

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МАНТА

ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Фудзита Горо
Тонаги Такаси

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



Фудзита Горо
Тонаги Такаси
Office 32wa

OHMsha

ОМК
издательство



Занимательная электротехника

**Генерация, передача
и распределение электроэнергии**

Манга

マンガでわかる 発電・送配電

藤田 吾郎／編著
十風 高志／作画
オフィスsawa／制作



ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Фудзита Гору
Тонаги Такаси

Перевод
с японского
А. Б.Клионского



УДК 621.31
ББК 31.2
Ф94

Фудзита Горо

Ф94 Занимательная электротехника. Генерация, передача и распределение электроэнергии. Манга / Фудзита Горо (автор), Тонаги Такаси (худож.); пер. с яп. Клионского А. Б. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 232 с. : ил. — (Серия «Образовательная манга»). — Доп. тит. л. яп.

ISBN 978-5-97060-402-1

Студент факультета электротехники по имени Намики имеет странное хобби - в свободное от учёбы время он фотографирует опоры линий электропередач. Это увлечение сводит его с инопланетянкой Ююмо, прилетевшей на Землю с целью изучения местных особенностей. Вместе с героями манги вы пройдёте по всем этапам процесса снабжения электроэнергией, познакомитесь с устройством и работой электроэнергетических систем, изучите особенности различных методов генерации, передачи и распределения электроэнергии. Кроме того, вы получите представление о проблемах электроэнергетики и современных тенденциях развития данной отрасли.

УДК 621.31
ББК 31.2

Original Japanese edition
Manga de Wakaru Hatsuden-Souhaiden (The Manga Guide to Generation,
Transmission and Distribution of Electricity)
By Goro Fujita (Author), Tonagi Takashi (Illustrator)
and Office sawa (Producer)
Published by Ohmsha, Ltd.
3-1 Kanda Nishikicho, Chiyodaku, Tokyo, Japan
Russian language edition copyright © 2016 by DMC Press

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-4-274-06924-6 (яп.)
ISBN 978-5-97060-402-1 (рус.)

Copyright © 2013 by Goro Fujita and Office sawa
© Перевод, оформление, издание, ДМК Пресс, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нас окружает огромное количество различных электроприборов. Это – одно из доказательств развития систем генерации и распределения электроэнергии. В этой книге мы, в форме комикса, постараемся просто рассказать об этих системах. Для понимания систем генерации и распределения необходимо сначала прояснить связь между энергией и электроэнергией, о чем рассказывает Глаза 1. В последующих главах говорится о генерации электроэнергии, ее передаче и, затем, передаче конечному потребителю. Мы хотим рассказать о том, что существует большое количество видов генерации, о том, какие меры предпринимаются для предотвращения возможных проблем при передаче, а также о том, что хорошо знакомое нам распределение электроэнергии на самом деле сочетает в себе большое количество различных технологий. В последней, пятой главе, мы поговорим о том, каким образом будет развиваться потребление электроэнергии в дальнейшем, о набирающей обороты в последние годы распределенной энергетике и прочих вещах.

Эти темы будут интересны не только людям, задействованным в энергетике и работе, связанной с электрооборудованием, но и студентам, изучающим электротехнику и электронику, а также тем, кто нацелен на получение квалификации в сферах, связанных с электротехникой. Случается ведь, что люди, получив образование в иной области, например, связанной с физикой, IT или химией, при поступлении на работу неожиданно для себя сталкиваются с энергетикой. Мы создали эту книгу для широкого круга читателей, представив информацию в виде комикса для упрощения понимания.

Над созданием этой книги работал художник Такаси Тонаги, вдохнувший в нее движения, а Савако Савада из Office sawa приложила силы не только для того, чтобы преобразить исходный текст в историю, но и для того, чтобы представить техническую информацию наиболее понятным образом. Вопросы, неизвестные создателям этой книги, были раскрыты усилиями директора Японского общества инженеров-электриков, господина Ёсикадзу Иида (Директор восточного отделения Общества электрической безопасности в Ибараки). Мы выражаем благодарность компании Ohmsha, которая дала возможность нам опубликовать эту книгу, а также всем тем, кто оказал помощь в ее создании.

Октябрь 2013 г.

Горо Фудзита

СОДЕРЖАНИЕ

Пролог Я, ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ЖИЗНЬ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ	1
---	---

Глава 1 ЭНЕРГИЯ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ.....	13
--	----

1. Энергия	14
• Что такое энергия?	14
• Энергопотребление	18
• Графики энергопотребления.....	21
• Энергетические ресурсы.....	24
• Энергосбережение.....	28
2. Качество электроэнергии	30
• Проблема нестабильности частоты.....	31
• Оценка качества электроэнергии.....	34
• Перераспределение электроэнергии.....	35
3. Электроэнергетическая система.....	35
• Однофазный и трехфазный ток.....	38
• Электроэнергетические системы.....	40





Дополнительная информация	44
---------------------------------	----

Глава 2	
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ.....	45

1. Основы электрогенерации	46
---	-----------

• Трубины и генераторы.....	46
• Генераторы трехфазного тока.....	50

2. Гидравлическая электрогенерация	52
---	-----------

• Что такое гидрогенерация?	53
• Типы гидрогенерации	55
• Выходная мощность гидроэлектростанции	58
• Типы гидротурбин и схемы компоновки ГЭС	60

3. Тепловая электрогенерация	64
---	-----------

• Что такое тепловая электрогенерация?	65
• Типы тепловой электрогенерации и их особенности.....	67
• Роль тепловой электрогенерации	73

4. Атомная электрогенерация	78
--	-----------

• Что такое атомная электрогенерация?	79
• Деление атомного ядра.....	81
• Что такое ядерный реактор?	84
• Топливные стержни, регулирующие стержни.....	85
• Замедлитель, охладитель.....	87

Дополнительная информация	91
--	-----------

Глава 3

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧА.....93

1. Способы электропередачи и трансформации	94
• Электропередача и трансформация	94
• Зачем повышать напряжение электропередачи?	97
• Воздушные ЛЭП	98
• Подземная электропередача	101
2. Противоаварийная защита оборудования электропередачи	104
• Меры молниезащиты оборудования электропередачи	105
• Меры защиты оборудования электропередачи от налипания снега	108
• Меры защиты оборудования электропередачи от солевого повреждения	110
• Список мер противоаварийной защиты оборудования электропередачи	112
• Провисание и нагрузка на провода	113
• Почему воробьев не бьет током?	116
3. Устройство трансформаторных подстанций	118
• Оборудование трансформаторной подстанции	118
• Типы трансформаторных подстанций	120
Дополнительная информация	124





Глава 4

ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ 129

1. Системы электrorаспределения 130

- Электрораспределение и трансформаторы..... 132
- Системы электрораспределения для жилых домов..... 135
- Классы работ по заземлению 139
- Типы систем электрораспределения 140
- Системы электрораспределения для заводов и крупных зданий 142
- Классификация напряжений 145
- Системы низковольтного, высоковольтного и сверхвысоковольтного электрораспределения . 147

2. Электричество внутри дома 150

- Внутренняя электропроводка..... 150
- Счётчик электроэнергии 152
- Распределительный щит 153

3. Штепсельные розетки 158

- Штепсельные розетки на 100 В, 200 В 159
- Штепсельные розетки в разных странах мира..... 163



Дополнительная информация	168
---------------------------------	-----

Глава 5

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ БУДУЩЕГО	171
---------------------------------	-----

1. Что такое распределённые источники?	172
--	-----

- Централизованная и распределённая электрогенерация.... 174
- Особенности распределённых источников и либерализация электроэнергетики..... 177
- Ветровая электрогенерация
- Типы ветряных турбин
- Солнечная электрогенерация
- Накопители электроэнергии.....

2. Микросети, интеллектуальные энергосистемы	194
--	-----

- Что такое микросети и интеллектуальные энергосистемы?

Дополнительная информация	198
---------------------------------	-----

ЭПИЛОГ	199
--------------	-----

Приложение. Основы электричества.....	210
---------------------------------------	-----

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	215
----------------------------	-----





ПРОЛОГ

Я, ЛИЦА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ЖИЗНЬ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ



Эй, намики!

ФОТОКЛУБ

Токио, кампус одного университета

ТЫ ПОГЛЯДИ НА
СВОЮ ФОТО-
ГРАФИЮ!

УХ ТЫ, И
ПРАВДА!

ГЛЯДИ, НЛО!

НЛО?

НУ ЧТО ЗА
ЕРУНДУ ТЫ
НЕСЕШЬ!

АА, НЛО!

НУ ВЕДЬ...

ЛИНЗА, НАВЕРНОЕ,
ГРЯЗНАЯ БЫЛА?



НЕТ ЖЕ!!!

ИМЕННО...
Я ЛЮБЛЮ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ!

В НИХ КУДА БОЛЬШЕ
РОМАНТИКИ, ЧЕМ В КАКИХ-
НИБУДЬ ТАМ РАЗВАЛИНАХ
ИЛИ ЗАВОДАХ!!

ВУХ!!

У...

ЗАНИМАЮТ МНОГО
МЕСТА И ПОРТЯТ ВИД?
НЕТ!!!

БЛАГОРОДНЫЙ ХАОС! АРОМАТ,
ЗАСТАВЛЯЮЩИЙ ПОЧУВСТВОВАТЬ
НОСТАЛЬГИЮ О ПРОШЛОМ, ПОВЕ-
СТВУЮЩИЙ О ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ!!

БАЦ!!

НЕ СМОТРИ
ТУДА!
НАНА, ЧТО
ЭТО?

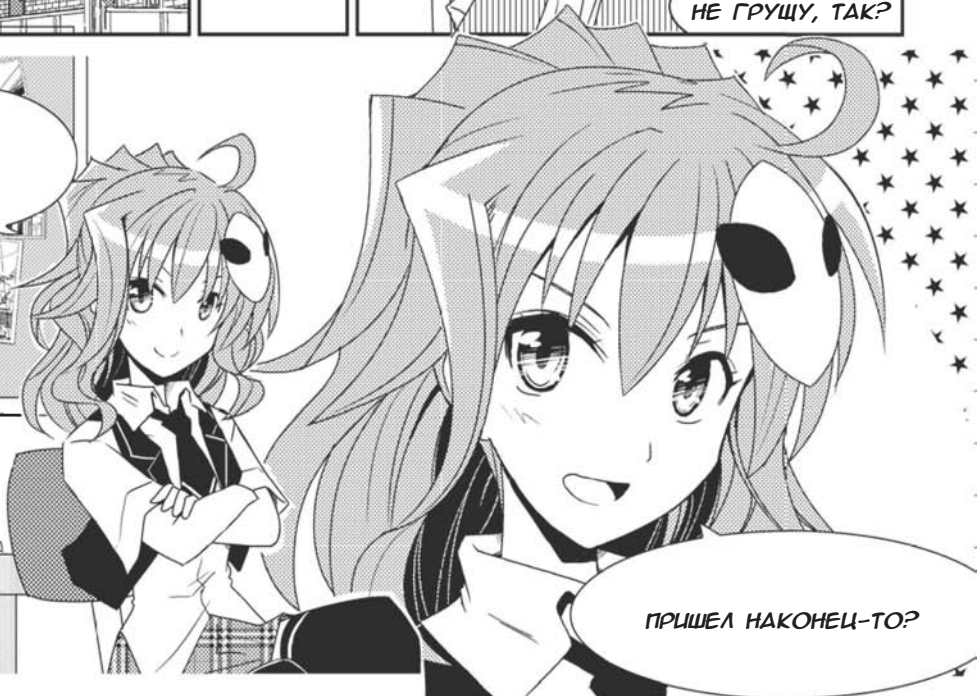
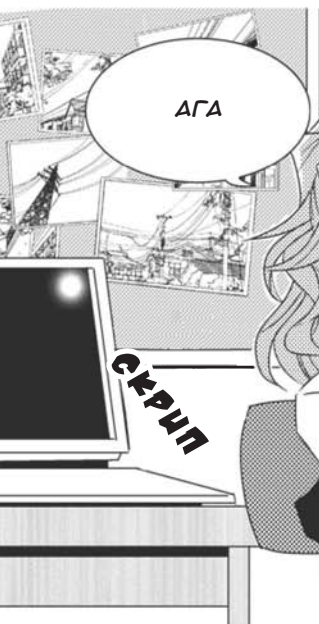
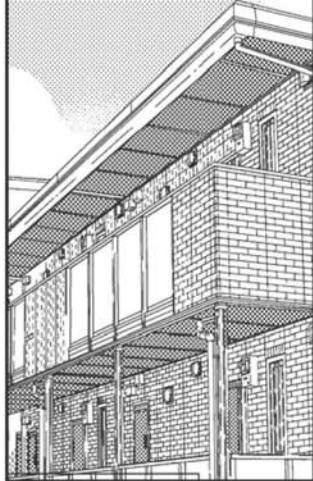
АХ...

НЕТ, НЕТ, НАДО
ВЗЯТЬ СЕБЯ В
РУКИ...

АУРАНИ!

ФОТОГРАФИИ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ!!!

Я ВЕДЬ НЕ НИЧЕ-
ГО СТРАННОГО
НЕ ДЕЛАЮ?
Я САМЫЙ ОБЫЧНЫЙ!





НЕСКОЛЬКО ДНЕЙ НАЗАД!!
НА МОЙ БОЕВОЙ КОРАБЛЬ БЫЛО
НАПРАВЛЕНО ВЫСОКОМОЩНОЕ
ОРУЖИЕ!



ВСПОМНИЛ?

ДА, ЭТО Я
БЫЛА В НЛО.

ДУМАЛ, С БОЛЬ-
ШОГО РАССТОЯНИЯ Я
НЕ ЗАМЕЧУ АТАКУ?

ТЫК!

А ВОТ И НЕТ!

.....

НЕ СМОТРИ НА МЕНЯ
ТАК!!

ЧТО ЖЕ МНЕ
ДЕЛАТЬ?
В ПОЛИЦИЮ
ПОЗВОНИТЬ?

НИКТО
МНЕ НЕ
ПОВЕРИТ.
СКАЖУТ,
ЧТО НА
ЛЖУ!

МЕНЯ ПРОСТО
ДУРАКОМ
ВЫСТАВЯТ...

КОРОЧЕ...

ПУСТЬ ЭТО БЫЛА
ЛИШЬ ПОПЫТКА,
Я, ЮУМО,
НЕ НАСТОЛЬКО ДОБРАЯ,
ЧТОБЫ ПРОСТИТЬ
АГРЕССОРА,
НАПАДАВШЕГО
НА МОЙ КОРАБЛЬ.

ЧТО БЫ СДЕЛАТЬ
ТАКОГО?..

ПОГООА. ТЫ
НЕПРАВИЛЬНО
ПОНЯЛА.

Я ПРОСТО
ФОТОГРАФИРОВАЛ.

ТОП,ТОП



Я ФОТОГРАФИРОВАЛ
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ!
ВОТ ОНИ!



ХЛОП

И ЭТО СКАЖЕШЬ
- ОРУЖИЕ?



ЧТО? ЛИНИИ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ?
ФОТОГРАФИИ?



ЗНАЧИТ, ЭТА ШТУКОВИНА -
НЕ ЛУЧЕВОЕ ИЛИ
ВОЛНОВОЕ ОРУЖИЕ,
ИСПЕЛЯЮЩЕЕ ВРАГОВ?

ВО ВСЕ НЕТ.



Н-НЕТ, Я ЖЕ
С САМОГО НАЧАЛА
ЗНАЛА. Я ПРОСТО
БЛЕФОВАЛА, ЧТОБЫ
УБЕДИТЬСЯ В ТОМ,
ЧТО ЗЕМЛЯНЕ НЕ
АГРЕССИВНЫЕ.



Я ВСЕГДА
ОТЛИЧНО ЗНАЮ
МЕСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ.

СМОТРИ СЮДА,
КОГДА ГОВОРИШЬ,
ТЫ, ЦИОПЛАНЕТЯНКА!

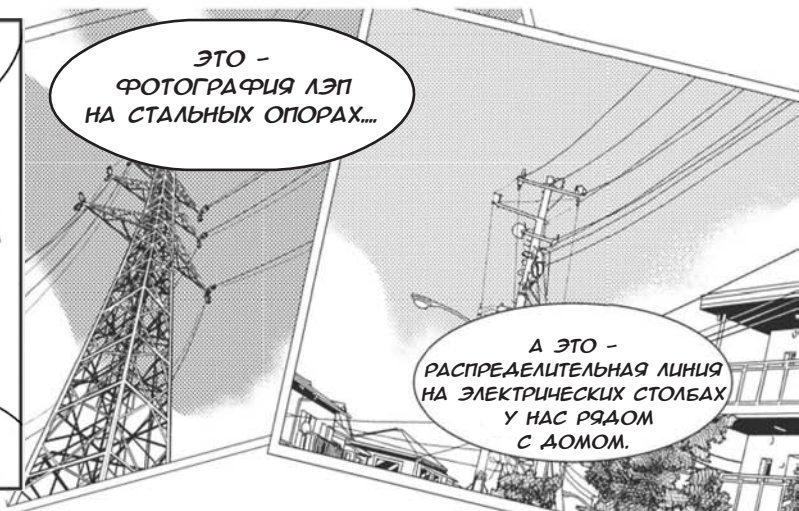
ЗАТКНИСЬ,
ПРИДУРОК!

КСТАТИ, Я УДИВЛЕНА,
ЧТО ДЛЯ СЪЁМКИ КАКИХ-ТО
НЕПОДВИЖНЫХ КАРТИНОК
НУЖНА ТАКАЯ МАШИНА!



УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ
ВАШЕЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ
НИЖЕ, ЧЕМ Я ДУМАЛА!

НУ, ПОЛЕЗЛА
В БУТЫЛКУ!



ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ
ГЕНЕРИРУЕТСЯ НА ЭЛЕК-
ТРОСТАНЦИЯХ, ЗАТЕМ ПО
ПРОВОДАМ ЛЭП НА
СТАЛЬНЫХ ОПОРАХ...

...ПЕРЕДАЁТСЯ НА
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ
ТРАНСФОРМАТОРНУЮ
ПОДСТАНЦИЮ, ...

...ОТКУДА ПО ЛИНИЯМ НА ЭЛЕКТРИ-
ЧЕСКИХ СТОЛБАХ РАСПРЕДЕЛЯЕТСЯ
ПО ЖИЛЫМ ДОМАМ, ПРОХОДЯ ЧЕ-
РЕЗ ТАКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, КАК
ТРАНСФОРМАТОРЫ

АГА-
АГА.



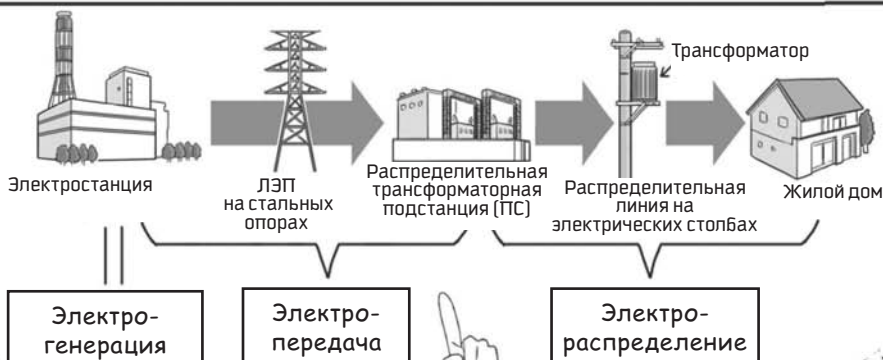
*В действительности электроэнергия проходит через несколько трансформаторных подстанций, например, таким образом: сверхвысоковольтная ПС → первичная ПС → распределительная ПС

КАК ДОЛОГ ПУТЬ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО
РАЗНЫМ ЛИНИЯМ...

ЭМ...

МУРХ, МУРХ

КСТАТИ...



ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЭЛЕКТРО-
СНАБЖЕНИЕ СОСТОИТ ИЗ
ТРЕХ ПРОЦЕССОВ - ЭЛЕКТРО-
ГЕНЕРАЦИИ НА ЭЛЕКТРО-
СТАНЦИЯХ, ЭЛЕКТРОПЕРЕДА-
ЧИ НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ
ПОДСТАНЦИЮ, ...

...И, НАКОНЕЦ,
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПО КОНЕЧНЫМ
ПОТРЕБИТЕЛЯМ -
ЖИЛЫМ ДОМАМ,
ЗАВОДАМ И Т.П.

ДЕНЬ...





НУ, ЕСЛИ ОТКАЖЕШЬСЯ,
ТОГДА Я РЕШУ,
ЧТО ТЫ - АГРЕССОР,
И НАЧНУ АТАКУ НА ЗЕМЛЮ.

СУРОВО!

КАКОЙ УЛЬТИМАТУМ!
СУДЬБУ ЗЕМЛИ - НА МОИ ПЛЕЧИ?!



НУ, ЕСЛИ ТОЛЬКО
РАССКАЗАТЬ, ТО
НАВЕРНОЕ, СМОГУ.
Я ВЕДЬ В ИНСТИТУТЕ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКУ ИЗУЧАЮ.

ИТАК,
РЕШЕНО.



У ВАС В КОСМОСЕ
ПЕРЕГОВОРЫ И
УГРОЗЫ -
ЭТО ОДНО И ТО
ЖЕ?

ПРИСТУПАЕМ К
ЗАНЯТИЯМ!

СЛУШАЙ,
ИНОПЛА-
НЕТЯНКА!



К СЛОВУ,
ИНОПЛАНЕТЯНКА - ЭТО
ПО-ДУРАЦКИ ЗВУЧИТ,
НЕ НАДО МЕНЯ ТАК ЗВАТЬ.

ЛУЧШЕ
ЗОВИ МЕНЯ
ВНЕЗЕМНЫМ
РАЗУМОМ.



КАК ЭТО...
ЭЛЕГАНТНО ЗВУЧИТ!

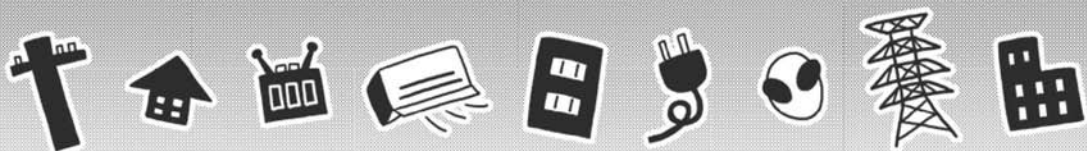
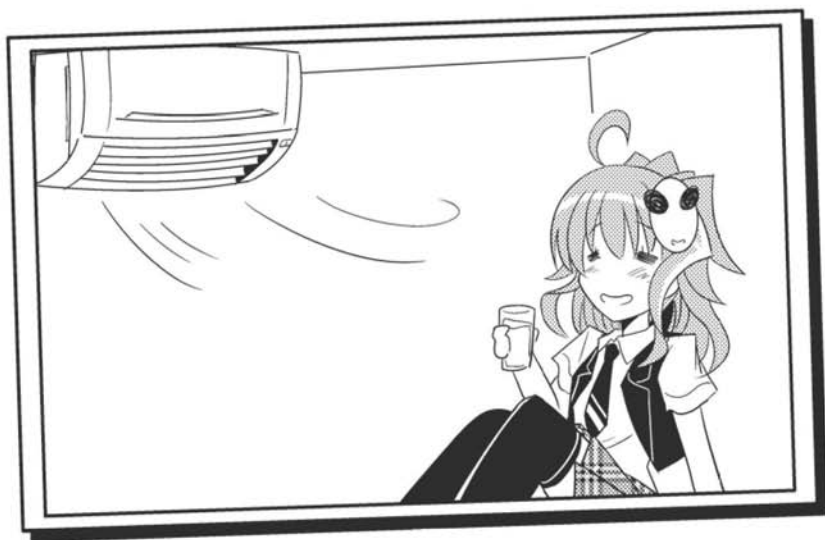
АХ!

НУ ЭТО СОВСЕМ УЖ
ПО-ДУРАЦКИ!..



ГЛАВА 1

ЭНЕРГИЯ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ



1. ЭНЕРГИЯ

 Что такое энергия?







*В действительности энергия преобразуется в несколько этапов: химическая → тепловая → механическая → электрическая.



КСТАТИ, ЭНЕРГИЮ, СУЩЕСТВУЮЩУЮ В МИРЕ ПРИРОДЫ, НАЗЫВАЮТ **ПЕРВИЧНОЙ**,...

...А ЭНЕРГИЮ, ПРЕОБРАЗОВАННУЮ ДЛЯ ПРОСТОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, - **ВТОРИЧНОЙ**.

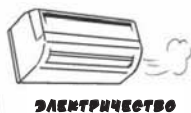
Первичная энергия

- Ископаемое топливо (нефть, каменный уголь, природный газ)
- Атомная энергия (уран)
- Возобновляемая энергия (гидравлическая, солнечная, ветровая и др.)

Вторичная энергия

- Электричество
- Бензин
- Коксовый газ*

ВОТ ОНО ЧТО, И ПРАВДА....



ВЫ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕТЕ ВТОРИЧНУЮ ЭНЕРГИЮ

КОГДА ЭНЕРГИЮ ИСПОЛЬЗУЮТ В КАЧЕСТВЕ РЕСУРСА, КАК ЭТУ ПЕРВИЧНУЮ ЭНЕРГИЮ....



...ЕЁ НАЗЫВАЮТ **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ**.

ПРО ЭТИ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ Я ПОТОМ РАССКАЖУ ПОДРОБНЕЕ, А ПОКА ПЕРЕЦЕДЁМ К СЛЕДУЮЩЕЙ ТЕМЕ.

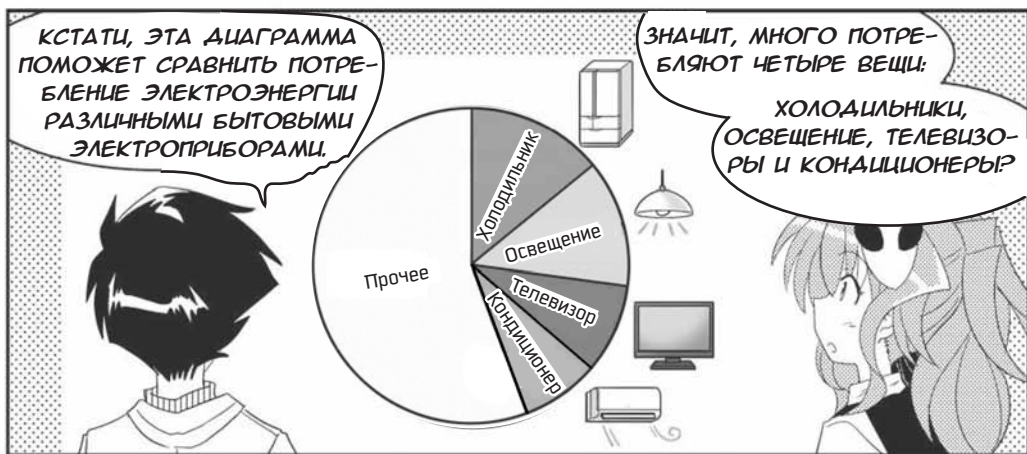
ХОРОШО! ПРО ЧТО ДАЛЬШЕ?

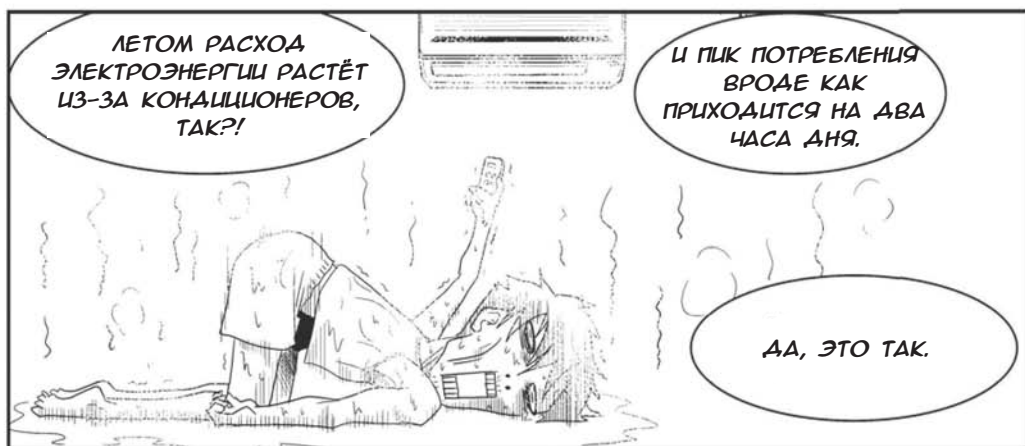
* Прим.перев. - горючий газ, образующийся в процессе коксования каменного угля

⚡ Энергопотребление



Конечное потребление энергии - это общее количество энергии, затрачиваемое потребителем (теми, кто использует электроприборы). Энергию потребляют заводы, офисы, транспорт, жилые дома.







Графики энергопотребления



Итак, давай рассмотрим в подробностях графики **потребления электроэнергии**. Оно значительно различается в зависимости, например, от времени года или от конкретного дня.



Хм, то есть, в жаркий период и в жаркий день для охлаждения используется много электроэнергии? Какие вы, земляне, простые.



Эй! Но, в общем, примерно так.

Посмотри на график ниже. Такие графики, на которых отображено изменение потребления электроэнергии (изменение нагрузки) в течение дня, называют **графиками суточных нагрузок**.



Графики суточных нагрузок

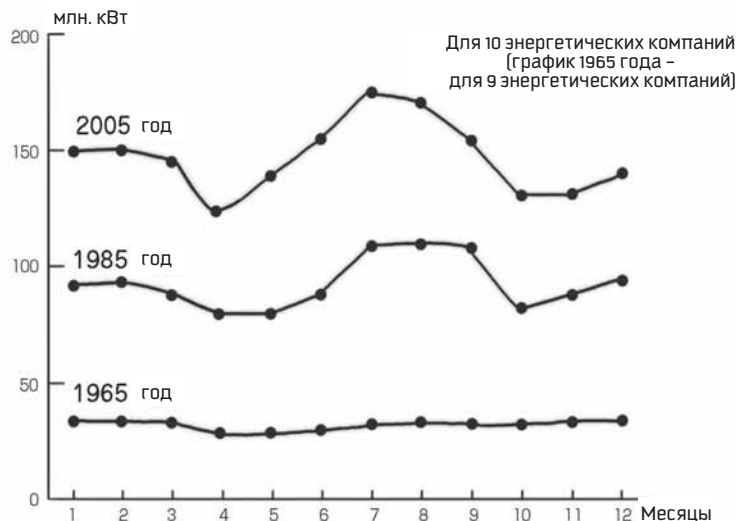


Надо же. По этим графикам сразу видно, в какое время года и суток возрастает потребление электроэнергии. Летнее охлаждение - это пик потребления. Хотя зимний обогрев тоже требует много.



Есть еще вот такие графики.

С их помощью можно увидеть, как в разные годы изменялась максимальная потребляемая мощность для каждого месяца. Посмотри на разницу между временами года, с января по декабрь.



Изменения максимальной потребляемой мощности по годам и месяцам



Надо же. В самом давнем, 1965 году, потребление в течение года практически не менялось, но в 1985 или 2005 разница в зависимости от времени года огромная.



Это, очевидно, результат широкого распространения кондиционеров, а также большого потребления электроэнергии системами охлаждения компьютеров центров хранения и обработки данных.



Понятно. То есть, охлаждать нужно не только людей, но и компьютеры? Хм... Но почему люди, зная о том, что электроэнергия по любому понадобится летом и зимой, не могут её запастись?



Ну, это потому, что просто так накопить электроэнергию не получится. Понемножку её можно и в аккумуляторах запастись, но в больших количествах, которые требуются обществу в целом, это невозможно в настоящее время.

Поэтому мы должны прогнозировать общее потребление каждого дня и генерировать электроэнергию ежедневно (подробнее на с. 44).

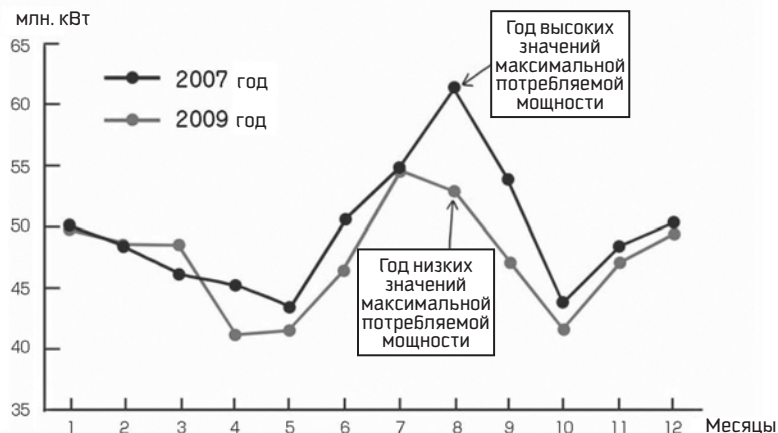


Хм... Значит, нужно всё время работать над **прогнозами потребления электроэнергии**?



Да, это так. Правда, в наше время усилилась зависимость от различных условий, таких, как среднегодовая и среднемесячная температура. Поэтому очень трудно строить прогноз потребления электроэнергии в текущем году на основе старых данных.

Взгляни на эти графики. Они показывают значения максимальной мощности, которую одна из энергетических компаний поставляла в каждом месяце в разные годы. Сравнив данные по месяцам за 2007 и 2009 годы, ты поймёшь, как может отличаться потребление электроэнергии в одни и те же месяцы разных лет.



Данные одной из энергетических компаний по максимальной поставленной мощности по месяцам в 2007 и 2009 годах



И правда!

Наверное, причина в том, что капризы погоды случаются каждый день, или, например, в одном году лето может быть прохладным, а в другом, наоборот, очень жарким. Итак... Нам остается только одно -тренировать способность к предвидению!



Да нет! Есть более реалистичный выход — нам всем нужно экономить электроэнергию!

Энергетические ресурсы



ИТАК, УЧИТЫВАЯ НЕПРЕ-
СТАННЫЙ РОСТ ЭНЕРГОПО-
ТРЕБЛЕНИЯ, ПОДУМАЕМ О
МИРОВЫХ ЗАПАСАХ ЭНЕР-
ГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.

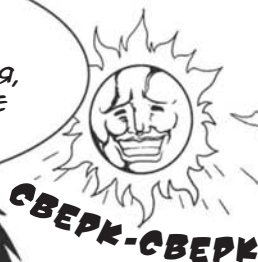
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУР-
СЫ... КАЖЕТСЯ, ТЫ ПРО
НИХ УЖЕ ГОВОРИЛ.



Типичные энергоресурсы

- Ископаемое топливо
(нефть, каменный уголь,
природный газ)
- Атомная энергия (уран)
- Возобновляемая энергия
(гидравлическая,
солнечная, ветровая и др.)

**ВОЗООБНОВЛЯЕМАЯ
ЭНЕРГИЯ** - ЭТО,
КАК ЯСНО ИЗ НАЗВАНИЯ,
ЭНЕРГИЯ, КОТОРАЯ НЕ
ЗАКАНЧИВАЕТСЯ.



СВЕРК-СВЕРК

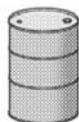


ФУУ

НАПРИМЕР,
СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ
ИЛИ СИЛА ВЕТРА.



АГА-АГА



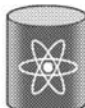
Нефть



Каменный
уголь



Природный
газ



Уран

ОДНАКО, НЕФТЬ,
КАМЕННЫЙ УГОЛЬ И
ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ДЛЯ ТЭС
ИЛИ УРАН ДЛЯ АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАЦИЙ - ЭТО РЕСУРСЫ,
КОТОРЫЕ КОГДА-НИБУДЬ
ЗАКОНЧАТСЯ,
ЕСЛИ ПРОДОЛЖАТЬ
ИХ ДОБЫЧУ.

ЗДЕСЬ
ТОЖЕ!



ВСЁ,
КОНЕЦ...

ПУСТО,
ЧЕРТ
ВОЗЬМИ!







В связи с изменчивостью кратности ресурсов, данные округлены до десятков лет.

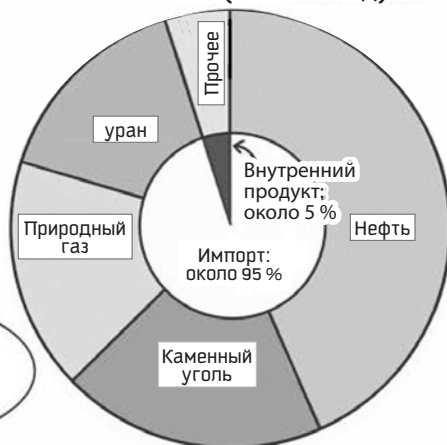


НЕСМОТРИ НА ТО, РЕСУРСОВ В МИРЕ ОСТАЁТСЯ НЕ ТАК МНОГО, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЯПОНИИ ПОЧТИ ПОЛНОСТЬЮ ЗАВИСИТ ОТ ИМПОРТА.



ОСОБЕННО ОТ НЕФТИ, ПО БОЛЬШЕЙ ЧАСТИ ПОЛУЧАЕМОЙ СО СРЕДНЕГО ВОСТОКА.

Структура первичной энергии в Японии (на 2011 год)



ТАК ЗАВИСЕТЬ ОТ ИМПОРТА?! ЧТО ВЫ ДЕЛАТЬ БУДЕТЕ, ЕСЛИ ВАРУГ ВОЙНА СО СТРАНОЙ-ЭКСПОРТЁРОМ?!



НЕ БУДЕТ ТАКОГО!!

КАКИЕ У ТЕБЯ ТРЕВОЖНЫЕ МЫСЛИ ПО ЛЮБОМУ ПОВОДУ, ИНОПЛАНЕТЯНКА!!

НУ, ЕСЛИ НЕФТЬ ПОДОРОЖАЕТ, ТО ЭТО ДЕЙСТВИТЕЛЬНО СИЛЬНО ОТРАЗИТСЯ НА НАШЕЙ ЖИЗНИ.



СЧЕТА ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ЦЕНЫ НА БЕНЗИН...

ДАЖЕ ЛАПША БЫСТРОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТАК ПОДОРОЖАЛА...

УЖАС...



ПОЭТОМУ ДЛЯ ЯПОНИИ ОСОБЕННО ВАЖНЫ ТАКИЕ ПОНЯТИЯ, КАК ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ, А ТАКЖЕ РАЗВИТИЕ НОВЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ.

Энергосбережение



Поговорим об **энергосбережении**. Мы все привыкли к этому слову, но напомним его изначальный смысл: «Сохранить прежние социально-экономические показатели при меньших энергозатратах благодаря более эффективному использованию электроэнергии.»



Ого, мечтать не вредно! Хотя, если вспомнить о проблеме энергоресурсов, о которой ты говорил.... Это на самом деле насущная потребность. В будущем без энергосбережения, наверное, уже не обойдешься.



Да, да. Ну, тогда я расскажу о трех конкретных мерах энергосбережения:

1. Внедрять оборудование генерации с высоким КПД, например, системы когенерации*.
2. Внедрять оборудование для аккумулирования электроэнергии, разрабатывать новые источники энергии на замену ископаемому топливу.
3. Стараться экономить электроэнергию.

* Когенерация описана на с.71, оборудование для аккумулирования электроэнергии — на с.189.



Пункты 1 и 2 отдельному человеку трудно осилить, даже если сразу взяться за дело.... Для нас прямо сейчас, в этом доме, доступен только пункт 3 - «Стараться экономить электроэнергию», да? Но как это ... скучновато.



Ну, не ворчи! Может быть, и скучновато, но именно непрестанные усилия — это и есть настоящее энергосбережение. Взгляни на следующую таблицу.



Электроприбор	Меры энергосбережения
Кондиционер 	<ul style="list-style-type: none">• Устанавливать летом на 28°C, зимой – на 20°C
Осветительные приборы 	<ul style="list-style-type: none">• Сократить время во включённом состоянии• Заменить лампы накаливания на компактные люминесцентные лампы
Холодильник 	<ul style="list-style-type: none">• Не держать дверцу открытой• Не перегружать продуктами• Не класть горячие продукты
Стиральная машина 	<ul style="list-style-type: none">• Стирать одновременно несколько вещей.

Меры энергосбережения в быту



Ого...

Как много всяких мер, и все они такие простые!



Также существует проблема **расхода электроэнергии в режиме ожидания**. Телевизоры и аудиосистемы включены в розетку, даже если мы ими не пользуемся, так ведь? Это удобно, так как мы можем включить их в любой момент, но выходит, что через устройства всё время течёт ток, даже когда мы не пользуемся ими.



Хм...

Удобно, конечно, но электроэнергия тратится впустую.



Именно. Считается, что примерно 10 % всей электроэнергии, расходуемой в быту, приходится на потребление в режиме ожидания. То есть мы напрасно расходует электроэнергию, даже не зная об этом. В общем, важно, чтобы каждый старался беречь электроэнергию там, где это возможно.



Поняла! Для начала нужно вынуть все вилки из розеток, чтобы избавиться от расхода в режиме ожидания.

Сделаем это прямо сейчас!



Ююмо, не смей отключать холодильник!

2. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



ЧЕК!

Основные сведения об электричестве приведены на стр. 210. Там вы можете уточнить значение различных терминов, используемых здесь.



ЕСЛИ ЩЕКОЧЕТ, ТО
ХОРОШЕГО КАЧЕСТВА,
А ЕСЛИ БЬЁТ, ТО
ПЛОХОГО, НАВЕРНОЕ!!

Проблема нестабильности частоты



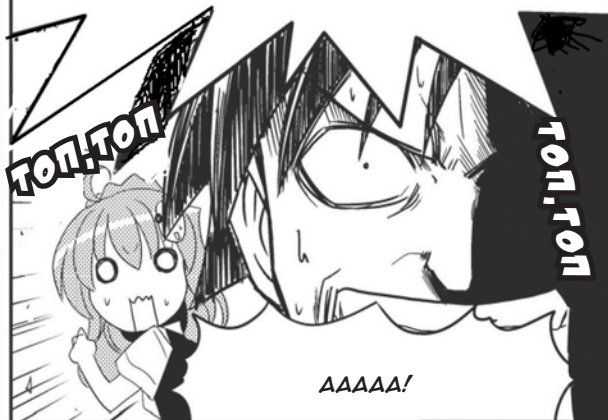


ЗАВОДЫ, КОТОРЫЕ
ДО СИХ ПОР
ДЕЛАЛИ ВЕЩИ СТАБИЛЬНО
ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА....

ЧТО ЭТО
ТАКОЕ?!!

И С ТОГО, НИ С СЕГО ВАРУГ
НАЧНУТ ДЕЛАТЬ КУЧУ
НЕПОЯТНЫХ ВЕЩЕЙ!!!!

НЕ УСПЕЕШЬ ОГЛЯНУТЬСЯ - ВСЁ В
БРАК. У ТЕБЯ НА РУКАХ -
ЦЕЛАЯ КУЧА МУСОРА!



ААААА!

НО ЭТО ЕЩЁ НЕ ВСЁ.
ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕ-
НИЯ **ЭЛЕКТРОАВИАТЕЛЯ** МО-
ЖЕТ ВЫЗВАТЬ НЕШТАТНУЮ ВИ-
БРАЦИЮ И ПРИВЕСТИ К ПО-
ВРЕЖДЕНИЮ САМОЙ МАШИНЫ!

ЕСЛИ ИЗМЕНИТСЯ, НАПРИМЕР,
НАПОР ВОДЫ НА ЗАВОДСКОМ
ОБОРУДОВАНИИ, ТО, В ХУДШЕМ СЛУЧАЕ,
ЕГО ДАЛЬНЕЙШАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СТАНЕТ НЕВОЗМОЖНОЙ!!
ФИРМА РАЗОРИТСЯ!!!!

ВПЫХ!!!

ЧТО?! АААА!!!!

ЗНАЧИТ, ИЗМЕНЕНИЕ
ЧАСТОТЫ МОЖЕТ
ПРИВЕСТИ К ТАКИМ
ПОСЛЕДСТВИЯМ....

УГХ

ЧТОБЫ ИЗБЕЖАТЬ
ВСЕГО ЭТОГО, НУЖНО
ПОДДЕРЖИВАТЬ
ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

П-ПОЯТНО...



Оценка качества электроэнергии

УХ-ТЫ, СКОЛЬКО
ВСЕГО!

НАПОСЛЕДОК
РАССКАЖУ ОБ
ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

НОМИНАЛЫ И СТАНДАРТЫ
ВЫГЛЯДЯТ СЛЕДУЮЩИМ
ОБРАЗОМ.

Контролируемые параметры качества электроэнергии

Параметр	Описание
Частота	Стандартная частота (50, либо 60 Гц), допускается отклонение $\pm 0,1-0,2$ Гц
Поставляемое напряжение	Для систем 100 В: 101 ± 6 В Для систем 200 В: 202 ± 20 В
Скачки напряжения	В качестве числового показателя «степени мигания света» используется значение ΔV_{10} , которое не должно превышать $0,45V$ (где V – поставляемое напряжение).
Высшие гармоники	Из переменного тока выделяют, нормируют и оценивают так называемые «составляющие искажений».
Отключения электроэнергии	Отключения бывают аварийными (в результате происшествий или неисправностей) и плановыми. По этому показателю Япония находится на первом месте в мире — общая длительность отключений в год составляет чуть менее 10 минут.

3. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



Перераспределение электроэнергии



Хм...



ЮМО, ЧТО
СЛУЧИЛОСЬ?

ЕСЛИ ЧТО-ТО НЕПОНЯТНО,
СПРАШИВАЙ! Я ПРЕДОПОЛА-
ГАЮ, О ЧЁМ ТЫ МОЖЕШЬ
СПРОСИТЬ.



ТОГДА СПРОШУ, ПОЧЕМУ У
ВАС В ЯПОНИИ ВОСТОК И
ЗАПАД ТАК НЕ ЛЮБЯТ ДРУГ
ДРУГА?!

ИЗВИНИ, ЭТО БЫЛ
ВНЕЗАПНЫЙ ВОПРОС!

ЭТО УЖЕ НЕ ПРО
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО,
А ПРО ПОЛИТИКУ?!



ШЛА В МЕШКЕ НЕ УТА-
ИШЬ...ИТАК, ПО ИНФОРМА-
ЦИИ ИЗ ЭТОЙ КНИЖКИ...

ЧАСТОТЫ В ЯПОНИИ
РАЗНЫЕ:
НА ВОСТОКЕ - 50 ГЦ,
А НА ЗАПАДЕ - 60 ГЦ.



ПРОТИВОРЕЧИЕ МЕЖДУ
ЗАПАДОМ И ВОСТОКОМ,
ВОЗНИКШЕЕ ИЗ НЕНАВИСТИ
И РЕК КРОВИ....

И ЭТО МЕЖДУ
ЛЮДЬМИ НА ОДНОЙ
ПЛАНЕТЕ, В ОДНОЙ
СТРАНЕ....

А, ТЫ ОБ ЭТОМ... В ЭПОХУ МЕЙДЗИ (1868-1912) В ЯПОНИЮ ВПЕРВЫЕ ИМПОРТИРОВАЛИ ГЕНЕРАТОРЫ.

НА ВОСТОК ЯПОНИИ ЗАВЕЗЛИ ГЕНЕРАТОРЫ ИЗ ГЕРМАНИИ, А НА ЗАПАД - ИЗ АМЕРИКИ.

ВОЙНА МЕЖДУ АМЕРИКОЙ И ГЕРМАНИЕЙ "ЧУЖИМИ РУКАМИ"?

УЖАСНО....

ДА НЕТ ЖЕ! ЗАПАД И ВОСТОК У НАС ДРУЖАТ!!

ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ВСЕХ ДЕВЯТИ* ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ ОТ ХОККАЙДО ДО КЮСЮ СВЯЗАНЫ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.

Энергетическая компания (ЭК) Хоккайдо (НЕРСО)

ЭК Хокурику

ЭК Кансай

ЭК Тюоку

ЭК Кюсю

ЭК Окинава

ЭК Тохоку

Токийская ЭК (ТЕРСО)

ЭК Тюбу

ЭК Сикоку

ЛИНИИ СЛОВАМИ, СУЩЕСТВУЕТ ЕДИНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕТЬ.

* В Японии существует 10 энергетических компаний, девять из которых (за исключением ЭК Окинава) формируют единую энергетическую сеть.

ЭТО ДЕЛАЕТ ВОЗМОЖНЫМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ...

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, НАПРИМЕР...

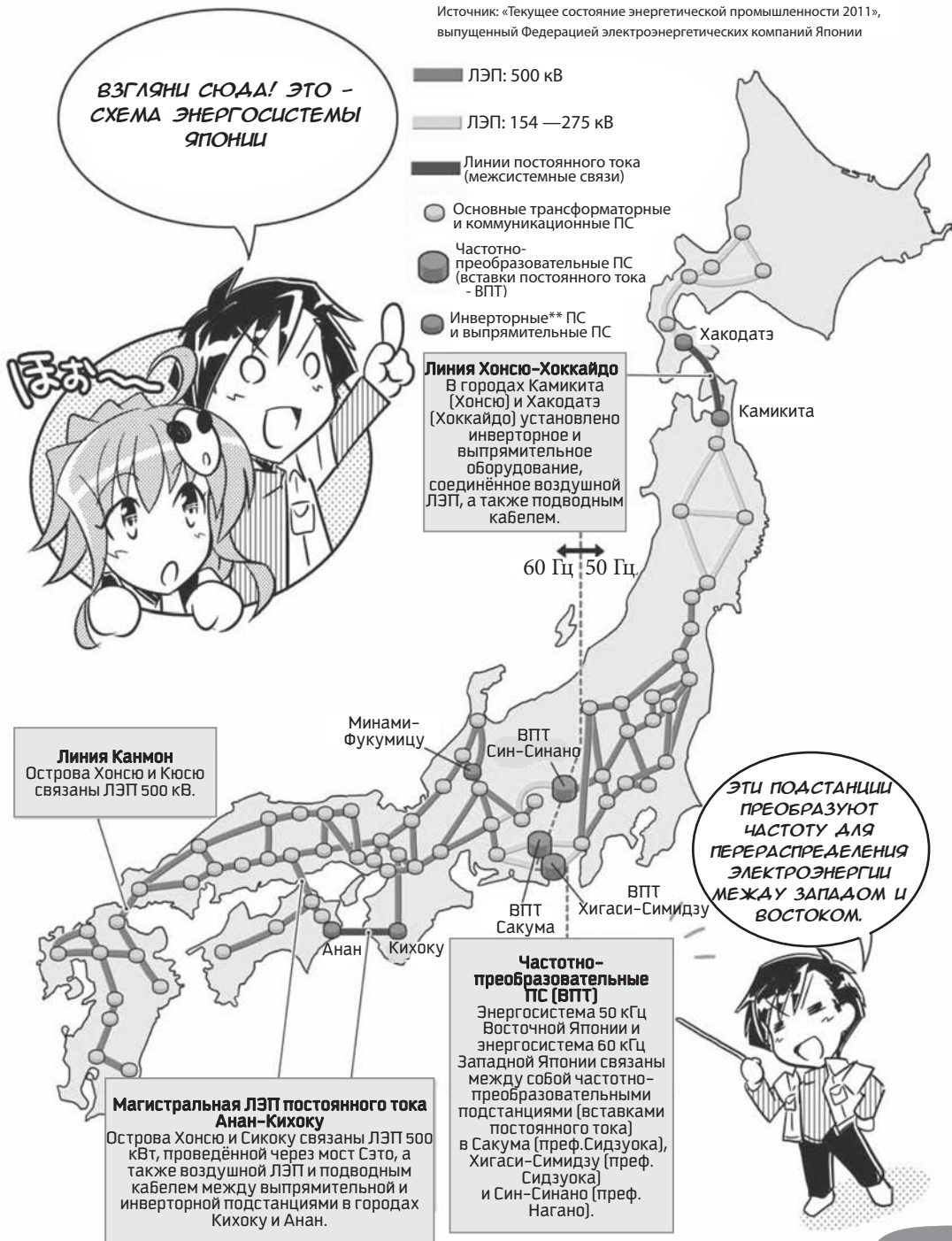
...В ЭКСТРЕННЫХ СЛУЧАЯХ, КОГДА ВОЗНИКАЕТ НЕХВАТКА.

ЕСЛИ БЫ ЗАПАД С ВОСТОКОМ ВРАЖАОВАЛИ И НЕНАВИДЕЛИ ДРУГ ДРУГА, ОНИ НЕ СМОГЛИ БЫ СОЗДАТЬ ТАКОЕ, НЕ ТАК ЛИ?

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО...

Объединённая электроэнергетическая система Японии (на 2010 г)

Источник: «Текущее состояние энергетической промышленности 2011»,
выпущенный Федерацией электроэнергетических компаний Японии



Однофазный и трехфазный ток



Итак, сейчас поговорим немного о другом. Я более подробно расскажу о **переменном токе**.



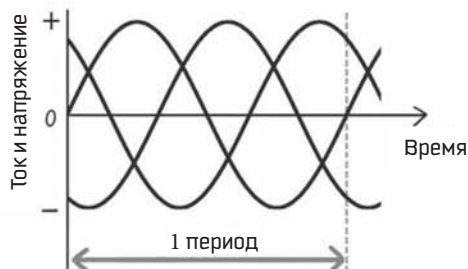
Так-так? Переменный ток я отлично понимаю! Ток, который в розетках в домах - переменный, и у него такая форма волны, да?



Форма волны однофазного переменного тока



Да, но на этом переменный ток не ограничивается. Ток, о котором ты говоришь - это **однофазный ток**. Однако существует ещё **трехфазный ток**, состоящий из трёх однофазных токов.



Форма волны трёхфазного переменного тока

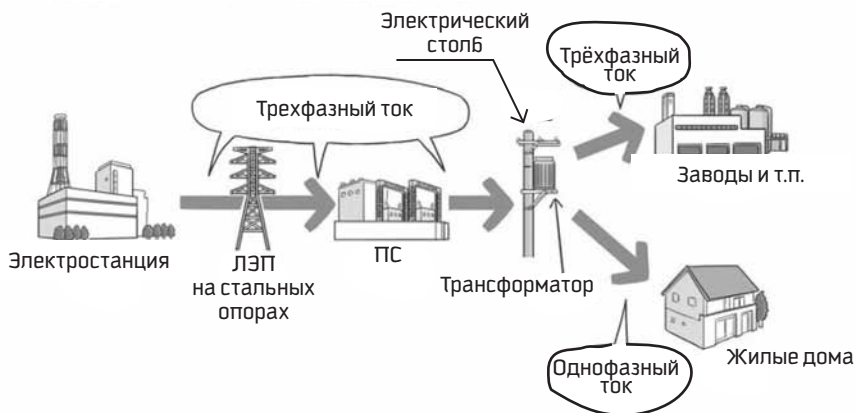


Надо же! Три волны со сдвигом! Это в три раза больше, выходит?!



На самом деле, практически на всех электростанциях используется такая вещь, как **трёхфазные синхронные генераторы***.

*О трёхфазном синхронном генераторе подробно будет рассказано на стр.50.



Как видно на этом рисунке, практически во всех генераторах и линиях электропередач применяется **трехфазный ток**, используемый также, например, на больших заводах. А для бытовых нужд из него с помощью трансформаторов выделяют **однофазный ток**.



Вот оно что... Значит, и общая энергосистема использует трехфазный ток, да?



Именно так! Плюсы использования трехфазного тока для электропередачи следующие.

- Требуется меньше проводов для передачи одной и той же мощности, чем в случае однофазного тока.
- Лучше подходит для питания электродвигателей на заводах.



Понятно-понятно. Значит, слова «трехфазный», «однофазный» указывают **количество волн**, да? Если одна - то однофазный, если три - трехфазный. Так ведь?! Так ведь!!



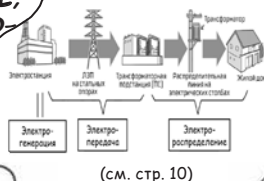
Да, да, конечно...

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Я РАССКАЖУ ОБ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ.

ЭТО СИСТЕМЫ ДЛЯ СНАБЖЕ-
НИЯ КОНЕЧНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
(ЗАВОДОВ, ЖИЛЫХ ДОМОВ)
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ
С ЭЛЕКТРОСТАЦИЙ.

МОЖЕШЬ
НЕ ПРОДОЛЖАТЬ!
Я ЗНАЮ!

ЭТИ СИСТЕМЫ ВКЛЮЧАЮТ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЮ,
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧУ И
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ,
ПРО КОТОРЫЕ ТЫ ГОВО-
РИЛ?



ВОТ НЕ-
ЗАДАЧА...

ЧТО?!

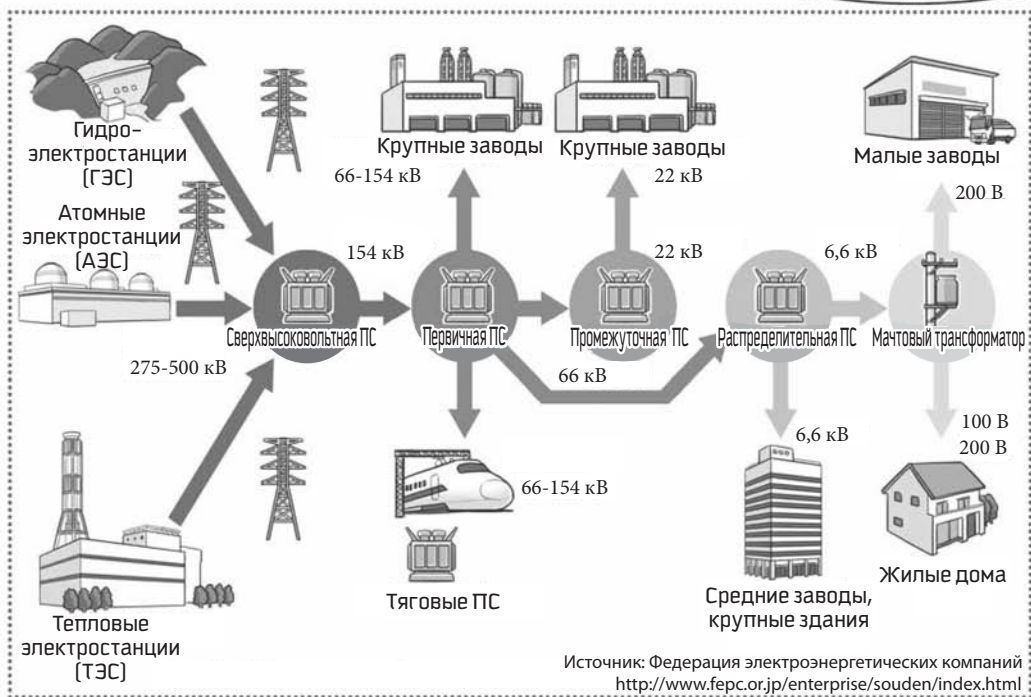
НЕТ, НЕ ВОЛНУЙСЯ.
ТЫ НЕ ОШИБЕЛСЯ.

ХОРОШАЯ
ПАМЯТЬ!

ПРОСТО Я ЗАБЫЛ ТОГДА
РАССКАЗАТЬ ОБ ОБНОВИ
ВАЖНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ.

ЭТО
ТРАНСФОРМАЦИЯ!!

ЧТО ЕЩЁ ЗА
ТРАНСФОРМАЦИЯ?!



ТОГДА КОНЕЦ
УРОКА.

ЕСЛИ ВСЁ
ПОНЯТНО -
ДОМОЙ ЦАЦ.

ЭТО ЧТО ЕЩЕ ЗА
ВЦА?!

КОГДА УСПЕЛА
В ПИЖАМУ
ПЕРЕОДЕТЬСЯ?!

А Я, НАВЕРНОЕ, НЕНАДОЛГО
ТУТ ОСТАНУСЬ.

Я ХОЧУ ПОЖИТЬ В ЭТОМ
НЕЗАМЫСЛОВАТОМ ЖИЛИЩЕ,
ЧТОБЫ ПОБОЛЬШЕ УЗНАТЬ
ПРО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО!!

ПРОШУ НЕ
БЕСПОКОИТЬСЯ!

ВЕДЬ...



У МЕНЯ ЕСТЬ
КОСМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР
САМОЗАЩИТЫ.

СДЕЛАЕШЬ ЧТО-
НИБУДЬ СТРАННОЕ
- ВЫСТРЕЛЮ.



Я НИЧЕГО И НЕ СОБИ-
РАЛСЯ ДЕЛАТЬ, ЧЕГО ТЫ,
СТРЕЛЯЕШЬ?!

ТАКОЕ СТРАШНОЕ
ОРУЖИЕ У ТЕБЯ,
ОКАЗЫВАЕТСЯ, БЫЛО.



ЭТО НЕ ПРОСТО ОРУЖИЕ.
ОНО МОЖЕТ СЛУЖИТЬ И
КОШЕЛЬКОМ, И КОНСЕРВ-
НЫМ НОЖОМ, И МАТЕРИА-
ЛИЗОВАТЬ

ОДЕЖДУ
И БЫТОВЫЕ
МЕЛОЧИ. ТАКАЯ ВОТ
МНОГОФУНКЦИ-
ОНАЛЬНАЯ ШТУКА....

НО МНЕ ТО ОТ
ЭТОГО НЕ ЛЕГЧЕ!



НУ, В ОБЩЕМ, Я
ТУТ У ТЕБЯ
НЕМНОЖКО
ПОЖИВУ!

ХУЖЕ НЕКУДА!!



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

◆ Эксплуатация электроэнергетической системы

В целях повышения экономичности и эффективности, всё оборудование - электростанции, трансформаторные подстанции и т.п., эксплуатируется в рамках единого комплекса - электроэнергетической системы. Электроэнергетические системы энергетических компаний Японии - это иерархические структуры, в которых обязанности распределены между подразделениями, такими как центральный распределительный пункт в главном офисе компании, системные и районные распределительные пункты, диспетчерские пункты. Хотя в разных компаниях их названия и функции могут немного отличаться, основные задачи обычно следующие.

- **Центральный распределительный пункт:** планирование энергоснабжения; команды управления главной подсистемой; централизованное управление всей энергосистемой.
- **Системные распределительные пункты :** команды управления магистральными подсистемами, управление главными ГЭС в соответствии с энергопотреблением.
- **Районные распределительные пункты:** подача команд управления районными подсистемами, управление районными ГЭС в соответствии с энергопотреблением.
- **Диспетчерские пункты :** контроль электростанций, трансформаторных подстанций, коммутационных станций и непосредственное управление вышеперечисленным оборудованием.

Центральный распределительный пункт - краеугольный камень энергетической компании, прогнозирующий энергопотребление в обслуживаемом регионе, вырабатывающий стратегию эксплуатации, включая планы техобслуживания и модернизации оборудования, непрерывно управляющий системой в реальном времени в соответствии с посекундно меняющимся потреблением с помощью команд регулирования выходной мощности электростанций и управления перетоком энергии в ЛЭП.

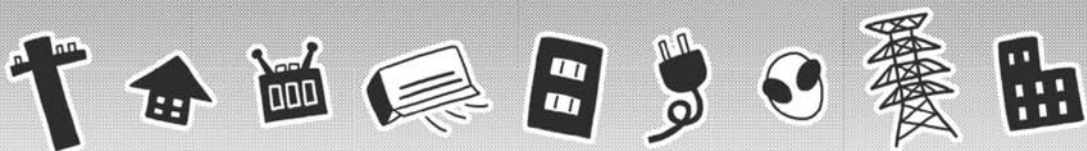
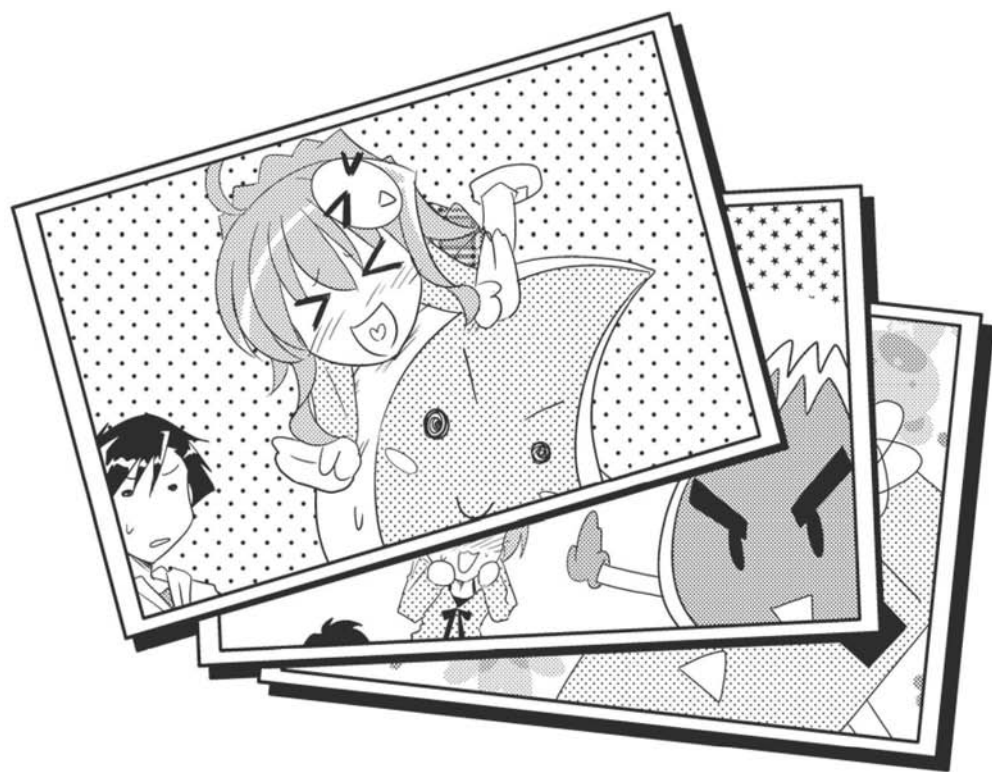
◆ Планирование энергоснабжения

Долгосрочное планирование энергоснабжения чрезвычайно важно. Для создания и внедрения всего комплекса энергетического оборудования, начиная с электростанций, требуются годы или даже десятки лет, но за это время изменяются численность населения, экономическая ситуация, цены на ископаемое топливо и т.п. Поэтому требуется план электроснабжения, предусматривающий эти возможные изменения. Как изменится энергопотребление в будущем? И как оптимально обеспечить соответствующее ему энергоснабжение? Основная задача планирования — дать ответ на эти два вопроса.



ГЛАВА 2

ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ



1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ

Трубины и генераторы



ЛАДНО, Я ТОЖЕ
ТОГДА НЕМНОГО
РАССКАЖУ.

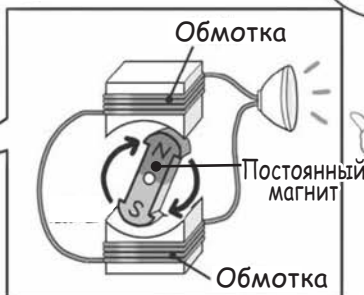
ВОТ ФОНАРЬ
НА ВЕЛОСИПЕДЕ.

ЭТО ТОЖЕ
ОТЛИЧНЫЙ
ПРИМЕР
ГЕНЕРАТОРА.

СНАЧАЛА
СИЛА ТРЕНИЯ
ОТ ШИНЫ ВРАЩАЕТ
ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ
В ГЕНЕРАТОРЕ.

Принципы работы велосипедного генератора

УХ ТЫ!



*Обмотка представляет собой намотанный проводник.

ПРИ ВРАЩЕНИИ МАГ-
НИТА В ОБМОТКАХ
ВОЗНИКАЕТ ТОК, ЗА-
ЖИГАЮЩИЙ ФАРУ.

ЗНАЧИТ, ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
ВОЗНИКАЕТ
ИЗ-ЗА ВРАЩАЮЩЕЙ
СИЛЫ?!

ИМЕННО!

ГЕНЕРАТОРЫ
ВЫРАБАТЫВАЮТ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ,
ИСПОЛЬЗУЯ
"ВРАЩАЮЩУЮ СИЛУ".

КСТАТИ, ЮЮМО, ЗНАЕШЬ
ЛИ ТЫ, КАКИЕ СПОСОБЫ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ
СУЩЕСТВУЮТ?



А, ПОНЯТНО.
ПОЛУЧАЕТСЯ, ЧТО
МАГНИТ
В ГЕНЕРАТОРЕ...

...ВРАЩАЕТСЯ
ВМЕСТЕ С ТУРБИНОЙ,
ДА?



Турбина и
магнит
генератора
сидят на общем
валу.

В ГИДРОГЕНЕРАЦИИ
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
ГИДРОТУРБИНА, НО
ПРИНЦИП ЗАДЕСЬ ТО ЖЕ
САМЫЙ.

Генератор

Сила
давления
воды

Гидротурбина

Вращение!

ГЕНЕРАТОР ВРАЩА-
ЕТСЯ ВМЕСТЕ
С ГИДРОТУРБИНОЙ
И ВЫРАБАТЫВАЕТ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.

АГА! ВСЕ ЯСНО! ТЕПЕРЬ Я
ВСЕ ЗНАЮ ОБ ЭЛЕКТРО-
ГЕНЕРАЦИИ!

КАКАЯ СЕГОДНЯ ТЕМА ПРО-
СТАЯ БЫЛА...ХОТЯ НЕТ.
НАВЕРНОЕ, ЭТО ПОТОМУ ЧТО Я
ВСЁ СЛИШКОМ БЫСТРО
ПОНИМАЮ.

МЫ ЕЩЁ ДАЖЕ НЕ НАЧАЛИ!

САМОЕ ВАЖНОЕ ВПЕРЕДИ!
ПРОДОЛЖАЙ СЛУШАТЬ
ВНИМАТЕЛЬНО!

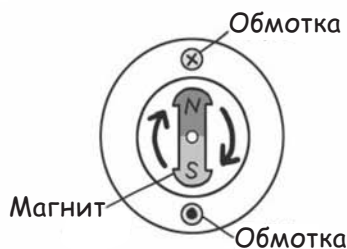
Генераторы трехфазного тока



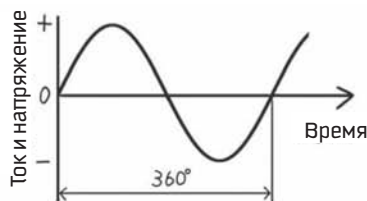
Итак, сейчас я подробно расскажу об устройстве генераторов.



А? Так мы же видели устройство генераторов в фонаре для велосипеда. Сверху и снизу - **обмотки**, посередине крутится магнит.



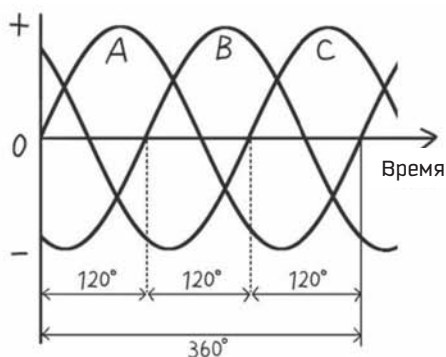
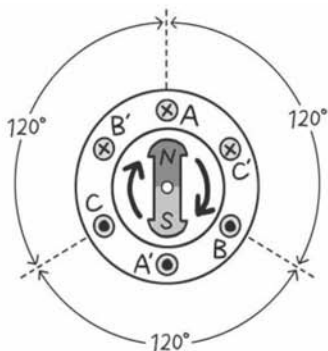
<Ток (напряжение) на выходе генератора>



Устройство генератора однофазного тока



Да. В фонаре велосипеда используется **генератор однофазного тока** по схеме на рисунке выше, но генераторы электростанций сложнее. Посмотри на рисунок внизу.



Устройство генератора трёхфазного тока



Надо же, как много обмоток! А и А', В и В', С и С', шесть штук... Или лучше сказать, три пары?



Да. Каждая из **трёх групп обмоток** генерирует своё переменное напряжение (переменный ток). Такие генераторы называют называют **генераторами трёхфазного тока**. На графике видно, что генерируются три переменных напряжения, каждое из которых отстает от предыдущего на 120° . Наличие трёх групп обмоток повышает эффективность электрогенерации.



Про трехфазный ток я уже знаю (см. стр. 38). Так вот в чём дело. Значит, создаются три волны потому, что в генераторе три группы обмоток...



Кроме того, на электростанциях энергетических компаний, как правило, используются **трёхфазные синхронные генераторы**, которые вырабатывают трехфазный ток определенной частоты, зависящей от скорости вращения. В общем, просто запомни, что генераторы электростанций называются синхронными генераторами трёхфазного тока.



Синхронные, трёхфазного... Это, значит, просто такая особенность генераторов электростанций! Всё ясно. Но все-таки электростанции остаются для меня неизведанным миром. Хочу поскорее изучить их.



Хорошо-хорошо. Дальше мы наконец-то как следует изучим электрогенерацию.

КОНСПЕКТ

Почему «синхронный»?



Вообще словом «синхронный» называют координированную работу различных устройств. Это может показаться немного сложным, но в электроэнергетике слово «синхронный» подразумевает равенство напряжений, частот, фаз и порядка следования фаз переменного тока применительно к энергосистемам, генераторам, а также к межсистемным связям.

* На рисунках предыдущей страницы значки

⊙ ⊗ указывают направление тока:

⊙ : ток, направленный на вас; ⊗ : ток, направленный от вас.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ



Музей энергетики

ЗДЕСЬ НАМ
РАССКАЖУТ ПРО
ЭЛЕКТРОГЕНЕРА-
ЦИЮ.

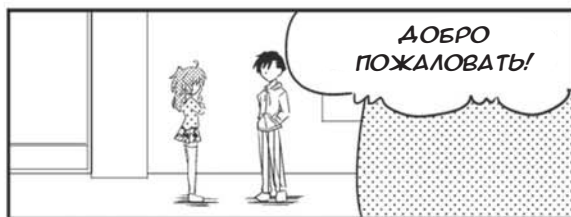


РАССКАЖУТ?
КТО?



СНАЧАЛА ВЫ ВМЕСТЕ СО
МНОЮ ИЗУЧИТЕ
ГИДРОГЕНЕРАЦИЮ~♪

КАПЕЛЬКА



ДОБРО
ПОЖАЛОВАТЬ!



!!!!?????

пну!

Э-Э-ЭТО...



СУЩЕСТВО...



МОЯ ЛАПОЧКА!

ТЫ И ГОВОРИТЬ
УМЕЕШЬ!
ПОВЕРИТЬ НЕ
МОГУ, ЧТО НА
ЭТОЙ ПЛАНЕТЕ
ЖИВЁТ ТАКАЯ
ПРЕЛЕСТЬ...

ХВАТЬ!

ОНА НЕ ПОНЯЛА..



Что такое гидрогенерация?

НУ, НАЧНЕМ

ПРИНЦИП
ГИДРОГЕНЕРАЦИИ
ПРОСТ!

Плотина ГЭС

Водоприёмник

Вода

СИЛА ВОДЫ, ТЕКУЩЕЙ
С ВЕРХНЕГО УРОВНЯ НА
НИЖНИЙ, ЗАСТАВЛЯЕТ
ВРАЩАТЬСЯ ГИДРОТУРБИНУ,
ГЕНЕРИРУЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ!

Разность уровней

Генератор

Гидротурбина

ЕСЛИ ТУРБИНА
ВРАЩАЕТСЯ, ТО И
ГЕНЕРАТОР
РАБОТАЕТ, ДА?

ДА.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ* ВОДЫ
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В КИНЕТИЧЕСКУЮ
ЭНЕРГИЮ ВРАЩЕНИЯ
ГИДРОТУРБИНЫ, КОТОРАЯ
ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ.

ВОДА -

ЭТО СУЩЕСТВУЮЩИЙ В ПРИРО-
ДЕ НЕИЩЕРПАЕМЫЙ ИСТОЧНИК
ЭНЕРГИИ, КОТОРЫЙ НЕ НУЖНО
ИМПОРТИРОВАТЬ.

У ГИДРОГЕНЕРАЦИИ ЕСТЬ
И МНОГО ДРУГИХ
ОСОБЕННОСТЕЙ...

НАПРИМЕР,
ВЫСОКИЙ КПД
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ЭНЕРГИИ: 80%...

...ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ ВОДЫ
МОЖНО ПРЕВРАТИТЬ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.

гидроэнергия

80%

тепловая
энергия

40%

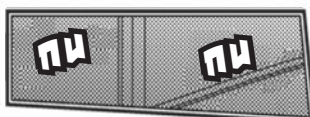
атомная
энергия

35%

ДЛЯ СРАВНЕНИЯ,
КПД ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ - 40%,
АТОМНОЙ - 35%, ВЕТРОВОЙ - 25%.
(О ветровой электрогенерации
будет рассказано на стр.180)

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО, КПД
СРАВНИТЕЛЬНО
ВЫСОКИЙ!

*Потенциальная энергия - энергия, возникающая благодаря разности уровней.





Типы гидрогенерации

ИТАК, РАССКАЖУ
О ТИПАХ ГИДРО-
ГЕНЕРАЦИИ.

ОДНИ ТИПЫ ИМЕЮТ НИЗКУЮ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, НО ЗАТО
ВЫСОКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ.

ДРУГИЕ ТИПЫ
Позволяют оперативно
генерировать электроэнер-
гию в ответ на резко воз-
росшую потребность.

ЧТОБЫ БЫЛО
ПОНЯТНЕЕ... ПРЕД-
СТАВЬ, ЧТО У МЕНЯ
ЕСТЬ ДВЕ ДЕВУШКИ:

ОДНА - ЗАБОТЛИВАЯ
ПОДРУГА ДЕТСТВА...

...А ДРУГАЯ -

ТАИНСТВЕННАЯ КРАСАВИЦА,
ПРИХОДЯЩАЯ НА ПОМОЩЬ
В ТРУДНУЮ МИНУТУ.

ПРИМЕР
ПОНЯТНЫЙ...

...НО КАКОЙ-ТО ПРОТИВНЫЙ!

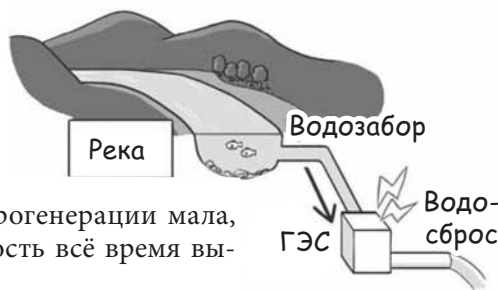
ИТАК! СЕЙЧАС Я
РАССКАЖУ ВАМ ...

...О ЧЕТЫРЁХ РАСПРОСТРА-
НЁННЫХ ТИПАХ ГИДРО-
ГЕНЕРАЦИИ!

«Типы гидрогенерации»

① Гидрогенерация в естественном режиме реки

Текущую в русле реки воду не накапливают, а сразу же используют для электрогенерации. Хотя выходная мощность при данном типе гидрогенерации мала, его особенностью является возможность всё время вырабатывать постоянную мощность.



При гидрогенерации в естественном режиме реки воду используют «как она течёт», поэтому дополнительное преимущество здесь — сравнительно низкая стоимость строительства.

② Гидрогенерация с водохранилищем малого объёма

Используются малые плотины. В часы и дни низкого потребления электроэнергии, например, ночью или в выходные, речную воду накапливают в малом водохранилище, не используя для генерации, а в периоды высокого потребления накопленную воду используют, регулируя расход в соответствии с уровнем энергопотребления.

Компенсируются резкие изменения потребления электроэнергии в течение суток или нескольких дней.



③ Гидрогенерация с водохранилищем большого объёма

Весной и осенью, когда объём воды большой, а уровень потребления электроэнергии сравнительно низок, речную воду накапливают в большом водохранилище, чтобы затем использовать в сезоны высокого уровня потребления электроэнергии — летом и зимой. Этот тип гидрогенерации позволяет подстраиваться под изменения уровня энергопотребления, регулируя объём используемой воды в зависимости от сезона.





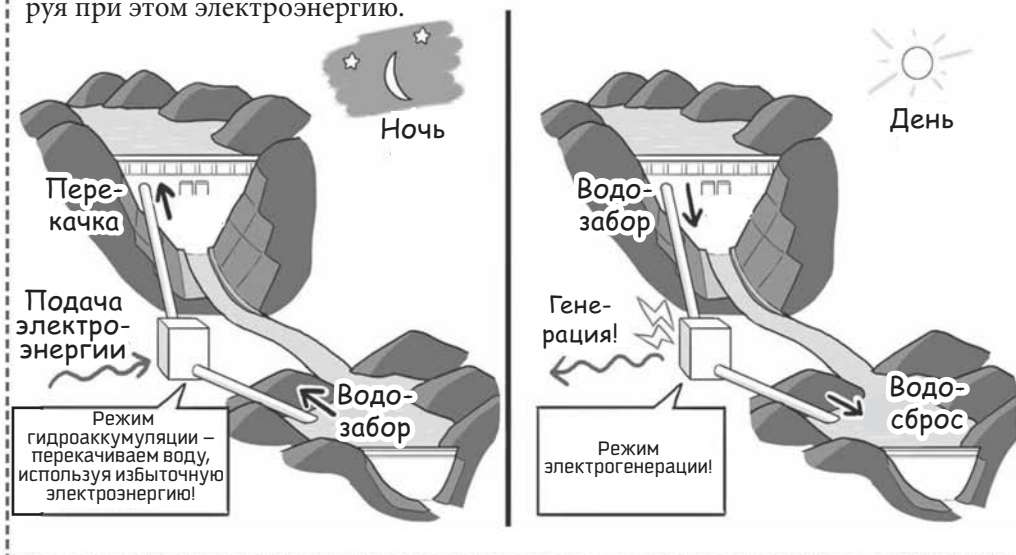
Таким образом, принцип способов ② и ③ заключается в том, чтобы подготовиться к выработке электроэнергии, накапливая воду при наличии такой возможности.



Просто и понятно. Это потому что воду, в отличие от электричества, накапливать можно.

③ Гидрогенерация с гидроаккумуляцией

ГЭС расположена между двумя плотинами: одна - выше по течению реки, другая - ниже. В ночное время перекачивают воду из нижнего водохранилища в верхнее, используя для этого избыточную электроэнергию, которую продолжают вырабатывать, например, тепловые или атомные электростанции. А в дневное время, когда уровень потребления электроэнергии увеличивается, перекачанную воду из верхнего водохранилища спускают в нижнее, генерируя при этом электроэнергию.



Тип ④ -- необычный! Перекачивать воду, используя излишки электроэнергии... Да, у землян есть интересные уловки.



Мы не можем накапливать электричество, зато можем накапливать воду.



Хи-хи-хи. Я рад, что вам понравилось! Ведь эти 4 типа удовлетворяют самым разным режимам энергопотребления.



Выходная мощность гидроэлектростанции



Ну, раз уж такой случай, расскажу и о вещах посложнее. Посмотрите на формулу!

«Расчет мощности ГЭС»

Выходная мощность P определяется напором (разностью высот) и расходом воды.

$$P = 9.8 \times Q \times H \times \eta, \text{ кВт}$$

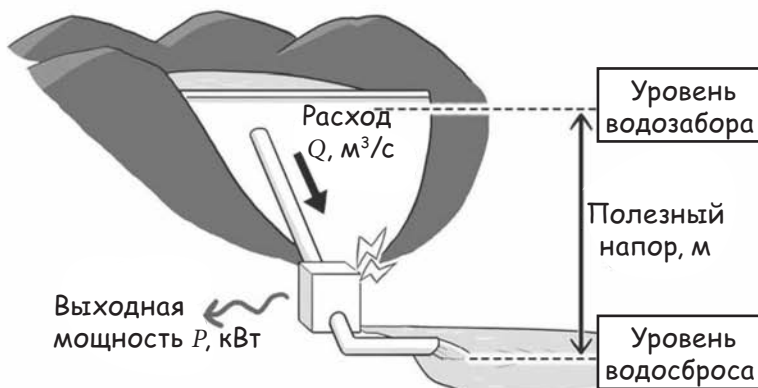
P : Выходная мощность гидрогенерации, кВт

9.8 : Гравитационное ускорение, м/с^2

Q : Расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$ (объём воды, протекающей за секунду)

H : полезный напор (м) (полный напор минус потери)

η : КПД (КПД гидротурбины \times КПД генератора \times \times КПД повышающего редуктора и т.д. = около 60-85%)



...?!

У меня голова отказывается думать! Как негуманно, так резко переходить от простого к сложному!



Так нет же... Если ты успокоишься и прочитаешь, то все поймешь. Выходная мощность при гидрогенерации определяется напором (разностью высот) и расходом воды. Значит, мы можем повысить мощность, увеличив напор и расход воды, так?



Именно так! К слову, под расходом понимается объём, протекающий за одну секунду. То есть, чем больше воды и чем быстрее она течёт, тем больше расход.



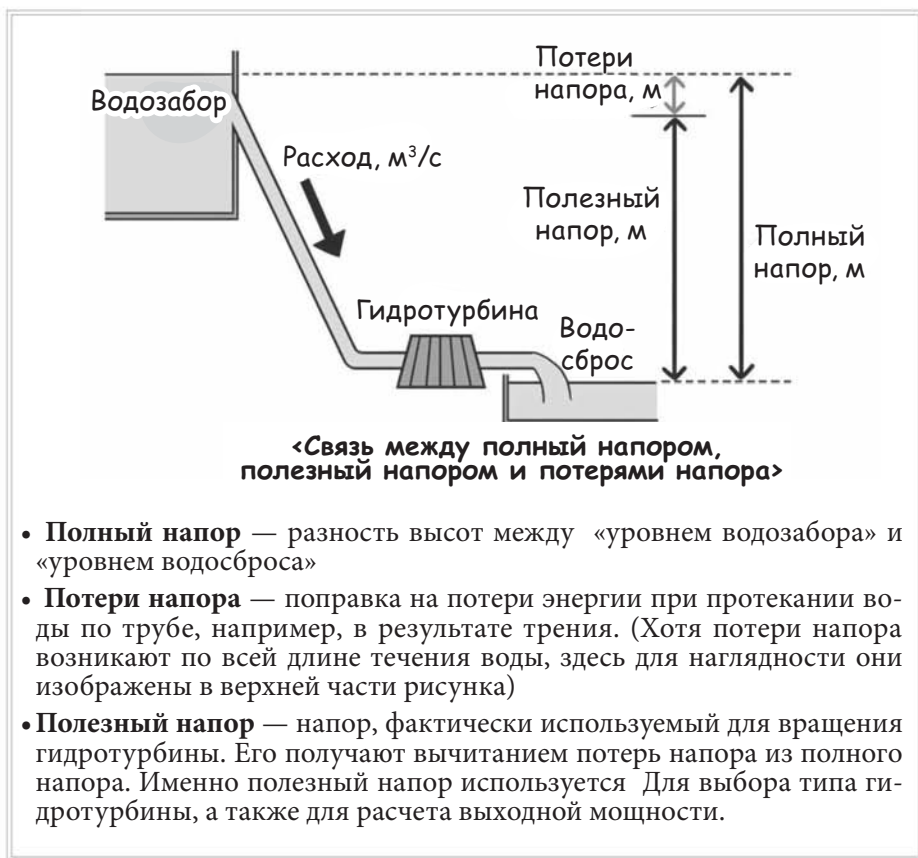
Хм... И действительно, вроде ясно.

Когда с большой высоты (то есть, напор — большой) течёт много воды (а значит, расход — большой), то гидротурбина вращается быстро-быстро, генерируя много электроэнергии!



Ну, а теперь я расскажу о **полном напоре**, **полезном напоре** и о **потерях напора**. В формуле, которую я вам только что показал, содержался полезный напор, помните?

Если коротко, то это обозначает следующее.



По рисунку более или менее понятно. Значит, бывает и бесполезный напор воды, или напор, который мы теряем.



Формулы, может быть, и кажутся сложными, но на картинках и на словах всё становится понятно.

ХМ-ХМ, НУ ВОТ, ТЕПЕРЬ
Я ЗНАЮ ВСЕ ПРО
ГИДРОГЕНЕРАЦИЮ.

ГДЕ-ТО КОПАТ
МНОГО ВОДЫ, СПУ-
СКАЮТ ЕЕ С ВЫСО-
ТЫ ТАК, ЧТОБЫ
ОНА БЫСТРО ТЕКЛА
ВНИЗ,...

...И ПОЛУЧАЮТ МНОГО
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА!

ВНИЗ

Генератор

Гидротурбина

ИМЕННО!

ОДНАКО В ДЕЙСТВИ-
ТЕЛЬНОСТИ НЕ ВСЁ ТАК
ПРОСТО.

ЕСТЬ ЖЕ ГЭС, ГДЕ
ИЗ-ЗА РЕЛЬЕФА
НЕ УДАЁТСЯ ИСПОЛЬ-
ЗОВАТЬ ВЫСОТУ.

АА, ДЕЙСТВИ-
ТЕЛЬНО!

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕ-
СТА ВОЗВЕДЕНИЯ И
МАСШТАБОВ ГЕНЕРАЦИИ,
МОГУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ
РАЗЛИЧНЫЕ ХИТРОСТИ.

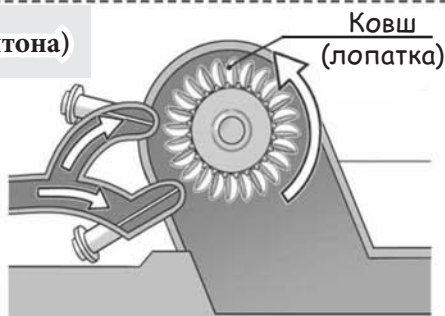
ДАВАЙТЕ ТЕПЕРЬ
ПОСМОТРИМ...

... НА ОСНОВНЫЕ ТИПЫ
ГИДРОТУРБИН И СХЕ-
МЫ КОМПОНОВКИ ГЭС.

«Основные типы гидротурбин»

① Ковшовая гидротурбина (турбина Пелтона)

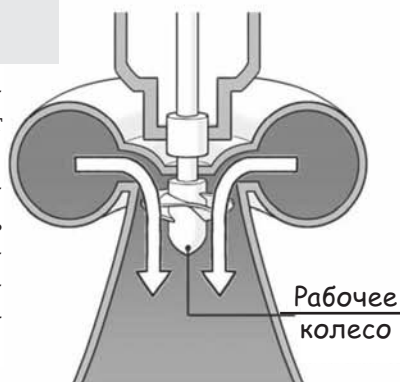
Струи воды из сопел, попадая в ковши (лопатки), заставляют гидротурбину вращаться. Подходит для участков с бурным течением воды, где напор высокий (примерный диапазон — от 150 до 800 м).



② Поворотно-лопастная гидротурбина (турбина Каплана)

Вода, подающаяся с двух сторон, вращает рабочее колесо, похожее на гребной винт корабля.

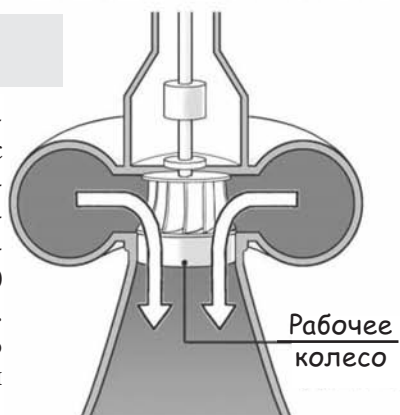
Подходит для участков с низким напором (примерно — от 3 до 90 м), например, для рек со спокойным течением. Угол лопастей можно изменять, что позволяет поддерживать высокий КПД при изменении объема воды или напора.



* Гидротурбины такой же формы с постоянным углом лопастей называют пропеллерными.

③ Радиально-осевая гидротурбина (турбина Френсиса)

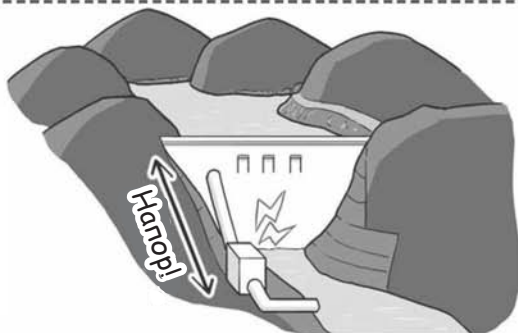
Также как и в турбине Каплана, здесь вода, вращающая рабочее колесо, подается с двух сторон. Эти гидротурбины бывают разных форм и размеров, в зависимости от объема воды, силы течения. Подходят для участков со средним напором (примерно — от 50 до 500 м) и широко применяются на ГЭС. Это наиболее распространенный тип — 70% всех гидротурбин ГЭС в Японии, являются радиально-осевыми.



«Основные схемы компоновки ГЭС»

① Плотинная схема

Перегородив реку плотиной, создают искусственный водоём - уровень воды перед плотиной поднимается. Используя напор между этим уровнем и гидроэлектростанцией, генерируют электроэнергию.



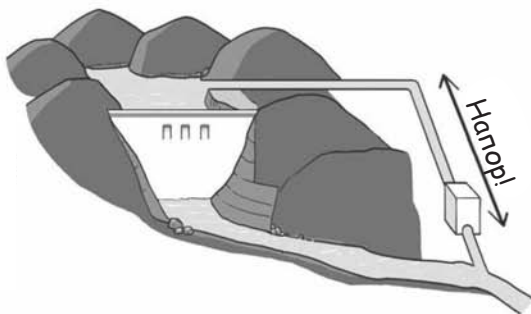
② Деривационная схема

Вода течёт по длинному каналу до места, в котором можно создать напор. На берегу реки сооружают, например, небольшую дамбу для водозабора.



③ Плотинно-деривационная схема

Комбинация плотинной схемы и деривационной схемы. Воду, накопленную с помощью плотины, отводят по каналу и спускают в нижнее течение реки, генерируя электроэнергию.



Надо же, сколько разных схем...



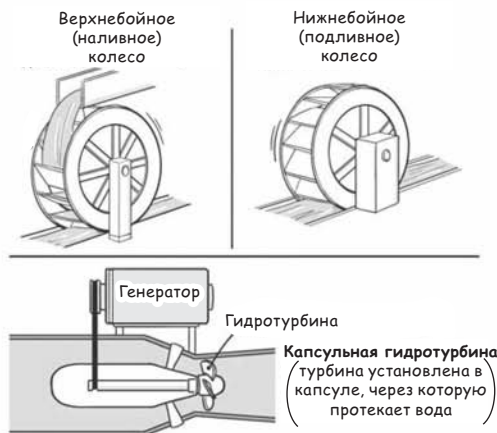
Да! Существует много разновидностей компоновки, из которых можно сделать оптимальный выбор на основе, например, конкретного рельефа места строительства ГЭС.



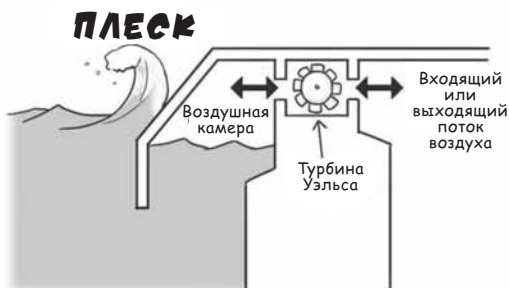
Малая гидроэнергетика, волновая и термоокеаническая электрогенерация

НАПОСЛЕДОК ПОГОВОРИМ О МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ, А ТАКЖЕ ВОЛНОВОЙ И ТЕРМООКЕАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ~♪ ПЕРВЫЙ ИЗ ЭТИХ МЕТОДОВ ПРИМЕНЯЕТСЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ В МАЛЫХ МАСШТАБАХ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОТИН И Т.П. ДВА ДРУГИХ - НОВЫЕ МЕТОДЫ, СВЯЗАННЫЕ С МОРЯМИ И ОКЕАНАМИ.

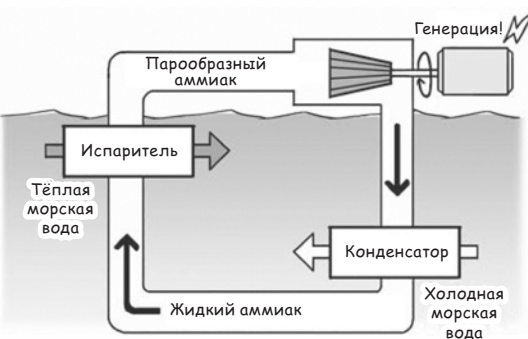
Малая гидроэнергетика - общее название оборудования гидрогенерации с выходной мощностью не более 1000 кВт. Считается мерой по оживлению регионов с помощью имеющейся в избытке энергии малых и средних рек, ирригационных каналов и т.п. Можно использовать также канализацию. Кроме упомянутых на стр. 61 типов гидротурбин, применяются, например, водяные колёса — верхнебойные (наливные) или нижнебойные (подливные), капсульные гидротурбины. Водяные колёса могут быть также украшением местности.



Волновая электрогенерация — метод выработки электроэнергии с использованием вертикальных колебаний морской поверхности. Пневматическая турбина вращается благодаря потоку воздуха, создаваемому поднимающейся или опускающейся волной*. Хотя направление потока воздуха периодически меняется на противоположное, особая турбина Уэльса устроена так, чтобы всегда вращаться в одном направлении.



Термоокеаническая электрогенерация — преобразование тепловой энергии океана. Используется разница температур тёплых верхних и холодных придонных (около 1 км) слоёв морской воды. Аммиак, имеющий низкую точку кипения, испаряется под действием теплой морской воды, пары вращают турбину, после чего охлаждаются и конденсируются для использования в следующем цикле.



Внимание! Термоокеаническая генерация не является гидрогенерацией.

3. ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ





Что такое тепловая электрогенерация?

ТААК...
ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРО-
ГЕНЕРАЦИЯ...



(см. стр. 16)

...ЭТО КОГДА ХИМИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПРЕОБРАЗУЮТ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ, ТАК?

ИМЕННО ТАК!

НО ЕСЛИ ПОДРОБНО...
ЗАЕЩЬ ТАКЖЕ ИГРАЮТ РОЛЬ И
ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ,
И КИНЕТИЧЕСКАЯ.

ВЗГЛЯНИТЕ.

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ,
ВЫДЕЛЯЮЩАЯСЯ В ХИМИЧЕСКОЙ
РЕАКЦИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА,
ПРЕВРАЩАЕТ ВОДУ В ПАР,
ВРАЩАЮЩИЙ ТУРБИНУ.

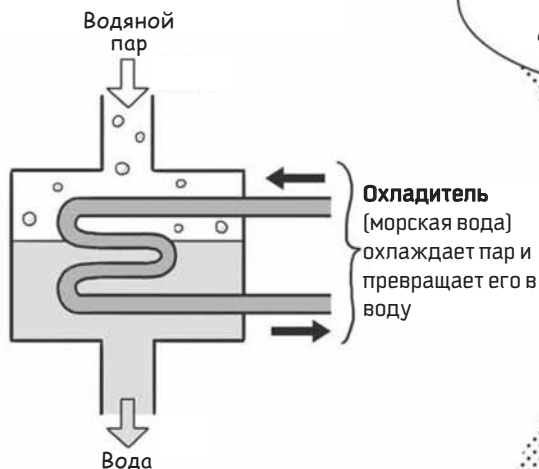


ВРАЩЕНИЕ ТУРБИНЫ-ЭТО
КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ.
ОНА ПРЕОБРАЗУЕТСЯ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПРИ
ПОМОЩИ ГЕНЕРАТОРА.

ого...

ЗНАЧИТ, ЭНЕРГИЯ
ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В
НЕСКОЛЬКО
ЭТАПОВ...

<Схема конденсатора>



К СЛОВУ, ПАР, ВРАЩАЮЩИЙ
ТУРБИНУ, ЗАТЕМ ОХЛАЖДАЕТСЯ
В КОНДЕНСАТОРЕ,
СНОВА ВОЗВРАЩАЯСЬ В
ЖИКОЕ СОСТОЯНИЕ.

ЗАТЕМ ВОДА ВОЗ-
ВРАЩАЕТСЯ ОБРАТ-
НО В КОТЕЛЬНЫЙ
АГРЕГАТ.

БЕСКОНЕЧНЫЙ АА, ГДЕ ТО
ГРЕЮТ, ТО ОХЛАЖДАЮТ...

ЭТО ЖЕ ТАКАЯ
ЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА!
ТЫ СЛОВА-ТО ВЫБИРАЙ!

УЖАСАЮЩИЙ АДСКИЙ ОГОНЬ!

СУЩЕСТВУЕТ ЧЕТЫРЕ
ОСНОВНЫХ ТИПА
ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ.

ОГОНЁК

РАССМОТРИМ ИХ
ОСОБЕННОСТИ!



Типы тепловой электрогенерации и их особенности

① Паротурбинная электрогенерация (работает водяной пар!)

Это самый распространённый метод тепловой электрогенерации.

Сжигая в котельном агрегате топливо, например, нефть, СПГ (сжиженный природный газ) или каменный уголь, создают горячий водяной пар высокого давления, который вращает **паровую турбину** с генератором, вырабатывающим электроэнергию.



В паротурбинной электрогенерации используется **сила давления водяного пара**, используемая также, например, в паровозах.



Да. Другая особенность паротурбинной электрогенерации - это широкий выбор видов топлива. Помимо общеизвестной триады «нефть, СПГ и каменный уголь», можно использовать, например, смесь каменного угля с асфальтом (продукт тяжёлых фракций нефти) или с биотопливом.



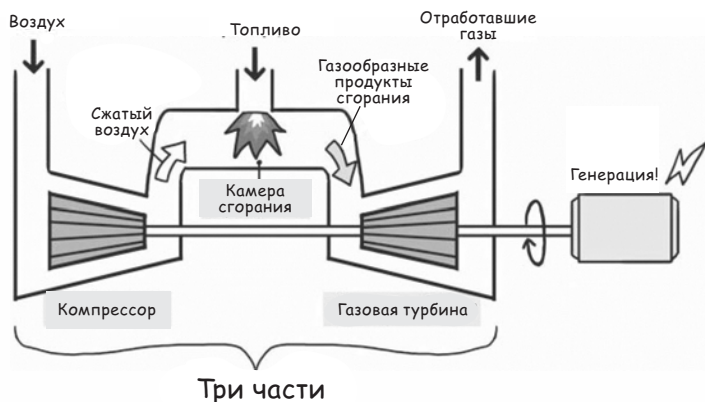
Ого, сколько всего сжигают. Просто вандализм какой-то...



Да. При сжигании различных видов топлива образуются газообразные продукты сгорания, но если этими газами непосредственно вращать турбину, то в неё будут попадать примеси. Так что топливо используют для нагрева чистой воды, превращая её в водяной пар, который вращает турбину.

② Газотурбинная электрогенерация (работает газ!)

Для **газотурбинной электрогенерации** сжигают топливо, такое как керосин, дизельное топливо или СПГ (сжиженный природный газ), получая газообразные продукты сгорания, которые вращают **газовую турбину** с генератором, вырабатывающим электроэнергию.



В **паротурбинной генерации**, водяной пар вращает **паровую турбину**, а здесь газы вращают **газовую турбину**, так?



Именно так. К слову, **газотурбинный привод** состоит из трех частей: **компрессора**, **камеры сгорания** и **газовой турбины**. На рисунке выше всё хорошо показано.

В компрессоре воздух сжимают до давления около 20 атмосфер для того, чтобы повысить концентрацию кислорода. Затем смесь топлива и сжатого воздуха сжигают в камере сгорания. Продукты сгорания — горячие, сжатые газы, направляются в **турбину**, где расширяются, создавая на ней крутящий момент. Затем отработавшие газы выпускаются наружу.



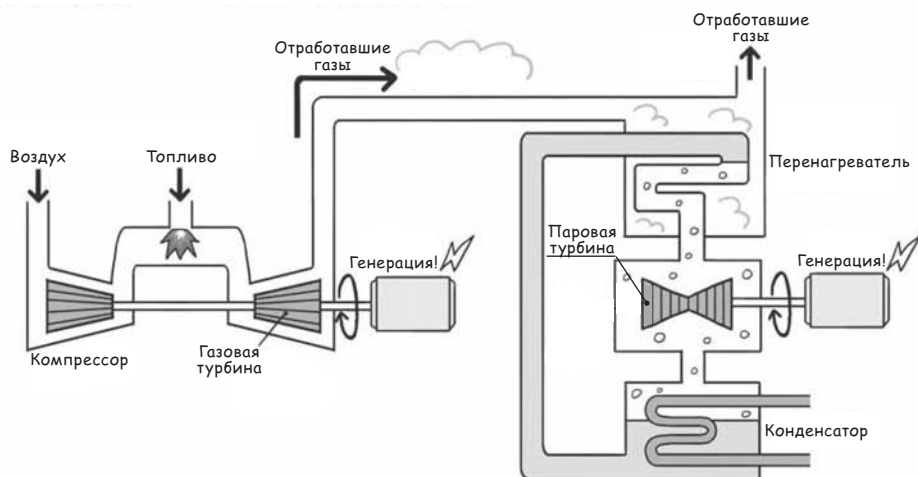
Ага. Значит, газообразные продукты сгорания раскручивают турбину быстро-быстро!



Если коротко, то действительно, как-то так.

③ Электрогенерация комбинированного цикла

Особенность здесь заключается в повторном использовании тепловой энергии. Сначала сжигают газовое топливо, газообразные продукты сгорания вращают **газовую турбину**, генерируя электроэнергию. Затем эти горячие отработавшие газы выходят из турбины и создают горячий водяной пар высокого давления, который, в свою очередь, вращает **паровую турбину** и опять генерирует электроэнергию.



*На этом рисунке газовая и паровая турбины сидят на разных валах. Это - **многовальная конструкция**. Есть также **одновальная конструкция**, в которой единственный вал, общий для обеих турбин, приводит во вращение генератор.



Надо же... Всего-то сжигается газ, а в результате генерация происходит от вращения целых двух турбин! Звучит как эффективный способ: энергия и топливо не тратятся попусту.



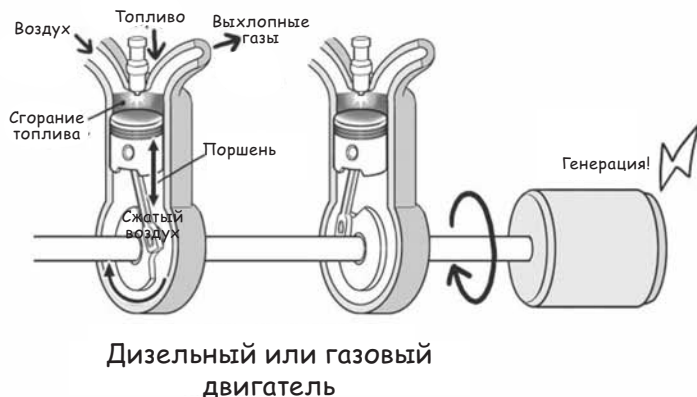
Да, точно. Этот способ позволяет производить больше электроэнергии, чем другие виды тепловой генерации при том же расходе топлива. Действительно, выгодно.

КОНСПЕКТ Почему ТЭС часто стоят у моря ? 

Многие ТЭС, а также АЭС, расположены у моря. Это позволяет использовать морскую воду в качестве охлаждающей воды конденсатора. Кроме того, здесь играет роль логистика, так как почти всё ископаемое топливо для тепловой электрогенерации доставляется в Японию из других стран морским путём.

④ Электрогенерация на ДВС (работает двигатель внутреннего сгорания!)

Здесь используются ДВС (**двигатели внутреннего сгорания**), работающие, например, на дизельном или газовом топливе. Продукты сгорания создают вращающие силы, позволяющие генерировать электроэнергию.



Может быть, вы ещё не знаете, что такое ДВС, **дизельный** и **газовый двигатели**. Более подробно о них я расскажу позже. А пока запомните, что двигатель внутреннего сгорания позволяет быстро начать выработку электроэнергии в небольших количествах. Выходная мощность различается - от нескольких десятков кВт до примерно 10 кВт.

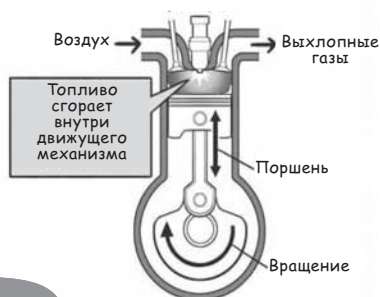


Такие установки дешевле, ведь для генерации на ДВС не нужен котельный агрегат, поэтому их часто используют на удалённых островах, а также на заводах и в крупных зданиях — для автономного электроснабжения или в качестве резервных источников.



Ага, ага. Итак, теперь я знаю все четыре основных типа тепловой электрогенерации. Паровая, газовая, комбинированного цикла, на ДВС... У каждого из них свои особенности!

Топливо



КОНСПЕКТ Что такое ДВС ?

Двигатель внутреннего сгорания, сокращённо ДВС — двигатель, в котором топливо сжигается внутри движущего механизма, как показано на рисунке слева.

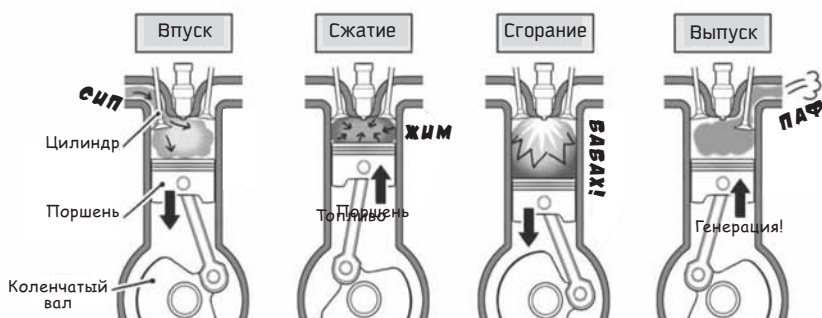
Есть также **двигатели внешнего сгорания**, в которых топливо сжигается вне движущего механизма, например, в топке котельного агрегата, как в описанной ранее паровой турбине.



Дизельный и газовый двигатели, когенерация, газовые микротурбины и топливные элементы

Вам, конечно, хочется узнать и о других вещах, относящихся к теме, не так ли? Нет, вам даже нужно о них узнать! Я расскажу о дизельном и газовом двигателях, которые используются для электрогенерации на ДВС.

Дизельный и газовый двигатели, имеющие высокий тепловой КПД, незаменимы для электрогенерации в малых масштабах. В рабочем цикле на рисунке ниже поршень совершает возвратно-поступательные движения, создавая крутящий момент на коленчатом валу, вращающем генератор.

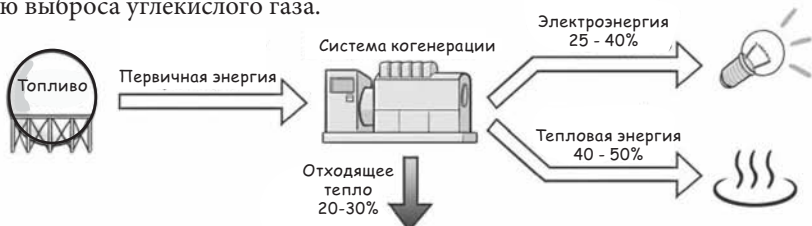


- ① **Впуск** смеси горючего газа с воздухом в камеру сгорания внутри цилиндра
- ② **Сжатие** смеси поршнем и поджог смеси с помощью электрической искры
- ③ **Сгорание** - сгорающий газ расширяется и толкает поршень
- ④ **Выпуск** - поршень по инерции выталкивает продукты сгорания из цилиндра



Перейдем к другой теме. Слышали ли вы о **когенерации**? В ней используются дизельные или газовые двигатели, которые вы только что изучили! Пользуясь случаем, расскажу вам и о ней.

В системах когенерации теплота, образующаяся в процессе выработки электроэнергии, используется, например, для подогрева воды, кондиционирования воздуха*. Благодаря этому, Коэффициент Использования Теплоты сгорания Топлива (КИТТ - суммарный КПД для электрической и тепловой энергии) повышается примерно до 70 — 80%, что способствует энергосбережению, снижению затрат и сокращению выброса углекислого газа.

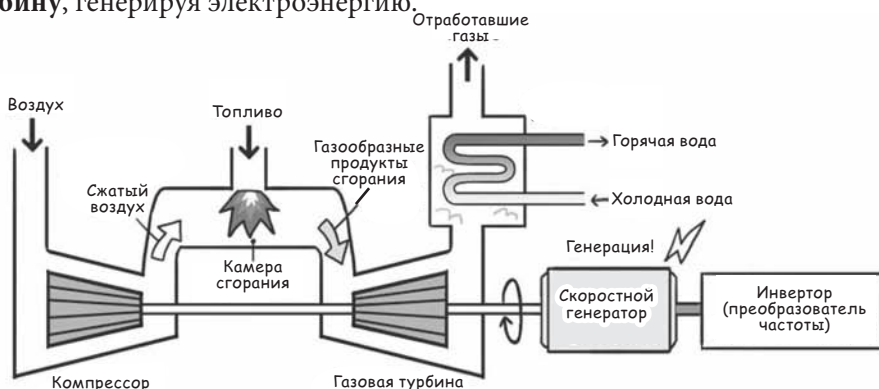


Раньше когенерация применялась в основном на заводах и в офисах, однако в последнее время распространилась микро-когенерация, для которой в основном используются **газовые микротурбины, газовые микродвигатели и топливные элементы**.



ИТАК! РАЗ УЖ ЗАШЛА ОБ ЭТОМ РЕЧЬ, РАССКАЖУ НАПОСЛЕДОК О ГАЗОВЫХ МИКРОТУРБИНАХ И ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, КОТОРЫЕ ХОРОШО ПОДХОДЯТ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ В МАЛЫХ МАСШТАБАХ.

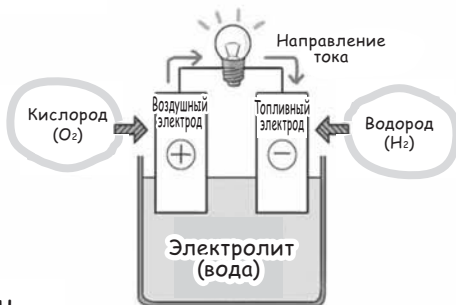
Газовые микротурбины - это небольшие турбины в составе систем малой (как правило, не более 200 кВт) электрогенерации, использующие в качестве топлива коксовый газ или керосин. Воздух, сжатый в компрессоре, поступает в камеру сгорания для эффективного сжигания топлива. Горячие газы высокого давления, образующиеся при сгорании, вращают **газовую турбину**, генерируя электроэнергию.



Топливный элемент - это устройство для генерации электроэнергии, основанное на, так сказать, «электролизе воды наоборот». Электроэнергия вырабатывается в электрохимической реакции между водородом и кислородом с образованием воды. Обладают высоким КПД даже при электрогенерации в малых масштабах, экологичны — работают без шума, без газовых выбросов, поэтому рассматриваются как **системы электрогенерации нового поколения**.



Химические реакции топливного элемента	
$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Электроэнергия}$	
«Плюс» (воздушный электрод)	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
«Минус» (топливный электрод)	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

e^- обозначает электрон



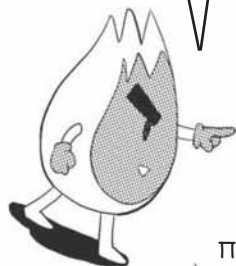
Роль тепловой электрогенерации



Время подготовки к началу генерации	
Гидрогенерация	3–10 минут 
Тепловая генерация	Не менее нескольких часов 
Атомная генерация	

НО ОБЪЁМ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ ТОЖЕ МОЖНО СВОБОДНО ИЗМЕНЯТЬ, РЕГУЛИРУЯ ТЕПЛОВУЮ МОЩНОСТЬ.

ОГО, ДОЛЯ ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДОВОЛЬНО ВЕЛИКА!

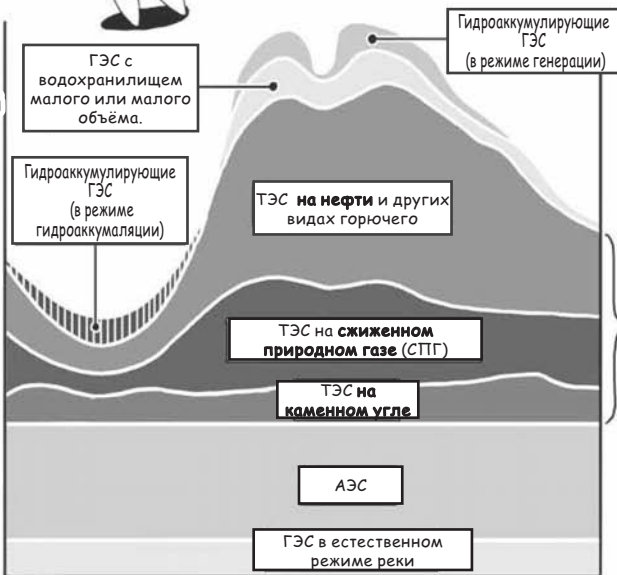


Пиковый режим

Переходной режим

ПОЭТОМУ ОБЪЁМЫ ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ ТОЖЕ ЗАВИСЯТ ОТ ПОТРЕБЛЕНИЯ. К ТОМУ ЖЕ, ОНИ ТАКИЕ БОЛЬШЕ!

Базовый режим



Тепловая электрогенерация!

0 6 12 18 24 Часы
<Структура генерации в зависимости от времени суток (график суточных нагрузок)>

ЭТОТ ГРАФИК ПОКАЗЫВАЕТ УЧАСТИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БАЗОВОГО, ПЕРЕХОДНОГО И ПИКОВОГО РЕЖИМОВ ГЕНЕРАЦИИ.

ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ БАЗОВОГО РЕЖИМА РАБОТАЮТ КРУГЛЫЕ СУТКИ С ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТЬЮ И ВЫСОКИМ КПД. ОНИ ДАЮТ МНОГО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, НО МАЛО ПОДХОДЯТ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ, ТАК КАК НЕ МОГУТ БЫСТРО ВКЛЮЧАТЬСЯ В РАБОТУ.

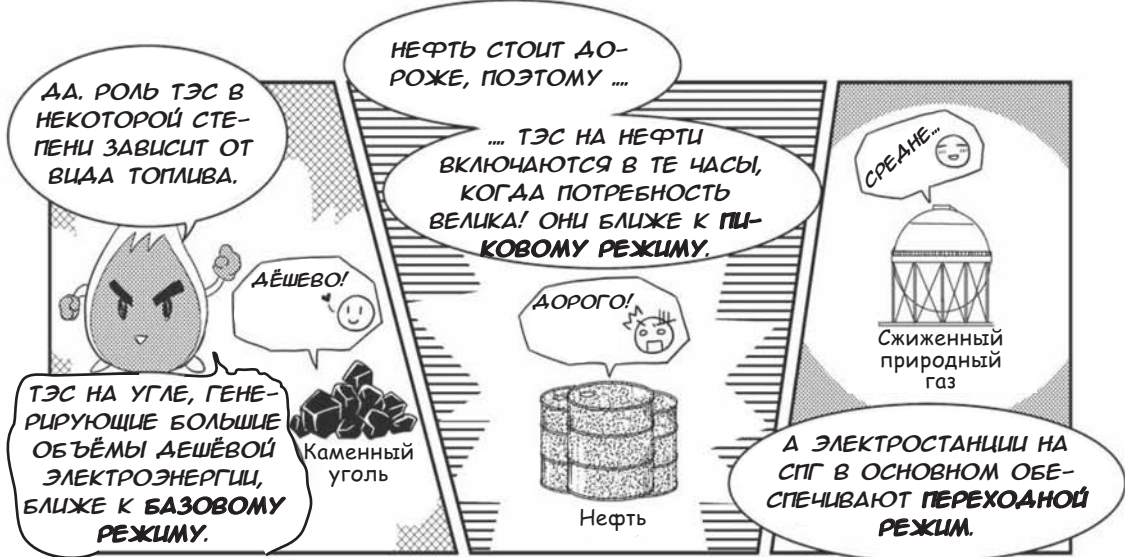
НАПРОТИВ, **ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПИКОВОГО РЕЖИМА** ГЕНЕРИРУЮТ МАЛО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, НО ЗАТО ПОДХОДЯТ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ В ОТВЕТ НА СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ.

МЕЖДУ БАЗОВЫМ И ПИКОВЫМ РЕЖИМАМИ ГЕНЕРАЦИИ НАХОДИТСЯ ПЕРЕХОДНОЙ РЕЖИМ.

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗАДЕЙСТВОВАНЫ В ПОДДЕРЖКЕ ЭТОГО ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА!



ЕЩЁ ЗАЕЗЬ ВЦАНО, ЧТО ТЭС ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПО РАЗНОМУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ТОПЛИВА.





Электрогенерация из отходов, из биомассы и геотермальная электрогенерация

Напоследок расскажу о трех новых способах электрогенерации, имеющих отношение к горению и теплу. Вроде бы для первых двух используется энергия вторичного сырья, а для геотермальной генерации — природная энергия.

Мне самому немного... нет, очень интересно!!

Электрогенерация из отходов - это выработка электроэнергии с помощью теплоты сгорания мусора. Тепло от сжигания обычных горючих отходов создаёт горячий водяной пар высокого давления, который вращает турбину, вырабатывая электроэнергию. Это повысит эффективность использования ресурсов, ведь используется энергия, которую раньше просто выбрасывали.

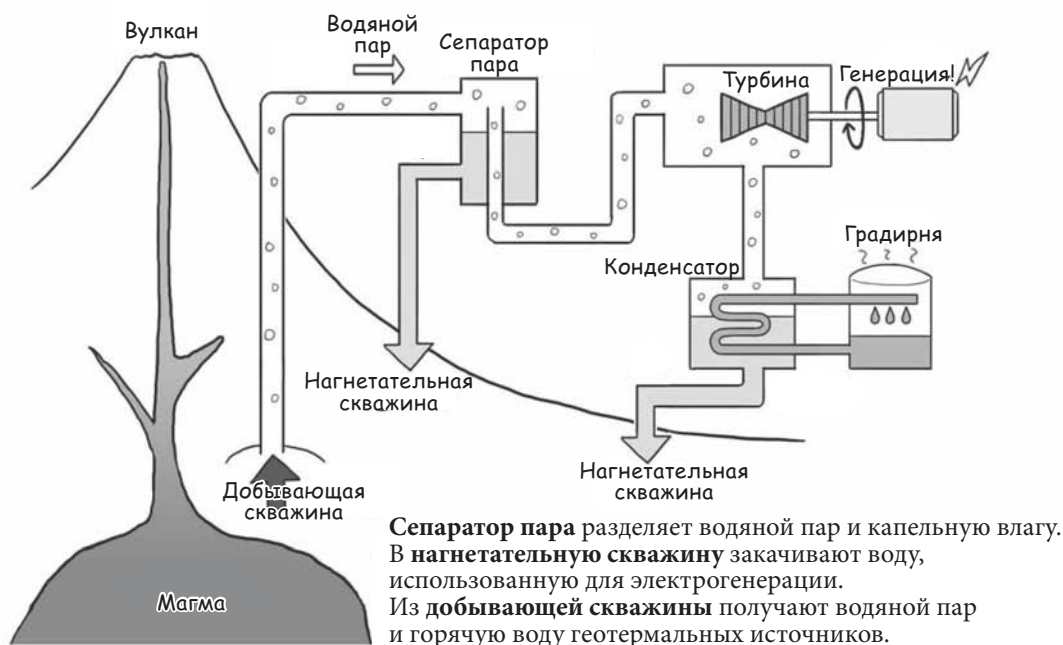


Градирия охлаждает воду, используемую в конденсаторе. Не требуется при использовании в конденсаторе морской воды.

В процессе **электрогенерации из биомассы** сжигают вещества, полученные из живых организмов (биомассу), например, растений. Если говорить конкретно, биомассой называют, например, твёрдое топливо из древесной стружки; газообразное топливо (метан) из отходов животноводства; жидкое топливо из отжимок сахарного тростника.



Глубоко под вулканами, где находится магма, сокрыты колоссальные запасы энергии. Для **геотермальной электрогенерации** часть этой энергии извлекают в виде водяного пара, вращая им турбину. Можно сказать, что геотермальная электрогенерация — это способ, подходящий для Японии, где много вулканов.



КОНСПЕКТ Вода или огонь ?

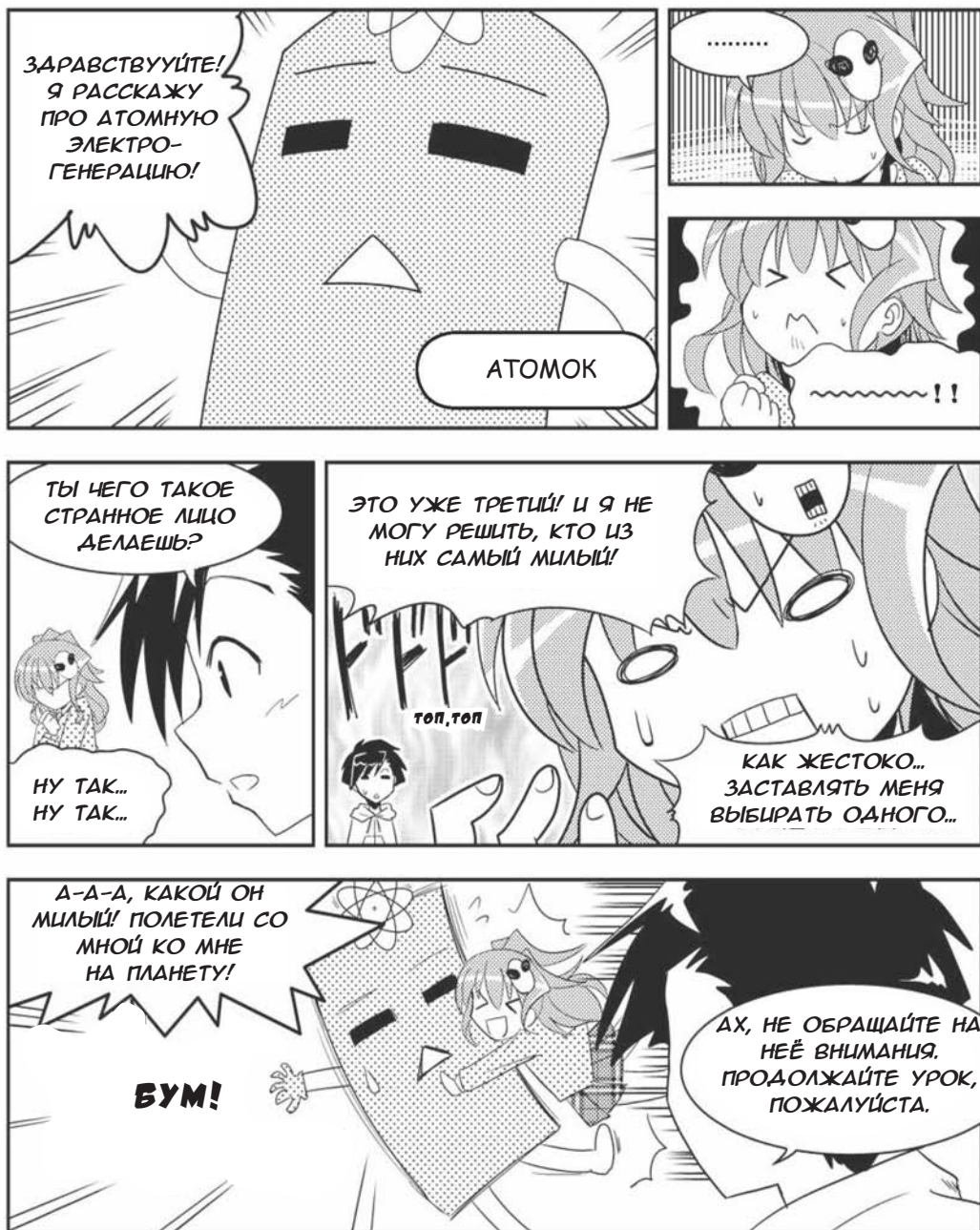
Мы поговорили про гидравлическую и тепловую электрогенерацию. Когда-то их взаимоотношения описывались в терминах соперничества. В прошлом в Японии ГЭС преобладали, а ТЭС (в основном на каменном угле) играли вспомогательную роль. Эту ситуацию описывали как **«приоритет воды над огнём»**.

Однако после внедрения новых технологий тепловой генерации, появления новых видов топлива ситуация изменилась на **«приоритет огня над водой»**.

Наконец, сейчас мы живём в **эпоху оптимального сочетания** атомной, тепловой и гидравлической электроэнергии.

Таким образом, структура источников электроэнергии не является чем-то неизблемым — пройдя через многие изменения, она продолжает эволюционировать и сейчас.

4. АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ





Что такое атомная электрогенерация?

Принципы тепловой и атомной электрогенерации

ИТАК.
ПРИСТУПИМ.

МЕЖДУ АТОМНОЙ
И ТЕПЛОВОЙ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЕЙ
ЕСТЬ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ
СХОДСТВО.

1

Воду нагревают,
превращая в пар

2

Пар
вращает
турбину

3

Вращение
передается
генератору



И В ТОМ, И В ДРУГОМ
СЛУЧАЕ ВОДА ПРЕВРАЩА-
ЕТСЯ В ПАР, КОТОРЫЙ
ВРАЩАЕТ ТУРБИНУ.

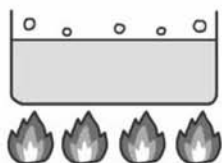


ДРУГИМИ СЛОВАМИ, РАЗ-
НИЦА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В
СПОСОБЕ ПОЛУЧЕНИЯ
ПАРА?

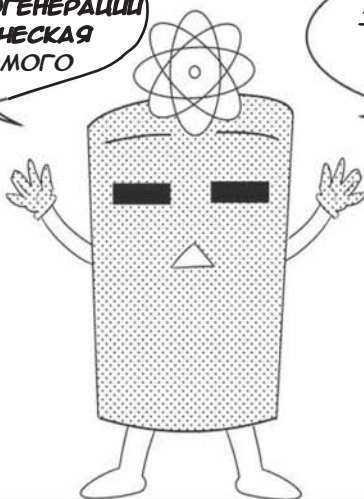
ХМ...

ВЕРНО, УМНИЦА!
ДЛЯ **ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ**
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ **ХИМИЧЕСКАЯ**
ЭНЕРГИЯ (ИСКОПАЕМОГО
ТОПЛИВА),...

Тепловая генерация

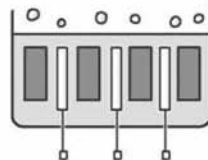


Воду нагревают, сжигая
ископаемое топливо
(каменный уголь, нефть, СПГ)

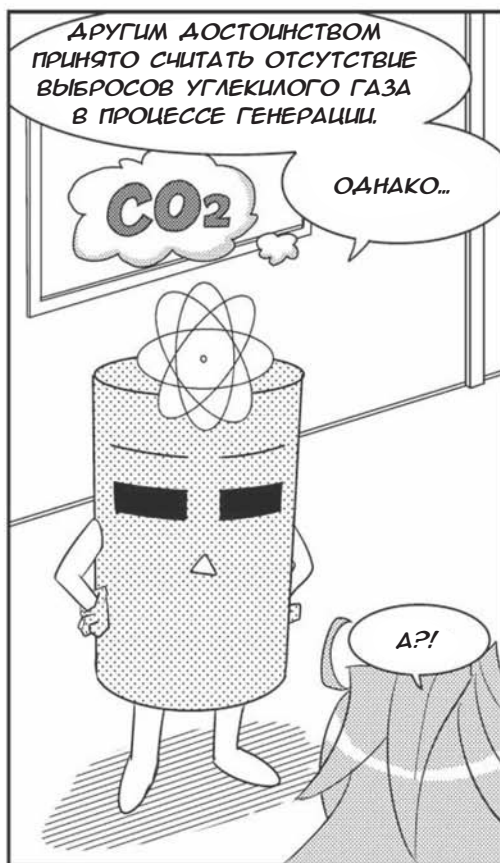


...А В АТОМНОЙ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ -
ЭНЕРГИЯ ДЕЛЕНИЯ
АТОМНЫХ ЯДЕР.

Атомная генерация

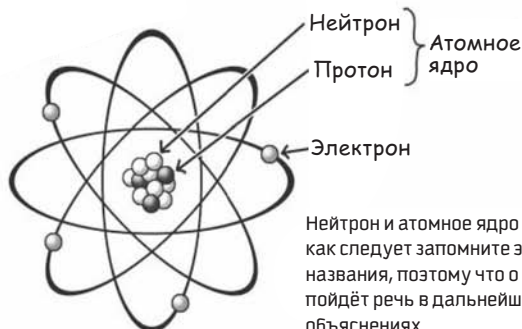
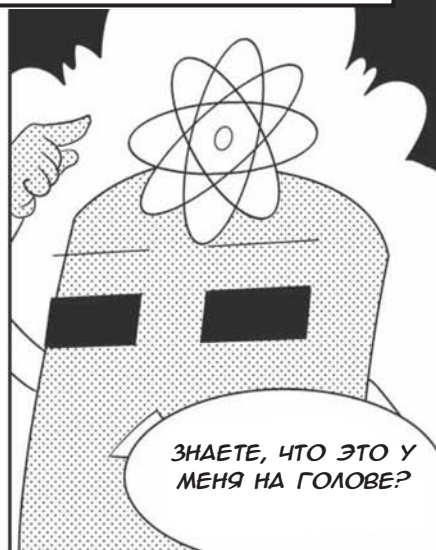


Воду нагревают энергией
деления атомных ядер





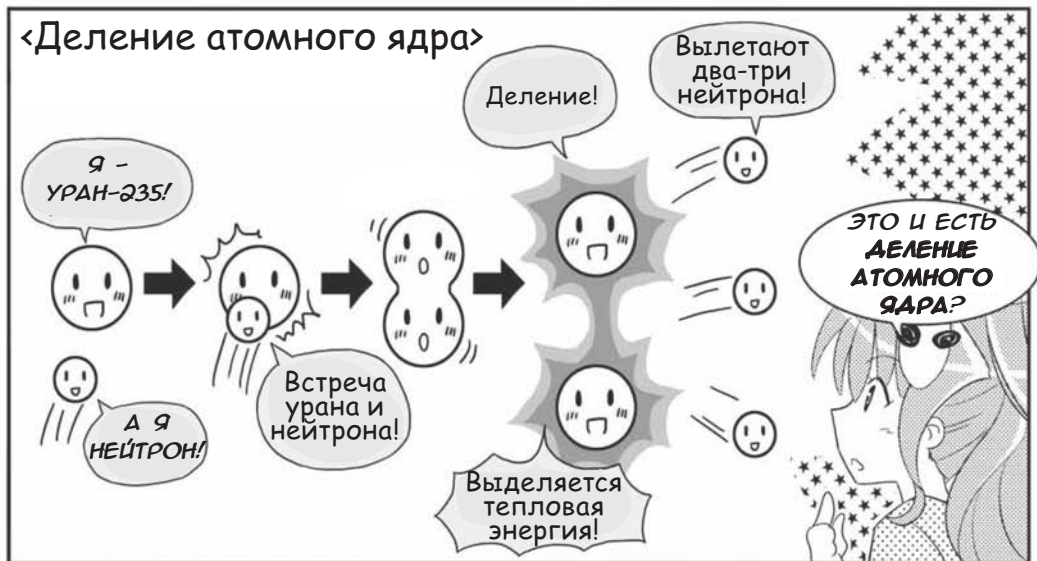
Деление атомного ядра

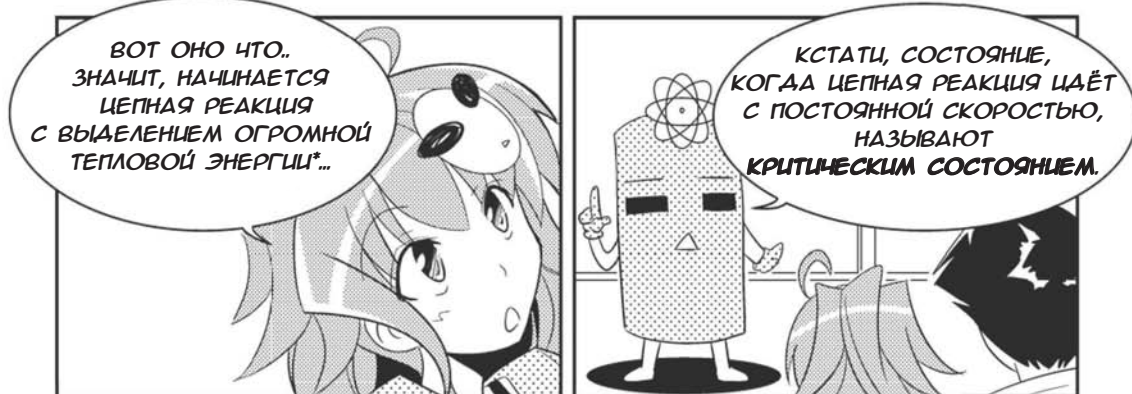
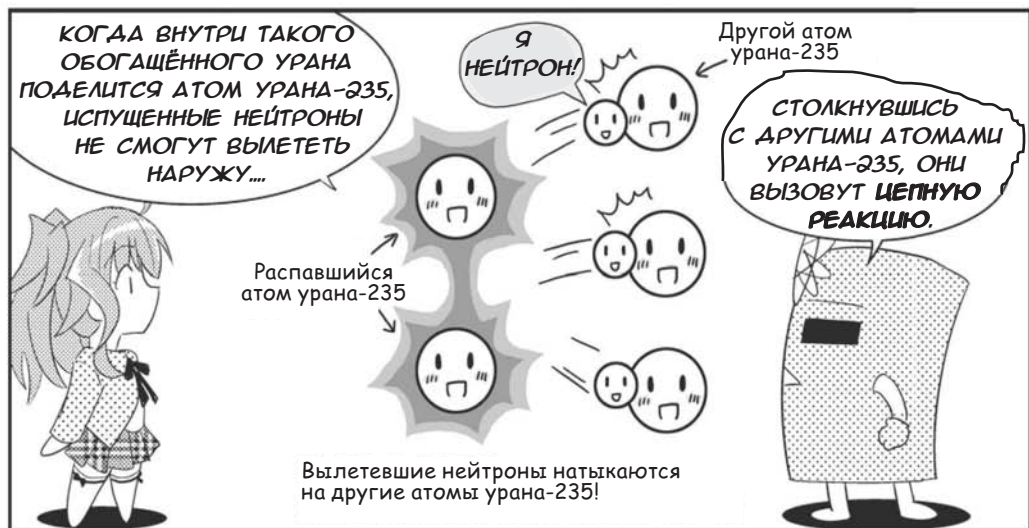


Нейтрон и атомное ядро — как следует запомните эти названия, поэтому что о них пойдёт речь в дальнейших объяснениях.

Все вещества состоят из маленьких частиц под названием **атомы**. В центре атома находится **атомное ядро**, вокруг которого располагаются электроны. Ядро состоит из **нейтронов** и **протонов**, сцепленных между собой.







* При полном расщеплении 1 грамма урана-235 высвобождается около 20 000 000 ккал энергии.



Что такое ядерный реактор?



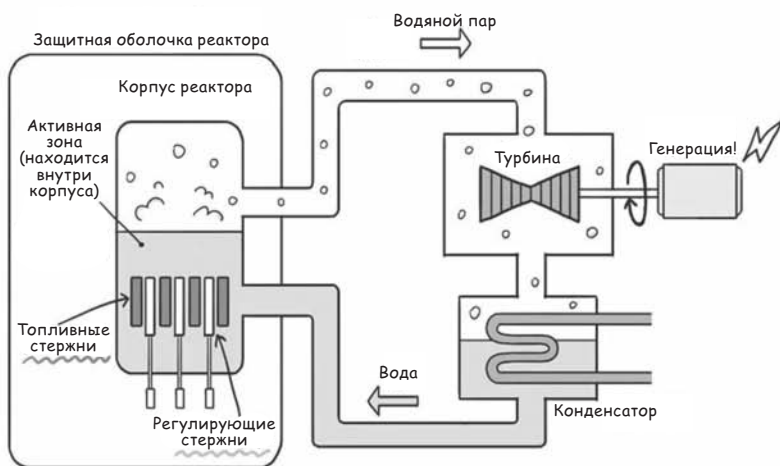
Поговорим о сердце атомной электростанции - **ядерном реакторе**. Это устройство, которое извлекает энергию, поддерживая реакцию деления атомных ядер.



Внутри реактора происходит ядерная реакция. Энергия этой реакции деления атомных ядер нагревает воду — образуется водяной пар...



Верно. В Японии применяются **легководные реакторы**, которые бывают двух типов. В **кипящих реакторах** (Boiling Water Reactor: BWR) водяной пар образуется прямо в активной зоне внутри корпуса. В **реакторах с водой под давлением** (Pressurized Water Reactor: PWR) воду под давлением нагревают в активной зоне до температуры выше 300°C (она не испаряется благодаря высокому давлению - примерно в 2 раза выше, чем в кипящих реакторах), направляют в парогенератор для нагрева и испарения воды, текущей по другому контуру. Здесь я опишу принцип атомной генерации на примере кипящего реактора на схеме ниже.



Принцип атомной электрогенерации



Но тут есть непонятные слова — **топливные стержни, регулирующие стержни**... Зачем нужны эти палки?

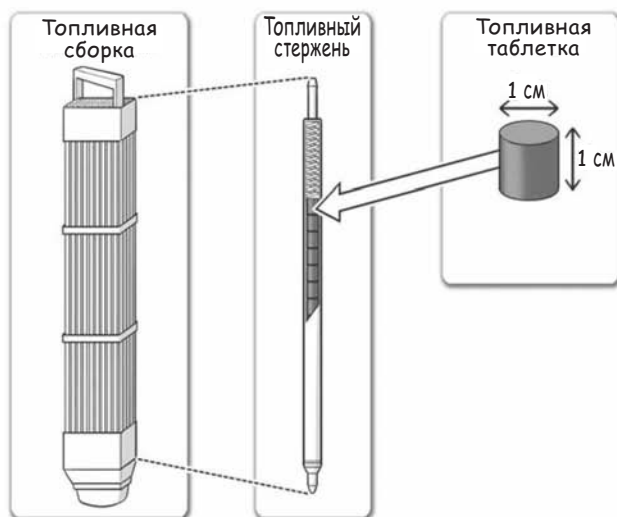


Нужны, конечно! О-очень нужны! Эти стержни можно даже назвать краеугольным камнем атомной электрогенерации! Я расскажу о них дальше.

⚡ Топливные стержни, регулирующие стержни



Топливные стержни, как понятно из названия - это стержни, используемые в качестве топлива. Они состоят из **топливных таблеток**.



А сами **топливные таблетки** представляют собой спечённый порошок **урана**. Хотя такая таблетка имеет высоту и диаметр всего около 1 см, считается, что содержащейся в ней энергии хватит, чтобы обеспечивать одну семью электроэнергией в течение примерно 8 месяцев (при месячном потреблении 300 кВт·ч).



Ого, размером с кончик мизинца, а столько энергии...



А **топливная сборка** — это стержни, собранные в пучок, так? Их устанавливают в корпус реактора?



Хм. Действительно, если топлива нет, то и электрогенерация не произойдет. Понятно, значит топливные стержни - это важно....Но что еще за «регулирующие стержни»?!. Если есть топливо - и деление будет идти, так ведь? Больше же ничего не нужно?

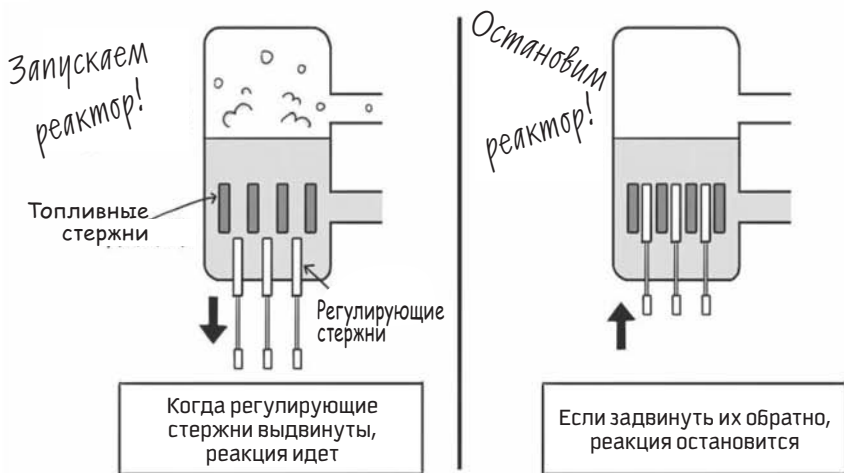


Нет. Действительно, если есть топливо, реакция будет происходить... Но этого недостаточно!

В атомной энергетике необходимо управлять течением цепной реакции. Другими словами, нужно регулировать деление атомных ядер так, чтобы оно продолжалась с постоянной скоростью. Для этого управляют количеством нейтронов.



Ага, то есть регулирующие стержни для этого нужны? Теперь понятно, почему их так назвали...



Посмотрите на рисунок выше. **Регулирующий стержень** - это устройство в виде стержня из материала, обладающего свойством хорошо поглощать нейтроны. Выдвигая и задвигая регулирующие стержни, управляют количеством нейтронов.



Во-о-т оно что. Наконец-то поняла. Топливные стержни - это топливо, регулирующие - это управление. В самом деле, что без первых, что без вторых далеко не уедешь!



Замедлитель, охладитель



Я уже говорил, что в Японии используются легководные реакторы (см.стр.84). Это - реакторы, которые в качестве **охладителя** (англ.: reactor coolant)* и **замедлителя** используют **легкую воду**. Так называемая «легкая вода» - это самая обычная вода.

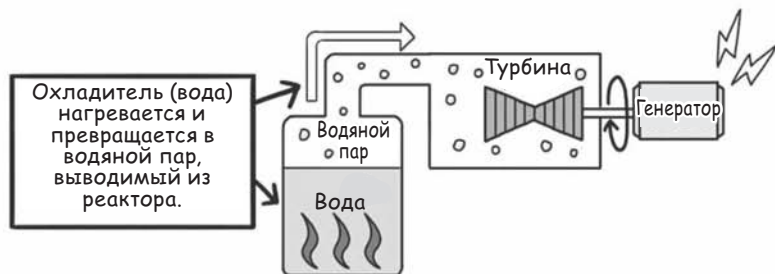
(*Прим.перев.- в русском языке более распространено название «**теплоноситель**»)



Ага, охладитель? Когда мы говорили о конденсаторе (см. стр. 66), упоминался охладитель для охлаждения пара и превращения его обратно в воду. Здесь так же?



Нет. В самом деле легко спутать, но назначение **охладителя** (теплоносителя) ядерного реактора другое - не как у охладителя конденсатора паровой турбины. **Охладитель** ядерного реактора принимает тепловую энергию, образующуюся в реакции деления атомных ядер, и переносит энергию из активной зоны наружу. Иными словами, лёгкая вода (обычная вода) под названием «охладитель» превращается в водяной пар и выводит из реактора тепловую энергию, как показано на рисунке ниже.



То есть, хоть он и называется охладителем, охлаждение - это не главная его задача. Основное его назначение - это выведение тепловой энергии наружу. Хотя, в результате он и охлаждает...



Таким образом, охладитель в легководных реакторах - это самая обычная вода. В других видах реакторов в качестве охладителя используются самые разные вещества. Например, воздух, углекислый газ, расплавленный металлический натрий, гелий, и прочие.



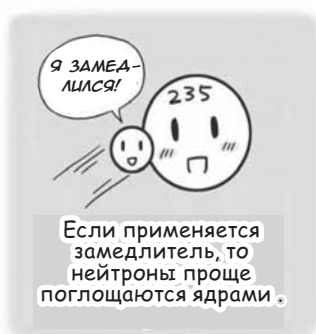
Ага-ага. Тогда насчёт охладителя я все поняла. А что за слово, которое упоминалось чуть раньше? «Замедлитель»?



Я уже говорил о том, что при делении происходит выброс нейтронов (см. стр. 82). Однако нейтроны имеют очень высокую скорость, поэтому их необходимо замедлить так, чтобы облегчить их поглощение атомными ядрами урана-235. Функцию уменьшения скорости нейтронов выполняет **замедлитель**, коим является легкая вода (обычная вода).



Значит, этот замедлитель (обычная вода) меняет судьбу нейтрона и ядра? Как на этой картинке...



Да. Чуть раньше я говорил о том, что регулирующие стержни управляют реакцией деления атомных ядер, так вот, этот замедлитель тоже выполняет регулирующую функцию. Ведь он изменяет скорость нейтронов, управляя таким образом реакцией деления...



Надо же! Вроде бы простая вода, а целых две важные функции выполняет. Как необычна она - эта атомная генерация.

Используется самая простая вода, да и сам принцип схож с тепловой электрогенерацией, поэтому она даже очень простой кажется ... На самом деле, было очень интересно.



Да-да. Ну, если даже у тебя нет вопросов, можно заканчивать сегодняшний урок.

АА, ВЫ ХОРОШО
ПОТРУДИЛИСЬ!

МОЛОДЦЫ!

АА, ДЕЛО В
ТОМ, ЧТО...

ЧТО?

Я ПЕРЕД УХО-
ДОМ ХОТЕЛА
ЕЩЕ РАЗ УВИ-
ДЕТЬ ОСТАЛЬ-
НЫХ ДВУХ...

ТУТУМ

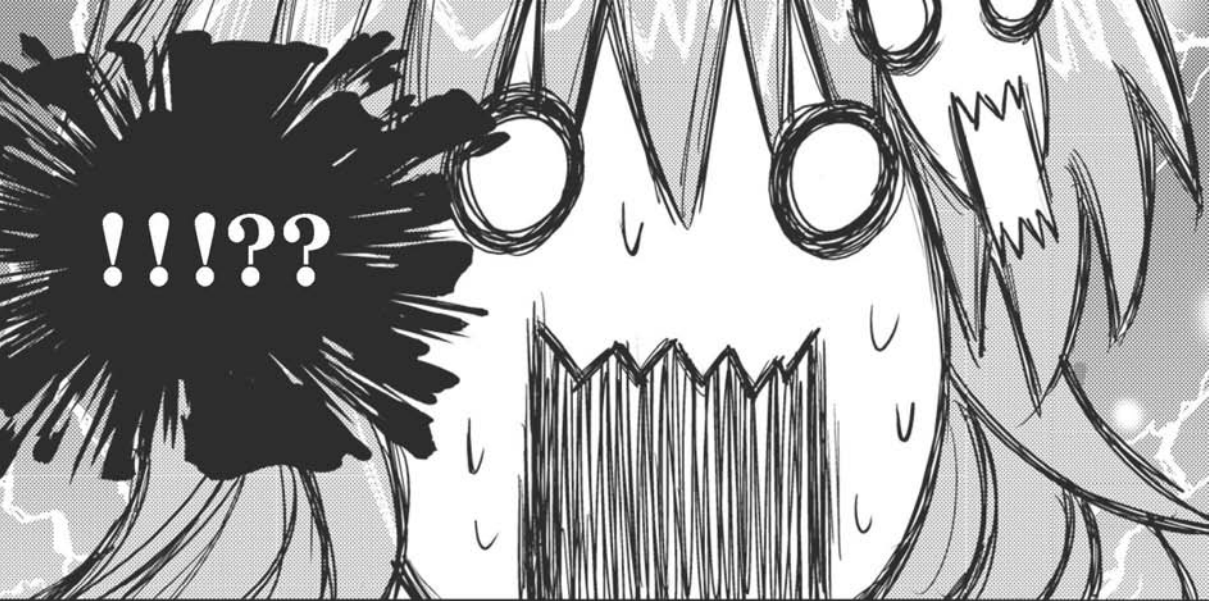
МОЖЕТЕ ПОЗВАТЬ?

ШУРХ...

А, ЭТО
НЕВОЗМОЖНО.

Я ОДИН ИГРАЛ ТРИ РОЛИ.

ПРОСТИТЕ МЕНЯ...



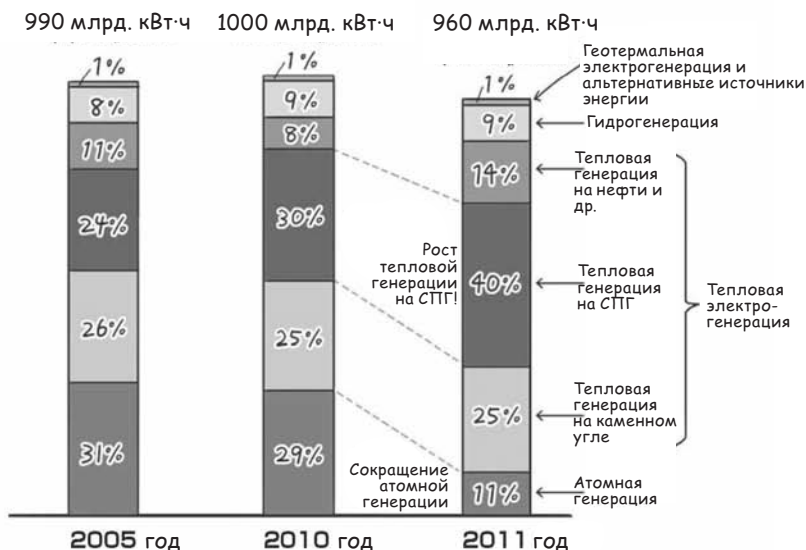


ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

◆ Структура электрогенерации

Структура электрогенерации по источникам энергии в Японии представлена на диаграмме ниже. Как видите, большую часть составляет тепловая электрогенерация — на угле, СПГ (сжиженном природном газе), нефти и прочем. Важно знать, что значительная часть этого топлива — импортная. В 2005 году увеличилась до около 30% доля **атомных электростанций** (АЭС). Кроме того, доля **гидроэлектростанций** (ГЭС) остановилась на уровне 10%, так как проектирование новых ГЭС почти прекратилось. В 2011 году, когда после Великого восточнояпонского землетрясения АЭС останавливались одна за другой, объём атомной электрогенерации снизился, однако, благодаря увеличению объёма тепловой электрогенерации, снижение общего уровня энергоснабжения оказалось незначительным. При этом, наиболее большим был рост **тепловой электрогенерации на СПГ**, обеспечивающем более высокий КПД генерации и более экологичном, чем нефть или каменный уголь.

Сейчас возлагаются надежды на увеличение доли альтернативной электроэнергетики, однако, по всей видимости, пройдёт ещё немало времени, прежде чем это заметно отразится на нижеприведённой диаграмме.



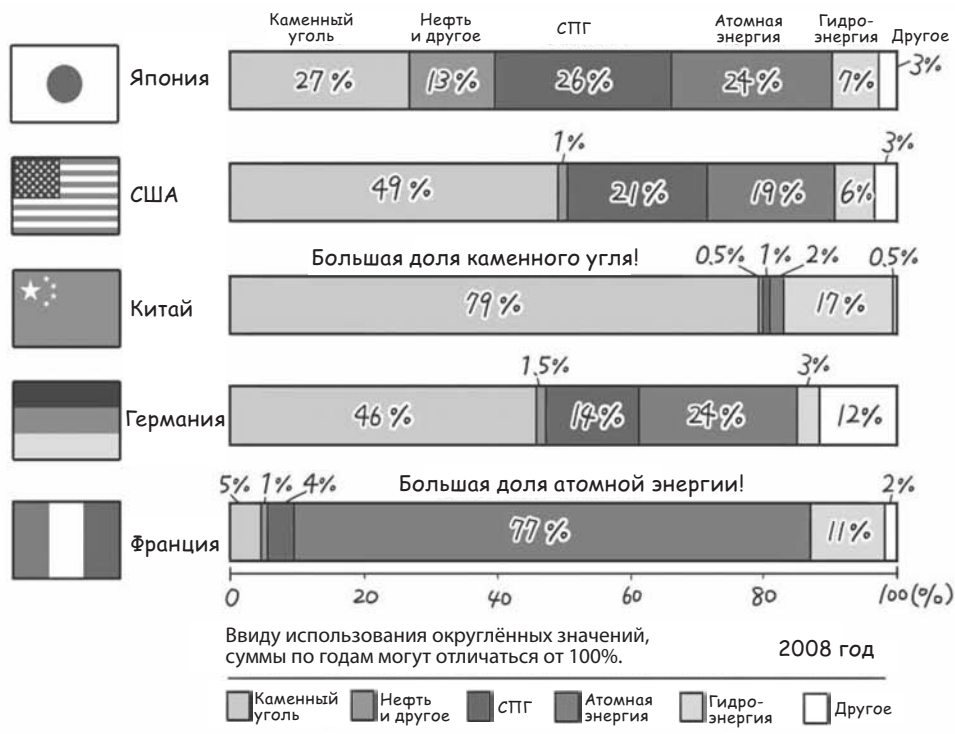
Ввиду использования округлённых значений, суммы по годам могут отличаться от 100%.

Атомная энергия Каменный уголь СПГ Нефть и другое Гидро-энергия Геотермальная и альтернативная энергия

Структура электрогенерации по источникам энергии

На диаграмме ниже показана структура электрогенерации по источникам энергии в разных странах мира. Как можно видеть, она значительно различается по странам, что связано с такими факторами, как различия в видах ископаемого топлива, производимого внутри страны, в рельефе местности, в государственной политике регулирования в области электроэнергетики и т.п.

В Японии в основу электроэнергетики положен принцип **оптимального сочетания** благодаря комбинации электростанций различных типов. Можно сказать, что для Японии **дивертификация электроэнергетики** жизненно необходима для снижения риска из-за низкого уровня самообеспеченности источниками энергии, а также островного положения.

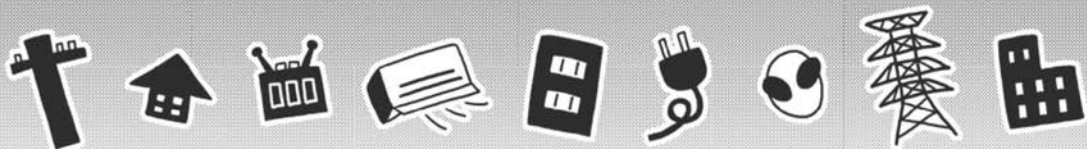


Структура электрогенерации по источникам энергии в разных странах мира



ГЛАВА 3

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧА



1. СПОСОБЫ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ТРАНСФОРМАЦИИ



Электропередача и трансформация

СВЕЖИЙ
ВОЗДУХ!

ЯРКАЯ
ЗЕЛЕНЬ!

ПТИЧКИ ПОЮТ!

ЧИК-ЧИРИК

ПИ-ПИ

ГОРЫ - ЭТО ВСЕ-ТАКИ ЗАОРОВО!
НА ПРИРОДЕ КАК ЗАНОВО
РОЖДЕННЫМ СЕБЯ ЧУВСТВУЕШЬ!

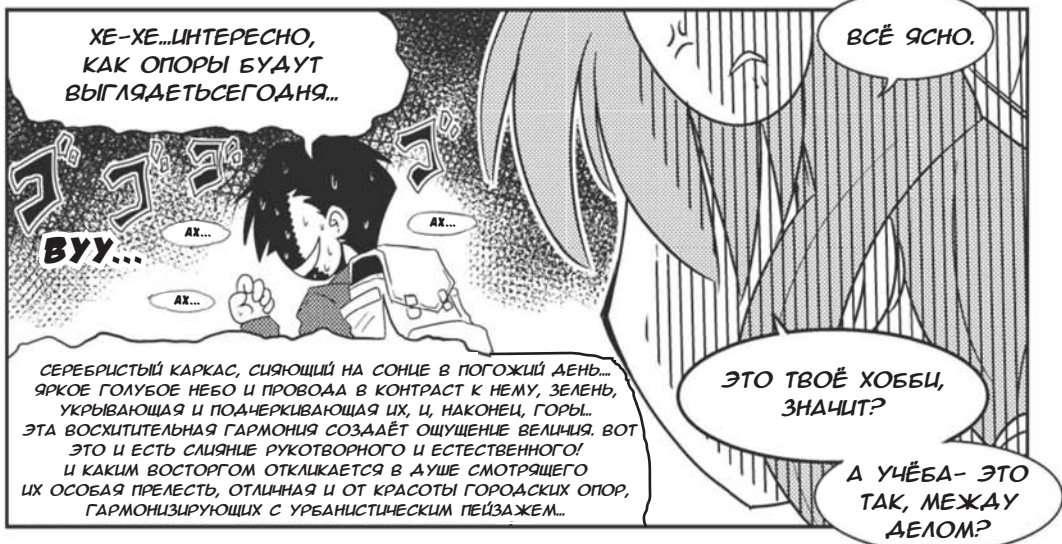
И ЗАЧЕМ ТЫ МЕНЯ В
ЭТИ ГОРЫ ПОВЁЛ...

СЕГОДНЯ
ВОСКРЕСЕН-
НИЕ...

...И Я ХОТЕЛ ТЕБЕ
ПОКАЗАТЬ ОПОРУ
ЛЭП ДЛЯ УРОКА ПО
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ.

А ОПОРЫ В
ГОРАХ...

...КУДА БОЛЬШЕ
ПО СРАВНЕНИЮ
С ГОРОДОМ!



Как меняется напряжение в процессе электропередачи

Величины напряжения указаны в качестве примера и в некоторых случаях могут быть другими. Подробности см. на стр. 41, 120.



КСТАТИ, НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ ТАКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, КАК 23 ИЛИ 12 кВ,

....

Вырабатываемое напряжение
23 кВ
12 кВ

Передаваемое
500 - 275 кВ

Электростанция

...НО ПЕРЕД ПЕРЕДАЧЕЙ ЕГО ПОВЫШАЮТ.

А ЗАЧЕМ ПЕРЕД ПЕРЕДАЧЕЙ ПОВЫШАТЬ?

ВЕДЬ ВСЁ РАВНО ПОТОМ НЕСКОЛЬКО РАЗ СИЛЬНО СНИЖАТЬ ПРИХОДИТСЯ...

ХОРОШИЙ ВОПРОС.

ДАВАЙ Я СРАЗУ НА НЕГО И ОТВЕТУ.



Зачем повышать напряжение электропередачи?



Чтобы ответить на этот вопрос, нужно сначала поговорить о **джоулевом тепле**. Когда ток течёт по проводам, из-за электрического сопротивления часть электрической энергии необратимо превращается в теплоту (джоулево тепло), которая необратимо рассеивается в воздухе.



Рассеивается! То есть электроэнергия попросту пропадает?



Да. Это явление называют **потерями передачи**. Согласно закону Джоуля, формула которого приведена ниже, величина джоулевого тепла пропорциональна квадрату тока. То есть....

Закон Джоуля

$$\text{Теплота (Дж)} = \text{Ток (А)}^2 \times \text{Сопротивление (Ом)} \times \text{Время (сек)}$$



То есть, чем меньше ток, тем меньше потери передачи?



Именно! А мощность равна произведению тока и напряжения, поэтому если мы уменьшим ток, то для передачи одинаковой мощности нам придётся увеличить напряжение. Ты легко это поймёшь, взглянув на таблицу.

Если напряжение низкое	Если напряжение высокое
<p>Низкое напряжение</p> <p>В процессе передачи теряется много электрической энергии — низкий КПД электропередачи.</p>	<p>Высокое напряжение</p> <p>В процессе передачи теряется мало электрической энергии — высокий КПД электропередачи!</p>



Ага, ага, понятно. Значит, высокое напряжение нужно для снижения потерь и повышения КПД электропередачи, так?

⚡ Воздушные ЛЭП

ИТАК, СУЩЕСТВУЕТ
ДВА ТИПА ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ...

...ВОЗДУШНЫЕ ЛЭП И
ПОДЗЕМНЫЕ ЛЭП.

Проходит
под землей →

← Проходит
по воздуху

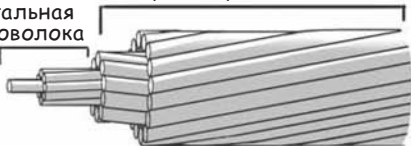
ВОЗДУШНЫЕ ЛЭП
Я ЧАСТО ВИЖУ. ДАЖЕ
ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ
ДОРОГ ПРОВОДА НА
ОПОРАХ ПРОТЯНУТЫ.





КОНСТРУКЦИЯ
ГРОЗОЗАЩИТНОГО
ТРОСА ТАКАЯ.

Проволока из
Оцинкованная твёрдотянутого алюминия
стальная
проволока



Направление намотки меняется от
слоя к слою!

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТАК НАЗЫВАЕ-
МЫЙ "СТАЛЕАЛЮМИНЦЕВЫЙ
КАБЕЛЬ", ПРОЧНЫЙ И ЛЁГКИЙ.

ПОНЯТНО, ПОНЯТНО.
ОДНАКО, В ЛЭП ТАК
МНОГО ПРОВОДОВ...

Я НАСЧИТАЛА ЦЕЛЫХ
ШЕСТЬ ШТУК.

ЛЭП ЧАСТО ИМЕЮТ 2
ЦЕПИ ПО 3 ПРОВОДА
В КАЖДОЙ, ПОЭТОМУ
ВСЕГО 6 ПРОВОДОВ.



ДАЖЕ ЕСЛИ НА ОДНОЙ
ИЗ ЦЕПЕЙ ВОЗНИКНЕТ
НЕИСПРАВНОСТЬ...

Одна цепь
из трёх
проводов

Ещё одна цепь
из трёх
проводов

...РЕЗЕРВНАЯ ЦЕПЬ ПОМО-
ЖЕТ ИЗБЕЖАТЬ ОТКЛЮЧЕ-
НИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

ОГО...

ВСЁ ХОРОШО
ПРОДУМАНО.

А ЕЩЁ, ВОЗДУШНАЯ ЛЭП...

УФ...

УФ...

... - ЭТО "ЛИНИЯ,
ПЕРЕБРОШЕННАЯ ЧЕРЕЗ НЕБО".
РАЗВЕ НЕ КРУТО?!

ДА?

Подземная электропередача

ЧАСТО
ОТ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДО
ГОРОДА ИДЁТ
ВОЗДУШНАЯ ЛЭП, ...

ТЕПЕРЬ ПОГОВОРИМ
О ПОДЗЕМНЫХ ЛЭП.

ВЗГЛЯНИ НА ЭТУ
СХЕМУ ГОРОДА.

Воздушная ЛЭП

Трансформаторная
подстанция

Под землёй
проложены
кабели.

Подземная ЛЭП

Трансформаторная
подстанция

... А В ЧЕРТЕ ГОРОДА
ИСПОЛЬЗУЮТ ПОДЗЕМНУЮ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧУ.

ПОНЯТНО...

ВЕДЬ И МЕСТО ДЛЯ
ОПОР В ГОРОДЕ
НАЙТИ НЕПРОСТО.

ВЕДЬ И ПОД ЗЕМЛЁЙ
НЕПРОСТО, НАВЕРНОЕ.

ТАМ ЖЕ КРОТЫ, МЕХАНО-
КРОТЫ, СУПЕР-КРОТЫ, ДА?

ЧТО ЕЩЕ ЗА КРОТЫ?!

КОНЕЧНО, ПОД
ЗЕМЛЁЙ МНОГО
ВСЯКОГО.

ГАЗОВЫЕ ТРУБЫ,
ВОДОПРОВОД,
КАНАЛИЗАЦИЯ... ДА И
ТЕЛЕФОННЫЕ ЛИНИИ,
НАВЕРНОЕ, ЕСТЬ.

НО
БЕСПОКОИТЬСЯ
НЕ НЕДО.

ВЕДЬ И ПОДЗЕМНЫЕ
КОММУНИКАЦИИ
ХОРОШО ПРОДУМАНЫ.

Сечение дороги с подземной ЛЭП

ПОДЗЕМНЫЕ ЛЭП
ПРОВОДЯТ
В ТРУБАХ, В
ТОННЕЛЯХ ДЛЯ
КОММУНИКАЦИЙ.



ОГО, СКОЛЬКО
ВСЕГО ПОД
ЗЕМЛЁЙ
АККУРАТНО
ПРОЛОЖЕНО.

ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ЛЭП
ИСПОЛЗУЮТСЯ СИЛОВЫЕ
КАБЕЛИ.



ЧАСТО ИСПОЛЗУЮТ
УДОБНЫЕ И ПРОСТЫЕ
В ОБСЛУЖИВАНИИ
КАБЕЛИ СПЭ.

КОНСТРУКЦИЯ КАБЕЛЯ СПЭ ВОТ
ТАКАЯ. ИЗОЛЯЦИЯ СДЕЛАНА ИЗ
МАТЕРИАЛА ПОД НАЗВАНИЕМ
"СШИТЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН" (СПЭ).



ОГО, КАК ТЩАТЕЛЬНО
СДЕЛАНА ИЗОЛЯЦИЯ!



ДА,
ВЕДЬ УТЕЧКА ТОКА В
ТЕСНОМ ПОДЗЕМНОМ
ПРОСТРАНСТВЕ -
СТРАШНАЯ ВЕЩЬ.





КРОМЕ ТОГО, ПЛЮСОМ
ПОДЗЕМНЫХ ЛЭП
ЯВЛЯЕТСЯ ТО,...

...ЧТО ОНИ
НЕ ПОДВЕРЖЕНЫ
ВОЗДЕЙСТВИЯМ, НА-
ПРИМЕР, ДОЖДЕЙ,
ГРОЗ.

И ЕЩЁ, НАПРИМЕР,
ПЕЙЗАЖ
НЕ ЗАГРОМОЖДАЮТ.



ХОТЯ Я СЧИТАЮ, ЧТО ОНИ
ПЕЙЗАЖ, НАОБОРОТ,
УКРАШАЮТ!

НО Я СВОИХ УБЕЖДЕНИЙ
НИКОМУ НЕ НАВЯЗЫВАЮ!

ЧУТЬ НЕ ЗАБЫЛ. НЕДОСТАТОК
ПОДЗЕМНЫХ ЛЭП - ОТНОСИ-
ТЕЛЬНО ВЫСОКАЯ СТОИМОСТЬ
СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.



А НЕДОСТАТОК ВОЗДУШНЫХ
ЛЭП - ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОГО-
ДЫ, ТАК?

НИЧЬЯ,
ПОЛУЧАЕТСЯ.

ЛАДНО. ТЕПЕРЬ Я
ЗНАЮ И ПРО ВОЗДУ-
ШНЫЕ, И ПРО ПОД-
ЗЕМНЫЕ ЛЭП.



НАМИКИ,
СЛУШАЙ.

А КАКИЕ ИЗ НИХ ЛУЧШЕ
ПО ТВОЕМУ?



СЛОЖНЫЙ ВОПРОС. ПОДЗЕМНЫЕ ЛЭП МЫ РЕАКО ВЦАМ. ПОЭТОМУ ВОЗДУШНЫЕ
ЛЭП, БЕСКОНЕЧНЫМИ ПРОВОДАМИ ИСЧЕРТИВШИЕ НЕБО ВАОЛЬ И ПОПЕРЁК, ДО-
СТУПНЫЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЮ, КАЖУТСЯ МНЕ БЛИЖЕ. НО СТОИТ ЛИ СПЕШИТЬ?
МОЖНО ЛИ СЧИТАТЬ ВЕРНЫМ ЛИШЬ ДОСТУПНОЕ ВЗОРУ? МОЖЕТ, СТОИТЬ ЕЩЁ
РАЗ ПОДУМАТЬ? ВООБЩЕ-ТО И СЕЙЧАС ЕСТЬ ВЕРОЯТНОСТЬ, ЧТО У НАС ПОД
НОГАМИ ЕСТЬ ПОДЗЕМНАЯ ЛЭП. ЭТО КАК ЭКСПЕРИМЕНТ С КОТОМ ШРЕДИНГЕРА -
РЕЗУЛЬТАТ НЕВОЗМОЖНО УЗНАТЬ, ПОКА НЕ ОТКРОЕШЬ ЯЩИК. ВЗГЛЯНУВ В НЕБО,
МЫ СРАЗУ УЗНАЕМ, ЕСТЬ ТАМ ВОЗДУШАЯ ЛЭП ИЛИ НЕТ. А ВОТ О ПОДЗЕМНОЙ
ЛЭП ЭТО УЗНАТЬ НЕВОЗМОЖНО, СКОЛЬКО НЕ
СМОТРИ ПОД НОГИ, ИНЫМИ СЛОВАМИ, ЗАЕСЬ
СКРЫВАЮТСЯ БЕСКОНЕЧНЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ...

ВУУ

КУДА ОПЯТЬ
ПОШЁЛ? Я
ЕСТЬ ХОЧУ.

2. ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ





Меры молниезащиты оборудования электропередачи

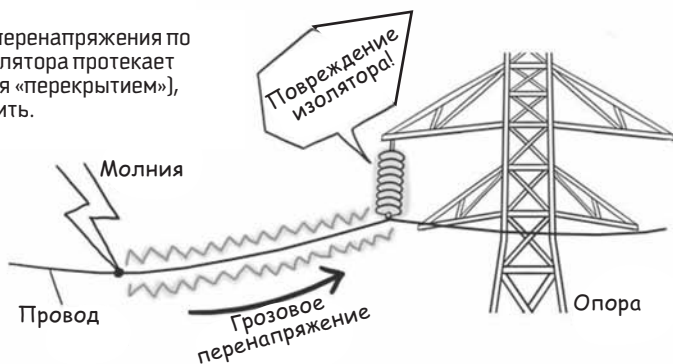


Значит, сначала про «молниезащиту»? А какой вред может нанести молния?



Это может быть «прямым разрядом молнии», приводящим к появлению аномально высокого напряжения и больших токов, либо «индуцирующим разрядом молнии» рядом с линией, вызывающим в проводах аномально высокое напряжение. Оба явления называют «грозовым перенапряжением». Огромные напряжения при грозовом перенапряжении приводят к неисправностям!

Под действием грозового перенапряжения по поверхности линейного изолятора протекает ток (это явление называется «перекрытием»), который может его повредить.



Посмотри на картинку выше. Если, предположим, в провод ЛЭП попадёт молния, то возникнет большой ток грозового перенапряжения, который потечёт с провода в сторону опоры. Опасность здесь в том, что под действием джоулева тепла линейный изолятор может выйти из строя.



И-и-и-изолятор! Как... как печально... А что будет, если линейный изолятор сломается?

Он же, кажется, изолирует опору от провода...



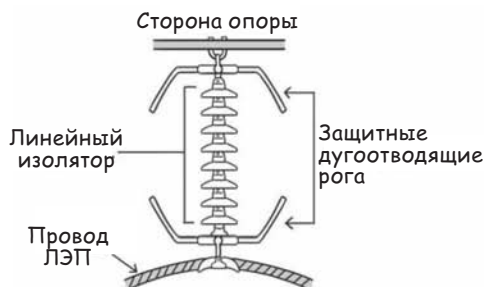
Ага. Если в линейном изоляторе возникнет дефект, то провод ЛЭП через опору окажется соединённым с землей. Иными словами, сложится ситуация, когда передающаяся электроэнергия будет утекать в землю! Такое явление называют **пробоем на землю**.



Надо же! Такая дорогая электроэнергия попросту утекает в землю! Получается, что если сломается линейный изолятор, то электропередача станет невозможна и потребуются ремонт?



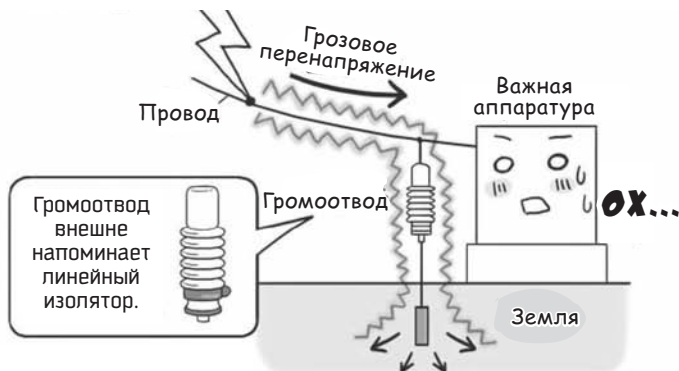
Для предотвращения возможного повреждения из-за грозового перенапряжения на обоих концах линейного изолятора устанавливаются металлические ветви под названием «**защитные дугоотводящие рога**». В таком случае ток будет протекать по защитным дугоотводящим рогам, что позволит предотвратить протекание большого тока через сам линейный изолятор.



Ого.... Да, эти металлические ветви надёжно защищают линейный изолятор!



Тут нам поможет (2) **громоотвод**! Если его установить на аппаратуру, требующую защиты, то он поможет отвести непредусмотренную электрическую энергию в землю. Громоотвод в основном устанавливают на электрические столбы, на опоры ЛЭП, а также на аппаратуру трансформаторных подстанций.





Ого, полезная штука — этот громоотвод ! Используется в стольких разных местах.



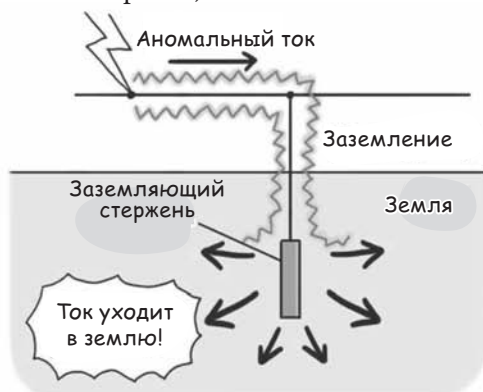
Про (3) **грозозащитный трос** я уже говорил (см. стр. 99), но хочу сделать важное пояснение. Ему, как и (2) громоотводу, требуется **заземление**.



За... заземление? Это что-то про Землю?



Да. На самом деле, заземление — это соединение корпуса электроприбора или какой-либо части электрической цепи с **землей** при помощи, например, провода. (про заземление также рассказывается на стр. 138)



Для заземления глубоко в землю закапывают металлическую палку, которая называется «заземляющим стержнем». Иногда её роль выполняют конструкции самой опоры.



Посмотри на схему. Заземление, осуществленное таким образом, подготавливает путь, по которому можно будет отвести аномальный ток. Это и от электротравм защищает, и в случае непредвиденных ситуаций безопасность повышает.

И наконец, последний пункт мер молниезащиты - это (4) **работы по заземлению**. Их нужно выполнять надлежащим образом для того, чтобы ток мог легко уйти в землю.



Угу. Ведь и громоотвод, и грозозащитный ток принесут пользу только тогда, когда они правильно заземлены.



Да. Кроме того, необходимо заземлять также, например, аппаратуру высоковольтных линий, трансформаторы (подробнее про виды работ по заземлению см. стр. 139).



Значит, для отвода аномального электричества, возникшего из-за молнии, нужно полагаться на землю. Теперь я знаю всё про меры молниезащиты. Пусть разразит меня гром, если это не так!



Меры защиты оборудования электропередачи от налипания снега



Теперь - защита от налипания снега, да? Снег налипает на провода ЛЭП, так?



Да. Снежинки, попадающие на провод ЛЭП, сначала формируют лишь тонкий слой в его верхней части, но затем этот слой под действием силы тяжести начинает соскальзывать, разрастаться... И в конце концов образуется глыба из снега или льда, которая полностью укутывает поверхность кабеля.



Да, этот коварный снег так и норовит ком образовать. Но зачем нам беспокоиться? Придёт весна - снега растают...



Нет, есть же районы, где снега очень много... Да и потом, нельзя к нему так беспечно относиться. Если оставить налипший снег как есть, под его тяжестью может произойти обрыв провода. И даже если этого не случится, есть также опасность аварии из-за **короткого замыкания***, если будет касание с соседним проводом.

*Протекание тока по непредусмотренному короткому пути, возникшему в результате непредвиденного электрического контакта.



Так-так... А как снег может вызвать касание с соседним проводом?



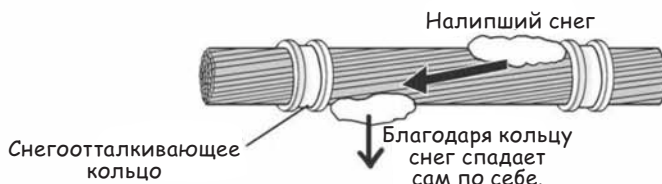
Когда дует ветер, тяжёлый от налипшего снега провод в результате резонанса раскачивается с большой амплитудой, как маятник. Это явление называют **пляской проводов**. Кроме того, возможен также **отскок провода вверх** под действием силы реакции при падении снега. Эти явления приводят к непредвиденным соприкосновениям проводов и авариям.



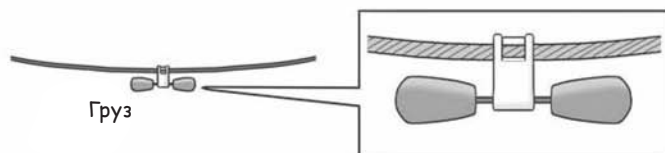
Ах, вот в чём дело... Как ужасно, если провода начнут плясать и отскакивать. Давай быстрее про меры защиты!



Хорошо! Сперва расскажу про (1) **снегоотталкивающее кольцо**. Снег на проводах соскальзывает вниз по спирали. Кольцо останавливает движение снега, и он сам по себе спадает вниз.



Следующая мера - (2) **гаситель скручивания**. При налипании снега провод может перекручиваться сам по себе, что может вывести его из строя. Поэтому к нему подвешивают груз, затрудняющий скручивание.



Нельзя забывать также о (3) **дистанционной распорке**. Она устанавливается между проводами, помогая выдерживать межпроводное расстояние. Это позволяет предотвратить короткое замыкание при пляске проводов или отскоке.



И наконец, про (4) **спираль снеготаяния**. Если обмотать ею провод, то в ней будут возникать вихревые токи, теплота от которых растопит снег и лёд. Удивительная штука.



Вот это да! Целых четыре способа от снега — тут даже снеговик заботится!

Меры защиты оборудования электропередачи от солевого повреждения



Последнее - это **защита от солевого повреждения**... Если сооружать ЛЭП и трансформаторные подстанции близко к морю, то оборудование может быстро испортиться под действием соли в дожде и ветре. Это и есть солевым повреждением так? Видишь, я всё прекрасно знаю!



Да, да. Особенно опасно ухудшение электроизоляционных свойств линейных изоляторов из-за соли. Соль сама по себе электричество не проводит, но становится проводящей, когда растворяется в воде.



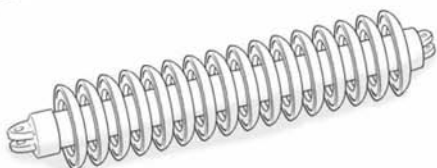
Вот как?! В самом деле, если качество линейного изолятора снизится и он будет легко пропускать ток — это плохо. Могут быть аварии на ЛЭП - пробой на землю, например.



Именно. Я расскажу о пяти мерах защиты от солевого повреждения, причём первые три меры касаются самого линейного изолятора. Первая мера - это (1) **усиление электроизоляционных свойств линейного изолятора**, когда стремиться улучшить саму конструкцию детали! Для этого используют, например, гирлянды из нескольких линейных изоляторов обычного типа или линейные изоляторы особых типов: **длинностержневые, грязестойкие**.

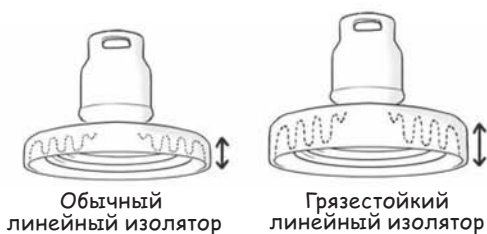


Значит, линейные изоляторы бывают разных типов?



Длинностержневой линейный изолятор

В концы фарфорового стержня с юбками (полая деталь с наполнителем внутри) встроены металлические крепёжные элементы, с помощью которых можно соединять несколько длинностержневых изоляторов в гирлянду.



Грязеустойчивый линейный изолятор

Имеет более глубокие складки, что позволяет увеличить длину пути утечки тока (расстояние по поверхности изолирующего материала между двумя проводящими частями).

Следующая мера защиты — (2) **чистка линейных изоляторов**.



Для поддержания электроизоляционных свойств периодически прекращают электропередачу и чистят линейные изоляторы. Но существуют также методы, позволяющие путём водоструйной обработки проводить «чистку линейных изоляторов под напряжением», то есть без прекращения электропередачи.



Ясно. Чтобы электроизоляционные свойства не ухудшались, лучше не допускать солевого загрязнения поверхностей, следя за тем, чтобы они всегда сверкали чистотой.



Следующий способ - это (3) **использование водоотталкивающих покрытий**. На поверхность линейного изолятора наносят водоотталкивающее вещество, например, силиконовый порошок, который отталкивает дождевую воду, содержащую соль.



Ого! С таким и в дождливые дни не страшно. Если вода не задерживается, то и соли можно не бояться.



Теперь про немного необычный способ. (4) **Соккрытие оборудования и аппаратуры** — это когда оборудование и аппаратуру, например, трансформаторное оборудование, размещают внутри помещений, или, например, под землей, чтобы предотвратить адгезию соли. И проблему солевого повреждения проводов ЛЭП тоже можно решить, если использовать подземные кабели.



Надо же! Я даже не думала о таком, хотя кажется - так просто! Если оборудование в помещении, то ему ни дождь, ни ветер с солью не страшны.



Кроме того, есть также такая мера, как (5) **Изменение места установки оборудования**. Это коренное решение проблемы путём изменения места установки опор ЛЭП, трансформаторных подстанций! Просто не размещать их вблизи от моря!



Да, с этим не поспоришь.... Важно всё хорошо продумать до начала строительства. Итак! Хоть изучать эти меры было несладко, теперь я знаю о защите от солеповреждения всё!



Список мер противоаварийной защиты оборудования электропередачи

ОБОБЩИМ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ, О КОТОРЫХ МЫ ГОВОРИЛИ



Меры молниезащиты

- ① **Защитные дугоотводящие рога** — металлические ветви для защиты линейного изолятора
- ② **Громоотвод** — устройство для отвода anomального тока в землю
- ③ **Грозозащитный трос** — металлический трос, соединяющий верхушки опор для защиты проводов ЛЭП
- ④ **Работы по заземлению** — закапывание металлического стержня и подключение его к заземляемому оборудованию (для отвода anomального тока в землю)

Меры защиты от налипания снега

- ① **Снегоотталкивающее кольцо** — кольцо на проводе ЛЭП (облегчает спадание снега)
- ② **Гаситель скручивания** — груз на проводе ЛЭП
- ③ **Дистанционная распорка** — распорка между проводами для обеспечения межпроводного расстояния (предотвращает соприкосновение проводов)
- ④ **Спираль снеготаяния** — спираль, наматываемая на провод (для топки снега и льда теплом вихревых токов)

Меры защиты от солевого повреждения

- ① **Усиление электроизоляционных свойств линейного изолятора** — соединение линейных изоляторов в гирлянды или использование особых линейных изоляторов
- ② **Чистка линейных изоляторов** — удаление загрязнений, содержащих соль, для поддержания электроизоляционных свойств
- ③ **Использование водоотталкивающих покрытий** — нанесение водоотталкивающих веществ на поверхность линейного изолятора для отталкивания дождевой воды, содержащей соль
- ④ **Соккрытие оборудования и аппаратуры** — размещение трансформаторного оборудования и т.п. внутри помещений или под землей для предотвращения адгезии соли
- ⑤ **Изменение места установки оборудования** — установка опор ЛЭП, трансформаторных подстанций вдали от моря (коренное решение проблемы)

Эти меры применимы не только для «электропередачи», но и для «электрораспределения». Например, для защиты проводов электрических столбов (то есть, проводов распределительных линий) тоже используется грозозащитный трос, а заземление важно также и для оборудования электрораспределения.

НУ, НА ЭТОМ О СПОСОБАХ ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ВСЁ.

ИМЕННО ЭТИ НЕУСТААННО ПРИНИМАЕМЫЕ МЕРЫ ДАЮТ НАМ ЛЮБОВАТЬСЯ КРАСОТОЙ ЛЭП.

АХ, ДА...

АХ!



Провисание и нагрузка на провода

ТО, ЧТО ЛЭП - ЭТО
УДИВИТЕЛЬНАЯ
ШТУКА, ПОНЯТНО
ТЕПЕРЬ И МНЕ...



НО ПОЧЕМУ ПРОВОДА
ТАК ПРОВИСАЮТ?

ДЛЯ МЕНЯ, ТАКОЙ
АККУРАТНОЙ, ОНИ
СОВСЕМ НЕРЯШЛИВО
СМОТРЯТСЯ.



ВОТ ЧЕСТНО,
ДАЖЕ ПРОТИВНО
СМОТРЕТЬ.

たるん
びん

ЕСЛИ ИХ КАК
СЛЕДУЕТ НАТЯНУТЬ,
ТО И НА ДЛИНЕ МОЖНО
БЫЛО БЫ СЭКОНОМИТЬ.



ЭТО ПОТОМУ,
ЧТО ТЫ -
АМЛЕНТАНКА.



ПРОВОДА МЕЖДУ ОПОРАМИ
ЕСТЕСТВЕННЫМ ОБРАЗОМ
ПРОВИСАЮТ ПОД СОБ-
СТВЕННЫМ ВЕСОМ..



вспых

ЕСЛИ ОНИ БУДУТ ЧРЕЗМЕРНО
НАТЯНУТЫ, ТО НА
ОПОРЫ И ПРОВОДА БУДЕТ
ПРИХОДИТЬСЯ
ИЗЛИШНЯЯ СИЛА!



В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗНИКНЕТ
ОПАСНОСТЬ ПАДЕНИЯ
ОПОР ИЛИ РАЗРЫВА
САМИХ ПРОВОДОВ.

В-ВОТ ОНО КАК...
ЛУЧШЕ, ЧТОБЫ ОНИ
БЫЛИ НЕМНОГО
ОСЛАБЛЕНЫ.



ОДНАКО! ПРИ ЧРЕЗ-
МЕРНОМ ОСЛАБЛЕНИИ...



...ОНИ БУДУТ СИЛЬНО
КОЛЕБАТЬСЯ ОТ ВЕТРА И
МОГУТ РАЗОРВАТЬСЯ.

КРОМЕ ТОГО, ДЛИНА
ПРОВОДОВ МЕНЯЕТСЯ
ПРИ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕ-
НИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ..



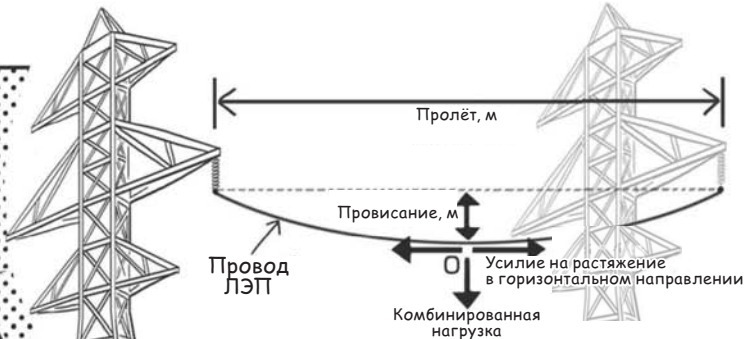
НУЖНО УЧИТЫВАТЬ,
ЧТО ЛЕТОМ ОНИ
РАСТЯГИВАЮТСЯ, А
ЗИМОЙ - СОКРАЩАЮТСЯ.

И КАК Я УЖЕ ГОВОРИЛ, ЗИ-
МОЙ НА НИХ НАЛИПАЕТ СНЕГ И
ЛЕД, ИЗ-ЗА ЧЕГО ОНИ СТАНО-
ВЯТСЯ ТЯЖЕЛЫМИ.



ТАК ЧТО ЭТИ ЛЭП ВОВСЕ НЕ
ТАК ПРОСТЫ, КАК КАЖУТСЯ НА
ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД.

В ОБЩЕМ, ПРИ ПОДВЕСКЕ ПРОВОДОВ ВАЖЕН ТОЧНЫЙ РАСЧЕТ.



Обычно расстояние между опорами ЛЭП не превышает 400 м.
Для сравнения, между электрическими столбами - не более 150 м.

КАК ПОКАЗАНО НА РИСУНКЕ, ТРЕБУЮТСЯ РАЗЛИЧНЫЕ РАСЧЁТЫ С УЧЁТОМ ТАКИХ ВЕЛИЧИН, КАК РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ, НАГРУЗКА (СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ТЕЛО).

*О расчете провисания см. стр. 127.

НАПРИМЕР, ВЕТЕР ОКАЗЫВАЕТ НАГРУЗКУ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ, КОТОРУЮ НАЗЫВАЮТ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКОЙ.



хрусть,
хрусть

НАЛИП СНЕГ И ЛЕД - И НА ПРОВОДА ДАВИТ ВЕРТИКАЛЬНАЯ НАГРУЗКА ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ.



ТО ЕСТЬ И ЭТО СТРАННОЕ ПРОВИСАНИЕ ТОЖЕ РАССЧИТАНО...



СТРАННОЕ?

НЕТ, ИЗЫСКАННОЕ! ХОТЯ ТЕБЕ И НЕ ПОНЯТЬ КРАСОТУ ЭТИХ ИЗОГНУТЫХ ЛИНИЙ!

НУ, НАЧАЛОСЬ...



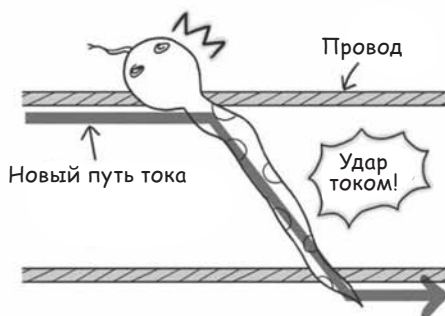
⚡ Почему воробьев не бьет током?



Да, сколько проблем мы сегодня затронули! Обрыв провода (см.стр108), короткое замыкание (см.стр108), пробой на землю (см. стр. 106) ...



Эти проблемы могут возникать не только с проводами ЛЭП на опорах, но и с проводами распределительных линий на электрических столбах. Аварии могут вызвать не только атмосферные явления: например, змея, взобравшаяся на провода, тоже может вызвать короткое замыкание.



Ого! Тело змеи становится путём для тока! Когда провода электрически соединяются друг с другом по непредусмотренному короткому пути.... Ведь это и есть короткое замыкание.



Да, да. Проблема в том, что если животное одновременно коснётся двух и более проводов, то возникнет «новый путь течения тока». Жалко, конечно, змею, но удара током ей не миновать...



Да? А как же воробьи, которые сидят на проводах, их же током не бьет... Потому что они на одном проводе сидят?



Именно так. Взгляни на схему на следующей странице. Пусть при этом и образуется новый путь от левой лапы птицы по ее телу к правой лапе, сопротивление этого «пути через тело птицы» значительно больше по сравнению с проводом. Ведь сопротивление провода между лапами вообще близко к нулю.


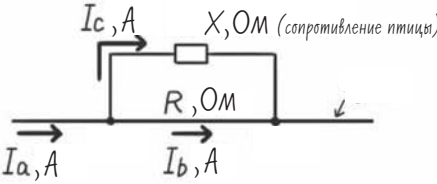

Ток выбирает самый лёгкий путь... иными словами, он протекает там, где сопротивление меньше. Поэтому он игнорирует «путь через тело птицы» и проходит по проводу. Так как через птицу ток почти не течёт, она и не получает электрического удара!



Надо же. Получается, что если птица сидит на одном проводе, у тока есть путь по проводу, где сопротивление меньше, чем на пути через тело птицы. Поэтому она и выживает?



Именно. Но если она сядет на два провода у тока не будет других путей, кроме пути через тело птицы! Ведь нет же других путей, соединяющих два провода, не так ли? Поэтому, несмотря на высокое сопротивление тела птицы, ток все равно потечет. Хотя, учитывая размеры воробья, сразу на двух проводах ему не усесться.

Птица сидит на одном проводе	Птица сидит на двух проводах
<p data-bbox="150 536 595 751">  </p> <p data-bbox="234 768 517 801">Электрическая схема</p>  <p data-bbox="174 1015 620 1049">Пусть R – сопротивление провода между лапами.</p> <p data-bbox="198 1049 595 1106">Тогда $I_c = \frac{R}{R+X} I_a$. ← Расчет параллельной цепи</p> <p data-bbox="222 1115 571 1139">Так как R бесконечно стремится к 0 Ом,</p> $I_c = \frac{0}{0+X} \times I_a = 0,$ <p data-bbox="126 1205 638 1263">то есть ток не будет протекать, поэтому птица не получит электрический удар.</p>	<p data-bbox="668 536 1137 735">  </p> <p data-bbox="776 751 1059 784">Электрическая схема</p>  <p data-bbox="668 1015 1143 1115">Рассматриваем распределительную линию с напряжением 6600 В. Пусть сопротивление тела птицы равно 1000 Ом. Тогда ток, текущий через птицу, будет равен</p> $I = \frac{V}{X} = \frac{6600}{1000} = 6.6 \text{ А}.$ <p data-bbox="656 1205 1131 1263">Это означает, что ток будет протекать, поэтому птица получит электрический удар.</p>



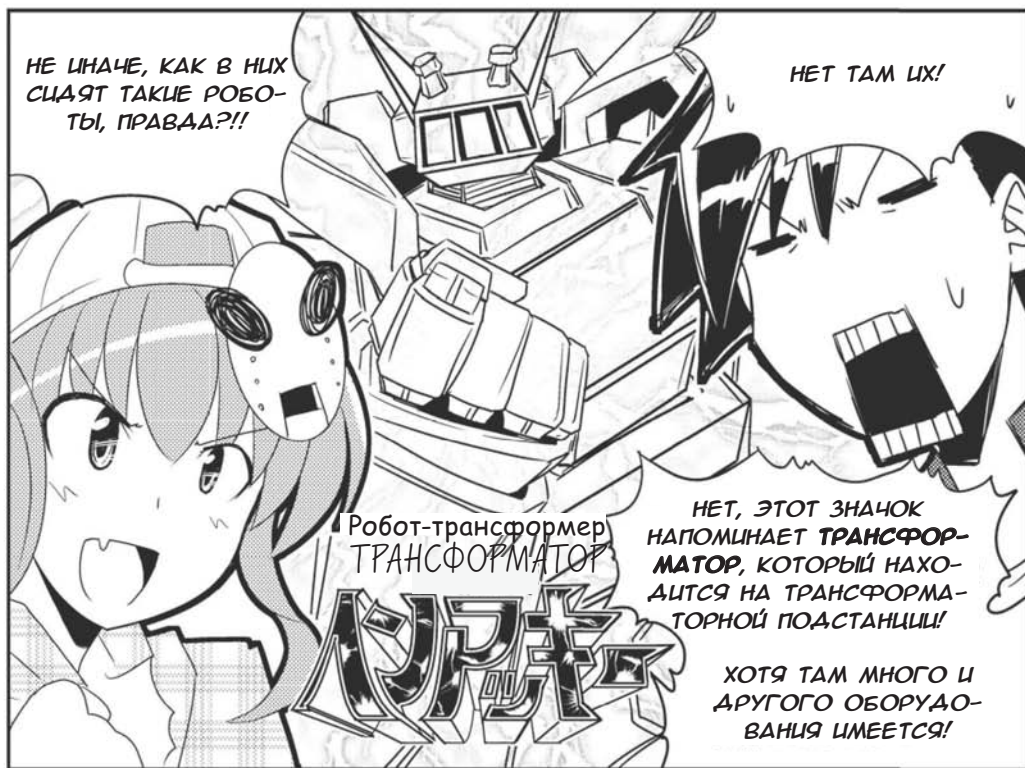
Вот оно что. Как, оказывается, важно понимать, что такое путь тока. Да, нужно быть осторожным, хватаясь за провода ради острых ощущений!



Послушай... Для распределительных линий в городах часто используют изолированные провода, покрытые материалом, плохо пропускающим ток. Но и эти провода опасны. Ни в коем случае не трогай их. Провода для того, чтобы их фотографировать!

3. УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Оборудование трансформаторной подстанции



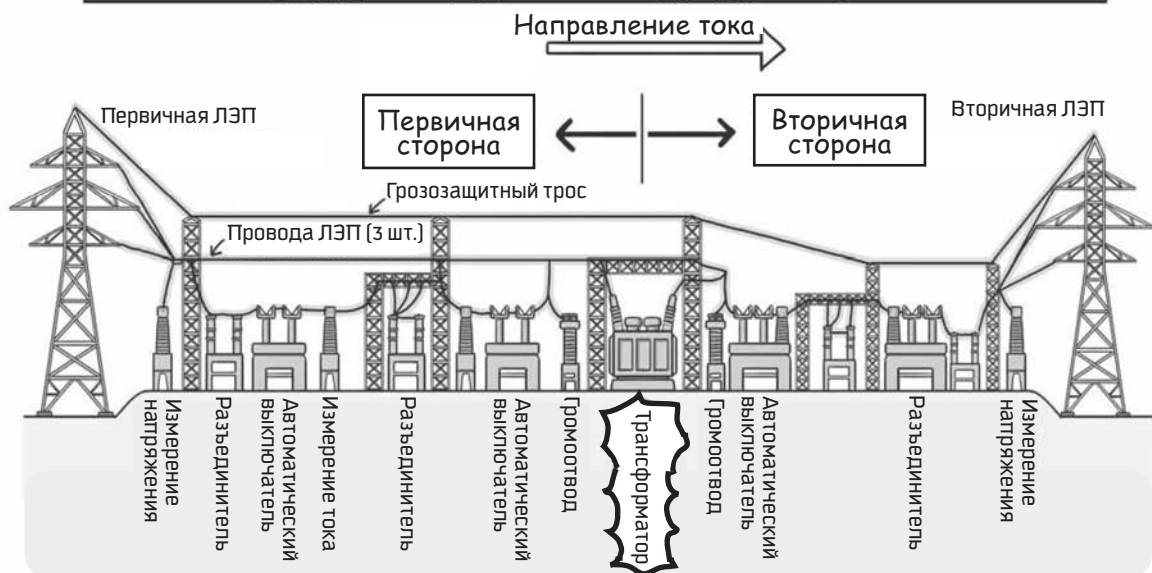
Оборудование трансформаторной подстанции

Трансформатор – преобразователь напряжения (бывают повышающие и понижающие трансформаторы).

Автоматический выключатель – прекращает электропередачу в случае аварии.

Разъединитель – для электрического отделения оборудования перед осмотром.

Громоотвод – защищает аппаратуру подстанции, отводя ток молнии в землю.



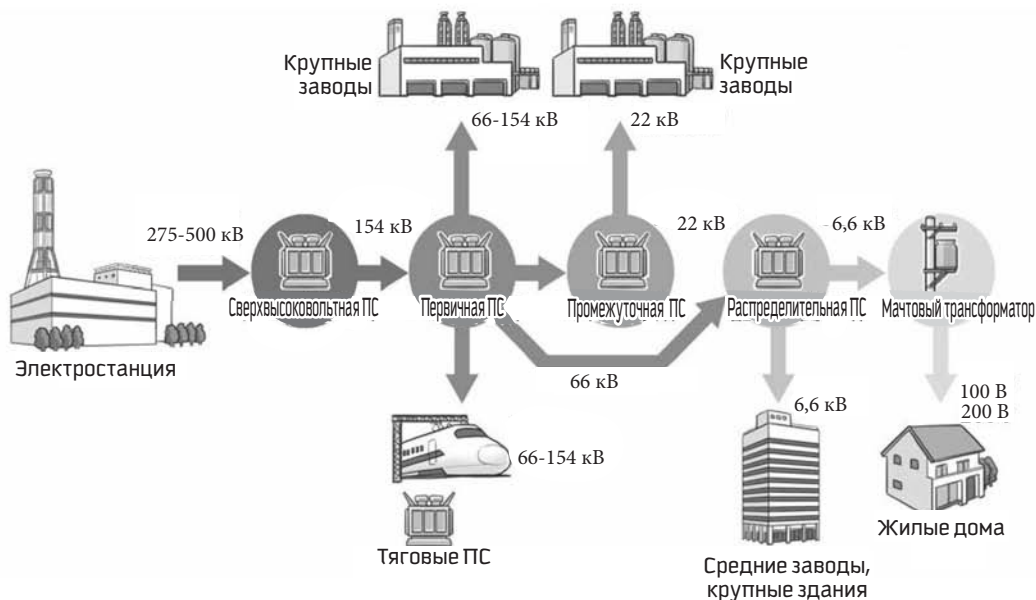
Типы трансформаторных подстанций



И все же... Так много типов трансформаторных подстанций — **сверхвысоковольтная, первичная, промежуточная, распределительная**. Ох, как сложно всё это.



А ты посмотри на рисунок. Тут наглядно представлены назначения трансформаторных подстанций разных типов. Похожий рисунок я уже показывал (см. стр. 41), но теперь тебе, наверное, будет понятнее.



Различия в назначении трансформаторных подстанций



Ого! Так разница очевидна же. **Сверхвысоковольтная** ближе всего к электростанции, напряжение там самое высокое. **Первичная** и **промежуточная** напрямую питают большие заводы, железную дорогу. А **распределительная** ближе всего к жилым домам, напряжение там самое низкое.



Именно так. Очень важно понимать назначение каждого из типов! Ну, раз мы всё так хорошо обобщили, закончим разговор об электропередаче.



УХ ТЫ!

КАКИЕ ГОРЫ! КАК
МНОГО ОПОР ЛЭП!

ДА.

Я ХОТЕЛ
ПОКАЗАТЬ
ТЕБЕ ЭТОТ ВИД С
ВЕРШИНЫ.

.....!

ДА ЛАДНО, ТЫ И
САМ, НЕБОСЬ, ПО-
СМОТРЕТЬ ХОТЕЛ.

ТО ЖЕ МНЕ,
БЛАГОДЕТЕЛЬ.

НУ ДА...

...МНЕ И ФОТО
НУЖНО СДЕЛАТЬ...

КСТАТИ, Я ВСЁ ХОТЕЛА
У ТЕБЯ СПРОСИТЬ...

РАЗВЕ ЭТО НЕ ЛУЧШЕ, ЧЕМ
СТАТИЧНЫЕ КАРТИНКИ?

ЕСТЬ ВЕДЬ НА
ЭТОЙ ПЛАНЕТЕ
ПРИБОРЫ ДЛЯ
СЪЕМКИ ВИДЕО?

ФОТОГРАФИЯ. ЭТО
НЕ О ТОМ, ЧТО
ЛУЧШЕ ИЛИ ХУЖЕ.

ЭТО ПАМЯТЬ О МГНО-
ВЕНИИ, ЗАПЕЧАТЛЁННАЯ
В ВЕЧНОСТИ.

КРАСИВОЕ ИЛИ
УДИВИТЕЛЬНОЕ,...

...О ЧЁМ НЕ ХОЧЕТСЯ
ЗАБЫВАТЬ...

ЭТО МОМЕНТ, КОГДА СНИМА-
ЕШЬ НЕ ЗАДУМЫВАЯСЬ, ДОВЕ-
РИВШИСЬ ЧУВСТВАМ...

НЕПОНЯТНАЯ У
ВАС КУЛЬТУРА.

КСТАТИ, ЮУМО...

У МЕНЯ К ТЕБЕ
ПРОСЬБА ЛИЧНАЯ
ЕСТЬ...

ТЫ ГОВОРИЛ НЕ ОБО МНЕ ЛИ?
ЧТО И КРАСИВАЯ, И НЕОБЫЧНАЯ -
ИЗ КОСМОСА ВСЁ-ТАКИ, И ЧТО НЕ
ХОЧЕТСЯ ЗАБЫВАТЬ?!

топ,
топ

ТАК ТЫ МЕНЯ СФОТО-
ГРАФИРОВАТЬ ХОТЕЛ!

А-АА Я... Я НЕ ПРОТИВ
СФОТОГРАФИРОВАТЬСЯ..

ОДНАКО... ВСЁ-
ТАКИ Я...

ИЗВИНИ, МОЖЕШЬ
ОТОЙТИ?

ТЫ МЕШАЕШЬ...

Я ХОЧУ СДЕЛАТЬ
ФОТОГРАФИЮ ОПОР.

ТЫ ЗАГОРАЖИВАЕШЬ
ТАКОЙ ЖИВОПИСНЫЙ
ВЦА...

БУУУ

ТОЛЬКО НА СЕКУН-
ДОЧКУ, ХОРОШО?

А-А-А!!!!

ВСПЛЫХ!!

!!??

Говорят, что в тот
день в горах
сверкали
загадочные всплохи.



◆ Электропередача постоянного тока

Многие думают, что для передачи электроэнергии можно использовать только переменный ток, но есть и такой метод, как **электропередача постоянного тока высокого напряжения**, обозначаемая также английским сокращением HVDC (High Voltage Direct Current transmission).

В ЛЭП переменного тока происходят флуктуации напряжения из-за индуктивности линии, ёмкости относительно земли и др. Ещё один недостаток - необходимость синхронизации. Конечно, так как в большинстве электроэнергетических систем используется переменный ток, постоянный применяется в **межсистемных связях**.

Для преобразования рода тока (переменный \leftrightarrow постоянный) обычно используются «**преобразователи с линейной коммутацией**», построенные на тиристорах. Термин «линейная коммутация» относится к устройствам, для работы которых требуется внешний источник электропитания, при этом их выходная частота будет равна частоте используемого источника электропитания. Напротив, термин «**самокоммутация**» указывает на устройства, которые могут давать на выходе произвольную частоту. На участках постоянного тока используются воздушные ЛЭП либо кабельные ЛЭП с наземными или подводными кабелями.

В Японии электропередача постоянного тока используется, например, на нижеуказанных участках. Как можно увидеть, цели использования электропередачи постоянного тока тоже бывают разными.

Кроме того, рисунок на следующей странице даёт представление о взаиморасположении этих участков.

Цели и примеры электропередачи постоянного тока

① Построение систем дальней электропередачи

Примеры:

- линия межсистемной связи Хоккайдо-Хонсю (между островами Хоккайдо и Хонсю)
- магистральная ЛЭП постоянного тока между городами Анан и Кихоку (линия межсистемной связи через пролив Кии)

② Связь электроэнергетических систем, использующих разные частоты (подстанции преобразования частоты)

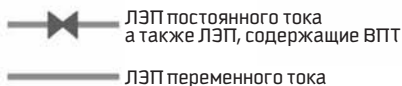
Примеры:

- вставки постоянного тока (ВПТ) Син-Синано, Сакума и Хигаси-Симидзу (связь между энергосистемами Восточной и Западной Японии: 50 Гц \leftrightarrow 60 Гц)

③ Решение проблемы управления перетоком электроэнергии, возникающей в в кольцевой схеме переменного тока (размыкание «кольца»)

Пример:

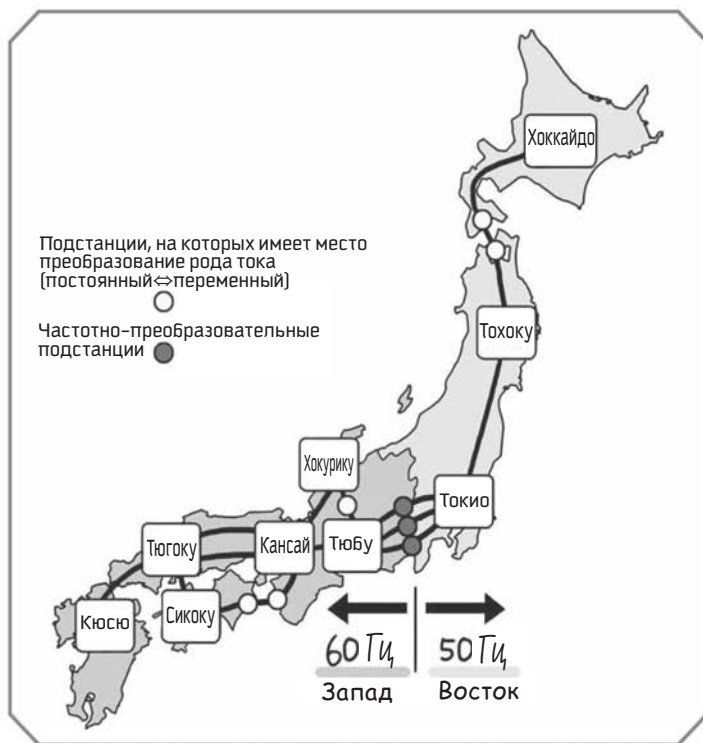
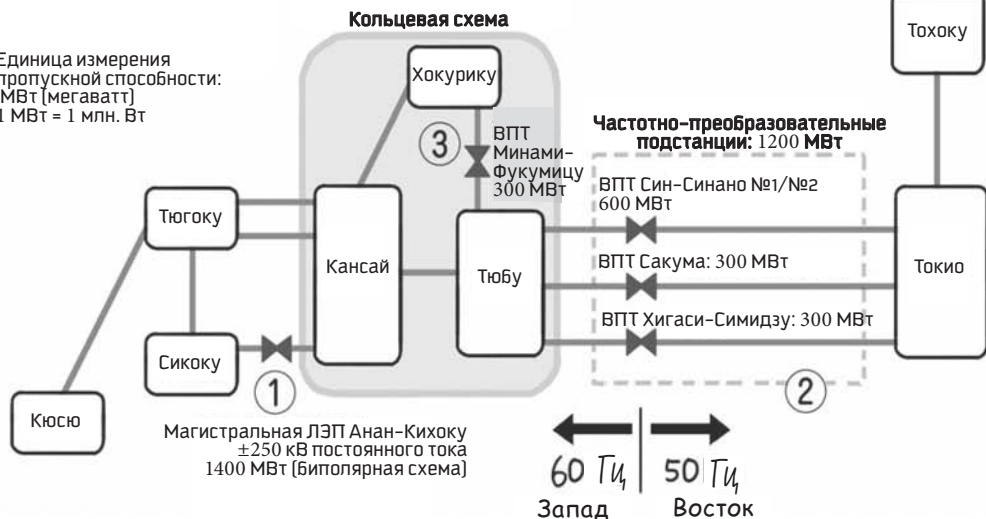
- ВПТ Минами-Фукумицу (между энергосистемами энергетических компаний Хокурику и Тюбу)



Вставка постоянного тока (ВПТ; англ. VtB, Back-to-Back, что переводится как «спина к спине») – устройство с выпрямителем на входе, преобразующим переменный ток в постоянный, и инвертором на выходе, преобразующим постоянный ток обратно в переменный ток нужной частоты).

Линия межсистемной связи
Хоккайдо–Хонсю
 ± 250 кВ постоянного тока
600 МВт (биполярная схема)

Единица измерения
пропускной способности:
МВт (мегаватт)
1 МВт = 1 млн. Вт



◆ Проблема НИМБИ

В последнее время получило распространение слово НИМБИ, указывающее на местных жителей, которые протестуют против строительства каких-либо сооружений вблизи своего жилья, осознавая при этом необходимость самих этих сооружений. Также это слово указывает на подобную протестную активность. НИМБИ - это акроним от английской фразы Not In My Back Yard («Только не на моём заднем дворе!»).

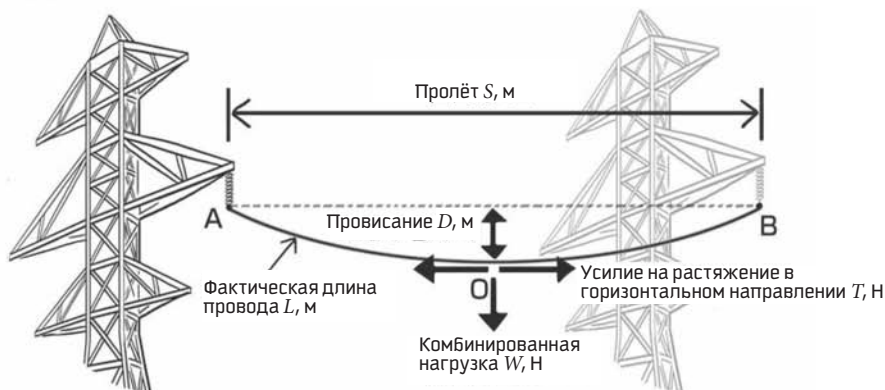


Это, как правило, очистные сооружения, похоронные службы, тюрьмы и т. п. Данная проблема широко распространена в США, однако в Японии она, похоже, ещё не привлекает к себе слишком большого общественного внимания. Такие сооружения электроэнергетики, как электростанции, ЛЭП, плотины, заводы по производству и переработке ядерного топлива тоже имеют отношение к данной проблеме. Хотя все эти сооружения незаменимы для современной жизни, неочевидность необходимости сооружать их вблизи жилья и опасения вреда являются могут вызывать протесты местного населения.

◆ О расчете провисания



Итак, сегодня мы поговорили о **провисании** проводов ЛЭП (см.стр.115), поэтому я хочу немного рассказать о методе, с помощью которого оно должно быть рассчитано.



■ Формула расчета провисания D

Как видно из рисунка, обе точки подвеса провода ЛЭП (либо распределительной линии) - **А** и **В**, находятся на одной и той же высоте. Провисанием D называют расстояние от горизонтальной прямой, проходящей через точки **А** и **В**, до «низшей точки **О**» провода (т. е., точки с самым сильным провисанием). В этом случае провисание D будет равно:

$$D = \frac{WS^2}{8T}, \text{ м.}$$

W : Комбинированная нагрузка на 1 метр провода, включающая ветровую нагрузку, Н
 T : Усилие на растяжение провода в горизонтальном направлении (растягивающая нагрузка), Н
 S : Пролёт (расстояние между соседними точками подвеса провода), м
 *Н (ньютон) - единица измерения силы

■ Формула расчета фактической длины L провода

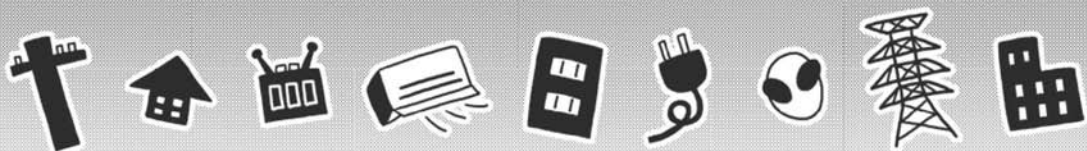
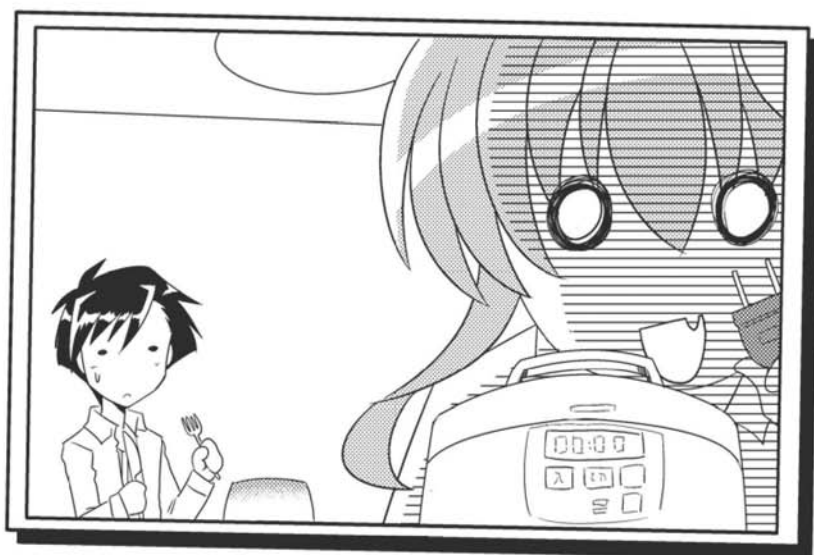
Фактическая длина L провода рассчитывается с использованием пролёта S и провисания D по следующей формуле:

$$L = S + \frac{8D^2}{3S}, \text{ м.}$$



ГЛАВА 4

ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ



1. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ



ТАДА-А-М

В ОБЩЕМ,
СЕГОДНЯШНЕЕ
БЛЮДО...

ОГРОМНЫЙ БЛИН,
ИСПЕЧЁННЫЙ
В РИСОВАРКЕ!

Я ОТЛИЧНО РАЗБИРА-
ЮСЬ В ПРИПРАВАХ!

ЧТО ЗА СТРАН-
НЫЙ ВЫБОР
ПРИПРАВ?!

НУ, НУ КАК,
ВКУСНО?

КСТАТИ, МЫ МОЖЕМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В ДОМЕ БЛАГОДАРЯ
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЮ!

ПОЭТОМУ СЕГОД-
НЯ Я РАССКАЖУ О
НЁМ!

И НИКАКОГО
ОТЗЫВА О ЕДЕ?!



Электрораспределение и трансформаторы



ТОК В ОКРЕСТНО-
СТЯХ ЭЛЕКТРИЧЕ-
СКОГО СТОЛБА...

...ИДЁТ ОТ ① К ④
ПО ПОРЯДКУ. ДАВАЙ
ПРОСЛЕДИМ ЕГО ПУТЬ!

Грозозащитный трос

С распределительной
подстанции

**Высоковольтная
линия**
(трёхфазная
трёхпроводная
система,
6600 В)

1

По **высоковольтной линии** на электрических столбах течёт ток напряжением 6600 В с распределительной подстанции. Заводы и тому подобные потребители получают 6600 В непосредственно.

**Низковольтная
линия
питания
приводов**
(трёхфазная
трёхпроводная
система, 200 В)

← Эта трёхпроводная система имеет только два провода потому, что верхний провод низковольтной линии освещения используется совместно.

Низковольтная линия освещения
(однофазная трёхпроводная система, 100/200 В)

3

Низковольтными называются линии, по которым течёт ток напряжений 100/200 В.
(Подробнее о линиях питания приводов и освещения см. на стр.147)

В жилой дом
Вводная линия

4

С **низковольтной линии** в жилой дом через **вводную линию** подаются напряжения 100/200 В.

2

Понижает напряжение до таких значений, как 100 или 200 В, так как для бытовых нужд 6600 В – слишком высокое напряжение.

Мачтовый
трансформатор

ВОТ ЭТО ДА.

ОБЫЧНЫЙ СТОЛБ, А
СТОЛЬКО ИНТЕРЕСНОГО
ПРОИСХОДИТ...

Мир

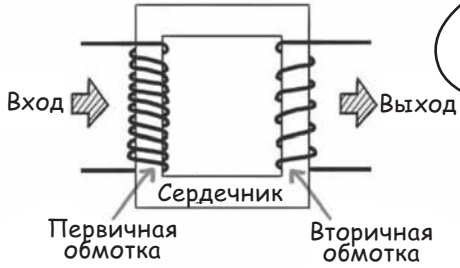
ТРАНСФОРМАТОР

ЧТО ЭТО?

АА НЕ РОБОТ ЭТО!
НУ, ХОТЬ ВЫГЛЯДЯТ ОНИ
ПО-РАЗНОМУ, НО
УСТРОЕНЫ ТАК ЖЕ!

И ВСЕ ЖЕ, ВРОДЕ БЫ
ТОЖЕ ТРАНСФОРМАТОР,
А КАК ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ
РОБОТОВ НА
ПОДСТАВКАХ...

Устройство трансформатора



НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ
ТРАНСФОРМАТОРА
НАХОДЯТСЯ ОБМОТКИ
С РАЗНЫМИ КОЛИЧЕСТВАМИ
ВИТКОВ.

Например, если количества витков входной и выходной обмоток относятся как 2:1, то напряжение переменного тока на выходе будет равно половине напряжения на входе.

ИЗМЕНЯЯ СООТНОШЕНИЕ
КОЛИЧЕСТВ ВИТКОВ, МЫ
МОЖЕМ РЕГУЛИРОВАТЬ
НАПРЯЖЕНИЕ ПЕРЕМЕННО-
ГО ТОКА НА ВЫХОДЕ.

ОГО! ОН УСТРОЕН
ПРОЩЕ, ЧЕМ Я ДУ-
МАЛА!

УДОБНАЯ ШТУКА!
ТАКУЮ БЫ В
КАЖДЫЙ ДОМ!

СЧАС
ПРИНЕСУ...

ТИСК

СТОЙ!
ВЕДЬ ЭТО ПРЕ-
СТУПЛЕНИЕ...





ТЕПЕРЬ ВАЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.

КАК ВИДИШЬ, СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЫВАЮТ РАЗНЫМИ.



Жилые дома

Линии освещения

(Освещение, мелкие электроприборы)

- Однофазные двухпроводные системы
- Однофазные трёхпроводные системы



Заводы и т.п.

Линии питания приводов (Электродвигатели на заводах)

- Трёхфазные трёхпроводные системы

Линии освещения и питания приводов

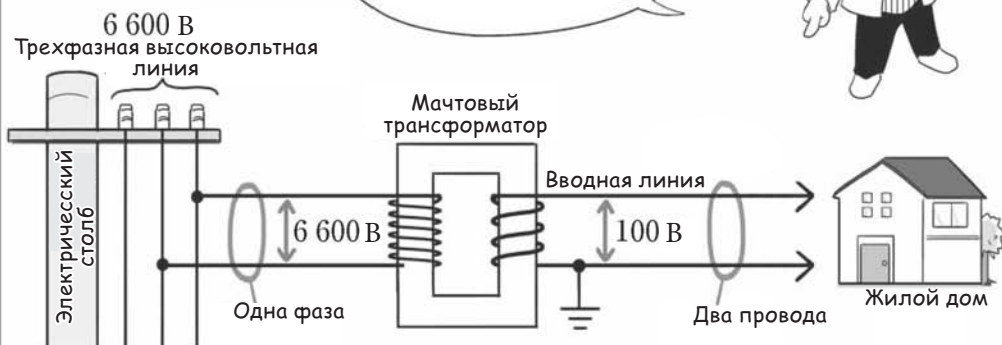
- Трёхфазные четырёхпроводные системы

* Кроме вышеуказанных, есть много других систем.



НАПРИМЕР, В **ОДНОФАЗНОЙ ДВУХПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ** ОДНОФАЗНЫЙ ТОК ВВОДЯТ В ЛИНИЮ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ДВУХ ПРОВОДОВ.

ВЫГЛЯДИТ ЭТО ТАК.

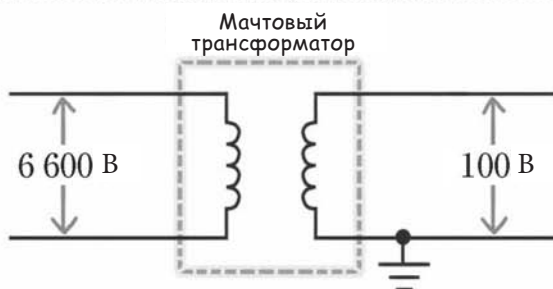


*Для одной фазы требуется два высоковольтных провода: по одной ток приходит, по другой – возвращается.

АГА... ТО ЕСТЬ ИМЕЕТСЯ ВВЦАУ ЧИСЛО ПРОВОДОВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЛИ ВВОДНОЙ ЛИНИИ?

ИМЕННО ТАК!
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
СХЕМА ВОТ ТАКАЯ.

Обозначение **катушки индуктивности** на принципиальных схемах. Подробно см. на стр.213.



Однофазная двухпроводная система (100 В)

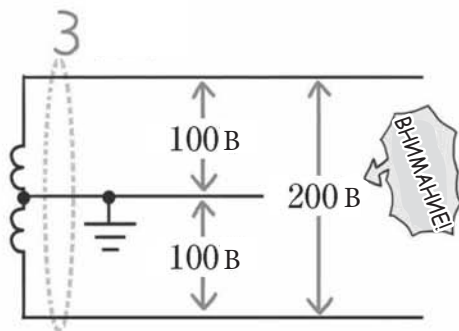
ЯСНО!

ЗНАЧИТ, ВНУТРИ
МАЧОВОГО
ТРАНСФОРМАТОРА
ЕСТЬ ОБМОТКИ.

ВОТ ДРУГОЙ ТИП-
ОДНОФАЗНАЯ
ТРЕХПРОВОДНАЯ
СИСТЕМА.



6 600 В



Однофазная трёхпроводная система (100/200 В)

ОДНОФАЗНЫЙ ТОК
ВВОДЯТ В ЛИНИЮ,
СОСТОЯЩУЮ ИЗ
ТРЕХ ПРОВОДОВ.

ПОГОДИ-КА,
ВОПРОС ЕСТЬ...

В "ОДНОФАЗНОЙ ДВУХПРОВО-
ДНОЙ СИСТЕМЕ" БЫЛО 100 В, А
В "ОДНОФАЗНОЙ ТРЕХПРОВО-
ДНОЙ" - УЖЕ 200 В?



МОЛОДЕЦ, ЧТО
ЗАМЕТИЛА!



ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ
НАПРЯЖЕНИЕ 200 В,
НУЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ
"ОДНОФАЗНУЮ
ТРЕХПРОВОДНУЮ
СИСТЕМУ".



НО ОБ ЭТОМ Я
ЕЩЁ РАССКАЖУ
ПОЗЖЕ.

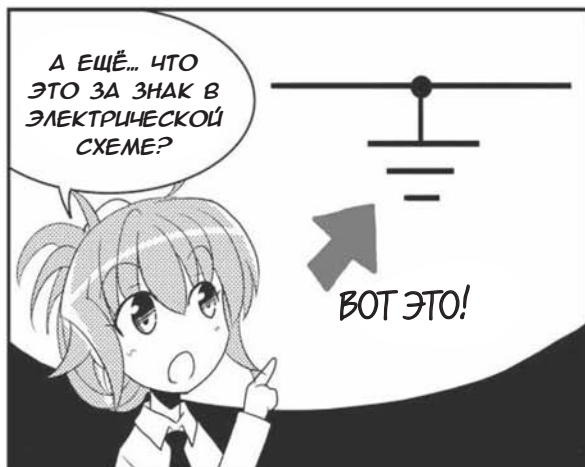
100 В

200 В

ВАЖНО!



НА САМОМ ДЕЛЕ,
НАПРЯЖЕНИЕ
В РОЗЕТКЕ ЗАВИСИТ
ОТ ТОГО, КАКАЯ
СИСТЕМА ЭЛЕКТРО-
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ.





Классы работ по заземлению



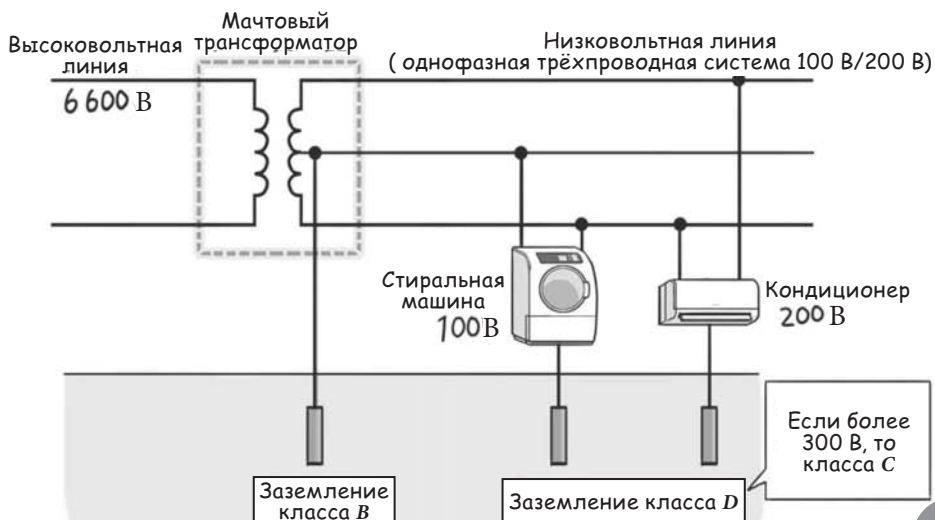
Кстати, существует четыре класса работ по заземлению, приведённых в этой таблице. Они отличаются друг от друга, например, величинами напряжения, расположением оборудования.

*О классификации напряжений по величине, то есть о низком, высоком и сверхвысоком напряжении, см. на стр. 145.



Значит, оснащение громоотводом, о котором ты рассказывал в прошлый раз в разговоре об электропередаче (см.стр.106) — это заземление класса **A**? Работы по заземлению стиральной машины — класс **D**, ведь там напряжение низкое? Подключение к земле нейтрального провода трансформатора — это, очевидно, класс **B**.

Классы работ	Объекты работ и соответствующие стандарты
A	Наружные корпусов или стальные шасси аппаратуры высоковольтных и сверхвысоковольтных систем, громоотводы и т.п. Сопротивление заземления – не более 10 Ом.
B	Нейтраль стороны низкого напряжения трансформатора, связывающего высоковольтную или сверхвысоковольтную систему с низковольтной (если нейтрали нет, то один из выводов стороны низкого напряжения). Напряжение относительно земли, как правило, ограничивают 150 В.
C	Наружные корпуса или стальные шасси аппаратуры низковольтных систем с напряжением выше 300 В. Сопротивление заземления – не более 10 Ом (при установке автоматического выключателя с временем срабатывания не более 0.5 секунд – 500 Ом).
D	Наружные корпуса или стальные шасси аппаратуры низковольтных систем с напряжением не более 300 В, стиральные машины и т.п.. Сопротивление заземления – не более 100 Ом (при установке автоматического выключателя с временем срабатывания не более 0.5 секунд – 500 Ом).



УФФ, НИЧЕГО СЕБЕ... ВСЯКИЕ ОДНОФАЗНЫЕ ДВУХПРОВОДНЫЕ, ОДНОФАЗНЫЕ ТРЕХПРОВОДНЫЕ... КАК ЖЕ ИХ МНОГО!

НО Я ВЕДЬ ТАКАЯ УМНАЯ, ВСЁ НА ЛЕТУ СХВАТЫВАЮ! ДАЖЕ САМОЙ СТРАШНО...

ОГО.

ЭТО ПОХВАЛЬНО.

ИТАК, ПОСЛЕ СИСТЕМ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ (В ЖИЛЫХ ДОМАХ, НАПРИМЕР), МЫ ИСПОЛНИМ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПРИВОДОВ (НА ЗАВОДАХ, К ПРИМЕРУ).

Я РАССКАЖУ О ДВУХ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМАХ: ТРЕХПРОВОДНОЙ И ЧЕТЫРЁХПРОВОДНОЙ, НАПРИМЕР, ДЛЯ ЗАВОДОВ, КРУПНЫХ ЗДАНИЙ.

ЧТО?!

А-АХ, ОТДОХНУТЬ НЕ ДАЮТ, ПРЯМО ПРИТЕСНЕНИЕ ЦНОПЛАНЕТЯН... МОЖЕТ, ПЕРЕДЫШКУ СДЕЛАЕМ?

ТУДХ

И ЭТО СЛОВА ЦНОПЛАНЕТЯНКИ? ТАК В ПЕРЕДЫШКАХ ВСЯ ЖИЗНЬ И ПРОХОДИТ.

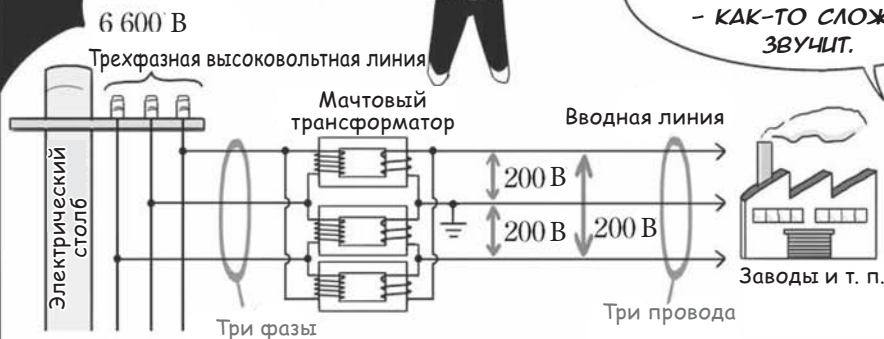
БЫЛИ ОДНОФАЗНЫЕ, А ТЕПЕРЬ - ТРЕХФАЗНЫЕ?

ХМ...

ДА. НАПРИМЕР, В ТРЁХФАЗНОЙ ТРЁХПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ ТРЁХФАЗНЫЙ ТОК ВВОДЯТ В ЛИНИЮ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ТРЁХ ПРОВОДОВ.

ТАК НЕМНОГО ПОНЯТНЕЕ.

НО ВСЁ РАВНО, "СТОЛЬКО-ТО ФАЗНАЯ СКОЛЬКО ТО ПРОВОДНАЯ" - КАК-ТО СЛОЖНО ЗВУЧИТ.



* В общем случае, для трёхфазной системы требуется целых шесть проводов для входа и выхода каждого из токов, однако некоторые можно исключить и обойтись всего тремя высоковольтными проводами.

ХА-ХА-ХА, Я ЗНАЛ, ЧТО ТЫ ЭТО СКАЖЕШЬ!

НА САМОМ ДЕЛЕ,...

... "СТОЛЬКО-ТО ФАЗНУЮ СКОЛЬКО-ТО ПРОВОДНУЮ" ЗАПИСЫВАЮТ ПРОСТО КАК

« Хф.Упр. » !!

НАПРИМЕР, "ТРЁХФАЗНАЯ ЧЕТЫРЁХПРОВОДНАЯ СИСТЕМА" ЗАПИСЫВАЕТСЯ

«3ф.4пр.»!

ТАДАМ!

ДАА! ТАК ВЫГЛЯДИТ ПРОЩЕ...

ХМ... ОДНАКО, НИЧЕГО ЖЕ НЕ ИЗМЕНИЛОСЬ...

ИТАК, РАССМОТРИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ТРЁХФАЗНОЙ ТРЕХПРОВОДНОЙ И ТРЁХФАЗНОЙ ЧЕТЫРЁХПРОВОДНОЙ СИСТЕМ!



Системы электрораспределения для заводов и крупных зданий



Итак, поговорим о трёхфазных трёхпроводных системах электрораспределения, часто используемых там, где есть электродвигатели (приводы), например, на заводах.

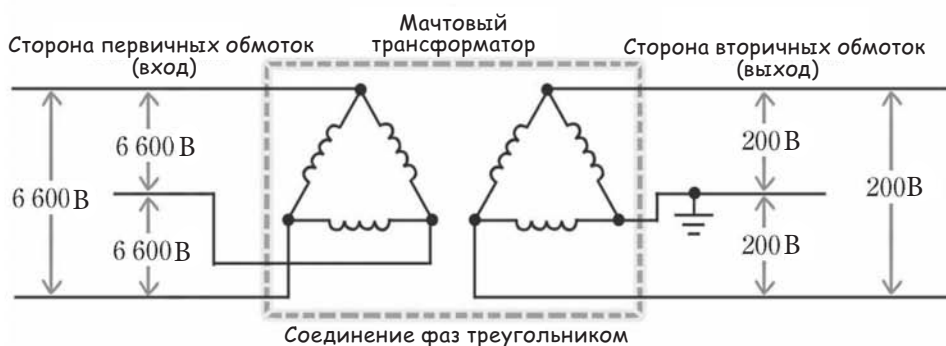


В самом деле, ты ведь говорил раньше, что для питания электродвигателей на заводах лучше подходит трёхфазный ток (см. стр.39).

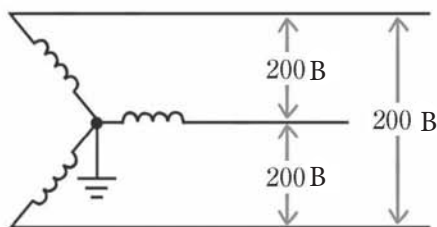


Какая хорошая память. Все так! Кстати, для цепей трёхфазного тока есть несколько **схем соединения фаз** (т. е. обмоток) внутри трансформатора. Рассмотрим их по очереди.

Трёхфазная трёхпроводная система («треугольник», «звезда»)



Здесь показаны обе стороны трансформатора — первичные обмотки (вход) и вторичные (выход). Однако на всех дальнейших рисунках я буду показывать только сторону вторичных обмоток (выход) трансформатора.

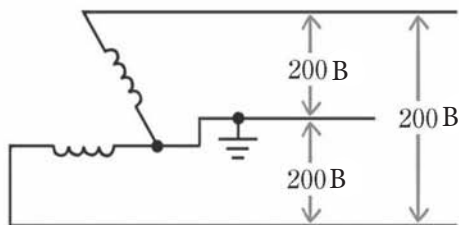


Соединение фаз звездой



Для начала расскажу о двух **схемах соединения фаз** в трёхфазных трёхпроводных системах: «**треугольником**» и «**звездой**». Для реализации любой из них используют либо один трёхфазный трансформатор, либо три однофазных трансформатора, соединив их фазы соответствующим образом. Такие трёхфазные трёхпроводные системы (с соединением фаз звездой или треугольником) чаще всего используются для питания электродвигателей на заводах, во многих случаях - с напряжением 200 или 400 В.

Трёхфазная трёхпроводная система («открытый треугольник»)



Соединение фаз открытым треугольником



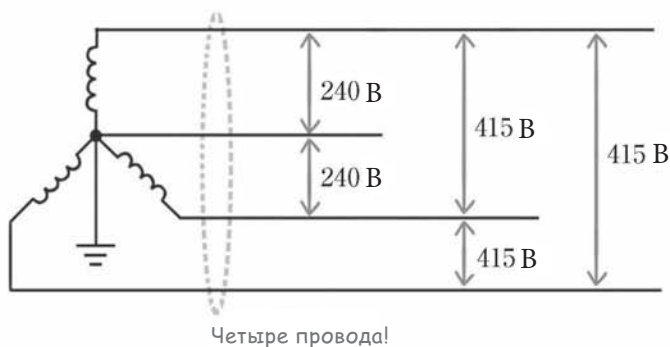
Трёхфазная трёхпроводная система с **соединением фаз открытым треугольником** имеет несколько сниженный КПД: по сравнению с схемами соединения фаз звездой или треугольником выходная мощность составляет 57,7%, а коэффициент использования номинальной мощности трансформатора — 86%, но хороша тем, что для неё требуется всего два однофазных трансформатора! В случае, если сломался один из трёх трансформаторов, соединённых в треугольник, можно продолжать подавать трёхфазный ток, соединив оставшиеся два открытым треугольником.



Хм... Значит и здесь свои преимущества, несмотря на немного сниженный КПД.

Да, запомнить эти схемы соединения фаз легко, ведь по форме они напоминают буквы Δ , Y или V.

Трёхфазная четырёхпроводная система



Теперь, когда мы закончили разговор о трёхфазных трёхпроводных системах, Давай ознакомимся с трёхфазной четырёхпроводной ...



Четырёхпроводной... В самом деле, на этой схеме есть четыре провода, хотя фаз по прежнему три.



Именно. Если есть четыре провода, то можно питать от одной системы и **приводы**, и **освещение**. В таких системах часто используют напряжения 415 В и 240 В, их можно использовать на крупных заводах, в больших зданиях: 415 В — для приводов, а 240 В — для освещения (то есть для люминисцентных ламп, мелких электроприборов). Сначала внутрь здания вводят высокое напряжение, а затем, с помощью трансформатора внутри здания, преобразуют его для использования в этой трёхфазной четырёхпроводной системе электрораспределения.



Как здорово! И свет, и моторы! В самом деле, это удобно...А эти напряжения, 415 В и 240 В, более чем в два раза выше нашего бытового (100 В)... Мощная штука!



Ну, закончим на этом разговор о системах электрораспределения. Теперь ты знаешь о том, что они бывают разных типов, не так ли?



Угу. В жилых домах, с одной стороны, и на заводах, в крупных зданиях, с другой, требуется электричество с разными характеристиками. Вот и используют подходящие системы, так?

Классификация напряжений

Я ДУМАЛА, ЧТО ЭЛЕКТРО-РАСПРЕДЕЛЕНИЕ - ЭТО ПРОСТО "РАЗДАЧА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИИ", НО ВСЁ ОКАЗАЛОСЬ СЛОЖНЕЕ.

УРА!

ЭТО ДЛЯ
ВАС!

ЧТО ЗА ПРИМИТИВ?!
Я ИНОГДА И ЗАБЫВАЮ,
ЧТО ТЫ - ИНОПЛАНЕТЯНКА.

ИТАК, С СИСТЕМАМИ
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
МЫ ЗАКОНЧИЛИ,
НО ОСТАЛИСЬ ЕЩЁ
"КАТЕГОРИИ".

ЧТООО?! ЕЩЁ ЧТО-ТО?! ВСЁ ЯСНО,
ТЫ - ПОДЛЫЙ ЗЕМЛЯНИН, ДАВИШЬ НА
МЕНЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИ, ХОЧЕШЬ МОЙ
ДУХ СЛОМИТЬ!

УСПОКОЙСЯ, ИНО-
ПЛАНЕТЯНКА!

ИТАК, СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕ-
ЛЕНИЯ ДЕЛЯТ НА ТРИ
КАТЕГОРИИ
ПО ВЕЛИЧИНЕ
НАПРЯЖЕНИЯ.

ЭТО СИСТЕМЫ...

Категории напряжений (переменного тока)

Низкое	Не более 600 В
Высокое	600 В - 7000 В
Сверхвысокое	Более 7000 В

...НИЗКОВОЛЬТНОГО,
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО
И СВЕРХВЫСОКОВОЛЬТНОГО
ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.





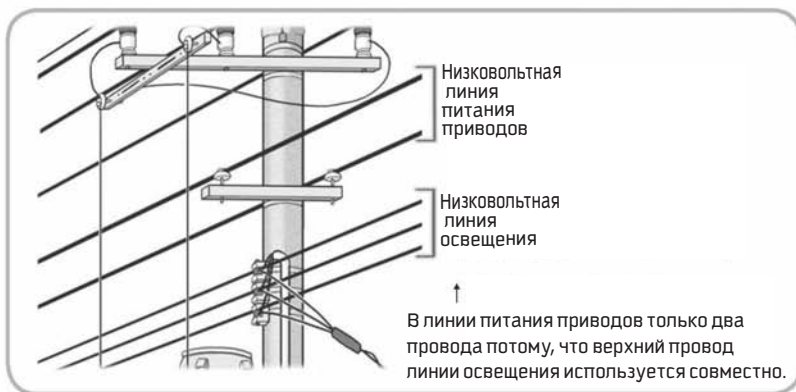
Системы низковольтного, высоковольтного и сверхвысоковольтного электрораспределения



Системы низковольтного электрораспределения



Пойдем по порядку! Напряжение высоковольтной линии 6600 В преобразуется мачтовым трансформатором в напряжения для «однофазной трёхпроводной 100/200 В» и «трёхфазной трёхпроводной 200 В» низковольтных систем электрораспределения. «Однофазная трёхпроводная система 100/200 В» используются для **освещения** (питания люминисцентных ламп, мелких электроприборов и т. п.) в жилых домах, магазинах. А «трёхфазная трёхпроводная система 200 В» используются, конечно же, для питания **приводов** (электродвигателей) на небольших заводах.



Вот оно что... Так вот в чём смысл **низковольтной линии питания электроприводов** и **низковольтной линии освещения**, о которых ты говорил вначале? И для обычных жилых домов лучше всего подходит «линия освещения», так? (см.стр.133)

Системы высоковольтного электrorаспределения



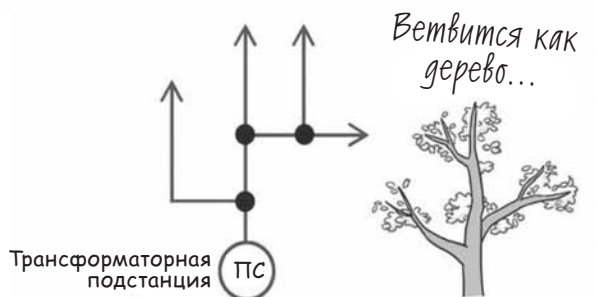
Для **высоковольтного электrorаспределения** используются «трёхфазные трёхпроводные системы 6600 В». Здесь используют две **схемы электроснабжения** — **радиальную** и **кольцевую**.



Что-что? Схемы электроснабжения? Опять что-то сложное.



Схема электроснабжения — это, в общем, «маршруты проводов», или «узор проводной сети». Взгляни на этот рисунок — и всё станет понятно!



Радиальная схема электроснабжения

Достоинства этой схемы:

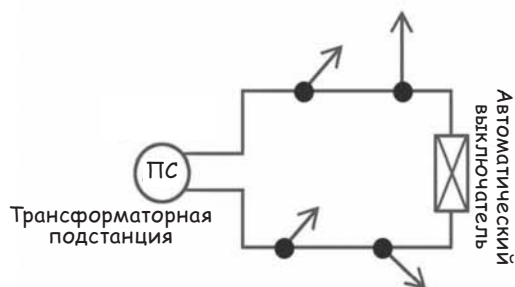
- гибкое реагирование на увеличение потребления;
- лёгкость отключения неисправных участков;
- низкая себестоимость.

Недостатки:

- сравнительно большие потери напряжения;
- флуктуации напряжения;
- сравнительно низкая надёжность



Хм. Значит, радиальная схема электроснабжения подобна дереву?



Кольцевая схема электроснабжения

Достоинства этой схемы:

- малые потери напряжения и электроэнергии;
- продолжение подачи электроэнергии даже при наличии неисправного участка

Недостаток:

- сложность защиты, несмотря на высокую надёжность

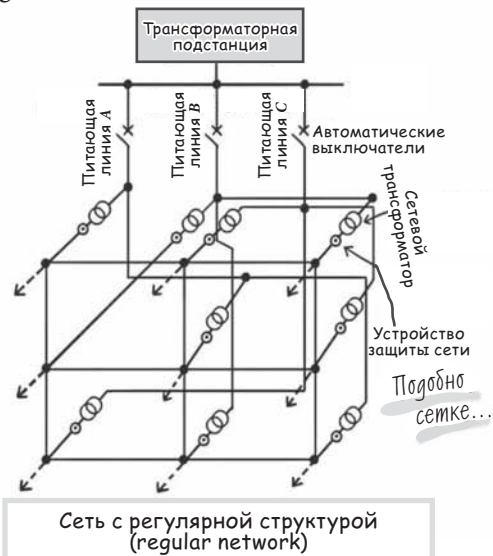
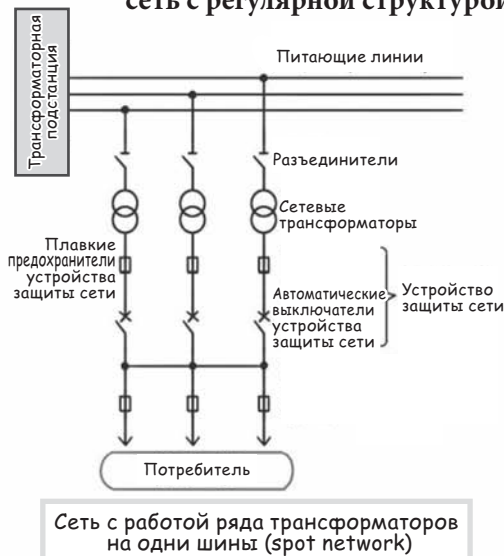


С другой стороны, в **кольцевой схеме** две линии электrorаспределения с одной подстанции соединяются концами, образуя кольцо. Даже когда одна из них неисправна, можно подавать электричество «в обход», по противоположной линии! Поэтому эта схема электроснабжения хорошо подходит для районов с высокой плотностью распределения нагрузки, например, больших городов.

Системы сверхвысоковольтного электrorаспределения



Подобные системы возникли в ответ на возросшую потребность в электроэнергии. Это трёхфазные трёхпроводные системы, использующие, например, 2200 В или 6600 В. В качестве схем здесь, вдобавок к радиальной и кольцевой, используются ещё две: **сеть с работой ряда трансформаторов на одни шины (spot network)** и **сеть с регулярной структурой (regular network)**.



Достоинства и недостатки двух последних схем общие.

Достоинство: даже при неисправности одной из линий можно продолжать электроснабжение по другим линиям!

Недостаток: высокая стоимость строительства!



Сеть с работой ряда трансформаторов на одни шины подходит для отдельно стоящих крупных потребителей, например, больших зданий. Электроэнергия приходит с подстанции по 2-3 линиям (т. н. питающим линиям), а вторичные (выходные) обмотки трансформаторов подключены параллельно. Наличие, как минимум, 2-х линий обеспечивает резервирование, что хорошо для сооружений, в которых отключение электричества крайне нежелательно.

Сеть с регулярной структурой подходит для потребителей низкого напряжения в районах высокой плотности распределения нагрузки, например, в торговых кварталах больших городов. Электроэнергия приходит с подстанции по 2-3 питающим линиям и поступает в магистральную распределительную сеть ячеистой структуры. Она действительно напоминает сеть, опутывающую район потребления.

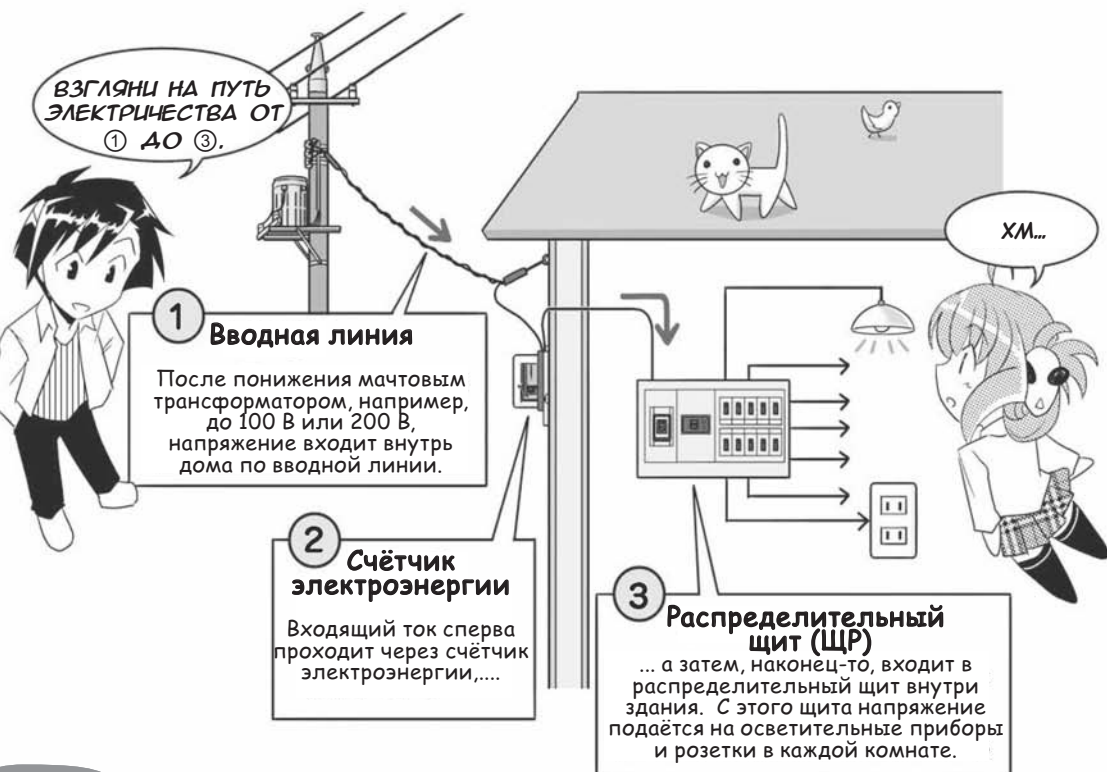


Значит, слово «spot» (англ. «пятнышко») в названии указывает, что схема эта - как узкий луч прожектора, поэтому она и подходит для отдельно стоящих крупных потребителей. А «сеть с регулярной структурой» охватывает большой район. Всё понятно!

2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ВНУТРИ ДОМА

Внутренняя электропроводка

ТЕПЕРЬ ДАВАЙ ПОДУМАЕМ О ПУТИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ВНУТРИ ЖИЛОГО ДОМА.





РАСПРЕДЕ-
ЛИТЕЛЬНЫЙ
ЩИТ-
НА СТЕНЕ
ВНУТРИ.



Счётчик электроэнергии

ИТАК, ТЕПЕРЬ
ПОСМОТРИМ САМИ.

СЧЁТЧИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ,
КАК ЯСНО ИЗ НАЗВАНИЯ,
ЭТО ПРИБОР, ИЗМЕРЯЮЩИЙ
ПОТРЕБЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

Имеет диск!

КОГДА ПОТРЕБЛЯЕТСЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ, ЭТОТ
ДИСК ВРАЩАЕТСЯ, И ПО
ЧИСЛУ ОБОРОТОВ ВЫ-
ЧИСЛЯЕТСЯ РАСХОД.

ТО ЕСТЬ, ЕСЛИ ЕГО
СЛОМАТЬ, ТО И ЗА
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
МОЖНО БУДЕТ НЕ
ПЛАТИТЬ?

СТОП!

ХЕ, ХЕ...

ТОГДА НЕ ТОЛЬКО ЗА
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО,
ЕЩЁ И ЗА РЕМОНТ
ПРИДЁТСЯ ЗАПЛАТИТЬ!

*О принципе вращения диска и другом рассказывается на стр. 169

АА ШУЧУ Я,
НАМИКИ.

ТАК ТО ОНО ТАК.
НО СКОЛЬКО ТЫ ТЕЛЕ-
ВИЗОР СМОТРИШЬ, ПОКА
МЕНЯ НЕТ?

А ПРО СЧЁТЧИК Я В СЕРЦЕ-
АЛЕ ВИДЕЛА. ЕСЛИ ОН
КРУТИТСЯ, ЗНАЧИТ В
ДОМЕ КТО-ТО ЕСТЬ.

ЗАНЯТЬСЯ,
ЧТОЛИ,
НЕЧЕМ?

⚡ Распределительный щит



1

Амперный прерыватель*

Автоматически отключает электричество при прохождении большего тока, чем указано в договоре с энергетической компанией.

2

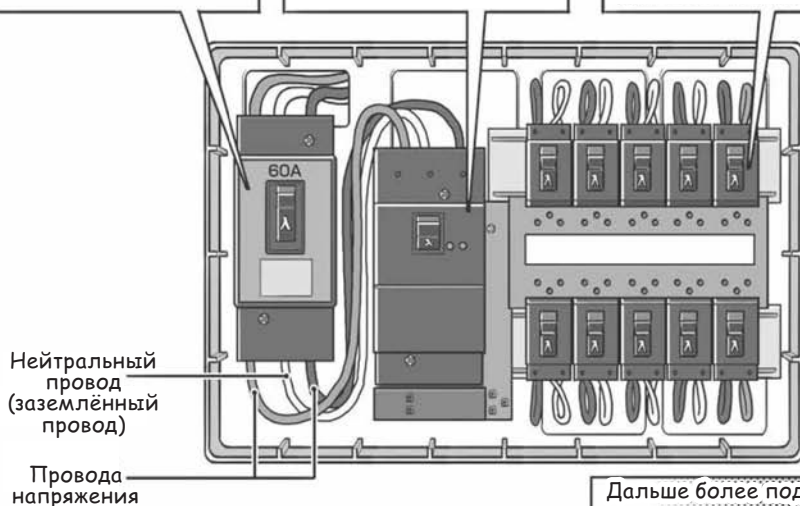
Прерыватель по току утечки

Мгновенно обнаруживает ток утечки на землю и автоматически отключает электричество.

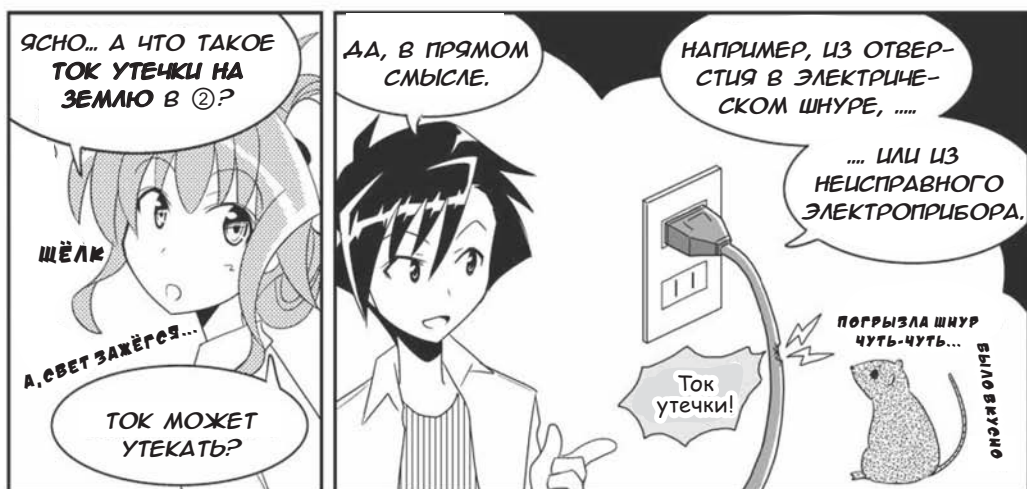
3

Автоматические выключатели цепей

Внутренняя электропроводка состоит из нескольких цепей. Если в любой из них потечёт ток выше установленного (обычно 20 А), то автоматический выключатель этой цепи сработает и разорвёт её.

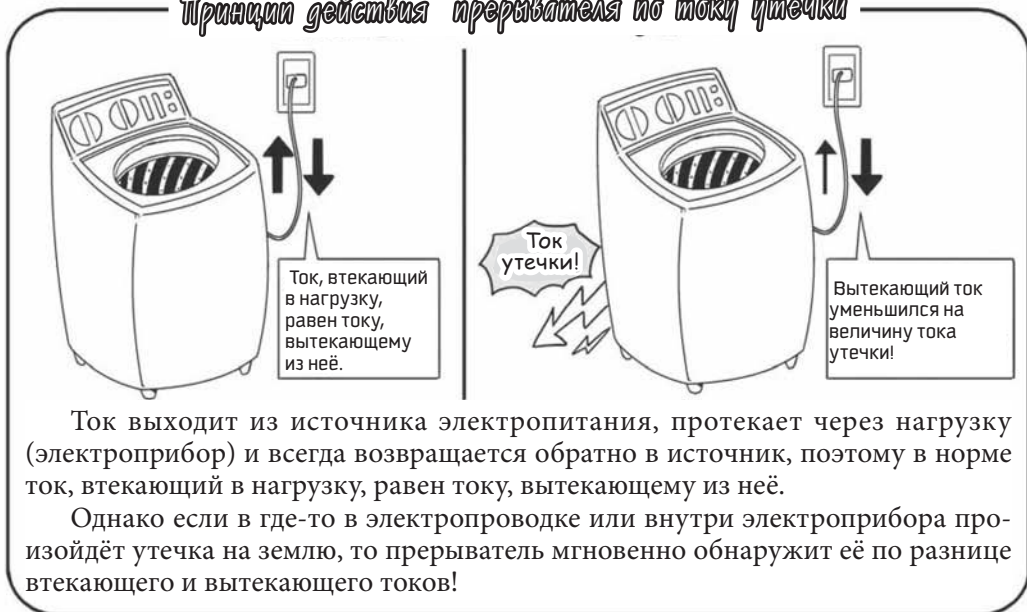


*Амперный прерыватель (используются только в Японии) может отсутствовать в зависимости от договорного ампеража и правил конкретной энергетической компании.





Принципы действия прерывателя по току утечки







3. ШТЕПСЕЛЬНЫЕ РОЗЕТКИ



Штепсельные розетки на 100 В, 200 В

Я ОБЪЯСНЯЛ, ЧТО НАПРЯЖЕНИЯ В ОДНОФАЗНОЙ ДВУХПРОВОДНОЙ И ОДНОФАЗНОЙ ТРЕХПРОВОДНОЙ СИСТЕМАХ БУДУТ РАЗНЫМИ.

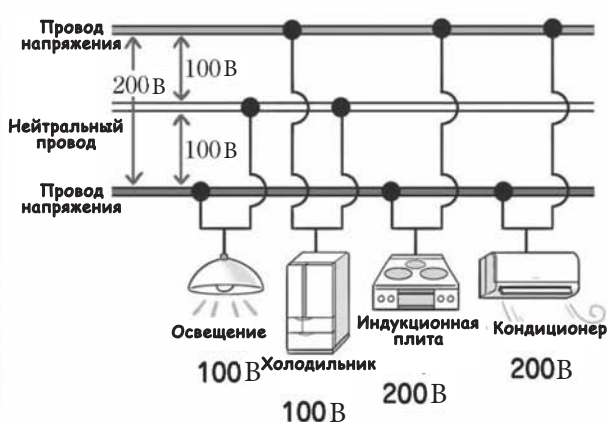
В ОБЩЕМ ЭТО ВЫГЛЯДИТ ТАК.

ХОТЯ РАНЬШЕ ОСНОВНЫМИ БЫЛИ ОДНОФАЗНЫЕ ДВУХПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ, В СВЯЗИ С РОСТОМ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ РАСПРОСТРАНИЛИСЬ ОДНОФАЗНЫЕ ТРЕХПРОВОДНЫЕ.

ОДНОФАЗНАЯ ДВУХПРОВОДНАЯ СИСТЕМА (100 В)



ОДНОФАЗНАЯ ТРЕХПРОВОДНАЯ СИСТЕМА (100 В/200 В)







ТЫ ГОВОРИЛ, НЕЙТРАЛЬНЫЙ И ДВА ПРОВОДА НАПРЯЖЕНИЯ ...

... ПОЗВОЛЯЮТ ПОЛУЧАТЬ 100 В ИЛИ 200 В, ТАК? (См. стр.137, 156)

ОТЛИЧНО! МОЯ ПАМЯТЬ ЦЕЛЫЙ ИДЕАЛЬНА!

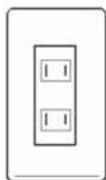
ЕСТЬ ЕЩЁ КОЕ-ЧТО. ДЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ 100 В И 200 В ИСПОЛЬЗУЮТСЯ РОЗЕТКИ РАЗНЫХ ТИПОВ.

СУЩЕСТВУЕТ МНОГО
РАЗНЫХ ТИПОВ
ШТЕПСЕЛЬНЫХ
РОЗЕТОК.

Одна фаза, 100 В		Одна фаза, 200 В	
15 А	20 А	15 А	20 А
			
Заземляющий контакт			

Бывают розетки с заземляющим контактом. Заземление требуется, например, для стиральных машин, кондиционеров.

ОГО,
КАК ИНТЕРЕСНО...



ВОТ
ТАКИЕ

НО МНЕ БОЛЬШЕ
ВСЕГО НРАВЯТСЯ
ЭТИ, СТАНДАРТНЫЕ...

ОНИ НАМНОГО
СИМПАТИЧНЕЕ, ЧЕМ
ЭТА, С УРОДИВЫМ
РТОМ!

ЧУАИЩЕ?

ВРЕМЯ ВОПРОСОВ!

ЧТО?!

ТАК
СРАЗУ?!

ЕСЛИ
ПРИСМОТРЕТЬСЯ,
ЛЕВАЯ И ПРАВАЯ
ЩЕЛИ- РАЗНОЙ
ДЛИНЫ.

ЛЕВАЯ

ПРАВАЯ

ЛЕВАЯ ДЛИНЕЕ!
МОЖЕШЬ СКАЗАТЬ,
ПОЧЕМУ?

Внимание!

ЗНАЮ, ЗНАЮ! ЭТО ПОТОМУ,...

...
ЧТО ЛЕВАЯ В ДЕТСТВЕ ПИЛА
БОЛЬШЕ МОЛОКА!

ЭТО КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ И
БОЛЬШАЯ БЕДА!

ЗАЛИВАТЬ МОЛОКО В РОЗЕТКУ
- ЭТО ТЕРАКТ, ЧТО ЛИ?!

ЛЕВАЯ ПРОРЕЗЬ ДЛИННЕЙ,
ПОТОМУ ЧТО ЕСТЬ ПРАВИЛО:
СЛЕВА ПОДКЛЮЧАЕТСЯ
НЕЙТРАЛЬНЫЙ ПРОВОД.

ЛЕВАЯ

ПРАВАЯ

Нейтральный провод
(подключен
к заземлению)

Провод напряжения
(не подключен
к заземлению)

НЕЙТРАЛЬНЫЙ ПРОВОД...
ЭТО ЗАЗЕМЛЁННЫЙ
ПРОВОД НАПРЯЖЕНИЯ?
(См. стр.138)

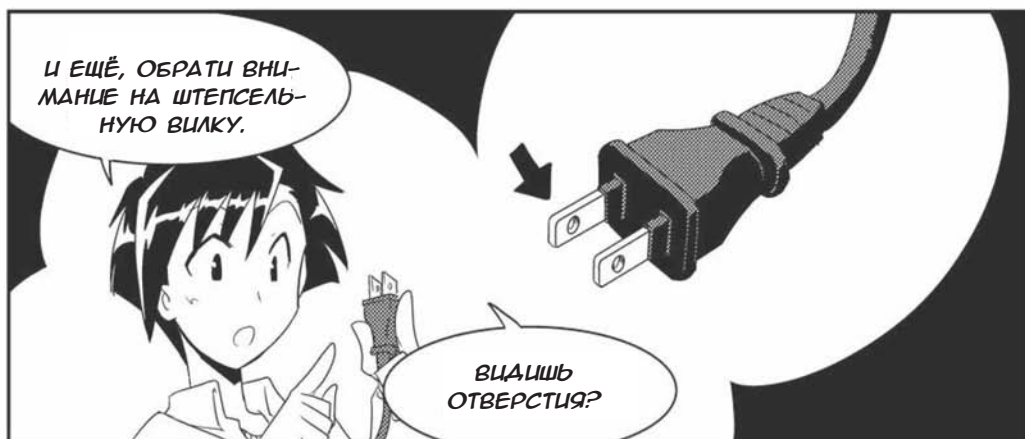
АА! ПОЭТОМУ ЕСЛИ
СУНУТЬ МЕДНУЮ ПРО-
ВОЛОКУ В ЛЕВУЮ
ЩЕЛЬ, ТОКОМ НЕ УДА-
РИТ, НАВЕРНОЕ...

А ВОТ ЕСЛИ В ПРАВУЮ
- ТОЧНО УДАРИТ .

ПОНЯТНО!

ОСТОРОЖНЫЕ СУЮТ
ПРОВОЛОКУ В ЛЕВУЮ
ЩЕЛЬ! ЛЮБИТЕЛИ ОСТРЫХ
ОЩУЩЕНИЙ - В ПРАВУЮ!

НЕ НАДО НИЧЕГО
СОВАТЬ НИКУДА!!





Штепсельные розетки в разных странах мира



Итак, теперь я расскажу, как обстоит дело со штепсельными розетками в мире. Гляди, в мире встречаются самые формы штепсельных вилок для различных типов штепсельных розеток!

Тип	A	B	C	B3	BF	SE	O
Форма							



В Японии повсюду можно встретить тип A. Но в других странах все иначе. Например, в Таиланде используются три типа - A, C и BF.



Ого... Таиландцы, наверное, любят разнообразие



А теперь немного полезных знаний. Ты взяла электрический прибор, сделанный в Японии, и поехала в Таиланд. Но даже если ты там найдешь такую же, как в Японии, розетку типа A, не стоит спешить к ней подключаться.



Почему? Форма отверстий подходит, значит все в порядке же? Я хочу в Таиланде электроприборами пользоваться!



Послушай. Дело в том, что существуют различия также в напряжениях, используемых в Японии и других странах. Посмотри на карту мира на следующей странице.



Различия бытовых напряжений в разных странах



А ведь в Японии напряжение для бытовых нужд в основном равно 100 В... Значит, за границей по-другому. Есть страны и с напряжением в 220 В - все такие разные. Значит, нельзя взять с собой в другую страну даже рисоварку? Как жаль...



Зачем рисоварку-то?! Ладно. Важно запомнить, что хотя, например, в Таиланде, на Филиппинах тоже есть розетки типа А, как и в Японии, напряжение в них равно 220 В. Поэтому, если попытаться использовать электронику при таком напряжении, она сломается или задымится... наверное.



Но если ты все-таки хочешь использовать электроприборы для Японии, можно взять **понижающий трансформатор** для снижения напряжения до уровня 100 В. Кроме того, существуют **мультивольтные изделия***, которым никакой трансформатор не требуется.

*На таких электроприборах имеется надпись вроде AC100-120V/AC200-240 (АПН) (автоматическое переключение напряжения питания).



Хм, но, к сожалению, эта рисоварка не такая. А вот на адаптере твоего ноутбука написано INPUT:100-240В, 50-60 Гц. Хитрец!



А, тогда его, наверное, можно использовать за границей. Однако некоторые шнуры, которыми адаптер подключается к розетке, рассчитаны на напряжение не более 100 В. Лучше проверить это перед использованием... Правда, я и за границу то не собираюсь.



ВОТ И ВСЁ ПРО
РОЗЕТКИ.



ТЫ В ОБЩИХ ЧЕРТАХ
УСВОИЛА ГЕНЕРАЦИЮ,
ПЕРЕДАЧУ И РАСПРЕ-
ДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭ-
НЕРГИИ, НЕ ТАК ЛИ?



ЧТО ЖЕ, И ВСЁ?



НА ЭТОМ ВСЁ
ЗАКОНЧИТСЯ?!

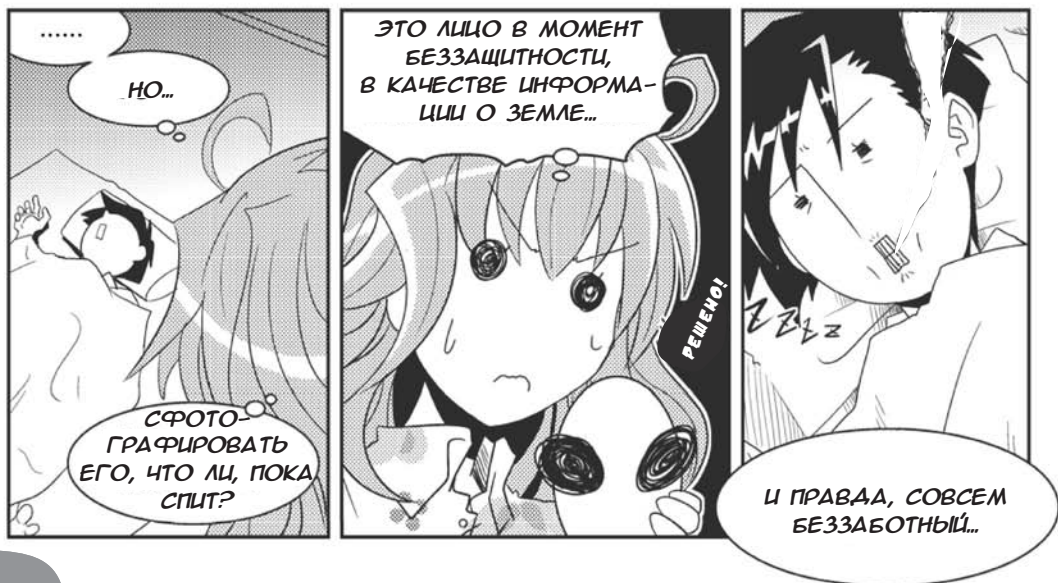
ЧТО ТЫ ТАК РЕА-
ГИРУЕШЬ, БУАТО
КОНЕЦ СВЕТА?..

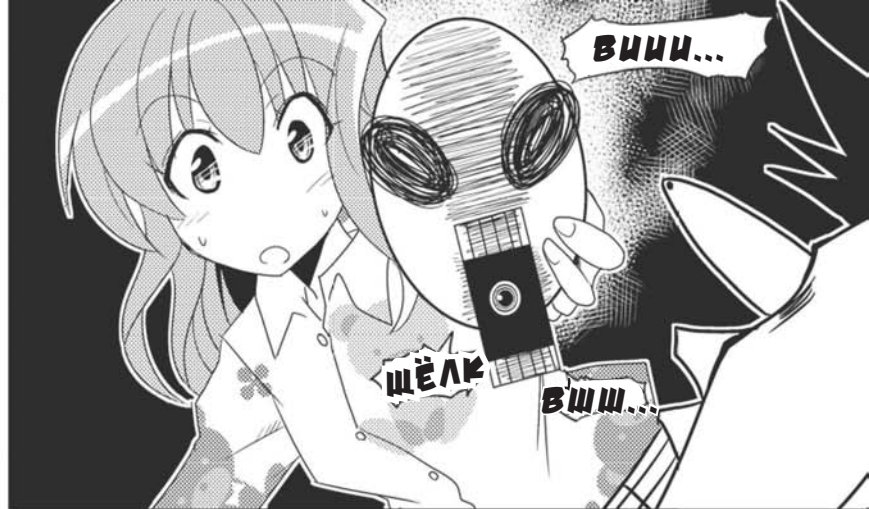


НЕТ, ЭТО ЕЩЕ НЕ ВСЁ.
ЕСТЬ КОЕ-ЧТО,
О ЧЁМ Я ХОЧУ ТЕБЕ
РАССКАЗАТЬ.



В-ВОТ КАК! НУ, Я, ТАК
И БЫТЬ, ПОСЛУШАЮ!







◆ Счётчики электроэнергии

Чтобы подсчитать плату за электроэнергию, нужно измерить её расход.

Поэтому в каждом жилище, здании и т.п. устанавливают счётчики электроэнергии. Иногда их ставят даже на торговых автоматах (когда владелец автомата компенсирует стоимость электроэнергии владельцу помещения).

Давайте поговорим о единицах измерения для этого расчета платы за электроэнергию. Как правило, используется Вт·ч (ватт-час) или Вт·с (ватт-секунда). Как понятно из обозначения, это произведение потребляемой мощности (Вт), которое указывается на электроприборе, и времени работы этого электроприбора (в часах или секундах). Формула в общем виде выглядит так.

$$\begin{aligned}\text{Электроэнергия } W (\text{Вт}\cdot\text{с}) &= \text{Мощность } P (\text{Вт}) \times \text{Время } t (\text{с}) = \\ &= \text{Напряжение } V (\text{В}) \times \text{Ток } I (\text{А}) \times \text{Время } t (\text{с})\end{aligned}$$

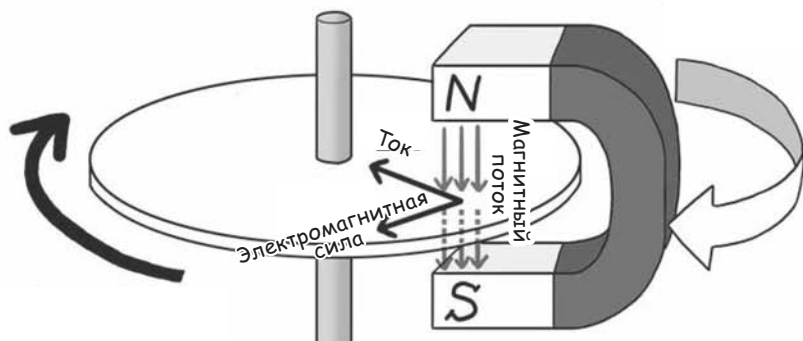
Поскольку напряжение в сетях стабильное, для нахождения количества электроэнергии требуется узнать величину тока. Однако единица «ватт-секунда» не очень удобна для выражения реально потребляемых количеств электроэнергии, поэтому широко применяется единица измерения кВт·ч (киловатт-час). Киловатт(кВт) больше ватта(Вт) в 1000 раз, а час больше секунды в 3600 раз, поэтому

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3\,600\,000 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

Для жилищ наиболее часто используются **индукционные счётчики электроэнергии**, измеряющие активную мощность (потребляемую мощность) переменного тока. В индукционных счётчиках электроэнергии используется вращение «**диска Араго**»: количество электроэнергии измеряют, находя интеграл от мощности путём подсчёта числа оборотов диска.

Диск Араго представляет собой диск из материала, не притягиваемого постоянным магнитом, например, из алюминия или меди. Если к такому диску приблизить постоянный магнит и двигать им по окружности, то диск начнёт вращаться вслед за постоянным магнитом. Принцип диска Араго описывается рисунком на следующей странице.

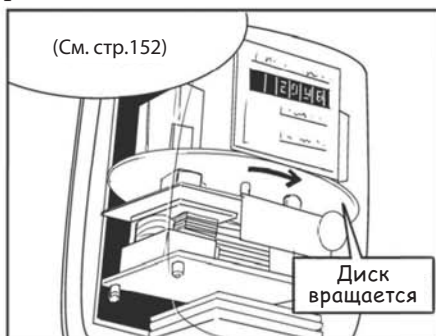
Принцип «диска Араго»



1. При движении магнита по кругу, например, по часовой стрелке на нашем рисунке, изменяется магнитный поток, проходящий через определённый участок диска.
2. Возникает ЭДС индукции, направленная согласно правилу правой руки Флеминга, под действием которой в диске протекает ток (вихревой ток), зависящий от сопротивления материала диска.
3. В результате взаимодействия магнитных потока вихревого тока в диске и магнитного потока от постоянного магнита, на диск действует электромагнитная сила, направленная согласно правилу левой руки Флеминга, например, по часовой стрелке в случае на рисунке выше.
4. Диск вращается в направлении перемещения магнита.

Если заменить постоянный магнит электромагнитом, то появится возможность создавать сдвигающее магнитное поле, вращающее диск даже при неподвижном электромагните. Хотя индукционные счётчики электроэнергии являются аналоговыми устройствами примитивной конструкции, их отличает механическая и электрическая прочность, обеспечивающая стабильную эксплуатацию на протяжении длительного периода, поэтому они широко используются и в настоящее время.

Если вы посмотрите на **индукционный счётчик электроэнергии** в реальности, то увидите диск, подобный показанному на рисунке справа. Также вы, наверное, сможете убедиться в том, что во время расходования электроэнергии этот диск вращается.



◆ Электронные счётчики электроэнергии

В последнее время к индукционным счётчикам, использующим вращение диска, добавились также электронные счётчики, измеряющие не только активную (расходованную) электроэнергию, но целый набор параметров, таких как «реактивная электроэнергия, максимальная потребляемая мощность, средний коэффициент мощности». Таким образом, их особенностью является multifunctionality, однако, по сравнению с индукционными счётчиками, они начали использоваться не так давно и не успели ещё завоевать такого доверия, к тому же они имеют такой недостаток, как низкая механическая и электрическая прочность. Несмотря на это, они уже стали достаточно распространёнными, в основном на заводах, в крупных зданиях. Принцип действия электронного счётчика прост: измеренные мгновенные значения напряжения и тока интегрируются по времени с помощью, например, микропроцессора.



◆ Интеллектуальные счётчики электроэнергии

Интеллектуальный счётчик электроэнергии - это электронный счётчик с функцией передачи данных. Меры по основательному внедрению таких счётчиков проводятся также и в Японии.

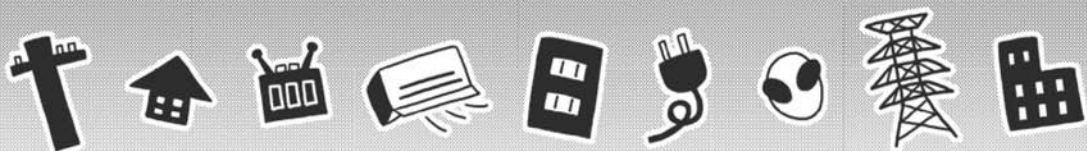
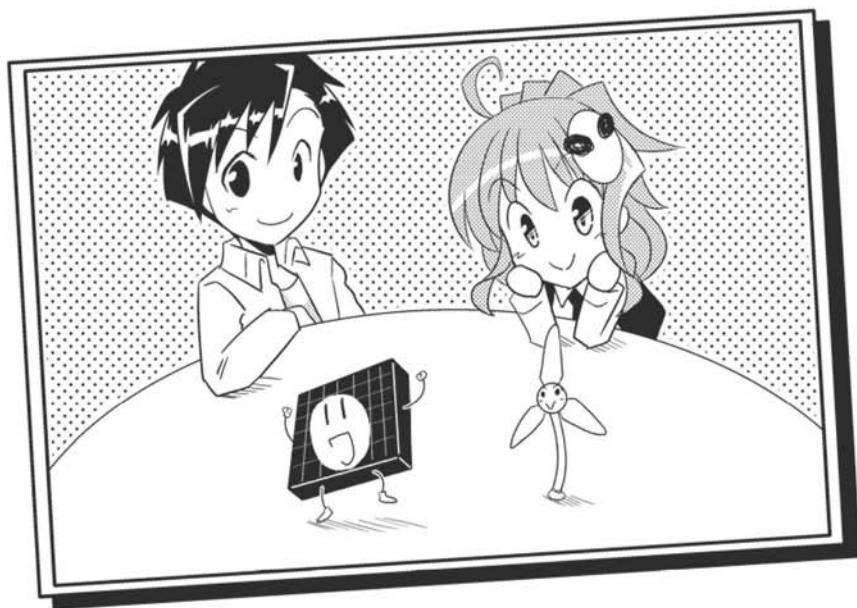
До сих пор существовала необходимость снятия показаний, однако, используя беспроводную связь или каналы ВЧ-связи по линиям передачи и распределения электроэнергии, станет возможным получать показания даже из удаленных мест. Кроме того, большие надежды возлагаются на такие функции как контроль мощности, потребляемой в быту, регулирование спроса.

Регулирование спроса (demand response) — это механизм, с помощью которого энергетические компании требуют от своих клиентов сократить потребление электроэнергии. Это становится возможным благодаря интеллектуальным счётчикам, осуществляющим последовательный мониторинг количества потребляемой электроэнергии.

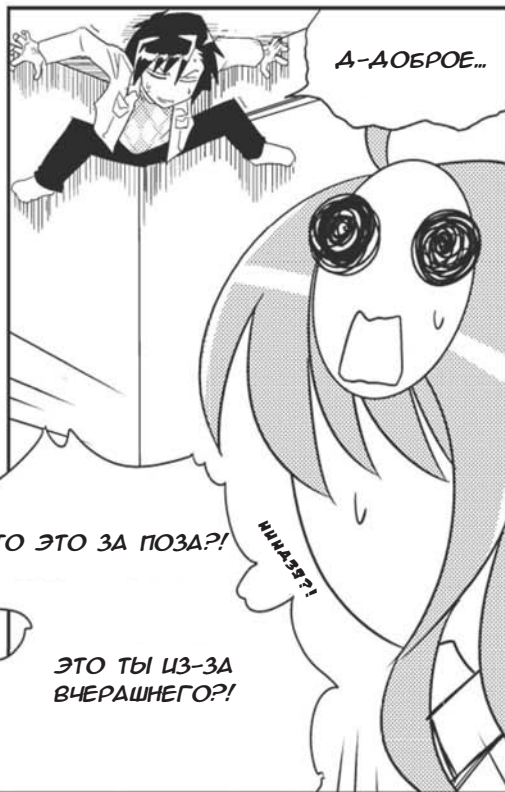


ГЛАВА 5

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ БУДУЩЕГО



1. ЧТО ТАКОЕ РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИСТОЧНИКИ?



Я ХОТЕЛА ТЕБЯ
СФОТОГРАФИРОВАТЬ,
НАМИКИ...

ТВОЁ ЛИЦО
СПЯЩЕГО АНГЕЛА.

ТВОЁ
СУЩЕСТВОВАНИЕ
ТОЖЕ
КАК ШУТКА...

ЭТО ТЫ ВЛЮБИЛАСЬ,
ЧТО ЛИ?

ИЛИ ЭТО ШУТКА?

СМОГУ ЛИ?!

?

Ч-ЧЕМ ОБ ЭТОМ,
ДАВАЙ ЛУЧШЕ НАЧ-
НЕМ СЕГОДНЯШНИЙ
УРОК

ВОТ...

НА САМОМ ДЕЛЕ,
Я ХОТЕЛ НАПОСЛЕ-
ДОК ПОГОВОРИТЬ
О ТОМ,...

... КАК БУДУТ
РАЗВИВАТЬСЯ
СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ...

... В БЛИЖАЙШЕМ
БУДУЩЕМ.

В БЛИЖАЙШЕМ
БУДУЩЕМ?



Централизованная и распределённая электрогенерация



Тепловая энергия



Атомная энергия

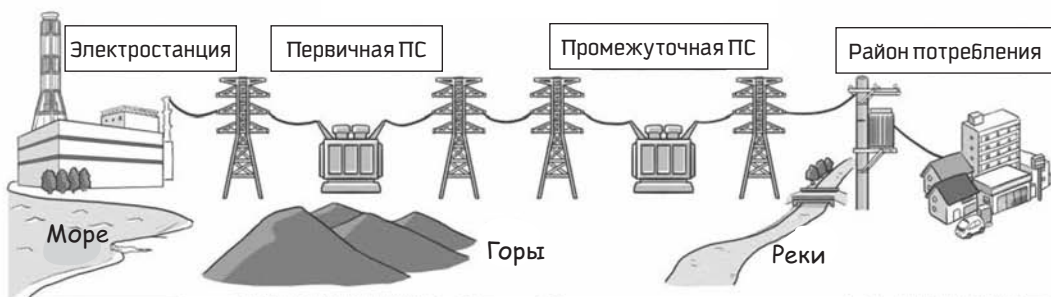


Гидравлическая энергия



... ПОДРАЗУМЕВАЮТ ГЕНЕРАЦИЮ НА КРУПНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ВАДАЛИ ОТ ПОТРЕБИТЕЛЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕЙ.

ДАЛЕКО — ...



НАПРИМЕР, СОЛНЕЧНАЯ,
ВЕТРОВАЯ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ...
ТЫ ВЕДЬ ТОЖЕ О НИХ
СЛЫШАЛА?

ДА, НО НЕМНОГО.

ДЛЯ ЭТИХ ВИДОВ ГЕНЕРАЦИИ
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ОБОРУДОВАНИЕ
НЕБОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ, ПО
СРАВНЕНИЮ С ТЭС, ГЭС ИЛИ АЭС.

ЭТО КОМПАКТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
РАЗМЕЩАЮТ ТУТ И ТАМ,
ВБЛИЗИ ОТ РАЙОНОВ
ПОТРЕБЛЕНИЯ.

Солнечная
электрогенерация

Ветровая
электрогенерация

ТАКОЕ РАЙОННОЕ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
БЫЛО БЫ ООЧЕНЬ
УДОБНО...

БЛИЗКО!

Солнечная
генерация

Ветрогенерация

Район
потребления

И ПРАВАА, УДОБНО.
ПОТЕРИ ПЕРЕДАЧИ
СОКРАТЯТСЯ.
(см. стр. 97)
ДА И ДРУГИЕ
ПЛЮСЫ ДОЛЖНЫ
БЫТЬ.

МАЛОМАСШТАБНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
ГЕНЕРАЦИИ НАЗЫВАЮТ
РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ИС-
ТОЧНИКАМИ.

И ТАМ

ТУТ

ИМЕННО НЕБОЛЬШИЕ
РАЗМЕРЫ ДАЮТ
ВОЗМОЖНОСТЬ ТА-
КОГО РАЗМЕЩЕНИЯ.

ТАКИЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИИ,
КАК СОЛНЕЧНУЮ ИЛИ ВЕТРОВУЮ,
МОЖНО НАЗВАТЬ **РАСПРЕДЕЛЁННОЙ**
В ПРОТИВОВЕС КРУПНОМАСШТАБНОЙ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ - ТЕПЛОВОЙ,
ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И АТОМНОЙ.

ГЕНЕРИРУЕМ ПОМНОГУ,
ПЕРЕДАЁМ ДАЛЕКО!



Капелька Огонёк Атомик

ГЕНЕРИРУЕМ ПОМАЛУ,
ПЕРЕДАЁМ БЛИЗКО!



Солнышко Ветерок

НАДО ЖЕ, СОВСЕМ
ДРУГИЕ ПРИНЦИПЫ!

КСТАТИ, НАМИКИ...

ЕСЛИ РАСПРО-
СТРАНЯТСЯ РАС-
ПРЕДЕЛЁННЫЕ ИС-
ТОЧНИКИ...

...РАЗВЕ НЕ СТАНЕТ МЕНЬШЕ
ТВОИХ ЛЮБИМЫХ
ГИГАНТСКИХ ОПОР ЛЭП
И ДЛИННЫХ-ПРЕДЛИННЫХ
ПРОВОДОВ?

А-А-А-А-А-А

ОХ, ЭТО ТАК ГРУСТНО,
ТАК ГРУСТНО...



Особенности распределенных источников и либерализация электроэнергетики



Итак, сейчас я немного подробнее расскажу о **распределенных источниках электроэнергии**. Только что я упоминал солнечную и ветровую электрогенерацию, однако есть много и других видов.

Используется не только **возобновляемая энергия** солнца, ветра, биомассы (стр.75), малых рек (стр.63), но также, например, топливные элементы (стр.72), генераторы типа газотурбинных установок (стр.72).



Значит, независимо от способа **электрогенерации**, её можно назвать **распределённой**, если используются маломасштабные миниэлектростанции, так? То есть, распределённая электрогенерация — это не только энергия возобновляемых источников?



Именно так! У распределённой электрогенерации есть следующие плюсы и минусы.

О распределённой электрогенерации

Достоинства

- ① Позволяет сократить количество оборудования электропередачи
- ② Позволяет уменьшить потери электропередачи
- ③ Способствует внедрению энергии возобновляемых источников

Недостатки

- ① КПД генерации может быть ниже, чем при централизованной электрогенерации
- ② Может возникнуть необходимость в доставке топлива на множество установок, удалённых друг от друга
- ③ Необходимо вырабатывать запасные варианты электроснабжения на случай неисправности оборудования, на время планового технического обслуживания и т.п.



Вот оно что? Да, и с плюсами, и с минусами не поспоришь. Как непросто всё это.



Нужно сказать, в Японии сейчас внедряют всё больше распределённых источников. И этому способствует тенденция **либерализации электроэнергетики**.



А? Либерализация электроэнергетики? Это ещё что такое?



В 1995 году в Японии внесли поправки в «Закон об электроэнергетике». Это дало начало **свободной конкуренции** в электроэнергетике и облегчило выход на этот рынок предпринимателям из других отраслей. Кроме того, для стимуляции внедрения распределённых источников проводится также **политика ослабления ограничений**. До настоящего времени ЛЭП находились в монопольном распоряжении энергетической компании соответствующего региона, однако сейчас другие компании тоже могут использовать их. Кроме того, строительство солнечных электростанций иногда также получает государственную поддержку, например, в виде субсидий.



Ого... ... Значит, в электроэнергетике тоже происходит переход от монополизма к свободной конкуренции? Если эта либерализация продолжится, то и ситуация с энергоснабжением, наверное, будет постепенно меняться.



Да... Сейчас и генерация, и передача (распределение) электроэнергии осуществляются, как правило, одной и той же энергетической компанией соответствующего региона, но в будущем, возможно, что эти задачи будут выполнять разные предприятия. Это называется **разделением электрогенерации и электропередачи** и требует решения многих проблем, основная из которых — как обеспечить надёжное и стабильное снабжение электроэнергией высокого качества по низкой цене? Поэтому окончательный вывод о целесообразности этого разделения сделать, на самом деле, не так-то просто.



Хм, хм... Да, это сложная проблема, но изменения все же происходят... Всё понятно.

Ветровая электрогенерация

ТЕПЕРЬ ПОГОВОРИМ О
КОНКРЕТНЫХ ВИДАХ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧ-
НИКОВ ЭНЕРГИИ

А ДЛЯ НАЧАЛА - О
ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ.

КРУТЬ
КРУТЬ

ЕСЛИ ВЕРИТЬ ТОМУ, ЧТО Я
УЗНАЛА ОБ ЭЛЕКТРОГЕНЕРА-
ЦИИ, ДЛЯ НЕЁ НЕОБХОДИМА
ВРАЩАЮЩАЯ СИЛА.

ЗДЕСЬ, ЗНАЧИТ, ТОЖЕ
О НЕЁ РЕЧЬ?

ВЕРНО! В ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ
ВЕТЕР ВРАЩАЕТ ВЕТРЯНУЮ
ТУРБИНУ (КРЫЛЬЧАТКУ).

А КРЫЛЬЧАТКА ВРАЩАЕТ
ГЕНЕРАТОР, ВЫРАБАТЫВА-
ЮЩИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.

КАК ПРОСТО... ЗНАЧИТ,
ЕСЛИ СИЛЬНО КРУТИТЬ
ВЕТРЯНУЮ ТУРБИНУ...

Генератор
приводится в действие
силой вращения
крыльчатки!

Ветер

Вал

Генератор

...МОЖНО ПОЛУЧИТЬ МНОГО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ТАК?

АА, ЭТО ТАК... ДАВАЙ Я РАССКАЖУ О ФОРМУЛЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ.

ХОТЯ, МОЖЕТ БЫТЬ, ТЕБЕ ЭТО ПОКАЖЕТСЯ СЛОЖНЫМ...

АА ВСЁ В ПОРЯДКЕ, НИКАКИХ ПРОБЛЕМ!

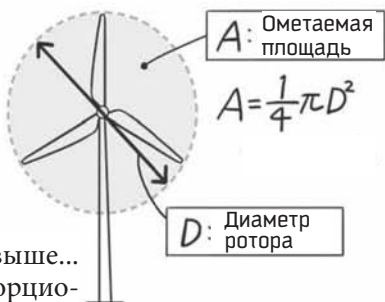
Ветровую энергию, порождаемую потоком (движением) ветра, можно называть кинетической энергией, которая, для вещества массой m и скоростью движения V , будет равна $\frac{1}{2}mV^2$. Давай рассмотрим ветряную турбину (, ометаемая площадь поверхности которой равна A м².

Если принять плотность воздуха за ρ кг/м³, то **ветровую энергию** P ватт, проходящую через ометаемую площадь поверхности в единицу времени, можно выразить следующим образом:

(Ключ к выводу формулы: ветровую массу m , проходящую через ометаемую площадь поверхности за 1 с, можно выразить как $m = \rho AV$)

$$P = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}(\rho AV)V^2 = \frac{1}{2}\rho AV^3$$

P : Ветровая энергия, Вт ρ : Плотность воздуха, кг/м³
 A : Ометаемая площадь, м² V : Скорость ветра, м/с



Значит, если скорость ветра будет в 2 раза выше... выходная мощность (ветровая энергия) пропорциональная кубу скорости, вырастет в 8 раз!

ХРР

НЕ СПАТЬ!

В ОЩЕМ,, ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА В 2 РАЗА ОЗНАЧАЕТ УВЕЛИЧЕНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В 8 РАЗ!

И ОКОЛО 25% ЭТОЙ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ!

(См. стр.53)

ЗНАЧИТ, ЭТО НУЖНО ПРИМЕНЯТЬ В ВЕТРЕННЫХ МЕСТАХ.

ЭТО ПРОСТО МЕЧТА - ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ, НЕИЩЕРПАЕМАЯ - ЛИШЬ БЫ ВЕТЕР ДУЛ!

НО ЕСТЬ И
СЛОЖНОСТИ.

ПОДХОДЯЩИЕ МЕСТА
НАЙТИ ДОВОЛЬНО
ТРУДНО.

Подходящее место для ветровых электрогенераторов

В течение года постоянно
дует ветер со скоростью не
менее требуемой.

*Средняя скорость
ветра - не менее
6 м/с!



Есть дороги для
транспортировки ветровых
электрогенераторов.



Поблизости есть
ЛЭП для
передачи
выработанной
электроэнергии.



Не мешает
окружающим
(шумом, влиянием
на экосистему) и
т.п.



И ПОТОМ, В КАКОМ МЕСТЕ
НИ ПОСТАВЬ - ...

...ВЕЗДЕ ШТИЛЬ
БЫВАЕТ.

И ПРАВАА, БЕЗВЕ-
ТРИЕ БУДЕТ НА-
СТОЯЩИМ КОШМА-
РОМ.

ЕСЛИ ПОЛАГАТЬСЯ
НА ВЕТЕР, ТО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕ-
НИЕ БУДЕТ НЕСТА-
БИЛЬНЫМ.

НО Я БЫ ХОТЕЛ СФОТО-
ГРАФИРОВАТЬ ПЕЙЗАЖ С
ВЕТРЯКАМИ. ЭТО КРАСОТА...

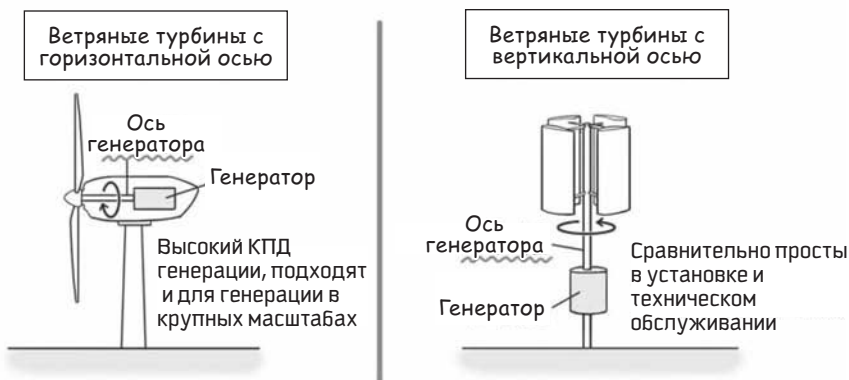
ЕЩЁ ОДНО УВЛЕЧЕНИЕ, ЧТО ЛИ?



Типы ветряных турбин



Итак, ветряные турбины можно разделить на две большие категории - «с горизонтальной осью» и «с вертикальной осью». Как показано на рисунке, отличаются они положением оси генератора — горизонтально или вертикально к поверхности земли.



Приведу по несколько примеров ветряных турбин с горизонтальной и вертикальной осями. Хотя наиболее часто используются ветряные турбины с горизонтальной осью крыльчатого типа, на корпоративных зданиях или просто на улицах города иногда можно увидеть и ветряные турбины с вертикальной осью.

Ветряные турбины с горизонтальной осью			
	Крыльчатый тип	Голландский тип	Многолопастной тип
Ветряные турбины с вертикальной осью			
	Турбина поперечного потока	Ротор Дарье	Тип Савониуса



Надо же, какое разнообразие форм! А ветряные турбины размером поменьше можно, наверное, обнаружить даже рядом с домом!



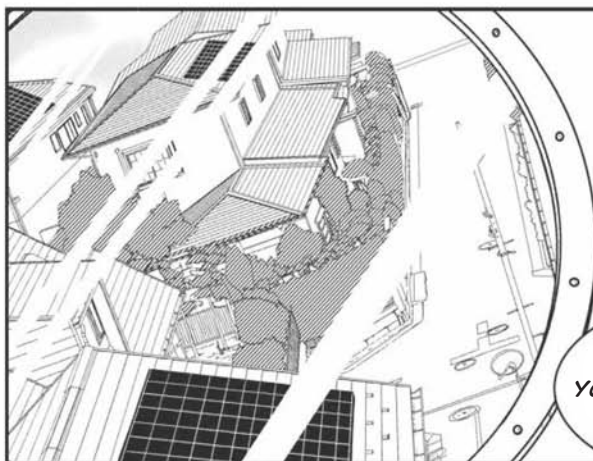
Солнечная электрогенерация

А ТЕПЕРЬ О СОЛНЕЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ.

КАК ЯСНО ИЗ НАЗВАНИЯ, ЗАЕЩЬ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ЭНЕРГИЯ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА.

ДЛЯ ЭТОГО НУЖНЫ СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ.

ТЫ ВЕДЬ ТОЖЕ ВЦАЕЛА, НАВЕРНО, ТАКИЕ ПЛОСКИЕ ПАНЕЛИ?



А, ОНИ НА КРЫШАХ УСТАНАВЛИВАЮТСЯ. ВЦАЕЛА, ИЗ СВОЕГО НЛО.

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ СОСТОИТ ИЗ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (ФОТОЭЛЕМЕНТОВ).

фотоэлемент
(солнечный элемент)

Солнечная батарея

Солнечный модуль

ХМ, ТО ЕСТЬ ОНА ВСЯ ИМИ ПОКРЫТА?

А ЧТО ТОГДА ТАКОЕ СОЛНЕЧНЫЙ МОДУЛЬ?

НАЗВАНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАВИСИТ ОТ ТОГО, ИЗ КАКИХ ЧАСТЕЙ ОНО СОСТАВЛЕНО.

САМАЯ МАЛАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ - ФОТОЭЛЕМЕНТ.

Фотоэлемент

Солнечный модуль

Солнечная батарея

РЯДЫ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ - СОЛНЕЧНЫЙ МОДУЛЬ. ОН ЗАЩИЩЁН ЗАКАЛЁННЫМ СТЕКЛОМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ.

А РЯДЫ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ - ЭТО И ЕСТЬ СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ.

Фотоэлемент

Солнечный модуль

Солнечная батарея

БУДТО ПЛИТКА ШОКОЛАДА.

ОДИН КУСОЧЕК - ФОТОЭЛЕМЕНТ. НЕСКОЛЬКО ПЛИТОК УКЛАДЫВАЮТ НА КРЫШУ, ЧТОБЫ НА НИХ ПОПАДАЛ СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ.

НО... ЧТО ЕСЛИ ОНИ РАСТАЮТ?!

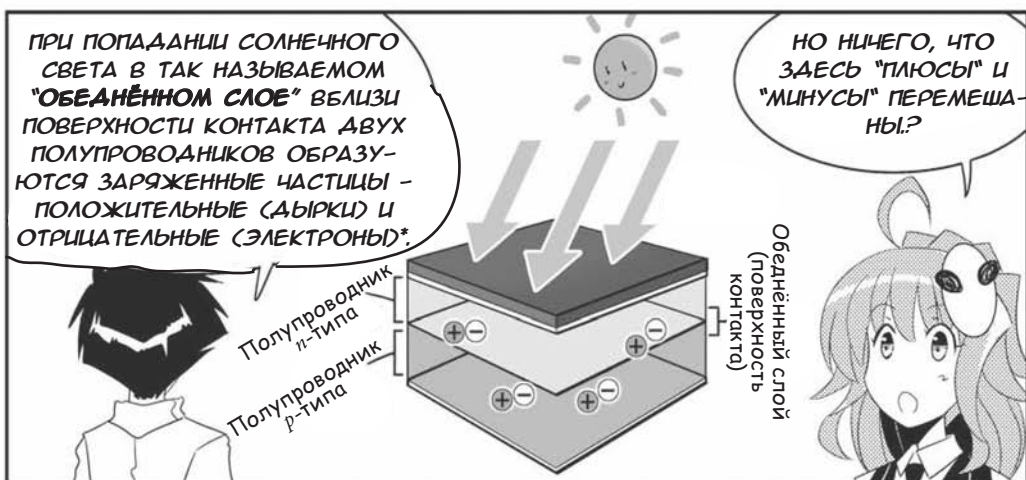
ДА И НЕ ШОКОЛАД ЭТО...

Световая энергия

ШОКОЛАДКА!

Электрическая энергия

НЕ РАСТАЮТ. ФОТОЭЛЕМЕНТ УСТРОЕН ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО СПОСОБЕН НАПРЯМУЮ ПРЕОБРАЗОВЫВАТЬ СВЕТОВУЮ ЭНЕРГИЮ СОЛНЦА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ.



*Это явление называется фотоэлектрическим эффектом.



* Электризация — приобретение телом положительного или отрицательного электрического заряда.

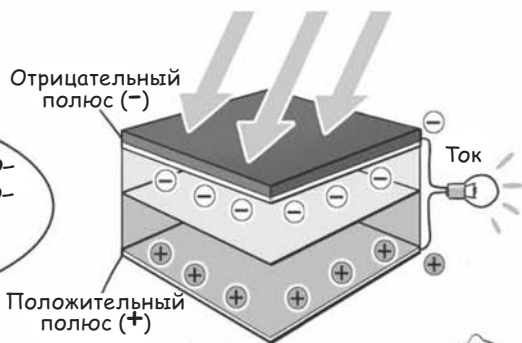
ПРИ ЭТОМ НА ЛИЦЕВОЙ И ОБРАТНОЙ СТОРОНАХ ФОТОЭЛЕМЕНТА ОБРАЗУЮТСЯ ПОЛЮСА "ПЛЮС" И "МИНУС". ЕСЛИ СОЕДИНИТЬ ИХ ПРОВОДОМ...

...ТО ПО НЕМУ ИЗ ПОЛУПРОВОДНИКА n -ТИПА В ПОЛУПРОВОДНИК p -ТИПА ПОЙДУТ ЭЛЕКТРОНЫ - ВОЗНИКНЕТ ТОК.



Отрицательный полюс (-)

Положительный полюс (+)



ПОЛУЧАЕТСЯ, ЭНЕРГИЯ СОЛНЦА СОЗДАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО!



ХОТЯ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ ПОСТОЯННЫЙ ТОК*, ЕГО МОЖНО ПРЕОБРАЗОВЫВАТЬ В ПЕРЕМЕННЫЙ ПРИ ПОМОЩИ УСТРОЙСТВА ПОД НАЗВАНИЕМ **ИСТОЧНИК СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ** И СРАЗУ ЖЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В БЫТУ.

*Подробнее о постоянном и переменном токе см. стр. 211

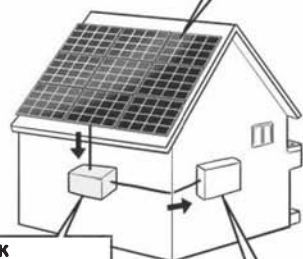
2

Источник стабилизированного питания
Один из типов инверторов (преобразователей рода тока)



1

Солнечная батарея



3

Распределительный щит

ДА, УДОБНО.

ГЕНЕРИРУЕМ НА КРЫШЕ И СРАЗУ ЖЕ ИСПОЛЬЗУЕМ!

ДА.
И В КОНЦЕ Я ХОЧУ РАССКАЗАТЬ О ТОМ, ЧЕМ ЗАМЕЧАТЕЛЬНА СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ.

ОБЩАЯ МОЩНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ СОСТАВЛЯЕТ 85 ТРИЛЛИОНОВ КВТ, И СЧИТАЕТСЯ, ЧТО ЕСЛИ 100% ЭТОЙ МОЩНОСТИ МОЖНО БЫЛО БЫ ПРЕОБРАЗОВАТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ...

Мощность
солнечного
излучения на всей
поверхности Земли
— 85 трлн. кВт.

...ТО ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ НА ПЛАНЕТЕ ЗА ПОЛГОДА, ПОТРЕБОВАЛСЯ БЫ ВСЕГО 1 ЧАС.

ЭТО ЖЕ ОГРОМНАЯ ЭНЕРГИЯ! К ТОМУ ЖЕ, МОЖНО НЕ БОЯТЬСЯ, ЧТО ОНА ЗАКОНЧИТСЯ!

АА НЕТ, ВСЕ НЕ ТАК ПРОСТО... КПД ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ НЕ ПРЕВЫШАЕТ 20%, ЧТО ДОВОЛЬНО МАЛО.

ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ МНОГО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, НУЖНО ОЧЕНЬ МНОГО МЕСТА ДЛЯ УСТАНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ.

АА. К ТОМУ ЖЕ, НЕДЁШЕВО ЭТО БУДЕТ.

НО НЕЛЬЗЯ ВЕДЬ ПОКРЫТЬ СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ ВСЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ.

ВОТ ИМЕННО. СЧИТАЕТСЯ,
ЧТО РАСХОДЫ НА УСТАНОВКУ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ
ГЕНЕРАЦИИ ПОКА СРАВНИТЕЛЬНО
ВЫСОКИ..

НУ И ЕЩЁ ОДНА,
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ
ПРОБЛЕМА...

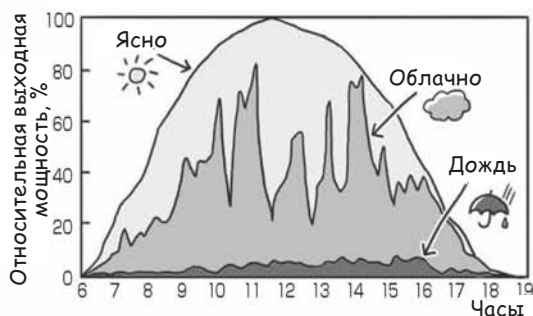
НЕВОЗМОЖНА ГЕНЕРАЦИЯ В НОЧНОЕ
ВРЕМЯ, КОГДА НЕ СВЕТИТ
СОЛНЦЕ!

КРОМЕ ТОГО, В ПАСМУРНУЮ ИЛИ
ДОЖЛИВУЮ ПОГОДУ ОБЪЁМЫ
ГЕНЕРАЦИИ СОКРАТЯТСЯ!

АА, В САМОМ ДЕЛЕ!

ВЗГЛЯНИ НА ГРАФИК.
ВИДИШЬ, КАК СИЛЬНО ИЗМЕНЯЮТСЯ
ОБЪЁМЫ ГЕНЕРАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ПОГОДЫ И ОТ ВРЕМЕНИ
СУТОК?

«Изменения объёма солнечной генерации»



И У НЕПОБЕДИМОГО
СОЛНЦА ЕСТЬ СЛАБОЕ
МЕСТО...!

....ПОДВЕРЖЕННОСТЬ
ВЛИЯНИЮ ПРИРОДНЫХ
УСЛОВИЙ, КАК И В СЛУЧАЕ
С ВЕТРОГЕНЕРАЦИЕЙ.



Накопители электроэнергии



ЗАТО ТЕПЕРЬ ТО
ТЫ СМОЖЕШЬ
ПОНЯТЬ...

...НАСКОЛЬКО ЭТО
УДОБНО - ЗАПА-
САТЬ ЭЛЕКТРОЭ-
НЕРГИЮ.

АА, АА. ЕСЛИ БЫ
ЭТО БЫЛО ВОЗ-
МОЖНО, БЫЛО БЫ
КУДА СПОКОЙНЕЕ.

НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕКТРО-
ЭНЕРГИИ - ЭТО ОБ-
ЛАСТЬ, В КОТОРОЙ
СЕЙЧАС АКТИВНО ВЕ-
ДУТСЯ РАЗРАБОТКИ.

Электрохимические реакции (вторичные гальванические элементы)

Свинцово-кислая батарея, натрий-серная батарея,
проточный редокс-аккумулятор

Сверхпроводимость

Сверхпроводящий индуктивный накопитель
(SMES : Superconducting Magnetic Energy Storage)

Прочее

Двухслойные электрохимические
конденсаторы
(EDLC: Electric Double Layer Capacitor)

СПОСОБОВ
МНОГО ЕСТЬ,
НО Я РАССКА-
ЖУ О НАИБО-
ЛЕЕ ТИПИЧНЫХ.

ОГО. И ДЛЯ НАКО-
ПЛЕНИЯ МНОГО
РАЗНЫХ СПОСОБОВ
ЕСТЬ.

АА, МНОГО НЕПО-
НЯТНОГО, НО
ОЧЕНЬ ИНТЕРЕСНО.

В ЭПОХУ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕК-
ТРОЭНЕРГИИ ТЕБЕ НУЖНО
ПОНАКОПИТЬ ДЕНЕГ.

ЭТО ТЕБЯ НЕ КА-
САЕТСЯ!!

* Гидроаккумулирующие электростанции (см.стр.57) тоже можно отнести к оборудованию, запаасающему энергию (в форме гидравлической энергии).



Устройства для накопления электроэнергии

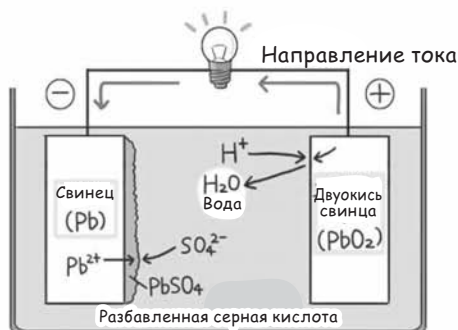
СЕЙЧАС Я РАССКАЖУ О РАЗЛИЧНЫХ НАКОПИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ОНИ НЕМНОГО СЛОЖНЫ, ДА И МНОГИЕ ТЕРМИНЫ БУДУТ ТЕБЕ, НАВЕРНОЕ, НЕПОЯТНЫ, ОДНАКО Я ХОЧУ ДАТЬ ТЕБЕ ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ. ЭТО ОБОРУДОВАНИЕ МОЖНО РАСПРЕДЕЛИТЬ ПО СЛЕДУЮЩИМ КАТЕГОРИЯМ:

Вторичные гальванические элементы	Свинцово-кислая батарея	Натрий-серная батарея	Проточный редокс-аккумулятор
Сверхпроводящие устройства	Сверхпроводящий индуктивный накопитель (SMES : Superconducting Magnetic Energy Storage)	Прочее	Двухслойные электрохимические конденсаторы (EDLC: Electric Double Layer Capacitor)



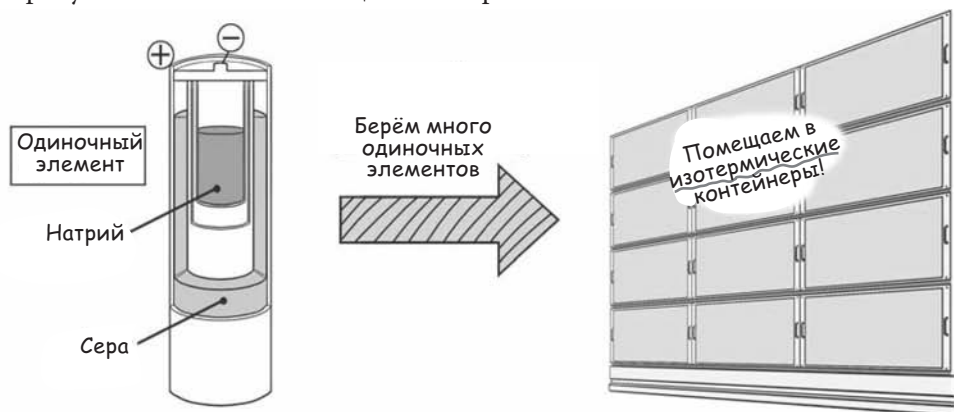
СНАЧАЛА О **СВИНЦОВО-КИСЛОЙ БАТАРЕЕ, НАТРИЙ-СЕРНОЙ БАТАРЕЕ И ПРОТОЧНОМ РЕДОКС-АККУМУЛЯТОРЕ**. ВСЕ ОНИ ЯВЛЯЮТСЯ **ВТОРИЧНЫМИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**, ИЛИ **ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ АККУМУЛЯТОРАМИ**. ЭТИ УСТРОЙСТВА МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ МНОГОКРАТНО, ЗАРЯЖАЯ ПОСЛЕ КАЖДОЙ РАЗРЯДКИ. ВООООЩЕ, ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОГУТ БЫТЬ "ПЕРВИЧНЫМИ", КОТОРЫЕ НЕЛЬЗЯ ЗАРЯДИТЬ ПОСЛЕ ОДНОЙ РАЗРЯДКИ, И "ВТОРИЧНЫМИ" (Т. Е. ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ АККУМУЛЯТОРАМИ), КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ МНОГОКРАТНО.

В электродах **свинцово-кислой батареи** используется свинец. Это наиболее распространённый тип, используемый в автомобилях, аварийных источниках питания и т.п. Положительный электрод - двуокись свинца, отрицательный — свинец, электролит — серная кислота. В процессе разрядки образуется вода: концентрация электролита снижается, и он превращается в разбавленную серную кислоту. Достоинствами являются низкая цена, широкая распространённость, а недостатками — использование токсичной серной кислоты, опасность повреждения в случае замерзания.

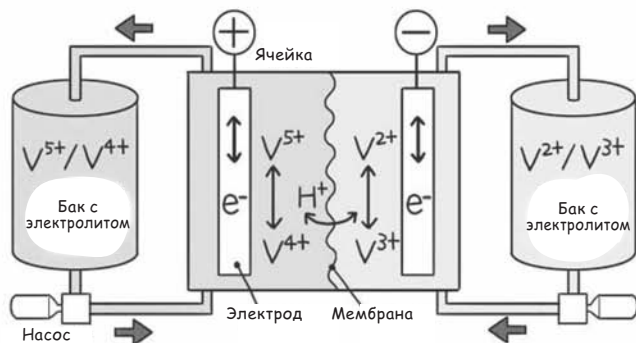


H^+ ... Ион водорода
 SO_4^{2-} ... Ион серной кислоты
 Pb^{2+} ... Ион свинца
 $PbSO_4$... Сульфат свинца (II)

Натрий-серная батарея — электрический аккумулятор на основе натрия (Na) и серы (S). Положительный электрод - расплавленная сера, отрицательный — ионы расплавленного металлического натрия, электролит — β -глинозём, обладающий ионной проводимостью благодаря способности пропускать ионы натрия. Используются в основном как накопители большой ёмкости, так как требуют поддержания высокой температуры — около 300°C . Имеют долгий срок службы благодаря использованию твёрдого электролита, высокую удельную энергоёмкость — примерно в 3 раза выше, чем у свинцово-кислотной батареи, но требуют особой осторожности ввиду высокой температуры и присутствия воспламеняющегося натрия.



Проточный редокс-аккумулятор — вторичный гальванический элемент с использованием ванадия, его достоинством является долгий срок службы: не менее 10 000 циклов зарядки-разрядки. Название происходит от слова redox, которое является сокращением английского термина reduction-oxidation reaction - «окислительно-восстановительная реакция». В качестве электролита используется **раствор ванадия** в разбавленной серной кислоте. Изменение валентности, вызываемое окислительно-восстановительной реакцией, позволяет осуществлять разядку и зарядку. Кроме того, накапливая этот раствор в баке, можно получить хранилище электроэнергии большой ёмкости. Слабое место - высокая стоимость ванадия.



e^- .. Электрон

H^+ .. Водород

V^{2+} .. Двухвалентный ванадий

V^{5+} .. Пятивалентный ванадий



НАПОСЛЕДОК РАССКАЖУ О **СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ ИНДУКТИВНОМ НАКОПИТЕЛЕ** (SMES: SUPERCONDUCTING MAGNETIC ENERGY STORAGE) И ДВУХСЛОЙНОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ КОНДЕНСАТОРЕ (EDLC: ELECTRIC DOUBLE LAYER CAPACITOR). ПЕРВОЕ УСТРОЙСТВО ОСНОВАНО НА ЯВЛЕНИИ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ, А ВТОРОЕ ИСПОЛЬЗУЕТ ОСОБЕННОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ.

В качестве сверхпроводника в SMES используются **катушки индуктивности**. Принцип сверхпроводимости заключается в следующем. Любой проводник обладает сопротивлением, но при сверхнизких температурах оно становится равным нулю. Теперь, если придать проводнику индуктивность, свернув его в катушку, то можно будет накапливать электроэнергию. Достоинства SMES - высокий КПД; долгий срок службы благодаря отсутствию химических реакций, возможность высокоскоростного обмена энергией, а недостаток - необходимость охлаждающего оборудования и соответствующих ёмкостей.



Используется много больших сверхпроводящих катушек!

В **двухслойном электрохимическом конденсаторе (EDLC)** используются особенности конденсаторов. Принцип следующий: в обычных конденсаторах между электродами находится только диэлектрик, но если нанести на электроды слои активированного угля, то можно накопить много электрических зарядов на их поверхности. Двухслойный электрохимический конденсатор отличается простотой конструкции, сроком службы в несколько миллионов циклов зарядки-разрядки благодаря работе без химических реакций, однако обладает более низкой удельной энергоёмкостью, чем вторичные гальванические элементы.



Конденсатор состоит из двух металлических пластин. Здесь используется эта особенность его конструкции.

Обозначение на электрических схемах
(см. стр. 213)

2. МИКРОСЕТИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ



От английского –

micro grid

Малые
энергетические сети

smart grid

Интеллектуальные
энергетические сети

МАЛЕНЬКИЕ И УМНЫЕ?
О ЧЁМ ЭТО?

ЭТО ТАКЖЕ СВЯЗАНО С
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЕЙ,
О КОТОРОЙ МЫ ГОВОРИЛИ.
Я ВСЁ ПОДРОБНО РАССКАЖУ.

ВОЗМОЖНО, В БУДУЩЕМ
ПОЯВЯТСЯ НЕ ВИДАННЫЕ
ДО СИХ ПОР МАЛЕНЬКИЕ И
УМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРО-
СНАБЖЕНИЯ.



Что такое микросети и интеллектуальные энергосистемы?



Сначала расскажу о **микросетях**. Но ты уже о них знаешь.



Что-о-о? Я впервые слышу! Ничего не помню, ничего не знаю! Абсолютно ничего!



Да нет, успокойся. Я же рассказал о распределенных источниках? Солнечная и ветровая энергия, энергия биомассы, малых рек.... а ещё топливные элементы, газовые турбины — это всё распределённая электрогенерация, помнишь? (стр.177)



Да, это я помню. Ты говорил о том, что удобно размещать такое маломасштабное оборудование вблизи районов потребления. О том, что электроснабжение районного типа, будет, наверное, полезно, если его удастся воплотить в жизнь.



Ого, отличная память. В этом и заключается идея **микросетей (микроэнергетических систем)**. Вот строгое определение, хотя несколько вычурное, может быть.

Микросеть — это объединение распределённых источников электроэнергии, таких как солнечные и ветровые электростанции, и нагрузок (т. е. устройств, потребляющих электроэнергию) в рамках микроэнергетической системы малого масштаба, осуществляемое в целях приведения функций электроснабжения, теплоснабжения и т.п. в соответствие с особенностями конкретного района.



Только и всего? По сути то же самое, что мы уже изучали сегодня.



Правда есть ещё один важный момент, о котором я должен немного рассказать. Незаменимым элементом микросетей будущего являются **информационные технологии (ИТ)**. И существует много микросистем, использующих ИТ-технологии для наблюдения и управления в оптимальных режимах. ИТ-технологии позволяют более сбалансированно эксплуатировать системы электроснабжения, управлять их работой.



Угу.... Тщательно наблюдают, значит? Отслеживают потребление электроэнергии в районе, чтобы лучше эксплуатировать?



Кроме того, в настоящее время микросети (microgrid) рассматриваются как один из видов **интеллектуальных энергосистем** (smart grid), о которых я сейчас расскажу.



Правда... Хотя интеллектуальные энергосистемы называют сетями электропередачи или электроснабжения следующего поколения, им даётся столько определений, что даже не знаю, с чего начать....



Намики-и-и! Соberись! Что случилось?!



Ну, в общем.... потому и трудно объяснить, что интеллектуальные энергосистемы — это довольно широкое понятие. Но я попробую дать универсальное определение.

Интеллектуальные энергосистемы — это **инновация** в области **инфраструктуры**, реализующая двухсторонний обмен, например, энергией и информацией, между стороной поставки и стороной потребления.

* **Инфраструктура** — основа производственной и бытовой деятельности.

Инновация — новшество, отличное от всего, существовавшего ранее, и вызывающее существенные изменения.



Ого! Что-то смысл не уловила. Так в чём же здесь суть?!



«Электроэнергетическая система нового типа — двухсторонняя, удобная и красивая!». Сторона, поставляющая электроэнергию, и сторона потребления взаимодействуют друг с другом. Это не одностороннее движение, как в системах прежних типов, которые просто передавали электроэнергию. Она приведёт к большим изменениям. Это и есть настоящая инновация!



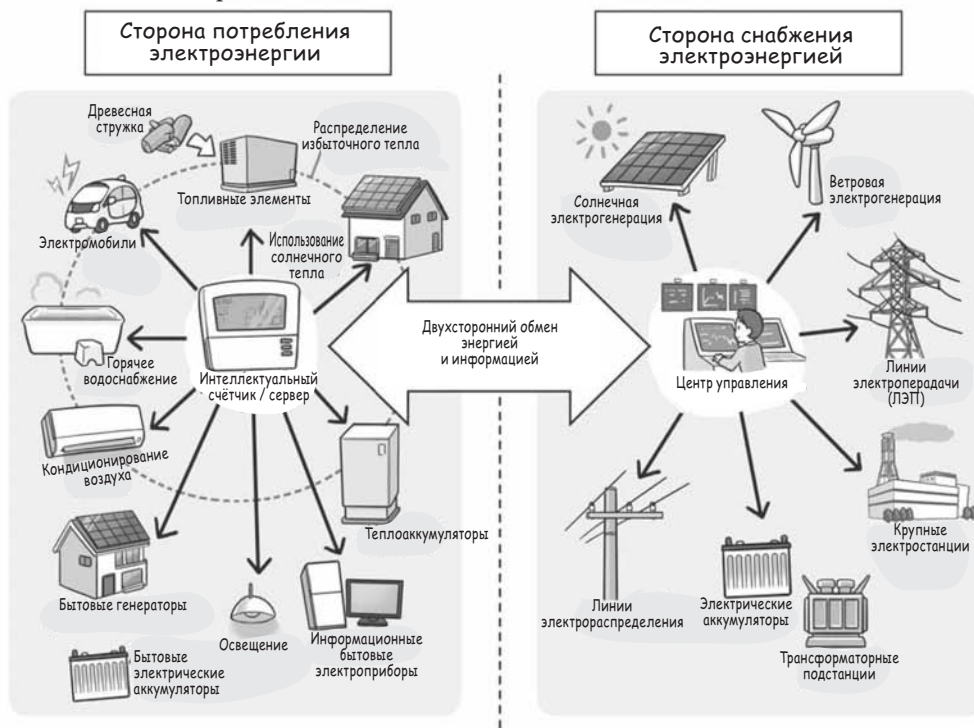
Новшество, отличное от всего ранее существовавшего и вызывающее большие изменения... Ого! Значит, она в корне отличается от всех прежних систем? Звучит интригующе. А конкретно о её возможностях можешь рассказать?



Хорошо. Хотя предполагаемый спектр решаемых задач интеллектуальных энергосистем необычайно широк, попробую выделить основные.

Некоторые задачи интеллектуальных энергосистем

- ① **Сдвиг от пика** для эффективного использования ограниченных возможностей оборудования, то есть перенос потребления из периода максимальной нагрузки (например, дневные часы) в период избытка электроэнергии (например, ночь).
- ② **Использование возобновляемой энергии**, например, внедрение солнечной и ветровой электрогенерации.
- ③ **Внедрение распределённых источников электроэнергии**: газопоршневых электростанций, топливных элементов и т.п.
- ④ **Широкое внедрение электромобилей**, а также использование их самих в качестве накопителей электроэнергии.
- ⑤ **Поддержание бесперебойности электроснабжения на нынешнем уровне**: сокращение периода восстановления после отключений, обеспечение резервными источниками электропитания и т.п.
- ⑥ **Эффективное использование энергии** благодаря эксплуатации с высоким КПД и в оптимальных режимах.



Ого, как много решаемых задач... Одним словом, широкая концепция... Выходит, что эта неопиcуемая в двух словах широта и есть главная особенность интеллектуальных энергосистем!



◆ Островной режим

Состояние отключения линии от энергосистемы общего пользования, в котором электроэнергия подаётся на нагрузку линии с помощью такого оборудования, как солнечные батареи, (одной или нескольких), называется **островным режимом**. Когда из-за аварии, например, в результате **удара молнии**, участок электрической сети, работающий с реверсом (т.е. обратной передачей) мощности и продаж избытков электроэнергии, отключается от энергосистемы общего пользования и переходит в островной режим, могут возникнуть следующие проблемы.

1. Участок, который энергетическая компания отключила от энергосистемы общего пользования с целью проведения ремонтных работ, всё равно останется под напряжением, что может стать причиной **поражения электрическим током**, например, электромонтажников, мешать пожаротушению.
2. Возможно повреждение электроприборов из-за снижения качества электроэнергии (нестабильности частоты, флуктуаций напряжения и т.п.)

Для предупреждения подобного ущерба требуется оперативно обнаруживать переход в островной режим и прекращать работу электрогенерирующего оборудования. Существует два **метода обнаружения островного режима** — **активный** и **пассивный**, использование которых в комбинации повышает достоверность обнаружения. Пассивный метод основан на обнаружении резких изменений фазы, частоты напряжения и т.п. Он отличается высоким быстрым действием, но имеет **зону нечувствительности**, возможны также частые ложные срабатывания, например, при резких изменениях нагрузки. Кстати, зона нечувствительности — это область значений, в которой детектирующее устройство не может обнаружить произошедший в реальности переход в островной режим, например, из-за наличия диапазона уставки. При использовании активного метода в такие характеристики электроэнергии, как напряжение, частота, постоянно вносятся изменения (подачей активного сигнала) и обнаруживается увеличение этих изменений, происходящее при переходе в островной режим. В этом методе нет зоны нечувствительности, однако для обнаружения требуется больше времени, чем в пассивном методе.



ЭПЦЛОГ





ДО ПОСЛЕД-
НЕГО...

?

НЕ ХОЧУ, ЧТОБЫ ТЫ МЕНЯ
НЕПРАВИЛЬНО ПОНЯЛ,
ПОЭТОМУ СКАЖУ.

Я ХОТЕЛА СФО-
ТОГРАФИРОВАТЬ
ТЕБЯ,...

...ТВОЁ СПЯЩЕЕ
ЛИЦО...

ВЧЕРА ВЕЧЕРОМ
Я НЕ ПЫТАЛАСЬ НАПАСТЬ,
НЕ ПЫТАЛАСЬ УБИТЬ,
НЕ СОБИРАЛАСЬ СЖЕЧЬ...

ЗНАЧИТ, ВСЁ
ПОЛУЧИЛОСЬ
НАОБОРОТ.

ПОМНИШЬ,
ТОГДА?

?

СМОТРИ.

ЭТО - НАША
ПЕРВАЯ
ВСТРЕЧА.

Я ФОТОГРАФИРОВАЛ
ПРОВОДА, А ТЫ
НАБРОСИЛАСЬ, МОЛ,
АГРЕССОР!

СТОЛЬКО ШУМУ
БЫЛО...

ХМ, И
ПРАВДА...

ПОЛУЧИ-
ЛОСЬ НАО-
БОРОТ...

НО Я ТЕПЕРЬ МНОГО ЗНАЮ ОБ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ, И ГОТОВА ПРИ-
ЗНАТЬ, ЧТО ЭТО БЫЛА НЕ АТАКА, А
ПРОСТАЯ ФОТОГРАФИЯ!

ЭТА УДИВИТЕЛЬНАЯ ПРАВДА,
О КОТОРОЙ Я УЗНАЛ
ТОЛЬКО СЕЙЧАС!

РАДУЙСЯ!

НЕУЖЕЛИ ДО СИХ ПОР НЕ
ВЕРИЛА?! КАКАЯ ЖЕ ТЫ
НЕДОВЕРЧИВАЯ!

А ТЫ ЗАЧЕМ МЕНЯ СПЯЩИМ...

А-А-А, НЕ СЛЫШУ НИЧЕГО--О!!!!

Я Л-Л-Л-ЛУЧШЕ ПОЦАДУ, КАК РАЗ
НА ПОСЛЕДНЮЮ ЭЛЕКТРИЧКУ
ДОЛЖНА УСПЕТЬ!

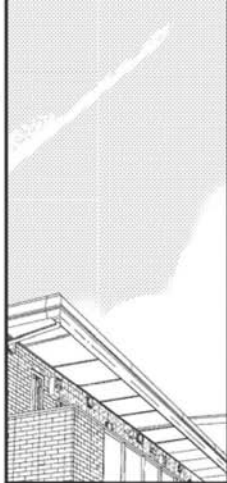
ПОСЛЕДНЮЮ
ЭЛЕКТРИЧКУ?!

ТЫ ЖЕ НА ЛЕТАЮЩЕЙ
ТАРЕЛКЕ ПРИТЕЛЕА!
СПОКОЙНО,
ИНОПЛАНЕТЯНКА!

ПРОЩАЙ, ЗЕМЛЯНИН!

хлоп!

ЧТО ЭТО БЫЛО?



ПРИШЛА НЕЗВАННО, РУГАЛАСЬ И
БАРАДАК ВЕЗДЕ РАЗВОДИЛА...



НО ПОЧЕМУ ТО БЕЗ НЕЁ...
СТАЛО НЕМНОГО ГРУСТНО.



НАМЫКИ!!

ЛЕГКАЯ НА ПОМЧИНЕ! ВСЯ МОЯ
НОСТАЛЬГИЯ НАСМАРКУ!!



ЗАБЫЛА ЧТО-ТО?




НЕТ..



КОГДА Я ПОСМОТРЕЛА ИЗ НЛО
НА ГОРОД, Я ВДУРУГ ПОНЯЛА...



...ЧТО ЕЩЁ НЕ ВСЁ ЗНАЮ
ПРО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.



КАК РЕШИТСЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ПРОБЛЕМА В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ?

КАК ИЗМЕНЯТСЯ ЭЛЕКТРО-
СНАБЖЕНИЕ, ГЕНЕРАЦИЯ,
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ?

КАКОЙ СТАНЕТ ЭЛЕК-
ТРОЭНЕРГЕТИКА ЭТОЙ
СТРАНЫ ЧЕРЕЗ 5, 10
ЛЕТ?



НУ ТАК ЭТОГО СЕЙЧАС
НИКТО НЕ ЗНАЕТ...



ХМ..

О БУДУЩЕМ МОЖ-
НО ТОЛЬКО ДО-
ГАДКИ СТРОИТЬ.



НО Я ВЕДЬ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНАЯ!!

ПОКА НЕ УЗНАЮ ВСЕГО -
НЕ УСПОКО-О-ЮСЬ!!!



Я ЖЕ ГОВОРЮ, ЧТО НЕ ЗНАЮ!
Я ЖЕ ОБЫЧНЫЙ СТУДЕНТ!

И-НУ, ДЕЛАТЬ
НЕЧЕГО...

ПРИДЁТСЯ МНЕ
ОСТАТЬСЯ ТУТ
ПОДОЛЬШЕ!

ЧЕГО?

ЧТОБЫ УВИДЕТЬ ВМЕСТЕ
С ТОБОЙ БУДУЩЕЕ
ЭТОЙ ПЛАНЕТЫ!

—!

И СКОЛЬКО ТЫ ТУТ
ЕЩЁ СОБИРАЕШЬСЯ
ТОРЧАТЬ?

НУ, ЛАДНО.

АА,
ИМЕННО!!

ТЕПЕРЬ УЖЕ
ДЕВАТЬСЯ НЕКУДА.

ИТАК...

УЗНАЕМ ПОБОЛЬШЕ
ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ!
РАДИ СВЕТОГО БУДУЩЕГО!

ЗАВЕРШИМ НА
ЭТОМ.

Приложение. Основы электричества

СНАЧАЛА, ТЕРМИНЫ,
ДА? НУ, НЕМНОГО О
НИХ Я УЖЕ СЛЫШАЛА.



Термины и единицы измерений, связанные с электричеством



Напряжение мера действия силы, стремящейся вызвать ток. Обозначается буквой V , единица измерения В (вольт)

Ток количество электричества, протекающего за одну секунду. Обозначается буквой I , единица измерения - А (Ампер)

Мощность работа, совершаемая за одну секунду протекания тока. Обозначается буквой P , единица измерения Вт (Ватт)

Сопротивление ... мера действия силы, затрудняющей ток. Обозначается буквой R , единица измерения - Ом

Нагрузка объекты, расходующие электроэнергию: бытовые электроприборы, электродвигатели (приводы) на заводах и т.п.



Важные формулы, связанные с электричеством

- Мощность P = Напряжение V \times Ток I
- Закон Ома
(ток прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален сопротивлению)

$$\text{Ток } I = \frac{\text{Напряжение } V}{\text{Сопротивление } R}$$

УБЕДИТЕСЬ, ЧТО
ЗНАЕТЕ ВАЖНЫЕ
ФОРМУЛЫ!

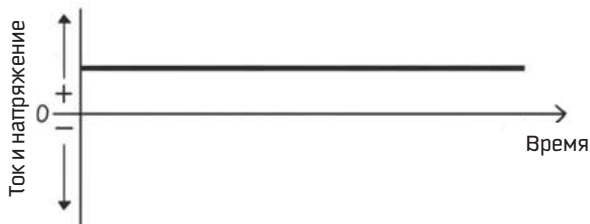




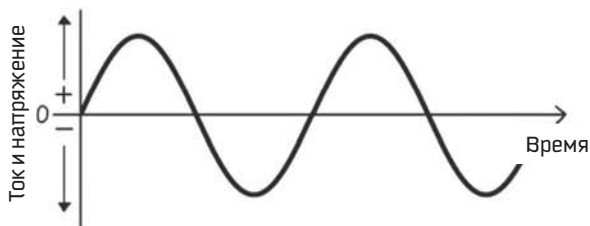
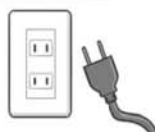
Постоянный ток и переменный ток

Электрический ток можно разделить на два рода: ток от батарейки - это постоянный ток, а ток от розетки в доме — переменный ток.

Постоянный ток



Переменный ток



Взгляни на графики выше. В случае постоянного тока, ток и напряжение не изменяются, сколько бы времени ни прошло, а в случае переменного тока, ток и напряжение периодически изменяются с течением времени. Изменение электрического сигнала (тока, напряжения), изображённое в виде таких графиков - это «форма волны».

ВОТ ОНО ЧТО?! ЗНАЧИТ, В
ТОК РОЗЕТКЕ -
ПЕРЕМЕННЫЙ!...

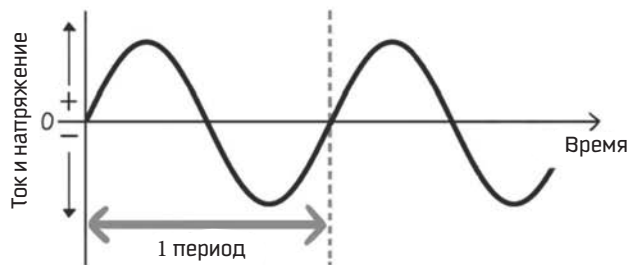
... И ФОРМА ВОЛНЫ У НЕГО
ВОЛНИСТАЯ! ЭТО Я
ЗАПОМНЮ!





О ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ НАДО
ЗАПОМНИТЬ ЕЩЁ КОЕ-ЧТО.
ЭТО **ЧАСТОТА** И **ФАЗА**.

Частота



На графике выше изображена форма волны переменного тока в розетке бытовой электрической сети. Временной интервал, содержащий ровно один гребень и одну впадину, называют периодом, а количество периодов за одну секунду - **частотой**. Единица измерения частоты - Гц (герц). В западной части Японии частота равна 60 Гц, а в восточной - 50 Гц.

Фаза

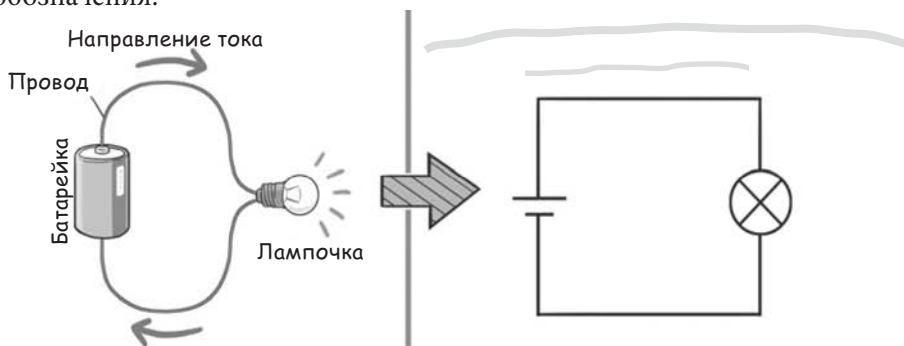


На рисунке выше в одной системе координат изображены два графика, показывающие формы волн тока и напряжения для переменного тока. Иногда между током и напряжением возникает такой вот временной сдвиг, который называют **фазой** или разностью фаз.



О принципиальных электрических схемах

Принципиальная электрическая схема — это схематическое изображение электрической цепи (замкнутого пути, по которому течёт ток). На ней для изображения электрической цепи используются упрощённые графические обозначения.



«Различные графические обозначения»

Источники питания постоянного тока	Источники питания переменного тока	Сопротивления
Батареи и т.п. Обратите внимание на разную длину чёрточек, обозначающих плюсовой и минусовой полюса.	Электростанции – ТЭС, ГЭС и др. Розетки бытовой электросети тоже могут считаться источниками питания переменного тока.	Нагрузка, потребляющая активную мощность, является сопротивлением.
Лампы накаливания	Катушки индуктивности	Конденсаторы
Лампы, излучающие свет благодаря нагреву тугоплавкой проволоки при прохождении тока.	Графическое обозначение символизирует витки намотанного провода.	Графическое обозначение символизирует две металлические пластины.
★ Подробнее рассмотрены на следующей странице!		

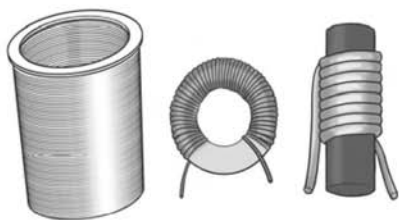


Катушки индуктивности и конденсаторы

Назначение катушек индуктивности и конденсаторов зависит от того, в какой электрической цепи они используются. Когда вы встречаете их на схемах, полезно поразмышлять о том, какую роль они там исполняют.

Катушки индуктивности

Могут находиться внутри электродвигателя или быть частью антенны приёмника. Кроме того, играют очень важную роль в таких устройствах, как генераторы и трансформаторы. В электроэнергетике их иногда также называют «реакторами».



Конденсаторы

Это устройства, которые могут временно запасть электрическую энергию.

Используются в различных частях электрических цепей, применяются для уменьшения потерь электроэнергии.



КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ -
ЭТО ВСЕГО ЛИШЬ НАМОТАННЫЙ
ПРОВОД, А ТАКУЮ ВАЖНУЮ
РОЛЬ ИГРАЕТ...



ПОДРОБНОСТИ ОБЪ-
ЯСНЕНЫ В ОСНОВНОЙ
ЧАСТИ ЭТОЙ КНИГИ...

ТОЛЬКО ЗАПОМНИ ОСНОВ-
НУЮ ИНФОРМАЦИЮ
О ТОКЕ, ИЗЛОЖЕННУЮ
ЗДЕСЬ.



ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматические выключатели
цепей—153,155
Автоматический выключатель—118
Активный метод обнаружения
островного режима—198
Амперный прерыватель—153,154
Атом—81
Атомная электрогенерация—48,79
Атомное ядро—81,82
Атомные электростанции (АЭС)—91

Б

Базовый режим генерации—74,75
Бесперебойность
электроснабжения—197

В

Вводная линия—133,150
Ветровая нагрузка—115
Ветровая электрогенерация—179
Ветровая энергия—180
Ветряная турбина крыльчатого
типа—182
Ветряная турбина поперечного
потока—182
Ветряные турбины голландского
типа—182
Ветряные турбины многолопастного
типа—182
Ветряные турбины с вертикальной
осью—182
Ветряные турбины с горизонтальной
осью—182
Ветряные турбины типа
Савониуса—182
Вид топлива—74

Внутренняя электропроводка—150
Воздушные ЛЭП—98
Возобновляемая энергия—24,177,197
Волновая электрогенерация—63
Впуск—71
Вторичная сторона
трансформаторной подстанции—119
Вторичная энергия—17
Вторичные гальванические
элементы—191
Выбросы углекислого газа—54
Выпуск—71
Высоковольтная линия—133,146
Высоковольтное
электрораспределение—145,146,148
Высшие гармоники—34

Г

Газовая турбина—68,69,72
Газовые микродвигатели—72
Газовые микротурбины—72
Газотурбинная электрогенерация—68
Газотурбинный привод—68
Гаситель скручивания—109,112
Генератор—47
Генератор однофазного тока—50
Генератор трёхфазного тока—50,51
Геотермальная электрогенерация—77
Гидравлическая электрогенерация
(гидрогенерация)—48,49,52
Гидрогенерация в естественном
режиме реки—56
Гидрогенерация с водохранилищем
малого объёма—56

Гидрогенерация с водохранилищем
большого объёма—56

Гидрогенерация с
гидроаккумуляцией—57

Гидротурбина—49

Гидроэлектростанции (ГЭС)—41,58,91

Графики суточных нагрузок—21,73

Грозозащитные тросы—98,99,107,112

Громоотвод—106,112,118

Групповая цепь—156

Грязестойкие линейные
изоляторы—110,111

Д

Двигатели внешнего сгорания—70

Двигатель внутреннего сгорания
(ДВС)—70

Двухслойный электрохимический
конденсатор (EDLC)—191,193

Деление атомного ядра—82

Деривационная схема—62

Джоулево тепло—97

Дивертификация
электроэнергетики—92

Дизельный и газовый
двигатели—70,71

Диск Араго—168,169

Диспетчерские пункты—44

Дистанционная распорка—109

З

Заземление—107,138

Заземление класса А —139

Заземление класса В —139

Заземление класса С —139

Заземление класса D—139

Заземлённый провод—138,153

Замедлитель—87,88

Защита от солевого
повреждения—110

Защитные дугоотводящие
рога—106,112

Земля—107

Зона нечувствительности—198

И

Изменение места установки
оборудования—111,112

Индукционные счётчики
электроэнергии—168,169

Инновация—196

Интеллектуальные счётчики
электроэнергии—170

Интеллектуальные
энергосистемы—196

Информационные технологии—195

Инфраструктура—196

Использование водоотталкивающих
покрытий—111,112

Источник стабилизированного
питания—186

К

Кабель СПЭ—102

Камера сгорания—68

Катушка индуктивности—136,193,214

Качество электроэнергии—31,33

Кинетическая энергия—65

Кипящий реактор—84

Ковшовая гидротурбина (турбина
Пелтона)—61

Когенерация—71

Количество волн—39

Кольцевая схема
электроснабжения—148

Компрессор—68

Конденсатор водяного пара—66

Конденсаторы—214

Короткое замыкание—108

КПД преобразования энергии—53

Кратность запасов—25

Критическое состояние—83

Л

Лёгкая вода—87

Легководный реактор—84

Либерализация
электроэнергетики—178

Линейный изолятор—98

М

Малая гидроэнергетика—63

Мачтовый трансформатор—132,133

Межсистемные связи—124

Меры защиты от налипания
снега—108

Меры молниезащиты—105

Микросети (микроэнергетические
системы)—195

Многовальная конструкция—69

Мощность—210

Мультивольтажные изделия—164

Н

Нагрузка—210

Нагрузка от обледенения—115

Накопители электроэнергии—189,197

Напряжение—30,210

Натрий-серная батарея—192

Нейтральный провод—138,153,159

Нейтроны—81,82

Низковольтная линия
освещения—133,147

Низковольтная линия питания
приводов—133,147

Низковольтные линии—146

Низковольтные системы
электрораспределения—145,147

О

Обеднённый слой—185

Обмотка—47,50,134

Обнаружение островного
режима—198

Однофазная двухпроводная
система—135,136,159

Однофазная трёхпроводная
система—135,137,159

Однофазный ток—38,39

Окислительно-восстановительная
реакция—192

Оптимальное сочетание—92

Освещение—133,135,140,144,147

Островной режим—198

Отдельная цепь—157

Отключения электроэнергии—34

Отскок провода вверх—108

Охладитель (теплоноситель) ядерного
реактора—87

Охладитель конденсатора водяного
пара—66

Оценка качества электроэнергии—34

П

Паровая турбина—67,68,69

Паротурбинная генерация—67,68

Пассивный метод обнаружения
островного режима—198

Первичная сторона
трансформаторной подстанции—119

Первичная трансформаторная
подстанция—120

Первичная энергия—17

Переменный ток—30,38

Перераспределение
электроэнергии—36

Переходной режим генерации—74,75

Пиковый режим генерации—74,75

Планирование электроснабжения—44

Плотинная схема компоновки ГЭС—
62

Плотинно-деривационная схема компоновки ГЭС—62
Пляска проводов—108
Подземные ЛЭП—98,101,102,103
Подземная электропередача—101
Полезный напор—59
Политика ослабления ограничений—178
Полный напор—59
Понижающий трансформатор—164
Поражение электрическим током—198
Поставляемое напряжение—34
Постоянный магнит—47
Постоянный ток—211
Потери напора—59
Потери передачи—97
Потребление электроэнергии—19,21
Преобразователи с линейной коммутацией—124
Прерыватель по току утечки—153,155
Приводы—144,147
Принципиальная электрическая схема—213
Приоритет воды над огнём—77
Приоритет огня над водой—77
Проблема НИМБИ—126
Пробой на землю—106
Провисание—113,127
Провода напряжения—153,159
Прогнозы потребления электроэнергии—23
Промежуточная трансформаторная подстанция—120
Проточный редокс-аккумулятор—192

Р

Работы по заземлению—107,112

Радиальная схема электроснабжения—148
Радиально-осевая гидротурбина (турбина Френсиса)—61
Разделение электрогенерации и электропередачи—178
Разъединитель—118
Районные распределительные пункты—44
Распределённая электрогенерация—176,177
Распределённые источники электроэнергии—176,177,197
Распределительная трансформаторная подстанция—120
Распределительный щит (ЩР)—150,186
Раствор ванадия—192
Расход электроэнергии в режиме ожидания—29
Реактор с водой под давлением—84
Регулирующие стержни—84,86
Ротор Дарье—182

С

Самокоммутация—124
Сверхвысоковольтная трансформаторная подстанция—120
Сверхвысоковольтное электрораспределение—145,146,149
Сверхпроводящий индуктивный накопитель (SMES)—193
Свинцово-кислая батарея—191
Свободная конкуренция—178
Сгорание—71
Сеть с работой ряда трансформаторов на одни шины (spot network)—149
Сеть с регулярной структурой—149
Сжатие—71
Сжиженный природный газ (СПГ)—74
Сила давления водяного пара—67

Силовой кабель—102
 Системные распределительные пункты—44
 Системы электрогенерации нового поколения—72
 Системы электрораспределения для освещения—140
 Системы электрораспределения для питания приводов—140
 Скачки напряжения—34
 Снегоотталкивающее кольцо—109,112
 Соединение фаз звездой—143
 Соединение фаз открытым треугольником—143
 Соединение фаз треугольником—143
 Соккрытие оборудования и аппаратуры—111,112
 Солнечная батарея—183,184,186
 Солнечная электрогенерация—183
 Солнечный модуль—183,184
 Сопротивление—210
 Спираль снеготаяния—109,112
 Сталеалюминиевый кабель—100
 Стоимость генерации—80
 Схемы соединения фаз—142
 Счётчики электроэнергии—150,152,168

Т

Тепловая электрогенерация—16,48,65,75,79
 Тепловая электрогенерация на СПГ—91
 Тепловая энергия—65
 Тепловые электростанции (ТЭС)—16
 Термоокеаническая электрогенерация—63
 Типы гидрогенерации—55
 Типы штепсельных розеток—160
 Ток—210
 Ток утечки на землю—154

Топливная сборка—85
 Топливная таблетка—83,85
 Топливные стержни—84,85
 Топливный элемент—72
 Трансформатор—10,118,134
 Трансформаторная подстанция (ПС)—10, 120
 Трансформация—40,95
 Трёхфазная трёхпроводная система—142
 Трёхфазная четырёхпроводная система—141,144
 Трёхфазные синхронные генераторы—39,51
 Трёхфазный ток—38,39
 Три группы обмоток—51
 Турбина—48,68
 Турбина Каплана—61
 ТЭС на каменном угле—74
 ТЭС на нефти—74

У

Удар молнии—198
 Уран—85
 Уран-235—82,83
 Уран-238—82
 Усиление электроизоляционных свойств линейного изолятора—110,112

Ф

Фаза—212
 Фактическая длина провода—127
 Фотоэлектрический элемент (фотоэлемент)—184

Х

Химическая энергия—16,65,79

Ц

Централизованная электрогенерация—176

Центральный распределительный пункт—44

Цепная реакция—83

Ч

Частота—30,32,34,212

Чистка линейных изоляторов—111,112

Э

Эксплуатация электроэнергетической системы—44

Электрогенерация—10,46,47,48

Электрогенерация из биомассы—76

Электрогенерация из отходов—76

Электрогенерация комбинированного цикла—69

Электрогенерация на ДВС—70

Электрогенерация, трансформация, электропередача и электрораспределение—41

Электрогенерация, электропередача и электрораспределение—40

Электродвигатель—33

Электронные счётчики электроэнергии—170

Электропередача—10,94,95

Электропередача постоянного тока высокого напряжения (HDVC)—124

Электрораспределение—10,132

Электростанции—10

Электроэнергетические системы—40

Электроэнергия—15,65

Энергетическая сеть—36

Энергетические ресурсы—17,24

Энергия—14

Энергия деления атомных ядер—79

Энергосбережение—28

Эпоха оптимального сочетания—77

Эффективное использование энергии—197

Я

Ядерный реактор—84

• Автор
Фудзита Горо

Родился в 1970 году в г.Токио. В 1997 году закончил докторантуру кафедры технологических исследований университета Хосэй со специализацией по электротехнике. В том же году стал научным сотрудником кафедры технологических исследований Токийского столичного университета. В 1998 году поступил на работу в Технологический университет Сibaура. В настоящее время является профессором кафедры электротехники отделения электротехники и электроники Технического факультета, заведует лабораторией электроэнергетических систем, имеет степень доктора технических наук, сертификат инженера в области электротехники и электроники, сертификат старшего инженера-электротехника 1-ой категории.

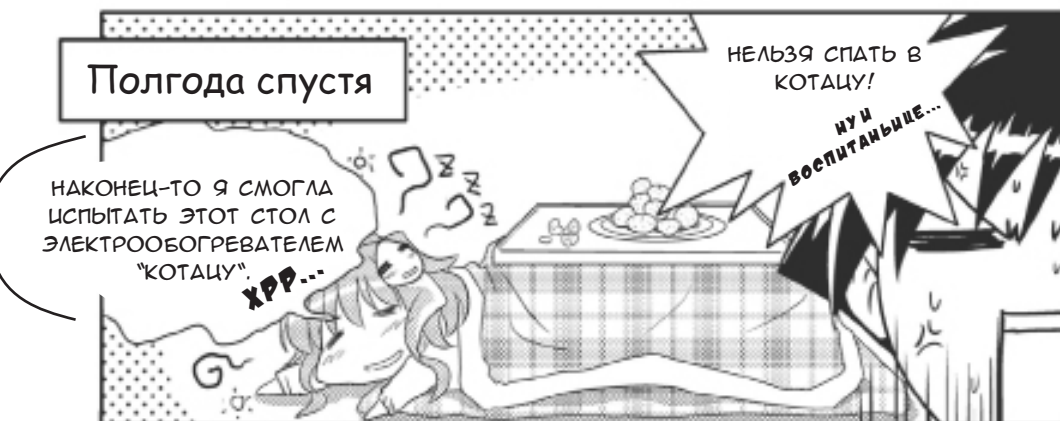
• Художник
Тонаги Такаси

• Оформление
Office sawa

• В работе над этой книгой автору помогли

учащиеся Лаборатории электроэнергетических систем:

Исикава Кодзиро, Оно Кэнто, Касай Юхи, Касори Акихико, Канэко Наоки, Катаока Хисаюки, Косикава Хирофуми, Сотомэ Кэндзи, Фудзихаси Тацуро, Хосино Томохиро



Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «Планета Альянс» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу:

115487, г. Москва, 2-й Нагатинский пр-д, д. 6А.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: **www.aliants-kniga.ru**.

Оптовые закупки: тел. **(499) 782-38-89**.

Электронный адрес: **books@aliants-kniga.ru**.

Фудзита Горо (автор), Тонаги Такаси (художник)

Занимательная электротехника. Генерация, передача и распределение электроэнергии. Манга

Главный редактор *Д. А. Мовчан*

dmkpress@gmail.com

Перевод с японского *А. Б. Клионский*

Научный редактор *А. Н. Рабодзей*

Корректор *Г. И. Синяева*

Верстальщик *А. Б. Клионский*

Формат 70×100 1/16.

Усл. п. л. 21,75. Тираж 500 экз.

Веб-сайт издательства ДМК Пресс: www.dmkpress.com

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

СТУДЕНТ ФАКУЛЬТЕТА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ ПО ИМЕНИ НАМИКИ ИМЕЕТ СТРАННОЕ ХОББИ – В СВОБОДНОЕ ОТ УЧЁБЫ ВРЕМЯ ОН ФОТОГРАФИРУЕТ ОПОРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ. ЭТО УВЛЕЧЕНИЕ СВОДИТ ЕГО С ЦНОПЛАНЕТЯНКОЙ ЮЮМО, ПРИЛЕТЕВШЕЙ НА ЗЕМЛЮ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ. ВМЕСТЕ С ГЕРОЯМИ МАНГИ ВЫ ПРОЙДЁТЕ ПО ВСЕМ ЭТАПАМ ПРОЦЕССА СНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ, ПОЗНАКОМИТЕСЬ С УСТРОЙСТВОМ И РАБОТОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ИЗУЧИТЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ, ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. КРОМЕ ТОГО, ВЫ ПОЛУЧИТЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПРОБЛЕМАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ ДАННОЙ ОТРАСЛИ.

Интернет-магазин: www.dmkpress.com

Книга-почтой: orders@aliants-kniga.ru

Оптовая продажа: "Альянс-книга".
(499)782-3889. books@aliants-kniga.ru

ДМК
ИЗДАТЕЛЬСТВО
www.dmk.pf

ISBN 978-5-97060-402-1



9 785970 604021 >

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



Фудзита Горо
Тонаги Такаси
Office sawa