

## О ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*«Из глубины веков доходят до нас легенды о колдунах»... Кто бы мог подумать, что так может начинаться диплом по электротехнике.*

*В воскресной школе идёт урок.*

*Батюшка: «А скажи мне, отрок, как образуется электрический ток?»*

*Ученик: «С божьей помощью!»*

*Батюшка: «Молодец, садись».*

*– Дети, кто знает, откуда берётся электричество? – спрашивает учительница.*

*– Из джунглей, – выкрикивает Вовочка.*

*– Почему ты так думаешь?*

*– А когда сегодня мой папа хотел побриться, он воскликнул: «Опять эти обезьяны электричество отключили!»*

*Сообщение в газете: «В Китае создана новая мощная электростанция – тысячи китайцев в шерстяной одежде (в шёлковых трусиках) скатываются по эбонитовой (стеклянной) горке».*

А если серьёзно..., то для производства электроэнергии в серьёзных масштабах необходим генератор электрического тока. Такой имеется на любой электростанции: ТЭС, ГЭС, АЭС... (Знаете, как расшифровываются эти аббревиатуры?) Вращающаяся турбина крутит катушку с проводом в магнитном поле и в ней создаётся переменная электродвижущая сила.

*Физик: «Что бы было, если бы Майкл Фарадей не открыл явления электромагнитной индукции и генератор переменного тока не был бы создан?»*

*Блондинка: «До сих пор бы смотрели телевизор при свечах?»*

*Я не знаю, что значит «Анод» и «катод»,*

*У меня и без этого много забот,*

*Но пока ты течёшь, электрический ток,*

*Не иссякнет в кастрюле моей кипяток.*

Весьма современный и прагматичный подход.

*Программа «Время». Репортаж с торжественного запуска какой-то гидроэлектростанции. Корреспондент восторженно произносит: – Начинают вращаться лопасти турбин, и электрический ток МЕДЛЕННО пошёл по проводам...*

*Хочется всплакнуть – когда же он дойдёт до нас, потребителей?..*

*Живём в эпоху научного чародейства.*

*– Ты волшебник?!*

*– Нет, я физик... Но для тебя это одно и то же.*

И все это было бы смешно, когда бы не было так грустно.

В попытке локально изменить ситуацию, сотрудник Театра Занимательной Науки приглашает всех к своему стенду.

Он щёлкает ключом на чёрной коробочке (крайней слева), включая «генератор электростанции». В нашем случае его роль играет маломощный трансформатор, дающий на выходе переменное напряжение в четыре вольта.



*Преподаватель по электротехнике спрашивает на экзамене студента: «Какой ток идёт у нас в сети: постоянный ток или переменный?»*

*Студент отвечает: «Постоянный».*

*Преподаватель: «А как ты догадался?»*

*Студент: «Так видите лампочки не мигают, значит, постоянный!»*

И всё-таки переменный. Этой особенностью нам ещё предстоит воспользоваться.

В России (и в мире) первое место по производству электроэнергии на данный момент занимают тепловые электростанции (ТЭС), второе – гидроэлектростанции (ГЭС) и третье – атомные (АЭС). Пусть наша коробочка будет ГЭС. Генератор реальной электростанции выдаёт 10-20кВ, коробочка – 4В. Убедимся, сможет ли она обеспечить электроэнергией целый «город» – маленькую лампочку (на 3,5В).

Ведущий соединяет двумя проводниками клеммы «генератора» с лампочкой-потребителем, расположенной рядом с ним.

– Представьте, что мы наблюдаем город с орбиты Земли.

И вот уже лампочка-«город» сияет в «ночи».

– Гидроэлектростанции выгодно строить на полноводных горных реках. Наиболее крупные ГЭС находятся на сибирских реках Енисее и Ангаре, а города-потребители – в европейской части страны.

*Разговор экзаменатора и студента:*

– В чём измеряется сила тока?

– В километрах.

– ???

– Ну, так провода же тянутся, тянутся...

Действительно, существует проблема передачи электроэнергии на многие сотни километров от места её получения к месту её потребления.

– А в чём проблема-то?..

*Заходит некто в магазин:*

– У вас продается удлинитель?

– Удлинитель чего???

– Построим линию электропередачи (ЛЭП) и решим проблему!

Ведущий отсоединяет провода генератора от ближайшей лампочки и перекидывает их на ЛЭП. В нашем случае – это длинные провода с большим удельным сопротивлением (два куска нихромовой проволоки, сопротивлением по 50 Ом), навитые на плоски диэлектрика.

*Если одной рукой взяться за один конец оголённого провода, а другой рукой за другой конец, то Вы поймёте, почему загорается лампочка.*



Когда же Ведущий соединяет концы ЛЭП проводниками с лампочкой на другом краю стенда – она не загорается.

– Непонятно!

– Привет, Серёга, у меня тут проблема в проводке возникла... ты же электрик?

– Нет, я токарь!

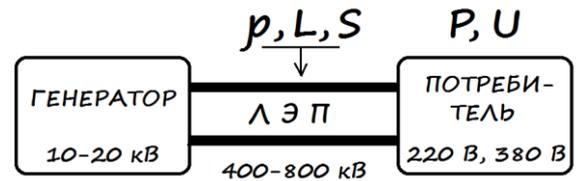
– Ну, всё равно же с током связан, пойдём, поможем!

Генератор энергию отправил, а потребитель не получил. В чём дело?.. Оказывается, произошла потеря мощности в проводах ЛЭП, электрический ток их нагрел. Это бесполезная трата! До лампочки почти ничего не дошло. Как быть?..

На практике – увеличивают напряжение передачи до 400-800кВ, а затем понижают для нужд потребителя до 380, 220В. Зачем – непонятно. Волшебство какое-то. Давайте разбираться...

В правительство поступила жалоба от электриков. На всех столбах написано: «Не влезай – убьёт!» Но ведь если влезть, то тоже убьёт. Надо что-то решать с этой безысходностью.

Пусть потребителю передаётся мощность  $P$  при напряжении  $U$ . Расстояние между генератором и потребителем –  $L$ , ЛЭП – двухпроводная, где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника, а  $\rho$  – его удельное сопротивление.



Тогда, по закону Джоуля-Ленца потери мощности в проводах определяются формулой:

$$\Delta P = I^2 R_{\text{ЛЭП}} \quad (1).$$

Мощность потребителя:  $P = IU \cos\varphi$ ,

где  $\cos\varphi$  – коэффициент мощности, определяемый соотношением активной и реактивной нагрузки потребителя.

Следовательно,

$$I = P / U \cos\varphi \quad (2).$$

Такой же по величине ток пойдёт и по проводам ЛЭП.

У электрика спрашивают:

– А что это в распределительном щите так шумит?

– Это... косинус Фи...

Сопротивление проводов линии:

$$R_{\text{ЛЭП}} = 2 \rho L / S \quad (3).$$

(2), (3) → (1):

$$\Delta P = \frac{2 \rho L P^2}{S U^2 \cos^2 \varphi}$$

Параметры  $P$ ,  $L$  и  $\cos\varphi$  заданы условием, их не изменить. Анализ полученной формулы показывает, что уменьшение ( $\downarrow$ )  $\Delta P$  можно добиться следующими способами:

- 1)  $\downarrow \rho$  (вместо алюминия – медь и серебро...). Не перспективно! ☹ (Если не рассматривать явление сверхпроводимости).
- 2)  $\uparrow S$  (это приведёт к увеличению  $\uparrow$  массы проводов и изменению конструкции опор ЛЭП). Не перспективно! ☹
- 3)  $\uparrow U$ . Перспективно! ☺

Сидят две вороны на ЛЭП:

– Какие всё-таки люди неблагодар-р-рные! Мы их предупреждали, что на проводах высокое напряжение?

– Да, предупреждали, а они говорят, что мы накар-р-ркали!

Доказано – повышение напряжения передачи – необходимость. (Подумайте, есть ли предел такому повышению, и чем он определён?)

Студент сдаёт экзамен по электротехнике. Отвечает прекрасно, поражает экзаменатора своими знаниями, тот ставит ему «отлично», а потом спрашивает: – Слушайте, неужели вы действительно всё так блестяще понимаете?

– Да не всё, – мнётся студент. – Есть у меня один неясный вопрос. Ведь переменный ток – он вот такой – студент чертит в воздухе синусоиду. – Так почему же он по прямым проводам проходит?..

(На самом деле амплитуда синусоидального тока не должна превышать диаметр провода).

Но каким образом можно повышать и понижать (трансформировать) синусоидальное напряжение?

Глубокая ночь. Звонит телефон. Сонный мужчина берёт трубку: – Алло!

Голос: – Это телефон 220-380?

– Да.

– Прикольно, прямо как трансформатор...

На нашем стенде два трансформатора: первый – повышающий с 4В до 120; второй – понижающий со 120В до 4. Во сколько раз увеличивается напряжение, во столько раз уменьшается ток (и наоборот), а значит, преобразуемая мощность – остаётся постоянной.

– Как работает трансформатор?

– Ж-ж-ж-ж-ж...

– Неправильно, у-у-у-у-у...

– Наша высоковольтная ЛЭП на стенде закрыта куском изолирующего оргстекла.

– В чём особенность переменного тока?

– Нет – нет, да ударит.

На стенде – безопасность! Ведущий соединяет генератор с первичной обмоткой повышающего трансформатора, его вторичную обмотку с началом ЛЭП, её концы с первичной обмоткой понижающего трансформатора, а вторичную обмотку – с лампочкой. Щелчок выключателя... и лампочка загорается!

Не так ярко, как первая, но горит. А это значит, что потери в ЛЭП уменьшились (как и было предсказано), и до потребителя дошла большая часть электроэнергии.

Надпись над розеткой: «Суперакция! Подключи прибор на 200 вольт, и получи 20 вольт бесплатно!»

– Интересно, куда девается электрический ток, когда мы выключаем свет?

– Загляните в холодильник!

Троекратное «Ура!», мы справились с поставленной задачей. Электроэнергия циркулирует по стране.

Давайте в честь наших заслуг город Омск переименуем в Вольт-на-Амперск! И всякий раз, выключая у себя в доме свет, будем вспоминать, что где-то далеко-далеко облегчённо вздыхает турбина...

