

Новые социоприродные и инновационные энергосберегающие технологии совершенствования электротехники и энергетики как энергетическая модель будущего мира

**Д.С. Стребков, академик РАН, д.т.н., профессор**



Человечество ищет ответы на глобальные вопросы:

- что делать в связи с изменением климата и глобальным потеплением;
- где найти энергоресурсы, которые распределены крайне неравномерно и истощаются;
- как сохранить стабильность в мире и обеспечить устойчивое развитие при наличии рисков, связанных с изменением климата и недостатком энергоресурсов;
- как обеспечить энергетическую безопасность каждой страны и глобальную безопасность.

Ответы на эти глобальные вопросы могут быть получены в результате реализации новой энергетической стратегии.

Таблица 1. Новые энергетические технологии, определяющие развитие энергетики в XXI веке и переход современной цивилизации на путь ноосферного развития

<b>№ №</b>	<b>Разделы науки и техники</b>	<b>Новые энергетические технологии</b>
1	Физика твердого тела и полупроводниковая электроника	Солнечная фотоэлектрическая энергетика
2	Единая физическая теория пространства-времени, материи и поля	Электрические генераторы.
3	Резонансная электротехника Н.Тесла	Сверхпроводящие электромагнитные движители без отброса массы. Евразийская и мировая энергетическая система. Бесконтактное электроснабжение наземного и морского электротранспорта.
4	Лазерная и электронно-лучевая техника	Беспроводные направленные методы передачи электрической энергии в атмосфере и в космическом пространстве.
5	Плазменные и электроимпульсные технологии	Водородная энергетика. Быстрый пиролиз твердых органических отходов в газообразное и жидкое топливо.

6	Холодный ядерный синтез	Новая ядерная энергетика.
7	Трансмутация ядер	Новые методы получения материалов.
8	Новая ядерная физика	Снижение радиоактивности отходов АЭС.
9	Сверхкритическое водное окисление	Получение метана из жидких органических отходов.

### **Основные направления будущего развития энергетики**

1. Переход от энергетики, основанной на ископаемом топливе, к бестопливной энергетике с использованием возобновляемых источников энергии.
2. Переход на распределенное производство энергии, совмещенное с локальными потребителями энергии.
3. Создание глобальной солнечной энергетической системы.
4. Замена нефтепродуктов и природного газа на жидкое и газообразное биотопливо, а ископаемого твердого топлива на использование энергетических плантаций биомассы.
5. Замена автомобильных двигателей внутреннего сгорания на бесконтактный высокочастотный резонансный электрический транспорт.
6. Замена воздушных линий электропередач на подземные и подводные кабельные линии.

По всем указанным направлениям в ВИЭСХе проведены исследования, разработаны технологии и экспериментальные образцы, защищенные российскими патентами.

### **Критерии конкурентоспособности солнечной энергетики**

Для того чтобы конкурировать с топливной энергетикой, солнечной энергетике необходимо выйти на следующие критерии:

- КПД солнечных электростанций должен быть не менее 25%;
- срок службы солнечной электростанции должен составлять 50 лет;
- стоимость установленного киловатта пиковой мощности солнечной электростанции не должна превышать 2000 долл.США;
- объем производства солнечных электростанций должен быть 100 ГВт в год;
- производство полупроводникового материала для СЭС должно превышать 1 млн. т в год при цене не более 25 долл./кг.
- круглосуточное производство электрической энергии солнечной энергосистемой;
- материалы и технологии производства солнечных элементов и модулей должны быть экологически чистыми и безопасными.

### **Будущее бестопливной энергетики**

Выбор в пользу бестопливной энергетики в следующие 30-40 лет неизбежен. Причем не из-за истощения запасов сырья, а в связи с удешевлением альтернативных источников энергии и остротой экологических проблем. Термоядерная реакция и другие технологии, провоцирующие дальнейший нагрев земной коры, вряд ли станут массовой альтернативой. Лишние +2°C - и землян ждут ужасные катаклизмы.

Топливная энергетика в настоящее время обеспечивает 87,1% мировых потребностей в энергии. Наши оценки и оценки зарубежных экспертов показывают, что к концу столетия более 80% мирового потребления энергии будет обеспечиваться технологиями бестопливной энергетики: гидроэнергией, биоэнергетикой, солнечной энергетикой, ветровой и геотермальной энергетикой совместно с водородной энергетикой.

Новые российские технологии солнечной энергетики включают бесхлорные технологии солнечного кремния, технологии солнечных кремниевых модулей с КПД 25% при 60-кратной концентрации солнечного излучения, технологии сборки солнечных модулей

со сроком службы 40-50 лет, технологии высоковольтных солнечных модулей напряжением 1000 В.

### **Предложения по развитию бестопливной энергетики**

Для внедрения в солнечную энергетику новых технологий необходимо создание благоприятного социально-экономического «климата» в современном обществе. Поэтому мы предлагаем по аналогии с изначальным ограничением и последующим запретом использования неэффективных ламп накаливания запретить закупки за бюджетные средства солнечных модулей с КПД ниже 10%. Разрешать проектирование, строительство и эксплуатацию малоэтажных зданий, школ, гостиниц и курортно-оздоровительных учреждений при наличии когенерационных систем солнечного энергоснабжения.

### **Экология городов**

Суммарный объем захоронения твердых отходов на полигонах городов РФ составляет 95 миллиардов тонн и ежегодно увеличивается на 3,5 миллиарда тонн. Суммарная площадь полигонов в РФ для захоронения твердых отходов составляет 2500 км<sup>2</sup>.

Мусорные свалки содержат металл, камни, стекло и твердые органические отходы (ТОО). Содержание ТОО оценим в 75% от общей массы свалок. Таким образом, в качестве топлива ежегодно можно использовать 2,625 миллиардов тонн новых ТОО и 2,375 миллиардов тонн ТОО со старых свалок.

### **Плазменные технологии переработки отходов**

Плазменные технологии позволяют полностью прекратить образование новых свалок и ликвидировать старые свалки в объеме 95 миллиардов тонн за  $95:2,375/0,75 = 30$  лет. В качестве когенерационных электростанций (КЭС) предлагается использовать газопоршневые энергетические установки электрической и тепловой мощностью 1 МВт, а для получения газового топлива для работы КЭС использовать плазменные технологии быстрого пиролиза с производительностью по переработке ТОО 100 т в сутки и собственным электропотреблением 300 кВт. Таким образом, с учетом энергозатрат на собственные нужды, КЭС будет генерировать в энергосистему электрическую мощность 0,7 МВт и перерабатывать в год 36 000 т ТОО.

При оценке сроков окупаемости рассматриваемых энергетических проектов необходимо учитывать экономический эффект от уничтожения свалок, рекультивации земель и улучшения экологии городов и сельских поселений.

Другими возобновляемыми ресурсами ТОО являются отходы лесного и сельского хозяйства, а в безлесных районах энергетические плантации быстрорастущих деревьев на землях, не пригодных для сельскохозяйственного производства.

### **Утилизация жидких органических отходов**

Для переработки жидких органических отходов (ЖОО) с содержанием воды 80-95% в электроэнергию плазменные пиролизные технологии непригодны из-за больших энергетических затрат на предварительную сушку ЖОО. Российские ученые предложили для переработки ЖОО новые технологии сверхкритического водного окисления (СКВО) органических веществ в жидкости. Для КЭС электрической мощностью 1 МВт потребуются переработка 150 т ЖОО в сутки, что связано с меньшим содержанием в ЖОО органических веществ по сравнению с ТОО. Для городов это означает сокращение площадей под очистные сооружения, прекращение сброса канализационных стоков в море, как это имеет место в Сочи, Геленджике, Малаге, Барселоне (Испания), в приморских городах Австралии и других стран.

Крупные фермы, которые сейчас содержат несколько прудов-отстойников для навозных стоков, смогут обеспечить электроэнергией и теплом не только собственные потребности, но и население окружающих деревень и сельских районов.

Предлагаем разработать программу переработки твердых и жидких органических отходов городов и сельскохозяйственных предприятий (свалки, жидкие канализационные стоки и стоки ферм и т.д.) в электрическую энергию и теплоту с использованием наукоёмких инновационных российских технологий.

### **Новые системы освещения**

Сейчас наблюдается бум светодиодного освещения. По прогнозам к 2020 году объем рынка светодиодного освещения в России возрастет до 3,6 млрд. долл. США. Светодиодные светильники будут занимать 75% российского рынка. Основной недостаток светодиодных ламп - высокая стоимость - 10 долл./шт. из-за использования дорогих полупроводниковых материалов. В будущем на смену светодиодам придут недорогие люминесцентные лампы с холодными катодами с автоэлектронной эмиссией. Это эффективная и недорогая альтернатива. В инновационных лампах использован совершенно другой принцип работы, другие комплектующие, но основные рабочие характеристики у них такие же: долговечность 50.000-70.000 часов, надежность, очень высокий КПД. В отличие от светодиодов, в производстве новых ламп не используются дорогие полупроводники, и себестоимость ламп с холодными катодами и автоэлектронной эмиссией в 3-5 раз ниже. В 2013 году ВИЭСХ совместно с кафедрой вакуумной электроники Московского физико-технического университета (МФТИ) запатентовали эту технологию и предложили схему освещения с использованием новых ламп на основе резонансной системы электроснабжения на основе идей Н.Тесла.

### **Преимущества новых систем освещения**

Люминесцентные лампы с холодными катодами с автоэлектронной эмиссией имеют следующие достоинства:

- высокая световая эффективность и яркость;
- благоприятный для человека спектр излучения;
- экологическая чистота - отсутствие вредных и ядовитых веществ;
- мгновенная готовность к работе;
- широкий диапазон рабочих температур (от - 196 до +150 градусов);
- большая площадь светящейся поверхности;
- срок службы более 70 тысяч часов;
- в производстве ламп используются простая технология и широко распространенные в природе недорогие материалы.

Новые лампы заменят светодиодные светильники во многих областях применения, и их доля на рынке может составить 50%.

### **Современные энергетические системы**

Современные системы передачи электрической энергии используют двух и трехпроводные линии, в которых электрическая энергия передается от генератора к приемнику бегущими волнами тока, напряжения и электромагнитного поля. Основные потери обусловлены джоулевыми потерями на сопротивлении проводов от протекания активного тока проводимости по замкнутому контуру от генератора к приемнику и обратно. Крупные энергетические компании во многих странах мира вкладывают гигантские средства и научные ресурсы в создание технологии высокотемпературной сверхпроводимости для снижения джоулевых потерь в линии.

### **Нужны новые технологии передачи электроэнергии**

В России имеется свыше 2 миллионов километров сетей, больше половины которых выработало свой нормативный срок. В ближайшие 15 лет их надо менять. Глава ФСК ЕЭС Олег Бударгин заявил: «Мы ожидаем новые материалы и технологии передачи энергии на большие расстояния. Но если говорить о прорывных решениях для электросетей, то их за последние годы не было». На самом деле прорывные технологии для электрических сетей и систем существуют.

### **Резонансные волноводные системы**

Существует другой, вероятно, более эффективный способ снижения потерь, по крайней мере, в магистральных межсистемных линиях электропередач: разработать регулируемые резонансные волноводные системы передачи электрической энергии на повышенной частоте 1-100 кГц, которые не используют активный ток проводимости в замкнутой цепи. В волноводной однопроводниковой линии нет замкнутого контура, нет бегущих волн тока и напряжения, а есть стоячие (стационарные) волны реактивного емкостного тока и напряжения со сдвигом фаз  $90^\circ$ . За счет настройки резонансных режимов, выбора частоты тока в зависимости от длины линии можно создать в линии режим пучности напряжения и узла тока (например, для полуволновой линии). При этом из-за отсутствия активного тока, сдвига фаз между стоячими волнами реактивного тока и напряжения  $90^\circ$  и наличия узла тока в линии отпадает необходимость и потребность в создании в такой линии режима высокотемпературной сверхпроводимости, а джоулевы потери становятся незначительными в связи с отсутствием замкнутых активных токов проводимости в линии и незначительными величинами незамкнутого емкостного тока вблизи узлов стационарных волн тока в линии [1].

### **Мнения Д. Максвелла и Н.Тесла**

Для сомневающихся в существовании незамкнутых электрических токов приводим высказывания двух выдающихся ученых в области электротехники и электроэнергетики.

«Исключительная трудность согласования законов электромагнетизма с существованием незамкнутых электрических токов - одна из причин среди многих, почему мы должны допустить существование токов, создаваемых изменением смещения». Д. Максвелл.

«В 1893 г. я показал, что нет необходимости использовать два проводника для передачи электрической энергии... Передача энергии через одиночный проводник без возврата была обоснована практически». Н. Тесла, 1927 г.

«Эффективность передачи может быть 96 или 97 процентов, и практически нет потерь... Когда нет приемника, нет нигде потребления энергии». Н. Тесла, 1917 г.

«Мои эксперименты показали, что на поддержание электрических колебаний по всей планете потребуются несколько лошадиных сил». Н. Тесла, 1905 г.

Н. Тесла ответил и на вопрос, который часто задают нам: почему электроэнергетика не восприняла его идеи? «Мой проект сдерживался законами природы. Мир не был готов к нему. Он слишком обогнал время. Но те же самые законы восторжествуют в конце и осуществят его с великим триумфом». Н. Тесла, 1919 г.

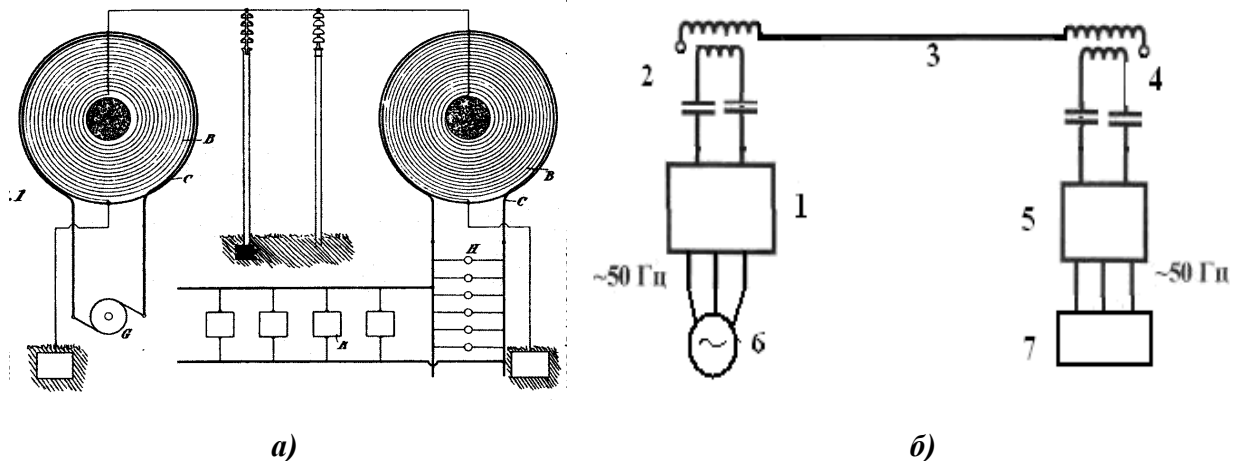


Рис. 1. Резонансная однопроводная система электроснабжения Н.Тесла, 1897 г. (а) и современная резонансная система электроснабжения (б):  
 1 – преобразователь частоты; 2, 4 – два резонансных высокочастотных трансформатора Тесла; 3 – однопроводниковая высоковольтная линия; 5 – инвертор; 6 – генератор; 7 – нагрузка.

### Преимущества техники Н. Тесла

В отличие от ЛЭП постоянного тока с преобразовательными подстанциями на высокой стороне трансформаторов, в технологии Н.Тесла используются преобразователи частоты и инверторы на низкой стороне трансформаторов, что снижает их стоимость до уровня 100-200 дол. США за 1 кВт.

Таблица 2. Сравнение классических систем электроснабжения с технологией Н.Тесла в области передачи электрической энергии

№ пп	Классические системы электроснабжения	Энергетические системы Н.Тесла
1	2	3
1	Частота переменного тока 50 Гц (Европа), 60 Гц (США), 400 Гц (авиация)	Частота переменного тока 500 Гц- 500 кГц
2	Используются режимы подавления резонансных свойств линий, трансформаторы с замкнутым сердечником, трехфазные и однофазные воздушные линии	Используются резонансные режимы работы линии, резонансные контуры, резонансные трансформаторы с разомкнутым сердечником или без сердечника, волноводные однопроводниковые кабельные линии, а также земной шар в качестве однопроводниковой линии
3	Потенциалы на выводах высоковольтной обмотки однофазного трансформатора равны по величине и противоположны по знаку	Потенциал одного из выводов высоковольтной обмотки трансформатора Тесла равен нулю, а потенциал второго вывода имеет максимальную по модулю положительную или отрицательную величину

4	Однослойная электрическая катушка является классической индуктивностью	Однослойная электрическая катушка является в различных вариантах использования замедляющей системой, линией задержки, спиральным волноводом, спиральной антенной или электрическим резонатором
5	Трансформатор содержит низковольтную и высоковольтную обмотку, которые выполнены в виде многослойных катушек с сосредоточенными параметрами, и существует классическая теория расчета обмоток трансформаторов	Высоковольтный трансформатор Tesla содержит дополнительную однослойную высоковольтную обмотку, которая является электрическим резонатором с распределенными параметрами, и параметры электрического резонатора невозможно рассчитать, используя классическую теорию электрических цепей
6	Обрыв фазы в ЛЭП у потребителя является аварийным режимом	Режим разомкнутой линии со стороны генератора является рабочим режимом передачи электрической энергии
7	Электрическая энергия от генератора к потребителю передается в непрерывном режиме	Используется импульсный режим накачки энергии в трансформатор Tesla от передающего резонансного контура
8	Для протекания тока цепь должна быть замкнутой	Ток протекает в разомкнутой цепи
9	Замкнутый ток генератора должен пройти через нагрузку и вернуться к генератору	Незамкнутый ток протекает от генератора к нагрузке без возврата к генератору
10	Ток должен быть одинаковым для всех участков замкнутой цепи. Это справедливо для постоянных токов и квазистационарных переменных токов с частотой 50 Гц при длине цепи до 100 км.	Ток на разных участках линии может протекать в противоположные стороны и принимать любые значения от нуля до максимума
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
11	Электрическая энергия передается с помощью активного тока в замкнутой цепи	Электрическая энергия передается с помощью реактивного емкостного тока в разомкнутой цепи
12	При передаче электрической энергии в замкнутой линии возникают бегущие волны тока и напряжения	При передаче электрической энергии в разомкнутой линии возникают стоячие (стационарные) волны тока и напряжения
13	Волны тока и напряжения в линии совпадают по фазе: $\varphi=0$ , $\cos\varphi=1$	Волны тока и напряжения в линии сдвинуты по фазе на $90^\circ$ : $\varphi=90^\circ$ , $\cos\varphi=0$
14	Пучности и узлы волн тока и напряжения совпадают во времени и по длине линии	Пучности и узлы волн тока и напряжения не совпадают во времени и расположены на разных участках линии. В момент времени, когда напряжение по всей линии равно нулю, ток в линии имеет максимальное значение и наоборот

15	Пучности и узлы волн тока и напряжения перемещаются вдоль линии	Пучности и узлы волн тока и напряжения жестко фиксированы по длине линии
16	Максимальная эффективная плотность тока в линии 1,5-3,5 А/мм <sup>2</sup>	Максимальная эффективная плотность тока в линии из медного проводника при комнатной температуре 600 А/мм <sup>2</sup> . Параметры действующей установки в ГНУ ВИЭСХ: диаметр проводника 80 мкм, передаваемая мощность более 20 кВт, напряжение 6,8 кВ
17	Потери при передаче электрической энергии в линии 8,5% (нормативные), 10-20% (фактические)	Потери при передаче электрической энергии в линии 1-3% (экспериментальные данные Н.Тесла)
18	В режиме передачи активной мощности напряжение вдоль линии постоянно и существует угол между векторами напряжения в начале и в конце линии	Угол между векторами напряжения в начале и конце линии равен нулю, а величина напряжения изменяется в широких пределах и определяется добротностью линии
19	Передаваемая активная мощность регулируется изменением угла между векторами напряжения в начале и конце линии и изменением величины напряжения	Передаваемая Активная мощность регулируется изменением величины напряжения и частоты
20	При изменении частоты на 2% передаваемая мощность изменяется незначительно	При изменении частоты на 2% передаваемая мощность снижается до нуля
21	Вектор Умова-Пойнтинга направлен вдоль линии от генератора к нагрузке	Вектор Умова-Пойнтинга каждые четверть волны меняет свое направление на противоположное
22	Дальность передачи энергии 2000-3000 км	Дальность передачи энергии – неограниченная в пределах Земли
23	Максимальная передаваемая мощность трехфазной ЛЭП ограничена электромагнитной устойчивостью линии на уровне 6 ГВт	Максимальная передаваемая мощность ограничена электрической прочностью изоляции и превышает 100 ГВт
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
24	Беспроводная передача энергии невозможна на частоте 50-60 Гц и экономически неприемлема на повышенной частоте	Беспроводная передача энергии имеет высокий КПД и будет широко использоваться в железнодорожном, автомобильном транспорте и ракетно-космической технике
25	В ЛЭП постоянного тока используют преобразовательные подстанции на напряжение 500-750 кВ	Используют преобразовательные подстанции на низкой стороне трансформатора Тесла с напряжением 0,4-10 кВ



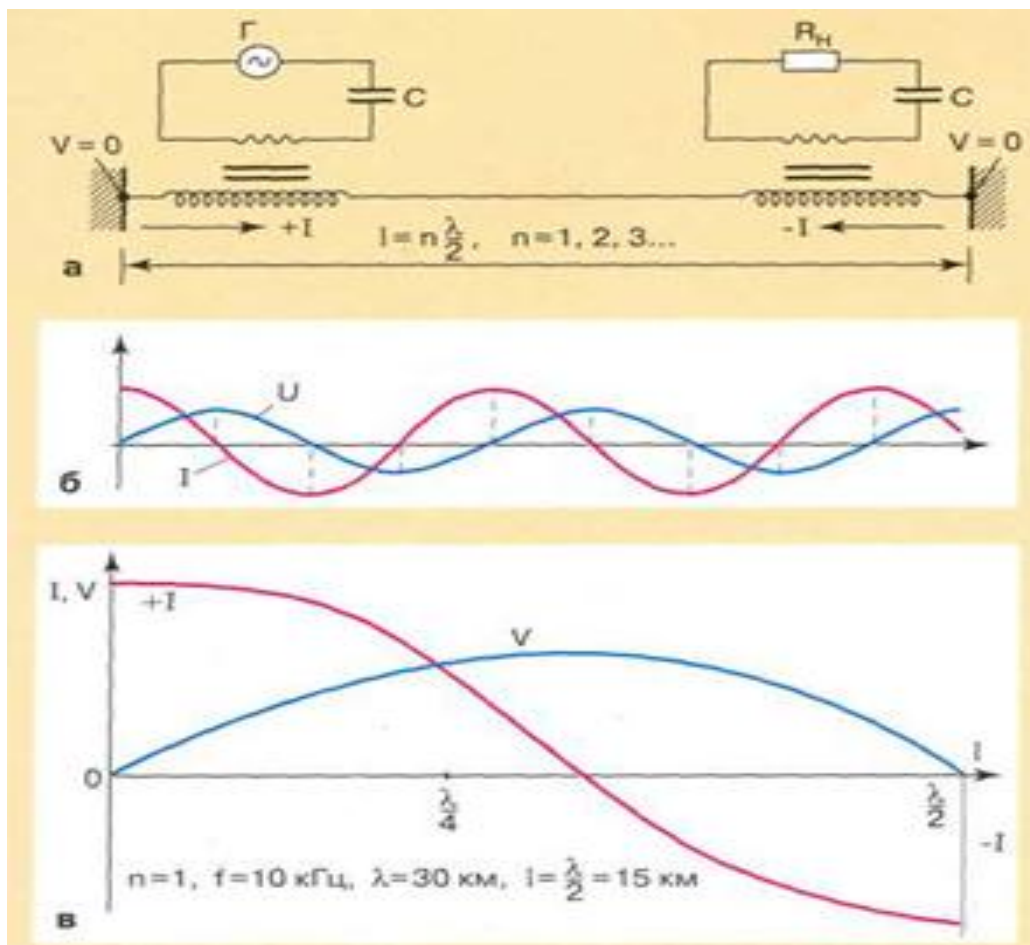


Рис. 2. Распределение токов и напряжений в однопроводниковой линии, замкнутой с двух сторон на землю:  
 а) электрическая схема ( $\Gamma$  - высокочастотный генератор,  $R_H$  - сопротивление нагрузки,  $C$  – ёмкость резонансного контура); б) распределение стоячих волн тока и напряжения вдоль однопроводниковой линии; в) распределение токов и напряжений в полуволновой однопроводниковой линии

### Вектор Умова-Пойнтинга

При работе в режиме стоячих волн, вектор Умова-Пойнтинга через каждые четверть периода изменяет свое направление на обратное: от генератора к нагрузке и наоборот. Это объясняется тем, что в линии имеется сдвиг по фазе между напряжением и током, соответственно между напряженностями электрического и магнитного полей на  $90^\circ$ , вследствие чего через каждые четверть периода один из векторов  $E$  или  $H$  изменяет свое направление на обратное. Таким образом, подтверждается, что на создание чисто стоячих волн генератор не затрачивает энергии.

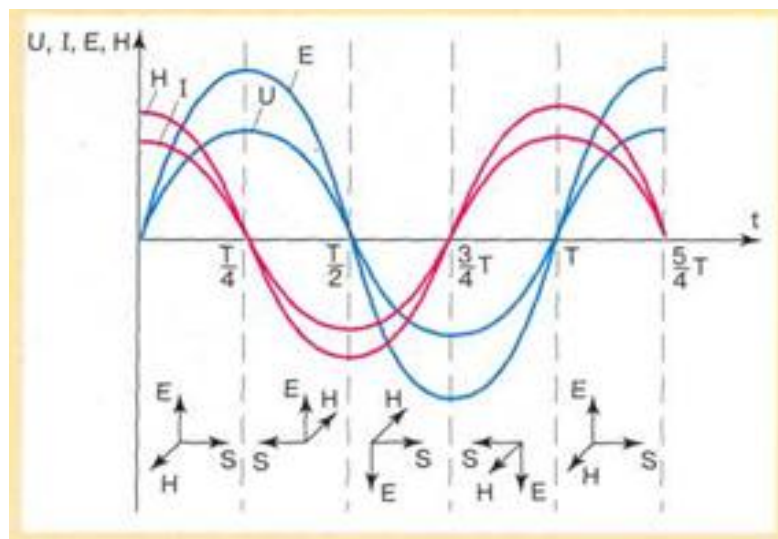


Рис. 3. Направление вектора Умова-Пойнтинга однопроводниковой линии в режиме стоячих волн:

$I, H$  – волны тока и напряженности магнитного поля;  $V, E$  - волны напряжения и напряженности электрического поля

### Полуволновые линии

Стационарные, или стоячие волны являются для инженера-электрика явлением, не имеющим реального физического содержания, поскольку длина линий электропередач обычно не превышает 1000 км, а длина волны тока и напряжения при 50 Гц составляет 6000 км. Полуволновая линия длиной 1000 км может быть получена при частоте 150 Гц и даже в двух-трёх проводном классическом исполнении такая линия будет передавать значительно большую мощность, чем при частоте 50 Гц.

### Классические линии

Классические линии электропередач проявляют резонансные свойства только в аварийном режиме, например, при обрыве линии у потребителя. Для понимания трудов Н.Тесла и развития его идей по резонансным электротехнологиям необходимо классический курс электротехники для инженеров-электриков дополнить специальным курсом, содержащим сведения о резонансных линиях, работающих на повышенной частоте, принципах работы однопроводниковых и спиральных волноводов, методах расчета элементов электрических цепей с распределенными параметрами, об основных научных результатах и практических достижениях в области резонансных электрических технологий и перспективах их использования.

Таблица 3. Результаты испытаний резонансной системы передачи электрической мощностью 20 кВт

Электрическая мощность на нагрузке	20,52 кВт	
Ток	54 А	
Напряжение	380 В	
Напряжение линии	6,8 кВ	
Частота линии	1 кГц	
Длина линии	б.м	1,2 км
Диаметр провода линии	0,08 мм	1 мм
Максимальная эффективная плотность тока на единицу площади поперечного сечения проводника линии	600 А/мм <sup>2</sup>	

Максимальная удельная электрическая мощность в однопроводниковой линии

4 МВт/мм<sup>2</sup>



а)



б)

*Рис. 4. Передающий и приемные блоки резонансной электрической системы  
а) преобразователь частоты и резонансный контур передающего высокочастотного трансформатора; б) резонансный контур понижающего высокочастотного трансформатора*



*Рис. 5. Высокочастотные резонансные трансформаторы напряжением более 1 млн. В в лаборатории ВИЭСХ*



*Рис. 6. Испытания резонансной энергетической системы 20 кВт с однопроводниковой кабельной линией 1,2 км в лаборатории ВИЭСХ*

## Результаты экспериментов

В экспериментальной резонансной однопроводниковой системе передачи электрической энергии, установленной в экспериментальном зале ВИЭСХ, мы передавали электрическую мощность 20 кВт при напряжении 6,8 кВ на расстояние 6 м по медному проводнику диаметром 80 мкм при комнатной температуре, при этом эффективная плотность тока в проводнике составила 600 А/мм<sup>2</sup>, а эффективная плотность мощности – 4 МВт/мм<sup>2</sup>. Из других применений резонансной электроэнергетики, основанной на незамкнутых токах, следует выделить беспроводной офис, бесконтактный высокочастотный электротранспорт, создание местных энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии, соединение оффшорных морских ВЭС с береговыми подстанциями, электроснабжение потребителей на островах, пожаробезопасные однопроводниковые системы уличного освещения и освещения зданий.

### **Преимущества резонансного метода передачи электрической энергии**

- Электрическая энергия передается с помощью реактивного емкостного тока в резонансном режиме. Несанкционированное использование энергии затруднено.
- Содержание алюминия и меди в проводах может быть снижено в 10 раз.
- Потери электроэнергии в однопроводной линии малы, и электроэнергию можно передавать на большие расстояния.
- В однопроводном кабеле невозможны короткие замыкания, и однопроводный кабель не может быть причиной пожара.

### **Кабельные линии Н. Тесла**

Н. Тесла опубликовал два патента на кабельные однопроводные линии, которые можно использовать для проекта единой энергосистемы России от Владивостока до Калининграда. В первом патенте предлагается использовать кабели со специальными экранами, которые снижают практически до нуля потери энергии на излучение. Диаметр токоведущей жилы кабеля составляет 1-5 мм, что обеспечивает малую электрическую емкость кабеля. Во втором патенте Н. Тесла предложил прокладывать волноводные однопроводниковые кабельные линии в зоне вечной мерзлоты для повышения прочности изоляции, а для создания зоны вечной мерзлоты вокруг кабеля использовать в качестве проводника электроизолированную металлическую трубу, по которой прокачивают газообразный или жидкий хладагент с низкой температурой.

### **Сверхдлинные кабельные линии**

Однопроводниковые резонансные системы открывают возможности для создания сверхдальних кабельных линий электропередач и, в перспективе, замены существующих воздушных линий на кабельные однопроводниковые линии. Тем самым будет решена одна из важнейших проблем электроэнергетики - повышение надежности электроснабжения.

Использование изолированных однопроводниковых кабельных линий вместо земли позволит избежать экологических проблем, связанных с реализацией проекта Н. Тесла по созданию глобальной системы электроснабжения.

Преимущество кабельных линий по сравнению с высоковольтными воздушными линиями:

- нет необходимости в техническом обслуживании;
- пониженное магнитное поле;
- бесшумность;
- большая безопасность (из-за обрыва проводов);
- большая надежность;
- нет влияния погодных условий;
- не нарушается естественный природный ландшафт;

- снижение на 10% потерь при передаче энергии из-за отсутствия короны и токов утечки;
- нет полосы отчуждения.

Необходимо разработать и организовать производство однопроводниковых кабелей с диаметром медного проводника 1-3,5 мм на напряжение 100-1000 кВ, частотой 1-100 кГц.

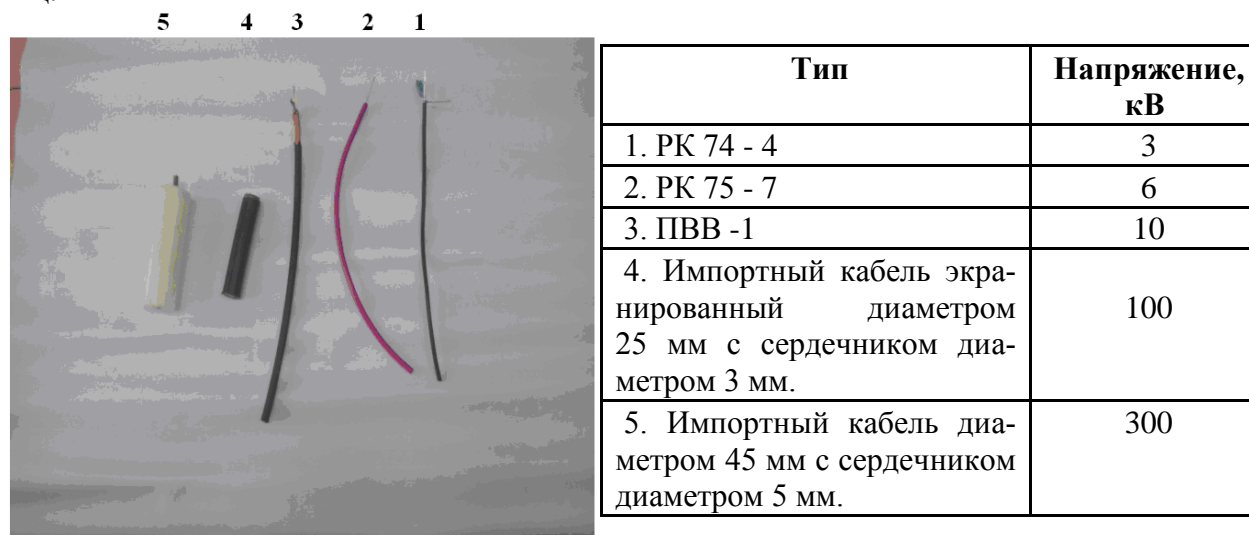


Рис. 7. Образцы однопроводниковых кабельных линий

### Энергосистема Владивосток – Калининград

В настоящее время энергосистема Дальнего Востока не присоединена к Единой энергетической системе России. Одной из причин является ограничение перетоков мощности в межсистемных магистральных ЛЭП величиной 6 ГВт и расстояния передачи величиной 3 000 км, которые связаны с электромагнитной устойчивостью линии и потерями электрической энергии при передаче.

Предлагаем разработать и построить межсистемную линию передачи электрической энергии от Владивостока до Калининграда с использованием технологий Н. Тесла, на которые в ФГБНУ ВИЭСХ получено 50 патентов РФ.



Рис. 8. Суточный график нагрузки энергосистемы Японии, ГВт

Установленная мощность электростанций в России составляет 125 ГВт, годовое производство электроэнергии 1000 млрд. кВт·ч. Принимаем, что производство электроэнергии в ночное время составляет 50% от дневного максимума нагрузки и что с учетом роста экономики и потребления электроэнергии в перспективе возможные перетоки мощности в широтном направлении в часы ночного минимума нагрузки составят 50 ГВт. Технико-экономические расчеты проведем на переток мощности 10 ГВт.

### **Параметры энергосистемы Владивосток – Калининград:**

Параметры межсистемной линии электропередач:

- протяженность 9000 км;
- передаваемая мощность 10 ГВт (в перспективе 50 ГВт);
- будут использованы однопроводниковые высоковольтные кабельные линии с диаметром кабеля 100-150 мм и медного многожильного проводника диаметром 1-5 мм;
- частота в линии 1-100 кГц;
- напряжение в линии 1-10 МВ.

Параметры линии уточняются в процессе разработки.

Состав повышающих и понижающих подстанций:

- преобразователь частоты 50 Гц/1-100 кГц со вставкой постоянного тока для повышающего трансформатора;
- резонансный трансформатор Тесла 100 кВ/1-10 МВ;
- инвертор со вставкой постоянного тока 100 кВ, 50 Гц для понижающего трансформатора.

### **Технико-экономические показатели энергосистемы Владивосток – Калининград:**

Стоимость межсистемной линии передачи, включая стоимость подстанций, составляет 1,5 млн. долл./км. Капитальные затраты на создание системы составят:

$$C = 9000 \text{ км} \cdot 1,5 \text{ млн. долл./км.} = 13,5 \text{ млрд. долл.}$$

Экономический эффект заключается в снижении капитальных затрат на строительство новых генерирующих мощностей, экономии энергии и топлива за счет перетоков электрической энергии в широтном направлении в часы ночного минимума потребления электроэнергии.

Снижение капитальных затрат на строительство 10 ГВт новых мощностей электростанций при стоимости 1500 долл./кВт:

$$\Delta C = 10 \text{ ГВт} \times 1,5 \text{ долл./Вт} = 15 \text{ миллиардов долл.}$$

Объем передаваемой электроэнергии в год:

$$\Delta \mathcal{E} = 10 \text{ ГВт} \times 8760 \text{ час.} = 87,6 \text{ ТВт}\cdot\text{г} = 87,6 \times 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Годовая экономия топлива при удельном расходе топлива 0,25 кг у.т./кВт·ч:

$$\Delta T = 87,6 \times 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 0,25 \text{ кг у.т./кВт}\cdot\text{ч} = 21,9 \text{ млн. т у.т.}$$

Годовая экономия электроэнергии при оптовой цене 1 руб./кВт·ч:

$$\Delta \mathcal{E} = 87,6 \times 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 1 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч} = 87,6 \text{ млрд. руб./год.}$$

### **Глобальная система энергоснабжения Земли**

В настоящее время продолжает формироваться концепция создания глобальной системы энергоснабжения Земли путем последовательного укрупнения существующих и создания новых региональных энергетических систем с последующей их интеграцией в единую глобальную энергосистему. Идея объединения региональных энергетических систем в Единую энергетическую систему Земли была предложена еще в 1975 году

(Р.Букминстер Фуллер). Эту идею активно развивает и пропагандирует Институт глобальной энергетической сети GENI (Global ENERGY NETWORK INSTITUTE), зарегистрированный в Калифорнии (США). Президент GENI Петер Мейсен в период участия в работе Международного солнечного конгресса в Москве в 1997 г. сделал доклад по данной проблеме в ВИЭСХе.

### **Трансконтинентальные энергетические системы**

Прогнозируется создание в будущем ряда трансконтинентальных систем, объединяющих транспортные и энергетические потоки и совмещающие волноводные кабельные линии, магистральные линии связи, трассы железной дороги и автомобильные магистрали.

В первую очередь это широтная транспортная и энергетическая магистраль с Запада на Восток: Лиссабон – Владивосток, а также меридиональная магистраль с Юга на Север: Австралия, Индонезия, Таиланд, Вьетнам – Китай – Берингов пролив – Аляска – Канада – Америка. Второй меридиональный (энергетический) поток может пройти по Великому Шелковому пути: Индия – Афганистан – Киргизстан – Таджикистан – Узбекистан – Туркменистан – Казахстан, Север Западной Сибири. Указанные меридиональные энергетические и транспортные потоки пересекутся в Восточной и Западной Сибири с широтной энергетической и транспортной магистралью, образуя великое сокрестие Европы и Азии.

Третья меридиональная транспортная и энергетическая линия свяжет Кейптаун с Осло через Восточную Африку, арабские страны, Турцию, страны Черного моря, страны Восточной Европы и Скандинавии. Четвертая меридиональная энергетическая линия соединит страны Западной Африки, Средиземноморья, Западной Европы, Англию и Ирландию. Меридиональная энергетическая линия соединит также страны Южной и Северной Америки.

Широтная энергетическая линия в экваториальной зоне от 0° до 30° северной широты соединит страны Азии, Африки и Латинской Америки.

Экваториальная энергетическая линия, а также широтная энергетическая линия Лиссабон – Владивосток будет замкнута через Тихий и Атлантический океан, Северную и Центральную Америку. Сеть меридиональных и широтных энергетических линий образуют Объединенную Энергетическую Систему Земли.

Разрабатывается энергосистема 10 южноамериканских стран, арабских государств, рассматривается вопрос создания Балтийского и Черноморского энергетических колец, линии электропередачи Сибирь – Китай. Созданы объединенные энергосистемы России, стран центрально-азиатского региона, а также США и Канады, скандинавских и европейских стран.

Задача создания глобальной энергетической системы в целом может быть разделена на две задачи: формирование генерирующих центров большой мощности и разработка с последующей практической реализацией технологий эффективной передачи электроэнергии на большие расстояния для обеспечения перетоков энергии в глобальной системе. Возможности солнечной энергетики для решения первой из указанных задач трудно переоценить.

### **Солнечная энергетика в 2050 г.**

Международное энергетическое агентство (МЭА) опубликовало технологическую дорожную карту «Солнечная фотоэлектрическая энергетика, изд. 2014 г. Установленная мощность фотоэлектрических станций в мире достигнет в 2020 г. 400-500 ГВт, в 2050 г. – 4600 ГВт, производство солнечного электричества – 6300 ТВт·ч. Солнечные фотоэлектрические станции будут обеспечивать 16%, а солнечные тепловые станции – 10% мирового производства электроэнергии, которое составит 40000 ТВт·ч в 2050 г. Солнечная энерге-

тика будет генерировать в 2050 г. 10300 ТВт·ч, или более 50% от современного мирового производства электроэнергии в 2015 году (20000 ТВт·ч) ([www.ieg.org](http://www.ieg.org) (Road maps)).

### **Евразийская солнечная энергосистема**

Предложенная Россией Евразийская солнечная энергосистема Владивосток – Лиссабон из двух солнечных электростанций мощностью 1,5 ТВт с годовым производством электрической энергии 5000 ТВт·ч круглосуточно в течение полугода с марта по сентябрь обеспечит все страны Евразийского континента электрической энергией [2]. При этом все топливные электростанции будут переведены в разряд резервных электростанций с нулевой эмиссией диоксида углерода.

### **Энергетическая модель будущего Земли**

В 2003 году российскими учеными была предложена и запатентована энергетическая модель будущего Земли, основанная на создании глобальной солнечной энергосистемы [3].

Суть ее в том, что в трех точках земного шара через каждые 120 градусов долготы в широтах с максимальной и равномерной по сезонам солнечной радиацией устанавливаются солнечные электростанции электрической мощностью 2,5 ТВт каждая. Всего три - на весь мир. Для размещения станции потребуются участки размером 200 км на 200 км в жарких пустынных районах Африки, Австралии и Латинской Америки.

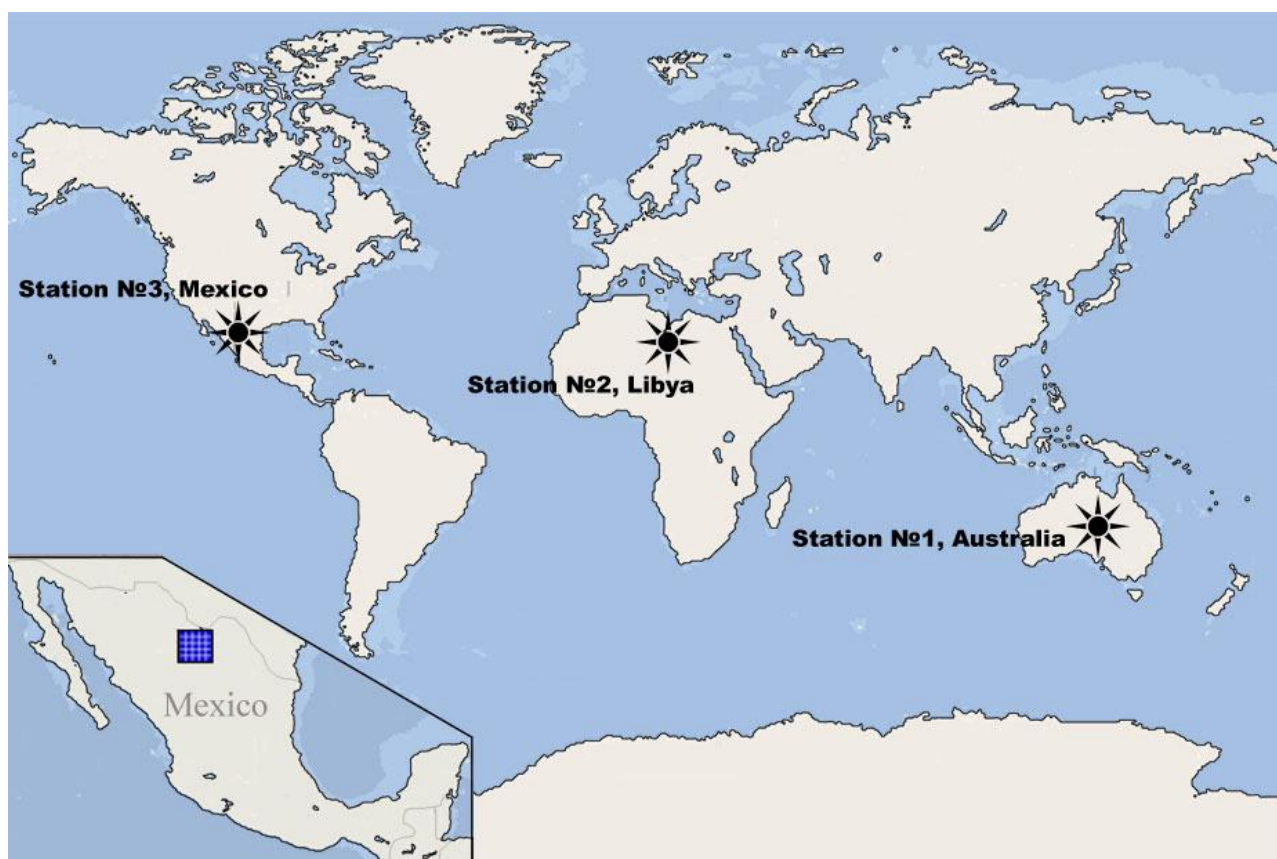


Рис. 9. Глобальная солнечная энергетическая система из трех солнечных электростанций



### Результаты компьютерного моделирования

Компьютерное моделирование на основе данных солнечного излучения показало, что глобальная солнечная энергосистема позволит полностью удовлетворить потребность в электричестве всех жителей и промышленных производств планеты (20000 ТВт·ч в год).

Снимается основная «ахиллесова пята» солнечной энергетики - зависимость от смены дня и ночи, времен года, непредсказуемости климата.

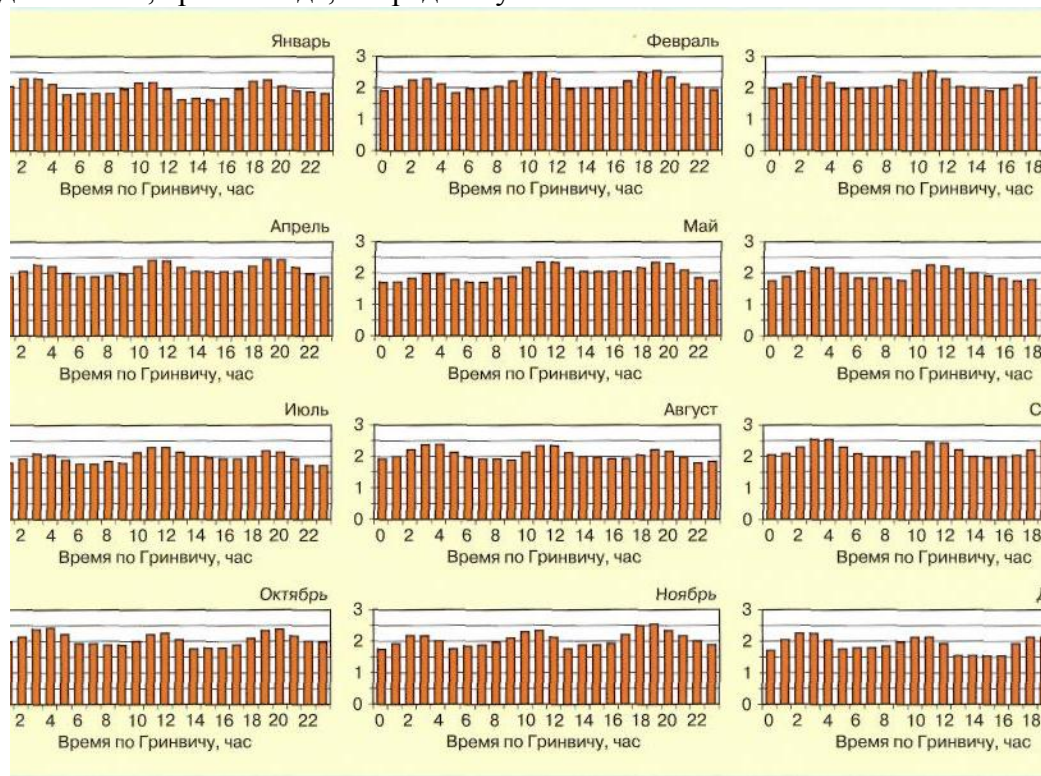


Рис. 10. Круглосуточное производство электроэнергии глобальной солнечной энергосистемой в объеме 20 000 ТВт·ч в год в течение миллионов лет

### Преимущества глобальной солнечной энергосистемы

Энергия будет вырабатываться круглосуточно, бесперебойно и передаваться в национальные энергосистемы посредством волноводных резонансных кабельных линий электропередач на основе технологий Н.Тесла.

Создание межрегиональной, а впоследствии и мировой солнечной энергосистемы позволит минимизировать или даже полностью исключить суточную и сезонную неравномерность выработки электроэнергии и обеспечить круглосуточное и круглогодичное надежное, экологически безопасное электроснабжение потребителей.

При этом будет снижен парниковый эффект и исключено негативное воздействие топливных электростанций на окружающую среду.

### Повышение качества образования

Современные тенденции в глобальном развитии требуют повышения качества для образования. В соответствии с позицией кафедры ЮНЕСКО по возобновляемой энергетике и электрификации сельского хозяйства ВИЭСХ решения этих проблем лежат в области современных технологий и, соответственно, современного образования. Вот названия некоторых книг, изданных нашей кафедрой ЮНЕСКО в результате исследований последних лет: «Основы фотоэлектричества», «Основы ветроэнергетики», «Солнечные концентраторы», «Матричные солнечные элементы» в 3-х томах, «Биотопливо из водорослей»,

«Развитие солнечной энергетики в Туркменистане», «Солнечные фотоэлектрические водоподъемники», «Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии», «Основы электробезопасности», « Физические основы солнечной энергетики»

### **Океан энергии вокруг нас**

По оценке нобелевских лауреатов Фейнмана и Дж. Уилера в вакууме, заключенном в объеме лампы накаливания, достаточно энергии, чтобы вскипятить все океаны на Земле. Цель ученых – создание генератора, способного генерировать избыточную энергию, превышающую объем энергии, полученной от источника питания.

Основным видом воздействия на вакуум является энергомагнитное воздействие, целью которого является достижение критического уровня возбуждения вакуума [4].

### **Энергия Эфира**

Термин «энергия физического вакуума» пришел на смену термину «энергии эфира», широко распространенному в прошлом столетии. Н. Тесла в 1891 г. в своей лекции в колледже Колумбии говорил: «Мы теперь уверены, что электрические и магнитные явления относятся к эфиру..., и эффекты статического электричества - эффекты эфира в движении. Мы знаем, что он действует, как несжимаемый флюид, электромагнитная теория света ... учит нас, что электрические и эфирные явления идентичны» [5].

### **Новые электрические машины**

В ВИЭСХе разработаны схемы пяти принципиально новых, энергоэффективных, экологически чистых электрических машин и двигателей, которые можно использовать для дальнейшего освоения земного и космического пространства.

### **Новые источники энергии**

Получен патент и испытан принципиально новый электрический двигатель с тягой 2-4 кг с вектором тяги, который контролируется электрическими параметрами. Предложены электрические двигатели с тягой несколько тонн и новые источники энергии для космических, воздушных, наземных и подводных транспортных систем будущего.

### **Выводы**

1. Приведены результаты сравнения параметров классической системы электропитания с системой электропитания по однопроводным волноводным линиям на повышенной частоте, предложенной 100 лет назад Н. Тесла. По таким параметрам, как плотность тока и потери в линии, дальность передачи энергии, передаваемая мощность, возможность кабельной и беспроводной передачи энергии, электрические системы Н. Тесла превосходят технологии классических систем электропитания.

2. Рассмотрены параметры межсистемной кабельной линии Владивосток – Калининград с передаваемой мощностью 10 ГВт с использованием резонансной однопроводниковой системы на основе технологий Н.Тесла.

3. Предложены Евразийская энергосистема Владивосток-Лиссабон из двух солнечных электростанций мощностью по 1,5 ТВт с годовым производством электроэнергии 5000 ТВт г круглосуточно с марта по сентябрь.

4. Предложена энергетическая модель развития будущего мира, основанная на прямом преобразовании солнечной энергии в солнечных электростанциях и трансконтинентальных тераваттных перетоках мощности с помощью резонансных волноводных технологий, предложенных Н. Тесла.

### **Литература**

1. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы передачи и применения электрической энергии. М. ВИЭСХ, 4-е издание, 2013, 582 с.
2. Стребков Д.С. Электрические сети и системы на основе технологий Николая Тесла. –М.: Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2013. № 3. – С. 7-12.
3. Стребков Д.С., Иродионов А.Е., Базарова Е.Г. Солнечная энергетическая система. Патент № 2259002 РФ, заявл. 25.03.2003, опубл. 2005. Бюл. № 22.
4. Мазур И.И «Энергия будущего», Издательский центр Елима, 2006, с.530.
5. Лайн Вильям. Сверхсекретные архивы Теслы. - М.: Эксмо, 2010. С. 159-160.