энергии на постоянном и переменном токах продолжается до настоящего времени, однако всё это происходит в рамках классических двух-трёхпроводных замкнутых линий электропередач. Доказано экспериментально, что однопроводниковая линия с высокочастотным резонансным трансформатором Тесла в начале линии может передавать электрическую энергию на любой, в том числе и на нулевой частоте, т.е. на выпрямленном токе.

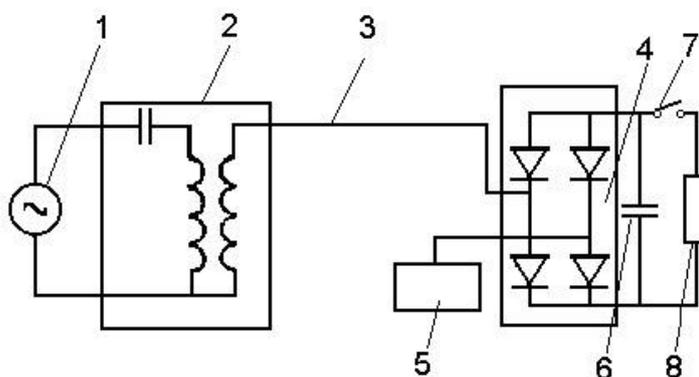


Рис. 5.5. Схема передачи электрической энергии с диодно-конденсаторным блоком:

1 – генератор повышенной частоты; 2 – резонансный контур повышающего трансформатора; 3 – однопроводниковая линия; 4 – преобразовательный мост; 5 – естественная ёмкость; 6 – конденсатор выпрямителя; 7 – ключ; 8 – нагрузка

На рис. 5.6 приведена система уличного освещения по однопроводной схеме.

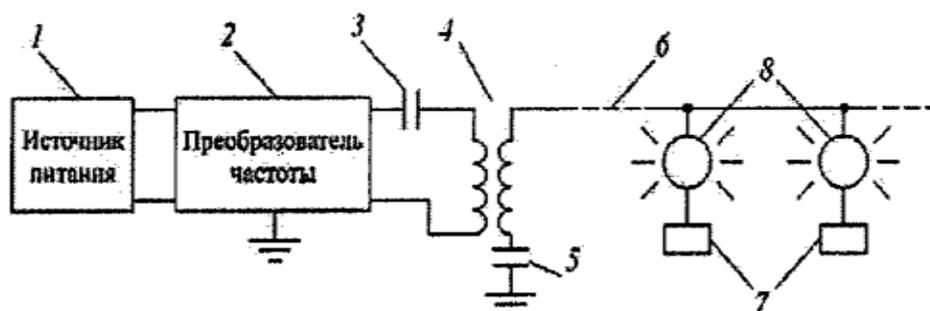


Рис. 5.6. Пример системы уличного освещения по однопроводной схеме:  
1 – источник питания; 2 – преобразователь частоты; 3 – конденсатор;  
4, 5 – трансформатор Тесла; 6 – резонансная линия; 7 – естественная емкость;  
8 – светильники

*Система уличного освещения* работает следующим образом: напряжение сети или любого другого источника электрической энергии 1 с напряжением 2–600, подводимое к преобразователю частоты 2, изменяется в напряжение высокой частоты и подается на резонансный трансформатор Тесла 4, с высоковольтного вывода которого снимается высоковольтное, высокочастотное напряжение и подается на резонансную линию электропередачи 6. Второй вывод трансформатора через конденсатор 5 соединяется с землей. Светильники 8 подсоединены параллельно, одним выводом к высоковольтной линии, второй вывод каждого светильника соединен с естественной емкостью 7 в виде изолированного проводящего тела. Фонари состоят из обратного преобразователя, лампы и собственной изолированной емкости.

По мнению академик РАСХН Д.С. Стребкова [26], однопроводниковые резонансные системы открывают возможности для создания сверхдальних кабельных линий электропередачи.

Разомкнутая линия длиной  $n = 0, 1, 2, 3\dots$  имеет у зажимов генератора пучность тока и узел напряжения, а при длине пучность напряжения и узел тока. В обоих случаях линия эквивалентна резонансному колебательному контуру.

Следует отметить, что на сегодняшний день крайне недостаточно теоретических исследований однопроводниковых резонансных систем.

На рис. 5.7 показана электрическая схема однопроводниковой резонансной линии

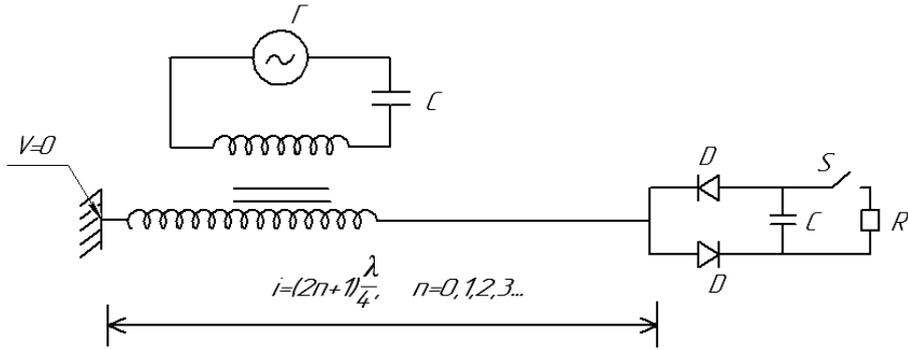


Рис. 5.7. Электрическая схема в четвертьволновой однопроводной резонансной линии, разомкнутой со стороны нагрузки (с ёмкостной нагрузкой):

$G$  – генератор;  $C$  – ёмкость резонансного контура;  $D_1$  и  $D_2$  – диодный блок;  $C$  – ёмкость нагрузки;  $S$  – электронный ключ;  $R$  – сопротивление нагрузки

Причина отсутствия результатов теоретического описания происходящих процессов понятна: традиционные методы расчета не позволяют рассматривать незамкнутые токи.

Именно по этой причине расчетная модель, приведенная на рис. 5.7, дополнена двумя емкостями  $C_1$  и  $C_2$ , моделирующими токи смещения между корпусом генератора  $G$  и нагрузкой  $C$  и  $R$ . В экспериментальной установке конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  отсутствуют. Известные экспериментальные результаты [25, 26] пока не позволяют достаточно достоверно выяснить, какой из двух механизмов, отмеченных выше, однопроводной передачи энергии имеет место.

На рис. 5.8 приведена модель однопроводной передачи энергии.

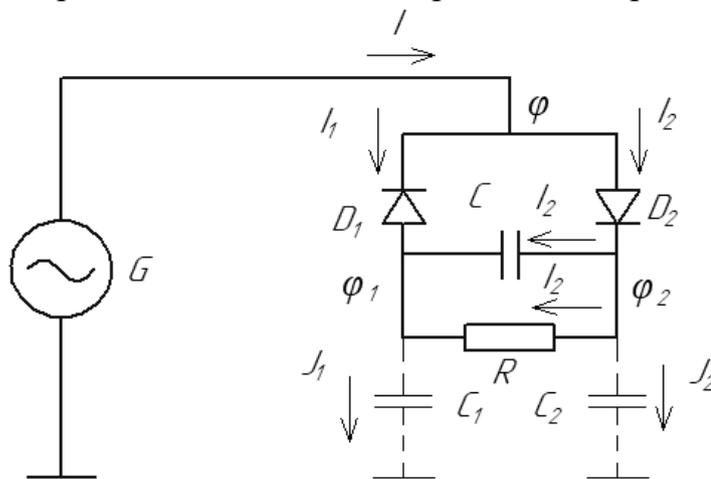


Рис. 5.8. Модель однопроводной передачи энергии

В работе отмечается, что источником переменного напряжения является генератор  $G$ .

$$\Phi = U_m \cos \omega t, \quad (5.3)$$

где  $I_1 = I_1 \{\varphi - \varphi_1\}$  и  $I_2 = I_2 \{\varphi - \varphi_2\}$  – токи, текущие через диоды  $D_1$  и  $D_2$ .

Путем определенных подстановок и преобразований, приведенных в тексте приведенного материала, автор получил систему дифференциальных уравнений:

$$C \frac{d\Phi_1}{dt} - \left( C_2 + C \frac{d\Phi_2}{dt} \right) + I_2 (\Phi - \Phi_2) - \frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1) = 0. \quad (5.4)$$

$$C \frac{d\Phi_2}{dt} - \left( C_2 + C \frac{d\Phi_1}{dt} \right) + I_1 (\Phi - \Phi_1) + \frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1) = 0. \quad (5.5)$$

Полученные уравнения составляют основу численного расчета токов и напряжений с начальными условиями:  $\varphi_1(0) = 0$ ;  $\varphi_2(0) = 0$ .

### 5.7. Реализации однопроводной передачи электроэнергии

Эксперименты по однопроводной передаче электроэнергии начались более 100 лет назад с опытов Н. Тесла. Спустя много лет интерес к этой проблеме возник опять, особенно после того, как С.В. Авраменко продемонстрировал передачу переменного тока по одному проводу в московском научно-исследовательском электротехническом институте [1].

Авраменко поместил газоразрядную лампу в переменное электромагнитное поле достаточно высокой частоты, предполагая, что статические заряды приводятся в движение, образуя переменное электромагнитное поле, которое и зажигает газ в лампе. Им были проведены многочисленные эксперименты со статическим электричеством. Статический заряд почти невесом. Чтобы получить его и переместить в пространстве, тяжелой механической работы производить не надо, мощные и металлоемкие двигатели и генераторы могут оказаться ненужными. Исследователь старался получить свободный заряд, придать ему направленное перемещение, заставить действовать так же, как и обычный ток в проводах. Для этого он пытался преобразовать обычный ток из электросети в ток смещения свободных статических зарядов (в так называемые реактивные токи) [1]. Первичным источником служил обычный звуковой генератор, используемый в радиотехнике – трансформатор Теслы – гениального ученого, который первый пытался передавать на расстояние электрическую мощность с помощью реактивных токов.

### 5.7.1. «Сверхпроводник» и трансформатор Авраменко

Н. Тесла писал, что процессы переноса электрической энергии в его резонансных высоковольтных системах имеют электростатическую природу и поэтому характеризуются низкими потерями.

В России возрождение резонансных технологий передачи электрической энергии началось с трудов С.В. Авраменко, который в конце XX века разработал и запатентовал однопроводные электрические системы мощностью 10–100 Вт, напряжением 1–100 кВ. Он использовал тиристорные преобразователи частоты 1–30 кГц и собственную емкость повышающих и понижающих трансформаторов Тесла для создания резонанса. С 1990 г. эти работы получили дальнейшее развитие в всероссийском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХе), где С.В. Авраменко работал инженером в отделе энерго-снабжения под руководством Стребкова.

Исследователь предложил для выпрямления токов и напряжений в однопроводной линии свою знаменитую «вилку Авраменко» – диодно-конденсаторный блок (рис. 5.9), который не был известен Н. Тесла, так как в XIX веке не было высокоэффективных диодов. Однако «вилка Авраменко» – это составная часть известной схемы удвоения напряжения или однофазного входа любого мостового выпрямителя.

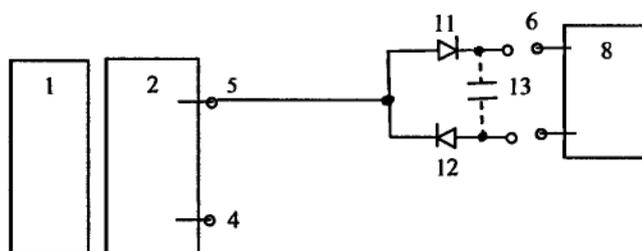


Рис. 5.9. Вилка Авраменко для выпрямления тока в однопроводной линии:  
1 – генератор напряжения; 2 – низковольтная обмотка; 4 – изолированный вывод;  
5 – вывод; 6 – соединяющий элемент; 8 – потребитель; 11, 12 – диоды; 13 – конденсатор

С.В. Авраменко сделал очень много для популяции идей Н. Тесла. Он был прекрасным инженером-электротехником и в своих опытах демонстрировал свойства однопроводной электрической системы передавать электроэнергию с малыми потерями по вольфрамовому проводу диаметром 10 мкм.

Сначала появились малые токи (2-3 Вт) потом токи большей мощности. В результате С.В. Авраменко удалось сделать то, что до этого не удавалось никому – создать систему передачи тока по одному проводу.

На выходе созданного этим исследователем трансформатора имеется обычный переменный ток, который подается туда из обычной электросети, только с полной асимметрией выходного напряжения (рис. 5.10).

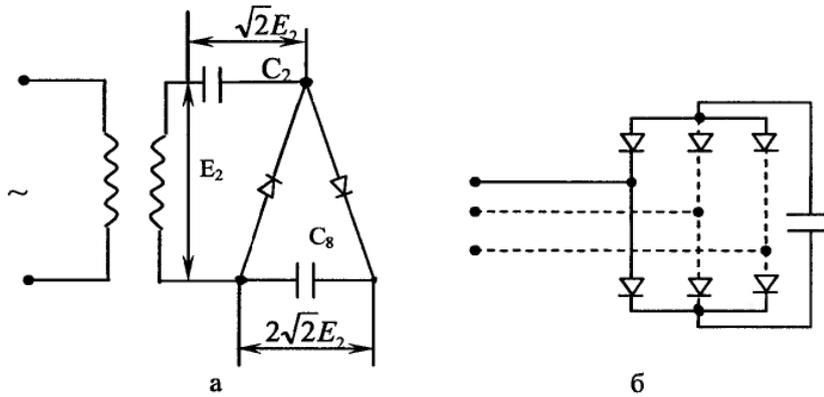


Рис. 5.10. Схемы:  
а – удвоения напряжения; б – с однофазным входом трехфазного мостового выпрямителя

Один конец вторичной обмотки остается под нулевым потенциалом, а вся синусоида подаваемого тока находится на другом ее конце.

В трансформаторе Теслы второй конец был заземлен, небольшой потенциал на нем все же был, нулевого потенциала добиться ему не удалось. А в трансформаторе Авраменко подсоединяется к «нагруженному» электроду всего один провод и гонит электричество по нему.

Основу устройства для однопроводной передачи энергии составляет «вилка Авраменко», которая представляет собой два последовательно включенных полупроводниковых диода (рис. 5.11). Если вилку присоединить к проводу, находящемуся под переменным напряжением, то через некоторое время в разряднике  $P$  наблюдается серия искр. Временной интервал от подключения до появления разряда зависит от величины емкости  $C$ , величины напряжения, частоты пульсации и размера зазора  $P$ . Включение в линию передачи  $L$  резистора номиналом 2–5 МОм не вызывает изменений в работе схемы.

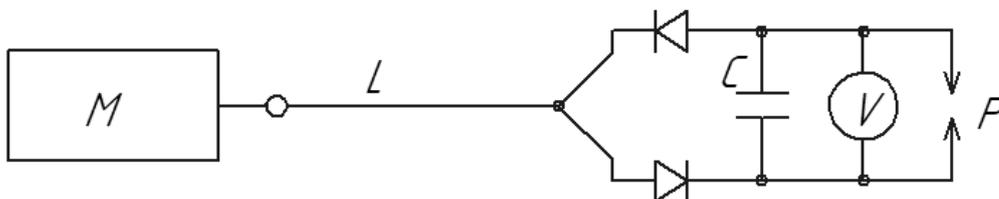


Рис. 5.11. Однопроводная передача энергии по схеме Авраменко

### 5.7.2. Новые эксперименты по однопроводной передаче энергии

Для проверки идей Н.В. Косиновым были проведены эксперименты по передаче электроэнергии по одному проводу, а также беспроводной передачи энергии. Для этой цели разработана новая схема однопроводной передачи энергии. В этой схеме не использовалась «вилка Авраменко». Вместо неё применялась обычная мостовая схема. В проведенных экспериментах мостовая схема оказалась значительно эффективней, чем «вилка Авраменко». Кроме этого, были внесены и другие изменения в схему Авраменко. Новая схема приведена на рис. 5.12. В состав передающего узла входят трансформатор и генератор, подключенный к источнику питания [11].

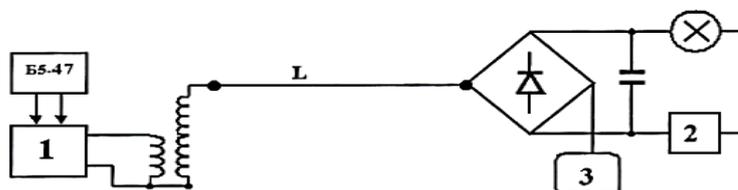


Рис. 5.12. Однопроводная передача энергии по новой схеме:  
1 – генератор, 2 – расширитель спектра, 3 – «антенна», L – линия передачи

Энергией устройство обеспечивает источник питания постоянного тока Б5-47, позволяющий получать напряжение 0–30 В. Нагрузкой служит лампа накаливания 220 В, 25 Вт. Генератор и трансформатор размещены в корпусе из диэлектрика. Диоды, конденсатор, лампа, элементы 2 и 3, составляющие приемник энергии, размещены в бело-голубом пластмассовом корпусе под лампой. Приемный узел соединен с трансформатором одним проводом.

Как показывают расчеты и проведенные эксперименты, при таком способе передачи электрической энергии, потери в проводах практически отсутствуют (в сотни раз меньше, чем при традиционном способе) и технология безопасна для окружающей природной среды и человека.

На рис. 5.13 показана однопроводная резонансная система.

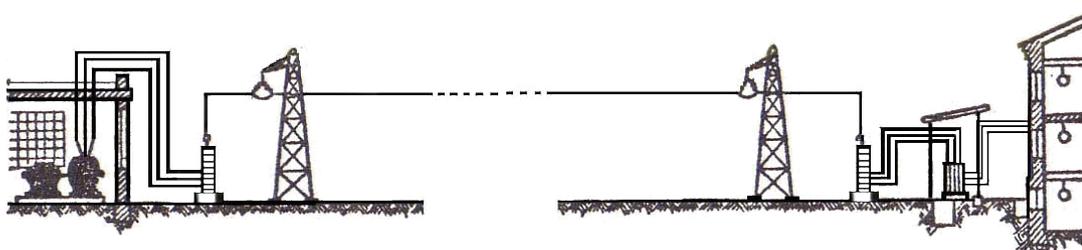


Рис. 5.13. Схема реализации однопроводной передачи электроэнергии

В приведенном примере вместо медного электрического проводника применялся вольфрамовый проводник толщиной в 15 микрон. При этом он практически не нагревался. Вместо проводника могут быть использованы вода, земля, пластик и другие материалы. На данный момент конкретной научной теории полученных явлений нет, но есть предположения о возникновении явления высоковольтного воздушного пробоя. Существенных продвижений в экспериментах и теории по данному направлению все еще мало.

При прокладке кабельных линий электропередач преимущества однопроводной резонансной системы заключаются, прежде всего, в том, что сечение кабеля в 3–5 раз меньше сечений традиционной трехфазной системы передачи электроэнергии, а это, в свою очередь, позволяет:

- значительно уменьшить радиусы поворота линий, что является весьма важным при прокладке кабелей в городских условиях;
- значительно (до 10 раз) снизить затраты на прокладку кабелей.

Кроме того, в случае реализации однопроводной резонансной системы электропередачи отсутствует межфазное короткое замыкание и обеспечивается высокий уровень электробезопасности.

Необходимо отметить, что в настоящее время создана мощная кооперация российских научно-исследовательских и производственных организаций (ВИЭСХ, НПО «СОДИС», Научный центр аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос», Институт аэрокосмических технологий и мониторинга РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, малое инновационное предприятие Губкинского университета «Энергосбережение», Московский комитет по науке и технологиям), которая успешно приступила к большой практической работе по внедрению технологии резонансной однопроводной системы передачи электрической энергии в различные сферы экономики страны.

В данный период в стадии реализации находятся ряд проектов, использующих резонансную однопроводную систему передачи электрической энергии: система светодиодного уличного освещения (государственный заказчик – Департамент науки и промышленной политики города Москвы) и система электропитания станций катодной защиты трубопроводов (заказчик – ОАО «Газпром») и др.

Рассматриваемая технология представляет большой экономический интерес для нашей страны, учитывая обширность территории России и необходимость передачи электроэнергии на большие расстояния.

По проведенным расчетам выявилось, что широкомасштабное внедрение предлагаемой технологии в России позволит сэкономить сотни миллиардов рублей, что является особенно важным в современных условиях.

Наиболее эффективно однопроводная резонансная система передачи электрической энергии (помимо отмеченных выше областей применения) может быть использована для электроснабжения удаленных от основных магистральных ЛЭП объектов: фермерских хозяйств, строительных площадок, телекоммуникационного оборудования и др.

В сочетании с технологиями, использующими возобновляемые источники энергии (солнечная энергетика, ветроэнергетика, микроГЭС), однопроводная резонансная система передачи электроэнергии может быть очень полезна и экономически выгодна для регионов России, обладающие необходимым потенциалом в области возобновляемой энергетики.

Предлагаемая технология прошла комплекс необходимых испытаний, имеет Сертификат соответствия № 021-66/1, защищена российскими патентами и получила поддержку в Министерстве энергетики РФ (исх. № 02-0804 от 6.07.2010).

Резонансная однопроводная система передачи электрической энергии является новой энерго- и ресурсосберегающей технологией, позволяющая значительно снизить экономические затраты при решении задачи данной передачи на большие расстояния по сравнению с традиционной (трехфазной) системой.

## **5.8. Электропроводность, система SWER**

Однопроводная электрическая система SWER основывается на токе земли и одном изолированном проводе. В аварийных случаях высоковольтные линии постоянного тока могут работать в режиме SWER. Замена изолированного провода на атмосферную обратную связь для передачи мощного высокочастотного переменного тока стала одним из методов беспроводной передачи электроэнергии. Кроме того, исследовалась возможность беспроводной передачи электроэнергии только через землю.

Низкочастотный переменный ток может быть передан с низкими потерями по земле, поскольку общее ее сопротивление значительно меньше, чем 1 Ом. Электрическая индукция возникает преимущественно из-за электропроводности океанов, металлических рудных тел и подобных подземных структур. Она также вызывается электростатической индукцией диэлектрических областей, таких как залежи кварцевого песка и прочих непроводящих минералов.

Переменный ток может передаваться через слои атмосферы, имеющие атмосферное давление менее 135 мм рт. ст. Ток протекает посредством электростатической индукции через нижние слои атмосферы

примерно в 2–3 милях (3,2–4,8 км) над уровнем моря благодаря потоку ионов, т.е. электрической проводимости через ионизированную область, расположенную на высоте выше 5 км. Интенсивные вертикальные пучки ультрафиолетового излучения могут быть использованы для ионизации атмосферных газов непосредственно над двумя возвышенными терминалами, приводя к образованию плазменных высоковольтных линий электропередач, ведущих прямо к проводящим слоям атмосферы. В результате между двумя возвышенными терминалами образуется поток электрического тока, проходящий до тропосферы, через неё и обратно на другой терминал. Электропроводность через слои атмосферы становится возможной благодаря ёмкостному плазменному разряду в ионизированной атмосфере.

Никола Тесла обнаружил, что электроэнергия может передаваться и через землю, и через атмосферу. В ходе своих исследований он добился возгорания лампы на умеренных расстояниях и зафиксировал передачу электроэнергии на больших дистанциях. Башня Ворденклиф задумывалась как коммерческий проект по трансатлантической беспроводной телефонии и стала реальной демонстрацией возможности беспроводной передачи электроэнергии в глобальном масштабе. Установка не была завершена из-за недостаточного финансирования.

Земля является естественным проводником и образует один проводящий контур. Обратный контур реализуется через верхние слои тропосферы и нижние слои стратосферы на высоте около 4,5 миль (7,2 км).

### **Выводы**

1. Однопроводная система передачи электроэнергии существенно снижает затраты как на строительство линий электропередач, так и на их эксплуатацию.

2. На основании приведенного теоретического материала создана структура системы однопроводной линии электропередач с учетом требований к надежности электроснабжения в различных режимах работы.

3. Появилась возможность создания сверхдальних кабельных линий электропередач в труднодоступных местах и местах, в которых подача не осуществляется в связи с отсутствием электричества.

4. Обрыв резонансной однопроводной линии приводит к ее отключению, что позволяет сберечь её от перенапряжения.

5. Наблюдается экономия денежных затрат при монтаже проводниковых материалов.

### Контрольные вопросы

1. Возможна ли передача электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической цепи?
2. Какова особенность передачи электрической энергии с помощью одного проводника?
3. Возможна ли передача электрической энергии с помощью диэлектрика?
4. Назовите два условия существования тока в обычной электрической цепи.
5. Перечислите основные работы Николы Тесла.
6. Расскажите об особенностях ультразвукового способа и о методе электромагнитной индукции беспроводной передачи электроэнергии.
7. Расскажите об особенностях электростатической индукции (ёмкостной связи) и микроволновом излучении, сверхвысокочастотном излучении беспроводной передачи электроэнергии.
8. Каковы особенности лазерного метода беспроводной передачи электроэнергии?
9. Перечислите особенности однопроводниковой резонансной системы передачи электрической энергии.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пат. № 2108649 Российская Федерация, МПК 6Н 02J 3/00 А. Способ питания электротехнических устройств и устройство для его осуществления / С.В. Авраменко; заявитель и патентообладатель Авраменко С.В. – № 95104930/09; заявл. 11.04.1995; опубл. 10.04.1998, Бюл. № 10. – 4 с.: ил.
2. Аметистов, Е.И. Основы современной энергетики / Е.И. Аметистов; под общ. ред. чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 822 с.
3. Васильев, В.С. Магнитный генератор Дональда Смите / В.С. Васильев // Проект Заряд. – 2013. – С. 1–7.
4. Гамазин, С.И. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / С.И. Гамазин, Б.И. Кудрин, С.А. Цырук. – Изд-во МЭИ, 2010. – 340 с.
5. Герасимов, С.А. Однопроводная передача электрической энергии: расчет и эксперимент / С.А. Герасимов // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 4 – С. 28–31.
6. Дмитриев, А.Л. Экспериментальная гравитация / А.Л. Дмитриев СПб.: OZON, 2014. – 246 с.
7. Заев, Н.Е. Бестопливная энергетика (проблемы, решения, прогнозы) / Н.Е. Заев. – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2001. – 200 с.
8. Кашаев, Р.С. Автоматизированный электропривод производственных механизмов и технологических комплексов / Р.С. Кашаев // Новое знание. – 2005. – 120 с.
9. Ковалев, Ю.З. Моделирование электромеханических комплексов и систем с позиций системного анализа: препринт / Ю.З. Ковалев. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 40 с.
10. Колясников, Ю.А. Проблемы атмосферного электричества: препринт / Ю.А. Колясников. – Магадан: СВКНИИ ДВО, 1992. – 30 с.
11. Косинов, Н.В. Эксперименты по беспроводной передаче энергии: подтверждение революционных идей Н. Тесла / Н.В. Косинов // Новая энергетика. – 2003, № 4, – С. 2–7.
12. Пат. № 2245606 Российская Федерация, МПК С. 2 Н. 05 7/00. Устройство для получения энергии из электрического поля атмосферы / П.А. Кучер; заявители и патентообладатели П.А. Кучер, В.И. Коломиец. – № 920031006714/06; заявл. 11.03.2003; опубл. 27.09.2004, Бюл. № 3. – 4 с.: ил.
13. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1987. – 904 с.

14. Мельник, А.Н. Зарубежный опыт управления энергетическими затратами / А.Н. Мельник, Т.Ю. Анисимова // Проблемы современной энергетики. – 2008. – № 4. – С. 47–51.
15. Овсепян, В.М. Гидравлический таран и таранные установки. Теория, расчёт и конструкции / В.М. Овсепян. – М.: Машиностроение, 1998. – 124 с.
16. Пирумов, У.Г. Газовая динамика сопел / У.Г. Пирумов, Г.С. Росляков. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1990. – 368 с.
17. Потапов, Ю.С. Энергия вращения / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский, С.Ю. Потапов. – Кишинев: Молдавский центр «Ноосферные технологии» РАЕН, 2001. – 382 с.
18. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. – 2-е изд. – М.: Наука, 1992. – 536 с.
19. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике. В 2-х кн. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел; пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 320 с.
20. Рудаков, А.И. Струйные низковакуумные аппараты / А.И. Рудаков. – Казань: Изд-во КГАУ, 2008, – 387 с.
21. Рудаков, А.И. Гидродинамический источник тепла на базе насосного агрегата / А.И. Рудаков, О.Ю. Маркин // Перспективные технологии и технические средства в агропромышленном комплексе: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Казань: Изд-во КГАУ, 2013. – С. 129–132.
22. Пат. №147862 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 24 P 3/02. Кавитационный нагреватель / А.И. Рудаков, Б.Л. Иванов, А.А. Низамеев, З.З. Загидуллин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ. – №2014119237/06; заявл. 13.05.2014; опубл. 20.11.2014, Бюл. № 32. – 3 с.: ил.
23. Свидерская, О.В. Основы энергоснабжения / О.В. Свидерская. – Минск: ТетраСистем, 2008. – 176 с.
24. Соболев, М.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / М.М. Соболев, Р.Б. Статников – М.: Наука, 1981. – 108 с.
25. Статников, Р.Б. Многокритериальное проектирование машин / Р.Б. Статников, И.Б. Матусов // Новое в науке и технике. Сер. Математика и кибернетика. – М.: Знание, 1989. – 48 с.
26. Стребков, Д.С. Резонансные методы передачи электрической энергии / Д.С. Стребков: под ред. Д.С. Стребкова. 2-е изд. – М.: ВИЭСХ, 2006. – 304 с.

27. Тесла, Н. Статьи / Н. Тесла. – Самара: Изд. дом «Агни», 2008. – 584 с.
28. Фоминский, Л.П. Как работает вихревой теплогенератор Потапова / Л.П. Фоминский. – Черкассы: ОКО-ПЛЮС, 2001. – 103 с.
29. Фортов, В.Е. Энергетика в современном мире / В.Е. Фортов, О.С. Попель. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. – 168 с.
30. Эткин, В.А. Радиантная энергия эфира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bourabai.kz/articles/ru.html>. (08.12.2018).
31. Эткин, В.А. Теоретические основы бестопливной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (08.12.2018).
32. Юман, М. Молнии / М. Юман – М.: Мир. – 1972. – 328 с.
33. Юферев, Л.Ю. Экспериментальные модели резонансных систем электрической энергии / Л.Ю. Юферев, Д.С. Стребков, О.А. Рощин. – М.: ВИЭСХ, 2010. – 208 с.
34. Barrett, T.W. Tesla's Nonlinear Oscillator-Shuttle-Circuit (OSC) Theory / T.W. Barrett // *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. – 1981. – vol. 16. – № 1. – P. 23–41.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
	5
Глава 1. Перспективно-инновационные направления развития электроэнергетики России. ....	5
1.1. Классификация первичной энергии .....	7
1.1.1. Структурная схема энергетики и связей ее с другими подсистемами .....	7
1.2. Специфика отраслевой электроэнергетики .....	8
1.3. Инновационные системы в электроэнергетике .....	9
1.3.1. Инновации и стратегические цели предприятий .....	10
1.3.2. Подходы к построению эффективных инновационных систем .....	11
1.3.3. Система управления инновациями .....	12
1.3.4. Электроэнергетика – базовая отрасль экономики России .....	13
1.3.5. Проблемы современной электроэнергетики .....	13
1.4. Стратегические цели развития электроэнергетики России .....	14
1.5. Ключевые перспективы электроэнергетики России .....	16
1.6. Интеллектуальная деятельность, ее учет и оценка .....	18
1.7. Три аспекта энергетики .....	26
Глава 2. Новейшие технологии и перспективные направления развития электроэнергетики .....	29
2.1. Вихревой теплогенератор .....	29
2.1.1. Принцип работы вихревого теплогенератора .....	30
2.2. Технические устройства гидродневматического действия для получения тепловой и электрической энергии .....	30
2.2.1. Гидродинамический источник тепла на базе насосного агрегата .....	30
2.2.2. Конструкция статического теплогенератора и описание принципа его работы .....	33
2.2.3. Инжекторная ветрогидроаккумулирующая электроустановка .....	34
2.2.4. Инжекторный статический кавитатор .....	35
2.3. Атмосферная электроэнергетика .....	37
2.3.1. Атмосферная электроэнергетика, общие сведения .....	37
2.3.2. Энергия молний .....	39
2.4. Современные аккумуляторы электрической энергии .....	43
2.4.1. Нанопроводниковый аккумулятор .....	43
2.4.2. Устройство литиево-ионного аккумулятора .....	43

2.4.3. Преимущества и недостатки литиево-ионного аккумулятора	44
2.4.4. Выводы по результатам использования нанопроводниковых литиево-ионных аккумуляторов .....	44
2.5. Динамическая сверхпроводимость – сенсационное открытие с 10-летним стажем .....	45
2.6. Плазменные генераторы электроэнергии .....	47
2.7. Понятие об энергоустановках на основе динамической сверхпроводимости .....	49
2.8. КОРТЭЖ – технология .....	51
2.9. E-Cat и «холодный синтез» .....	52
Глава 3. Разработка конструкции и обоснование параметров гидроударной генерирующей установки .....	55
3.1. Виды гидротаранных установок для получения электрической энергии .....	56
3.1.1. Гидротаранные установки классического типа .....	56
3.1.2. Гидротаранная установка подводного типа .....	57
3.2. Обоснование параметров гидравлического удара и расчет гидротаранной электроустановки .....	60
3.2.1. Физическая сущность и теоретические основы гидравлического удара .....	60
3.2.2. Расчет параметров гидравлического удара .....	63
3.3. Расчет гидротаранной электростанции малой мощности с низконапорным водотоком .....	64
3.3.1. Расчет режимных и геометрических параметров гидротаранного водоподъемника .....	65
3.3.2. Определение расхода и скорости течения в трубопроводе .....	67
3.3.3. Определение объема воздуха в воздушном аккумуляторе. Расчет производительности водоподъемника .....	68
3.3.4. Расчёт электрической мощности генератора .....	70
3.3.5. Построение волновых характеристик и графика колебаний давления во времени .....	72
3.3.6. Защита гидротаранной установки от обратной волны .....	74
3.4. Асинхронный электродвигатель в качестве генератора .....	77
3.4.1. Работа асинхронного электродвигателя в качестве генератора	77
3.4.2. Двухфазный режим асинхронного генератора .....	79
3.4.3. Асинхронный генератор с конденсаторным накопителем ...	81

Глава 4. Свободная энергия .....	84
4.1. Свободная энергия. Общие положения .....	84
4.2. Использование резонанса при создании трансформатора Тесла и передачи энергии на расстояние .....	86
4.3. Основные параметры и характеристики в резонансных системах (резонансно связанных контурах) .....	88
4.4. Генерирующее устройство Дональда Смита .....	90
4.5. Расчет параметров электродвигателя «свободной энергии» .....	94
4.6. Обзор направлений получения и использования свободной энергии .....	95
4.7. Электродинамические преобразователи энергии и получение радиантной энергии Н. Тесла Т. Мореем и Э. Греем .....	96
4.8. Динамические преобразователи энергии с использованием постоянных магнитов .....	102
4.9. Динамические преобразователи энергии с использованием постоянных магнитов .....	104
4.9.1. Магнитный мотор-генератор Р. Адамса .....	104
4.9.2. Генераторы тока Сёрла .....	105
4.9.3. Исследования эффекта Сёрла в России .....	106
4.10. Преобразование гравитационной энергии .....	108
4.10.1. Преобразователи гравитационной энергии .....	108
4.10.2. Основы гравитационной теории .....	110
4.11. Проект бестопливной миниэлектростанции для повышения эффективности работы генерирующих систем .....	112
4.11.1. Гравитационный генератор Часа Кэмпбелла .....	112
4.11.2. Проект бестопливной миниэлектростанции .....	115
Глава 5. Беспроводная и однопроводная передача электрической энергии на расстояние .....	118
5.1. Современное состояние и перспективы использования систем беспроводной и однопроводной передач электрической энергии .....	118
5.1.1. Состояние и перспективы применения систем беспроводной передачи электрической энергии .....	118
5.2. Технологии беспроводной передачи .....	120
5.2.1. Ультразвуковой способ передачи энергии .....	121
5.2.2. Метод электромагнитной индукции .....	121
5.2.3. Электростатическая индукция .....	121
5.2.4. Микроволновое и сверхвысокочастотное излучения .....	122
5.2.5. Лазерный метод передачи энергии .....	122

5.2.6. Всемирная беспроводная система .....	123
5.3. Проект беспроводной передачи энергии методом Николы Тесла с использованием теории эфира .....	124
5.4. Современное состояние и перспективы использования систем однопроводной передачи электрической энергии .....	125
5.5. Электромагнитное излучение в системе однопроводной передачи электроэнергии .....	126
5.6. Особенности однопроводниковой резонансной системы передачи электрической энергии .....	128
5.7. Реализации однопроводной передачи электроэнергии.....	132
5.7.1. «Сверхпроводимость» и трансформатор Авраменко .....	133
5.7.2. Новые эксперименты по однопроводной передаче энергии ...	135
5.8. Электропроводность, система SWER .....	137
Библиографический список .....	140

*Учебное издание*

**ИННОВАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ  
И СИСТЕМАХ**

Учебное пособие

Авторы-составители: **Рудаков Александр Иванович,  
Роженцова Наталья Владимировна,  
Фетисов Леонид Валерьевич**

Кафедра электрооборудования и электрохозяйства предприятий,  
организаций и учреждений КГЭУ

Редактор издательского отдела *М.С. Беркутова*  
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 19.12.2018

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 8,54. Уч.-изд. л. 6,67. Заказ № 221/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ, 420066,  
Казань, Красносельская, 51