

в начальный момент времени $t_0 = 0$ напряжение на конденсаторе равно $U_0 = 48$ В, а сила тока в катушке $I_0 = 0$, T — период колебаний в контуре.

6. Входной контур радиоприемника содержит катушку индуктивностью $L = 0,32$ мГн. В каких пределах должна изменяться емкость C конденсатора контура, чтобы радиоприемник мог принимать сигналы радиостанции, работающей в диапазоне частот от $\nu_1 = 8,0$ МГц до $\nu_2 = 24$ МГц?
7. Имеются два колебательных контура. Один содержит конденсатор емкостью $C_1 = 240$ мФ и катушку индуктивностью $L_1 = 10,0$ мГн, второй — $C_2 = 260$ мФ и $L_2 = 6,00$ мГн. Настроены ли эти контуры в резонанс? Во сколько раз k необходимо изменить емкость C_2 или индуктивность L_2 , чтобы настроить эти контуры в резонанс?



§ 8. Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный электрический ток

- Если в электрическую цепь включить источник переменной ЭДС (аналог переменной силы в механической колебательной системе), то в цепи могут возникнуть вынужденные электромагнитные колебания, не затухающие с течением времени. Как получить такие колебания? Где и каким образом они используются?



Магнитный поток Φ однородного поля через плоскую поверхность равен произведению модуля индукции B магнитного поля на площадь поверхности S и косинус угла α между индукцией $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к поверхности $\Phi = BS \cos \alpha$.

Закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции в контуре равна скорости изменения пронизывающего его магнитного потока, взятой с противоположным знаком $\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

Незатухающие электромагнитные колебания находят широкое применение в науке и технике. Для получения незатухающих колебаний необходимо компенсировать потери энергии в контуре. Для механических колебаний это достигается действием периодической внешней силы, в результате чего в системе возникают вынужденные колебания. Аналогично этому **вынужденные электромагнитные колебания** в колебательном контуре происходят под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС или внешнего изменяющегося напряжения.

Вынужденные электромагнитные колебания в электрической цепи называются *переменным электрическим током*.

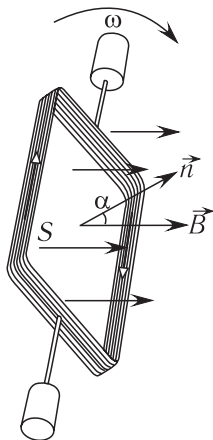


Рис. 56. Вращение проводящей рамки в магнитном поле

Ток, сила и направление которого периодически меняются, называется переменным.

Основная часть электроэнергии в мире в настоящее время вырабатывается *генераторами переменного тока*, создающими напряжение, изменяющееся по синусоидальному закону. Такая же функциональная зависимость силы тока от времени позволяет, по сравнению с другими зависимостями, наиболее просто и экономично осуществлять передачу, распределение и использование электрической энергии.

Электротехническое устройство, предназначенное для преобразования механической энергии в энергию переменного электрического тока, называется *генератором переменного тока*.

Принцип действия индукционного генератора переменного тока основан на **явлении электромагнитной индукции**.

Пусть проводящая рамка площадью S вращается с угловой скоростью ω вокруг оси, расположенной в ее плоскости перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля индукцией $\vec{B}$ (рис. 56).

При равномерном вращении рамки угол α между направлениями индукции магнитного поля и нормали к плоскости рамки меняется с течением времени по линейному закону: $\alpha = \omega t$.



В этом случае ЭДС индукции изменяется по синусоидальному закону (рис. 57):

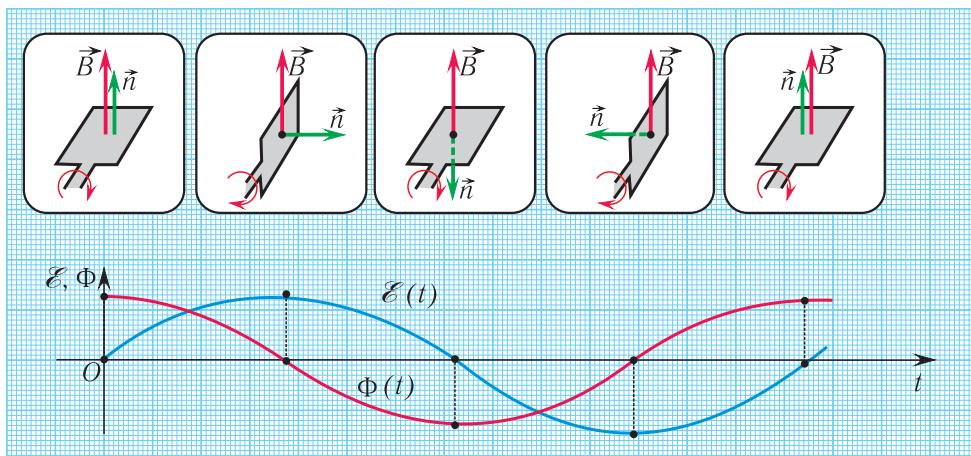


Рис. 57. Возникновение ЭДС индукции при вращении проводящей рамки в магнитном поле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_0 = BS\omega$ — амплитудное (максимальное) значение ЭДС.

При подключении к выводам рамки устройства, потребляющего энергию (например, нагрузки с достаточно большим сопротивлением $R \gg r$ (r — сопротивление рамки)), по нему будет проходить переменный электрический ток (рис. 58).

По закону Ома для полной цепи мгновенная сила тока прямо пропорциональна ЭДС (см. § 26 Физика, 10):

$$I = \mathcal{E} \frac{1}{R} = \frac{BS\omega}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t, \quad (2)$$

где $I_0 = \frac{BS\omega}{R}$ — максимальное значение силы тока.

Анализируя выражения (1) и (2), можем сделать вывод, что в цепи, содержащей, кроме рамки, только сопротивление R , колебания напряжения и силы тока совпадают по фазе, одновременно достигая максимумов и минимумов.

В общем случае (например, при наличии в цепи конденсатора и (или) катушки индуктивности) колебания силы тока в цепи и напряжения на конденсаторе или катушке индуктивности будут происходить с одинаковой частотой ν , но не будут совпадать по фазе:

$$U = U_0 \sin(\omega t + \Delta\varphi) = U_0 \sin(2\pi t + \Delta\varphi),$$

где U_0 — амплитудное значение напряжения на конденсаторе или катушке, $\Delta\varphi$ — разность (сдвиг) фаз колебаний силы тока и напряжения.

Подчеркнем, что ток в цепи проходит в одном направлении в течение полуоборота рамки, а затем меняет направление на противоположное, которое также остается неизменным в течение следующего полуоборота.

Основными частями индукционного генератора переменного тока являются (рис. 59):

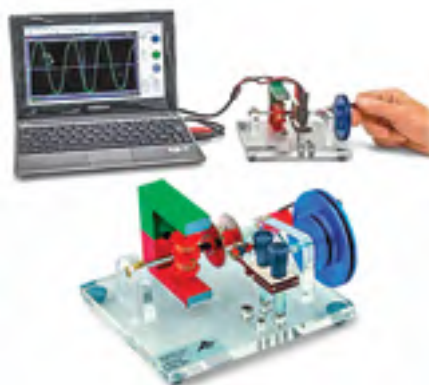


Рис. 58. Вращение проводящей рамки в магнитном поле. Генерация переменного тока

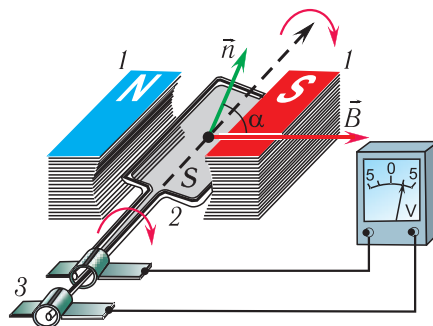


Рис. 59. Части индукционного генератора переменного тока:

1 — индуктор, 2 — якорь,
3 — коллектор со щетками

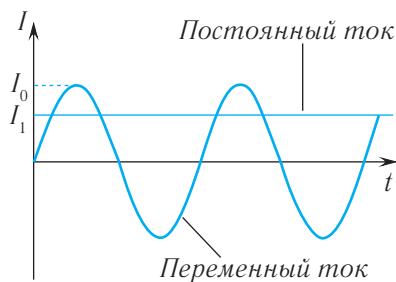


Рис. 60. График зависимости силы тока I от времени t в колебательном контуре и действующее значение переменного тока



Мощные генераторы вырабатывают напряжение 15—20 кВ и обладают КПД 97—98 %.

Рассмотрим новые закономерности, возникающие при подключении электрических цепей к источнику переменного тока.

Пусть источник тока создает переменное гармонически изменяющееся напряжение:

$$U(t) = U_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

Согласно закону Ома сила тока на участке цепи, содержащем резистор сопротивлением R (рис. 60), подключенный к этому источнику, изменяется со временем также по синусоидальному закону:

$$I(t) = \frac{U(t)}{R} = \frac{U_0}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t, \quad (4)$$

где $I_0 = \frac{U_0}{R}$.

Максимальные величины напряжения U_0 и силы тока I_0 называются, соответственно, **амплитудными значениями напряжения и силы тока**. Значения напряжения $U(t)$ и силы тока $I(t)$ в момент времени t называются **мгновенными**.

Зная мгновенные значения $U(t)$ и $I(t)$, можно вычислить мгновенную мощность переменного тока $P(t) = U(t) \cdot I(t)$, которая, в отличие от цепей постоянного тока, изменяется с течением времени.

С учетом (3) и (4) перепишем выражение для мгновенной мощности на резисторе сопротивлением R в цепи переменного тока в виде:

$$P(t) = U(t)I(t) = I^2(t)R = I_0^2 R \sin^2(\omega t).$$

индуктор — постоянный магнит или электромагнит, который создает магнитное поле;

якорь — вращающаяся часть цепи (обмотка), в которой индуцируется переменная ЭДС;

коллектор — контактные кольца и скользящие по ним контактные пластинки (щетки) — устройство, посредством которого ток снимается или подводится к вращающимся частям.

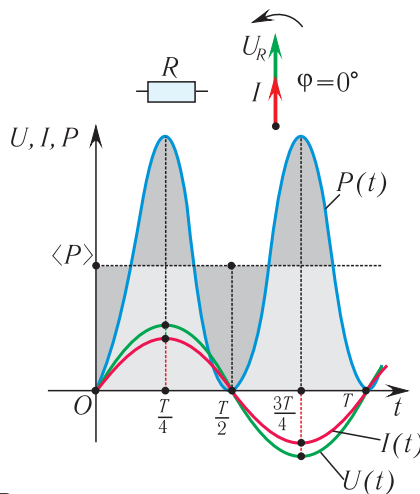
Неподвижная часть генератора называется *статором*, а подвижная — *ротором*.

Рис. 61. Зависимость U , I и P от времени в электрической цепи с сопротивлением R

Поскольку мгновенная мощность меняется со временем, то использовать эту величину на практике в качестве характеристики длительно протекающих процессов невозможно.

Поэтому среднее значение мощности переменного электрического тока за длительный (по сравнению с периодом колебаний) промежуток времени можно найти по формуле (рис. 61):

$$\langle P \rangle = \frac{U_0 I_0}{2} = \frac{I_0^2 R}{2}.$$



► В цепях переменного тока большинство электроизмерительных приборов измеряют действующие значения тока и напряжения, поскольку именно они имеют практическое значение. Действующим значением напряжения в Беларуси в бытовых сетях переменного тока является $U_d = 220$ В, при этом амплитудное значение используемого напряжения $U_0 = \sqrt{2}U_d = 311$ В.

Для увеличения амплитудного значения ЭДС (см. формулу (1)) электромагнитной индукции индукционного генератора переменного тока нужно (при фиксированной частоте вращения якоря) либо увеличивать индукцию магнитного поля, пронизывающего обмотки якоря, либо увеличивать число витков его обмоток. Для увеличения индукции магнитного поля $\vec{B}$ обмотку индуктора размещают в стальном сердечнике, а зазор между сердечниками якоря и индуктора делают как можно меньшим.



1. На каком явлении основана работа индукционного генератора переменного тока?
2. Почему в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, возбуждается ЭДС, от каких величин она зависит?
3. Какой ток называют переменным? Что такое период, частота, фаза переменного тока?
4. Из каких основных частей состоит индукционный генератор переменного тока? Объясните назначение каждой части генератора.
5. Для чего применяется генератор переменного тока?
6. Какое значение переменного тока называют мгновенным? Амплитудным?

Пример решения задачи

В начальный момент времени напряжение на клеммах генератора переменного тока равно амплитудному $U_0 = 310$ В. Частота промышленного переменного тока $\nu = 50,0$ Гц. Найдите напряжение U_1 на клеммах генератора через промежуток времени $\Delta t = 10$ мс.

Дано:

$$U_0 = 310 \text{ В}$$

$$\nu = 50,0 \text{ Гц}$$

$$\Delta t = 10 \text{ мс}$$

$$U_1 = ?$$

Решение

Напряжение на клеммах генератора изменяется по закону:

$$U(t) = U_0 \sin \omega t.$$

Циклическая частота колебаний связана с частотой колебаний как $\omega = 2\pi\nu \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Таким образом, для напряжения U_1 получаем.

$$U_1 = U_0 \sin 2\pi\nu t, \quad U_1 = 310 \text{ В} \sin(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ с}^{-1} \cdot 0,01 \text{ с}) = 0 \text{ В}.$$

Ответ: $U_1 = 0$ В.



Упражнение 8

1. В равномерно вращающейся в однородном магнитном поле рамке индуцируется электрический ток. Закон изменения силы тока определяется соотношением $I = 10 \sin(2\pi t)$ (А). Определите: а) амплитудное I_0 значение силы тока; б) период T и частоту ν его колебаний; в) значение I_1 силы тока в момент времени $t = 20$ мс.
2. Запишите закон изменения силы тока $I(t)$ от времени, исходя из графика на рисунке 62. Определите силу тока в момент времени: а) $t_1 = 5,0$ мс; б) $t_2 = 15,0$ мс.
3. Запишите закон изменения силы тока $I(t)$ от времени, исходя из графика на рисунке 63. Определите силу тока в момент времени: а) $t_1 = 0,010$ с; б) $t_2 = 0,025$ с.

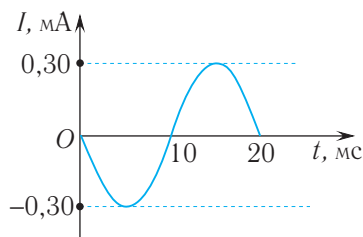


Рис. 62. График зависимости силы тока I от времени в колебательном контуре

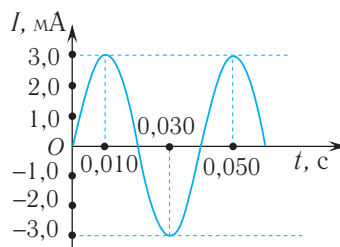


Рис. 63. График зависимости силы тока I от времени в колебательном контуре

4. Запишите закон изменения заряда на обкладках конденсатора от времени, исходя из графика на рисунке 64. Определите заряд в момент времени: а) $t_1 = 1,50$ мс; б) $t_2 = 3,80$ мс. Определите амплитудное I_0 значение силы тока.

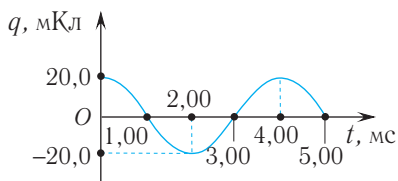


Рис. 64. График зависимости заряда q от времени t в колебательном контуре

5. В цепи переменного тока напряжение изменяется по закону $U = U_0 \sin \omega t$, где $U_0 = 200$ В, $\omega = 50\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите частоту ν переменного тока. На какое напряжение U должна быть рассчитана изоляция проводов?
6. Сила тока в цепи переменного тока изменяется по закону $I = I_0 \sin \omega t$, где $I_0 = 3,0$ А, $\omega = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите частоту ν колебаний тока в цепи.
7. Напряжение на участке электрической цепи, по которому проходит переменный ток, изменяется со временем по закону $U(t) = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$ (В). Определите амплитудное значение напряжения U_0 , если в момент времени $t = \frac{T}{6}$ мгновенное значение напряжения $U = 6,0$ В.



§ 9. Преобразование переменного тока. Трансформатор

Для использования переменного тока на производстве и в быту необходимо уметь изменять его параметры в соответствии с запросами того или иного потребителя. Для этого созданы специальные устройства, позволяющие повышать или понижать напряжение в электрической цепи. Как они устроены? Почему категорически запрещено находиться в помещении, предназначенном для работы только такого устройства?

Генераторы переменного тока создают в расчете на определенные значения напряжения. Для практического использования электрической энергии во всевозможных устройствах и приборах необходимы различные значения напряжений. Для этого используются *трансформаторы* (от лат. *transformo* — преобразую).

Первую модель (прототип) трансформатора создал в 1831 г. Майкл Фарадей, намотав на железное кольцо две изолированные обмотки,

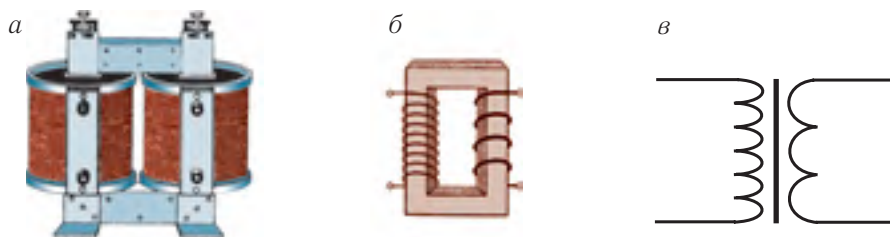


Рис. 65. Трансформатор:
а — общий вид; б — схематическое изображение; в — условное обозначение

которые использовал в своих экспериментах. В 1878 г. русский ученый Павел Николаевич Яблочков впервые использовал трансформатор для изменения напряжения питания изобретенных им источников света — «электрических свечей».

Трансформатор (рис. 65, а) — это электромагнитное устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения с сохранением его частоты.

Трансформатор, увеличивающий напряжение, называют *повышающим*, а уменьшающий — *понижающим*. Схематическое изображение и условное обозначение трансформатора на электрических схемах показаны, соответственно, на рисунке 65, б, в.

Самый простой трансформатор состоит из двух обмоток (катушек), надетых на общий замкнутый сердечник (см. рис. 65, а). Обмотка трансформатора, на которую подается переменное напряжение, называется *первичной*, а обмотка, с которой снимается преобразованное переменное напряжение, — *вторичной*. Число витков в первичной обмотке трансформатора обозначим N_1 , а во вторичной — N_2 .

Обмотки трансформатора могут быть расположены на сердечнике различным образом (рис. 66).

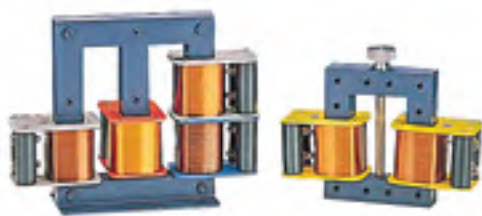


Рис. 66. Различные расположения обмоток трансформаторов

Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Магнитное поле, создаваемое переменным током в первичной обмотке (см. рис. 65, а), благодаря наличию замкнутого сердечника практически без потерь (без рассеяния) пронизывает витки вторичной обмотки. Для этого сердечник изготавливается из

специального (ферромагнитного) материала, что позволяет создаваемое током в обмотках поле практически полностью локализовать внутри сердечника. В результате магнитный поток практически существует только внутри сердечника и одинаков во всех сечениях. Это позволяет считать мгновенные значения магнитных потоков во всех сечениях сердечника одинаковыми.

Пусть первичная обмотка трансформатора подключена к источнику тока с переменной ЭДС и на нее подается напряжение U_1 . Если пренебречь потерями магнитного потока в сердечнике, то согласно закону Фарадея ЭДС индукции, возникающая в каждом витке вторичной обмотки, будет такой же, как ЭДС индукции в каждом витке первичной обмотки. Следовательно, отношение ЭДС в первичной $\mathcal{E}_1 = -N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ и вторичной $\mathcal{E}_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ обмотках равно отношению числа витков в них:

$$\mathcal{E}_1 : \mathcal{E}_2 = \frac{N_1 e}{N_2 e} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (1)$$

где e — значение ЭДС индукции в одном витке.

Вследствие малости электрических сопротивлений обмоток напряжение на них можно считать:

$$U_1 \approx \mathcal{E}_1, \quad U_2 \approx \mathcal{E}_2. \quad (2)$$

Из соотношения (2) следует:

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} U_1, \quad (3)$$

т. е. значение напряжения U_2 на вторичной обмотке пропорционально значению напряжения U_1 на первичной обмотке.

Как следует из выражения (3), в зависимости от отношения числа витков в обмотках напряжение U_2 может быть как больше напряжения U_1 (трансформатор повышающий), так и меньше его (трансформатор понижающий).

Тип трансформатора определяется **коэффициентом трансформации**, который равен отношению числа витков первичной катушки к числу витков вторичной:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (4)$$



Рис. 67. Трансформатор с масляным охлаждением

Как следует из соотношения (4), при $k > 1$ напряжение на вторичной обмотке будет меньше напряжения на первичной ($U_2 < U_1$). Значит, в этом случае трансформатор будет *понижающим*. Соответственно, при $k < 1$ трансформатор будет *повышающим*.

Для предотвращения перегрева мощных трансформаторов используется масляное охлаждение (рис. 67).

Современные трансформаторы являются уникальными устройствами, так как имеют очень высокие КПД (до 98—99 %), т. е. работают практически без потерь.



1. Что называется трансформатором? Опишите устройство простейшего трансформатора.
2. На каком физическом явлении основан принцип действия трансформатора?
3. Что называют коэффициентом трансформации?
4. Какой трансформатор называется повышающим? Понижающим?



§ 10. Производство, передача и потребление электрической энергии

- Жизнь современного общества невозможно представить без использования электроэнергии. Где и как она вырабатывается? Как попадает в наши дома?

Благодаря открытию явления электромагнитной индукции и изобретению генераторов электрического тока появилась возможность превращения механической энергии в электрическую. Электрическая энергия вырабатывается на электростанциях. В зависимости от вида используемого источника энергии все современные электростанции делятся на тепловые, атомные и гидроэлектростанции. Приведем характеристики основных типов электростанций.

Тепловые электростанции (ТЭС) используют теплоту, получаемую при сжигании угля, нефти, мазута, природного газа и других горючих ископаемых (КПД $\eta = 40\%$);

Гидроэлектростанции (ГЭС) используют энергию движущейся воды рек, водохранилищ и иных водных потоков (КПД $\eta = 90 - 93\%$);

Атомные электростанции (АЭС) работают на энергии, выделяющейся при расщеплении ядер урана и плутония (КПД $\eta = 20 - 25 \%$).

Электроэнергию, выработанную на электростанции, необходимо доставить потребителю. При передаче электроэнергии от электростанций к крупным промышленным центрам и городам наиболее часто используют проводные линии передач, которые являются надежным и сравнительно недорогим способом передачи энергии. В соответствии с законом Джоуля — Ленца потери на нагревание проводов (в единицу времени) составляют:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{I_0^2 R}{2}, \quad (1)$$

где I_0 — амплитудное значение силы тока в линии электропередачи, R — сопротивление проводов.

Этих потерь нельзя избежать, но их можно уменьшить. Из формулы (1) следует, что для этого необходимо, по возможности, уменьшить как сопротивление линии электропередачи, так и значение силы тока в ней.

Однако уменьшение электрического сопротивления ($R = \rho \frac{l}{S}$) проводов возможно только за счет увеличения их поперечного сечения, что приводит к значительному увеличению массы проводов, т. е. материальных затрат. Так как уменьшение силы тока в n раз в соответствии с (1) снижает тепловые потери в проводах в n^2 раз, то наиболее эффективно передавать электроэнергию при наименьшем значении силы тока.

Одну и ту же мощность электрического тока в соответствии с соотношением $P = IU$ можно получать с различными сочетаниями напряжения и силы тока, т. е., увеличивая напряжение и уменьшая силу тока, можно оставлять передаваемую мощность неизменной. При этом потери на нагревание проводов будут уменьшаться. Следует отметить, сочетание высокого напряжения и малой силы тока непригодно для применения в бытовых электрических приборах — в них напряжение должно быть низким как для безопасности, так и для упрощения их конструкции. Таким образом, для передачи электрической энергии к потребителю необходимо использовать высокое напряжение, а при использовании в быту — малое.

Для сохранения величины мощности, передаваемой по линии передач, значение напряжения повышают во столько раз, во сколько уменьшают значение силы тока ($I_1 U_1 \approx I_2 U_2$). Поэтому на практике приме-



Рис. 68. Высоковольтная линия электропередачи

няют высоковольтные (сотни тысяч вольт) линии передач (рис. 68). Величина напряжения в линии передачи ограничивается возможностью надежной изоляции и стеканием заряда с проводов в атмосферу при коронном разряде. Это величина составляет ~ 100 кВ. С одной стороны, генераторы переменного тока на электростанциях дают напряжения не более 16—20 кВ, с другой стороны, такие напряжения не могут предлагаться потребителю.

Для безопасного обслуживания потребителей энергии (станков, бытовых приборов и других потребителей) напряжение на них должно быть низким, что легко достигается при использовании понижающих трансформаторов. Понижение напряжения обычно происходит в несколько этапов.

Рассмотрим блок-схему передачи и распределения электроэнергии (рис. 69): генератор переменного тока (10—20 кВ) $\Rightarrow$ повышающий трансформатор (до 110 кВ, 330 кВ, 500 кВ, 750 кВ, 1150 кВ) $\Rightarrow$ высоковольтные линии электропередачи $\Rightarrow$ каскадное понижение напряжения (до 35 кВ, 5 кВ) $\Rightarrow$ понижающие трансформаторы (до 220 В, 127 В, 380 В, 660 В) $\Rightarrow$ потребитель.

В современном обществе потребление электроэнергии распределяется примерно следующим образом: промышленность — 70 %; транспорт — 15 %; сельское хозяйство — 10 %; бытовое потребление — 5 %.

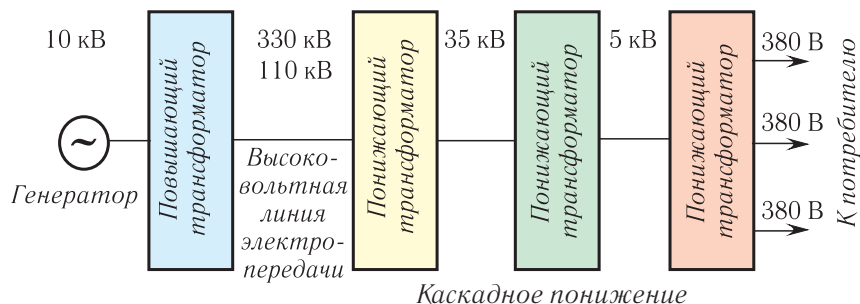


Рис. 69. Блок-схема передачи электроэнергии

► В настоящее время все большее распространение получают линии передач, работающие на постоянном токе. Хотя преобразование постоянного напряжения сложнее и дороже, но постоянный ток по сравнению с переменным обладает рядом преимуществ.

Во-первых, постоянный ток в отличие от переменного не создает переменные магнитные поля, которые индуцируют токи в близлежащих проводниках, что приводит к потерям мощности.

Во-вторых, постоянный ток можно передавать при более высоком напряжении, так как действующее напряжение в цепи равно амплитудному, и не следует опасаться электрического пробоя изолятора или воздуха при том же действующем напряжении.



1. Благодаря какому явлению появилась возможность выработки электроэнергии?
2. Какие типы электростанций вы знаете?
3. Как осуществляется передача электроэнергии на большое расстояние?
4. Почему, чем длиннее линия передачи, тем выгоднее использовать более высокое напряжение?

§ 11. Экологические проблемы производства и передачи электрической энергии

■ Как влияет производство и использование электроэнергии на окружающую среду?

Развитие цивилизации сопровождается непрерывным ростом энергопотребления на нашей планете. Однако запасы природного топлива (нефти, природного газа, угля, торфа) и иных полезных ископаемых на Земле ограничены, поскольку из-за изменения геологических условий их формирование в настоящее время практически прекратилось.

Явным лидером среди энергоносителей на сегодняшний день является нефть, поскольку ее сравнительно легко добывать, транспортировать, очищать и использовать. Помимо этого нефть также является источником красок, лекарств, пластмасс, волокон и многих других синтетических материалов.

По различным оценкам, в настоящее время выработано около 60 % разведанных основных месторождений угля и нефти.

На территории Беларуси к основным видам добываемых топливных ресурсов следует отнести дрова и торф.

Работа электростанций вследствие их значительной мощности существенным образом влияет на состояние окружающей среды и приводит к появлению следующих экологических проблем:

ТЭС — загрязнение атмосферы продуктами сгорания, изменение природного теплового баланса из-за рассеяния тепловой энергии;

ГЭС — изменение климата, нарушение экологического равновесия, уменьшение пахотных площадей;

АЭС — опасность радиоактивного загрязнения среды при авариях, проблемы захоронения радиоактивных отходов.

Одной из главных экологических проблем современности является рост выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива (в первую очередь, углекислого газа). Углекислый газ «окутывает» Землю подобно пленке, препятствуя ее охлаждению. Это приводит к *парниковому эффекту*, при котором средняя температура на Земле медленно повышается. Соответственно, за последние десятилетия на планете происходит *глобальное потепление*, которое, согласно прогнозам ученых, может привести к необратимым изменениям в климате Земли.

Рост энергопотребления заставляет ученых и инженеров искать **альтернативные источники энергии**, которые имели бы **возобновляемый** характер, т. е., в отличие от нефти и газа, могли бы самостоятельно восстанавливаться с течением времени.

К возобновляемым источникам энергии относят ветер, недра Земли (геотермальную энергию), морские приливы, а также солнечное излучение, используемое напрямую. Поэтому основными видами альтернативной энергетики являются ветроэнергетика, геотермальная энергетика, приливная энергетика, гелиоэнергетика.

Ветроэнергетика — использование кинетической энергии ветра для получения электроэнергии. Энергия ветра уже достаточно успешно преобразуется в электроэнергию в многочисленных небольших ветряных генераторах в зонах устойчивых ветров (рис. 70).

Геотермальная энергетика — использование естественного тепла Земли для выработки электрической энергии. Геотермальная энергия в местах естественных разломов земной коры используется для нужд человека.



Рис. 70. Ветряной генератор

Например, столица Исландии — Рейкьявик полностью отапливается за счет геотермальных источников. Запасы геотермальной энергии достаточно велики, о чем можно судить по громадной разрушительной силе землетрясений и извержений вулканов и гейзеров.

Приливная энергетика использует энергию морских приливов. В настоящее время делаются первые шаги для

использования энергии океанических приливов и отливов. Инженерная идея подобных проектов проста: использовать перепад уровней воды во время прилива и отлива для вращения водой гидротурбин, чтобы на соединенных с ними гидрогенераторах производить электричество.

Гелиоэнергетика — получение электрической энергии из энергии солнечного излучения. Развитие современных технологий позволяет эффективно использовать энергию, вырабатываемую солнечными батареями. Так, в южных широтах энергии подобных батарей, установленных на крыше, хватает для энергоснабжения небольшого дома. Современные технологии позволяют, используя солнечные батареи, получать электрическую энергию от солнечного излучения не только на Земле, но и в космосе (рис. 71).

Есть очень смелые проекты, в которых предлагается разместить солнечные батареи в ближнем космосе на расстоянии 36 000 км от поверхности Земли. Это так называемая «синхронная» орбита, на которой батареи будут «неподвижными» относительно земного наблюдателя, поскольку период их обращения будет равен 24 ч. В этом случае батареи будут находиться в тени Земли только 2 % времени, что позволит производить в десятки раз больше энергии, чем на Земле. Энергия Солнца, преобразованная в электромагнитный пучок сверхвысокой частоты, будет передаваться на большие антенны на Земле.

Преимущество возобновляемых источников энергии состоит в том, что их использование не приводит к опасному загрязнению окружающей среды.



Рис. 71. Солнечные батареи в космосе

► Проекты будущего предлагают использовать в качестве возобновляемых источников энергии колоссальную энергию океанических и воздушных течений, тропических ураганов и торнадо. Основная причина их формирования — неравномерное нагревание Солнцем различных участков поверхности Земли.



1. Назовите альтернативные способы получения электроэнергии, не загрязняющие окружающее пространство.
2. Ограничены ли запасы природного топлива на нашей планете?
3. Перечислите наиболее распространенные виды природного топлива.

4. Какая часть природных месторождений топлива освоена на сегодняшний день?
5. Какие виды природного топлива добываются в Беларуси?
6. В чем заключается сущность парникового эффекта? Чем опасно глобальное потепление?
7. Какие источники энергии называются возобновляемыми?
8. Перечислите основные проекты использования возобновляемых источников энергии. Какие из них являются наиболее перспективными для Беларуси?
9. Что является самым распространенным источником энергии во Вселенной?

§ 12. Электромагнитные волны и их свойства.

Шкала электромагнитных волн

■ Практически до начала XX в. человеческая цивилизация не знала о существовании электромагнитных волн, использование свойств которых до неузнаваемости изменило быт современных людей. Как тепловое излучение Солнца достигает Земли через холодные просторы космоса? Конечно ли скорость света? Как осуществляется связь с космонавтами на околоземной орбите?

Впервые гипотезу о существовании электромагнитных волн высказал в 1864 г. английский физик Джеймс Максвелл. В своих работах он показал, что источниками электрического поля могут быть как электрические заряды, так и магнитные поля, изменяющиеся во времени.

В свою очередь магнитные поля могут возбуждаться либо движущимися электрическими зарядами (электрическим током), либо переменными электрическими полями.

Изменение индукции магнитного поля с течением времени вызывает появление в окружающем пространстве вихревого электрического поля. Силовые линии этого поля замкнуты и охватывают линии индукции магнитного поля, и напряженность $\vec{E}(t)$ в любой точке пространства перпендикулярна индукции $\vec{B}(t)$ магнитного поля (рис. 72, а).

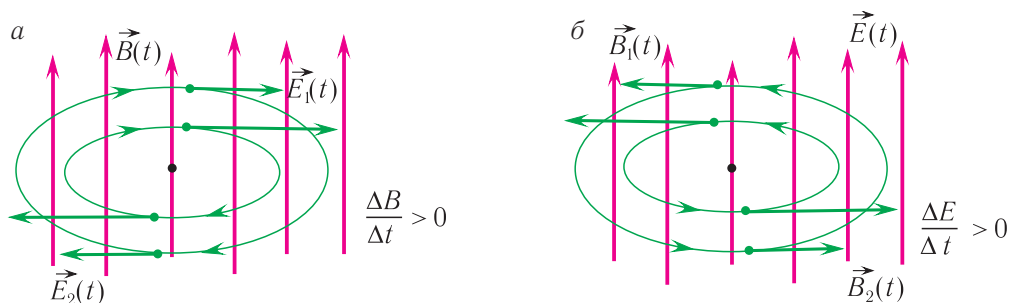


Рис. 72. Переменные электрические (а) и магнитные поля (б), порождающие друг друга