

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В ОТКРЫТЫХ СИСТЕМАХ

Докт. физ.-мат. наук, проф. ГРЕЧИХИН Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Нетрадиционные методы получения и преобразования энергии в большинстве случаев реализуются в открытых энергетических системах. Открытые энергетические системы – это такие системы, когда в процессе их работы преодолеваются энергии активации и в исходную энергосистему включаются другие источники энергии. В таких условиях важную роль выполняет окружающая среда, которая может находиться в пассивном или активном состоянии.

Если окружающая среда пассивная, то получение и преобразование энергии происходят путем совершения работы вследствие изменения энергосостояния системы, т. е.

$$E_1 - E_2 = A. \quad (1)$$

Активное состояние окружающей среды позволяет реализовать получение и преобразование энергии непосредственно без затраты или получения работы. Тогда

$$E_1 - E_2 = 0, \quad (2)$$

где E_1 – энергия, которая поступает в открытую энергосистему; E_2 – выходная энергия после преобразования в открытой системе. В общем случае связь между этими энергиями следует записать в виде $E_2 = LE_1$. Здесь L – оператор преобразования энергии.

Рассмотрим, как реализуется получение и преобразование энергии применительно к открытым системам, когда окружающая среда является пассивной или активной. Схематично процесс получения и преобразования энергии в открытых энергосистемах для пассивной окружающей среды показан на рис. 1.

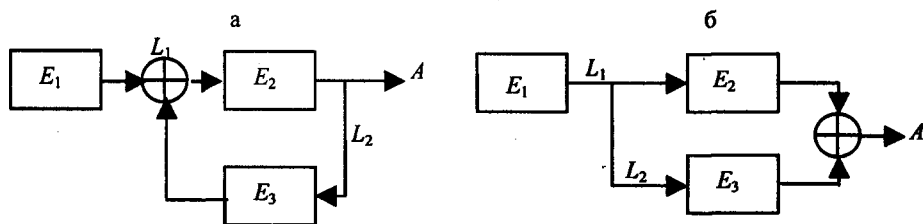


Рис. 1. Схема преобразования энергии при: а – наличии обратной связи; б – параллельном подключении внешнего источника энергии

Когда система получения и преобразования энергии работает путем подключения внешнего источника энергии, который выполняет роль обратной связи, работа представится в виде

$$A = L_1(E_1 + E_3 + L_2A), \quad (3)$$

где L_1 – коэффициент преобразования энергии от основного источника; L_2 – коэффициент обратной связи; E_1 – основной источник энергии, E_2 – энергия преобразователя; E_3 – энергия внешнего источника.

Эффективный коэффициент преобразования равен

$$L_{\text{эф}} = \frac{A}{E_1 + E_3} = \frac{L_1}{1 - L_1 L_2}. \quad (4)$$

Когда контролируется основной канал преобразования энергии, то из (4) следует, что эффективный коэффициент преобразования энергии всегда больше единицы. Схема рис. 1а поясняет работу теплового насоса. Источник энергии E_1 приводит в движение компрессор E_2 , работа которого создает условия теплопередачи низкопотенциальной теплоты из окружающей среды E_3 в систему преобразования энергии. При этом среда становится активной.

Параллельное подключение внешнего источника энергии реализуется в разного рода резонансных и вихревых генераторах энергии. После подключения внешнего источника энергии новая система становится замкнутой в расширенном варианте. В этом случае в соответствии с законом сохранения энергии имеем

$$\Delta E_1 = L_1 \Delta E_2 + L_2 \Delta E_3, \quad (5)$$

где L_1 – оператор преобразования энергии основного контролируемого канала преобразования энергии; L_2 – дополнительный оператор преобразования энергии.

Взяв производную по времени от выражения (5), получим формулу, описывающую процесс преобразования энергии по мощности:

$$N_1 = \frac{dL_1}{dt} \Delta E_2 + L_1 N_2 + \frac{dL_2}{dt} \Delta E_3 + L_2 N_3. \quad (6)$$

Формула (6) справедлива для стационарных и нестационарных условий получения и преобразования энергии для открытых систем. В стационарных условиях $\frac{dL_1}{dt} = 0$ и $\frac{dL_2}{dt} = 0$, и тогда (6) принимает более простой вид

$$N_1 = L_1 N_2 + L_2 N_3. \quad (7)$$

Отсюда получаемая мощность в контролируемой системе относительно затраченной

$$N_1 = \frac{L_1}{1 - \frac{L_2 N_3}{N_1}} N_2. \quad (8)$$

В результате возникает существенно нелинейная система преобразования энергии, когда коэффициент преобразования зависит от потребляемой мощности.

Эффективный коэффициент преобразования энергии относительно ранее контролируемой замкнутой системы запишется

$$L_{\text{эф}} = \frac{L_1}{1 - \frac{L_2 N_3}{N_1}} \quad (9)$$

График зависимости $\frac{L_{\text{эф}}}{L_1} = f\left(\frac{L_2 N_3}{N_1}\right)$ приведен на рис. 2.

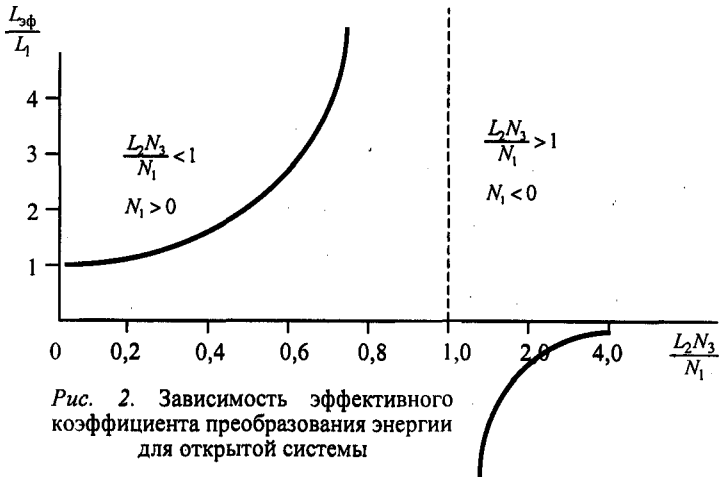


Рис. 2. Зависимость эффективного коэффициента преобразования энергии для открытой системы

Коэффициент преобразования энергии в открывшейся системе резко возрастает по мере увеличения мощности перекачки энергии из открывшейся в ранее замкнутую систему, а также вследствие уменьшения потребляемой мощности. Равенство $\frac{L_2 N_3}{N_1} = 1$ не достижимо, так как потребляемая мощность стремится к бесконечности.

При $\frac{L_2 N_3}{N_1} > 1$ мощность потребляемой энергии становится отрицательной в контролируемом канале. Контролируемый источник преобразования энергии будет работать в обратном направлении и начнет поддерживать работу внешнего источника без потребления энергии от основного. Так как $N_1 \approx L_2 N_3$, система начнет вырабатывать бесконечную мощность.

Если отбираемая мощность больше мощности, вырабатываемой внешним источником преобразования энергии, то эффективный коэффициент преобразования представится в виде

$$L_{\text{эф}} = L_1 \left(1 + \frac{L_2 N_3}{L_1 N_2} \right) \quad (10)$$

В этом случае возникает система получения и преобразования энергии с положительной обратной связью.

Рассмотрим две независимые энергетические системы (рис. 3), которые могут войти во взаимодействие после преодоления первой системой энергии активации E_a . Первая система содержит N_1 энергетических подсистем, а вторая – N_2 подсистем. После сообщения первой системе энергии Q_1 , которая больше энергии активации E_a , обе системы начнут взаимодейство-

вать друг с другом. Если результирующая энергия первой системы больше результирующей энергии второй системы, то возникнет неравновесное состояние, которое сформирует канал перекачки энергии от первой системы ко второй по траектории A (рис. 3). Работа, которая будет при этом получена, составит

$$A = E_1 + Q_1 - E_2. \tag{11}$$

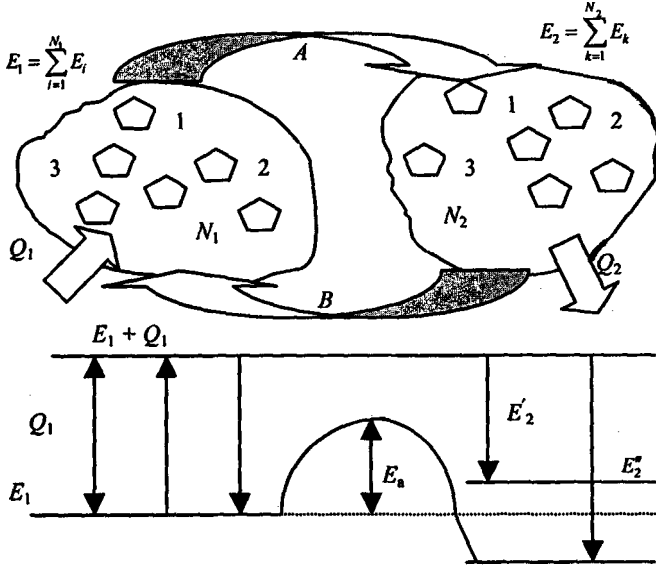


Рис. 3. Схематическое изображение превращения энергии в открытой энергосистеме

Если вторая система находилась в состоянии E'_2 , то коэффициент полезного действия, определяемый как отношение полученной работы к затраченной, определится следующим образом:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{E'_2 - E_1}{Q_1} \geq 1. \tag{12}$$

В этом случае коэффициент полезного действия больше или равен единице.

Если же вторая система находилась в состоянии E''_2 , то коэффициент полезного действия меньше или равен единице $\eta \leq 1$.

В случае возникновения кругового процесса часть энергии будет переходить от второй системы к первой по траектории B . Тогда работа равна $A = Q_1 - Q_2$. Такая ситуация возникает для тепловых машин, где коэффициент полезного действия всегда меньше единицы.

Когда энергосистема обладает колебательными свойствами и обладает собственной частотой колебаний ω_0 , такую систему можно привести в резонансное состояние, используя периодическое возбуждение со сравнительно малой энергией. Пусть возмущение за период имеет вид: $Q = Q_0 \cos(\omega t)$. Тогда энергия, приобретаемая первой системой, равна [2]

$$Q_1 = \frac{CQ_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}, \quad (13)$$

где C – размерный коэффициент пропорциональности.

В резонансе $Q_1 = CQ_0/2\beta\omega_0$, а при коэффициенте затухания $\beta \rightarrow 0$ $Q_1 \rightarrow \infty$. За некоторое время Q_1 достигнет энергии активации E_a . Работа, которую может совершить объединенная система, равна разности $E_1 - E_2$, а коэффициент полезного действия составит

$$\eta = 1 + \frac{E_1 - E_2}{E_a}. \quad (14)$$

Получается, что при $E_a \rightarrow 0$ коэффициент полезного действия стремится к бесконечности. Таким образом, используя резонансные свойства открытых систем, их коэффициент полезного действия может быть получен самый максимальный, т. е. открытые резонансные системы обладают наилучшими возможностями превращения энергий различных видов.

В нестационарных условиях коэффициенты преобразования L_1 и L_2 изменяются со временем. Ситуация значительно усложняется. Общий подход описать достаточно проблематично. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо разрабатывать свой подход и свою систему уравнений с их конкретным решением.

Для активной окружающей среды канал перекачки энергии возникает от среды к открытой системе. Коэффициент преобразования энергии регулируется и может достигать больших значений, т. е. возможно реализовать взрывной механизм перекачки энергии. Энергетическая открытая система с активной окружающей средой реализуется при работе гидроэлектростанций, в ветроэнергетике, в процессе преобразования солнечной энергии, в шаровой молнии. В открытых системах с активной окружающей средой преобразование энергии происходит без совершения работы, а это значит, что при преобразованиях энергий различных видов исключаются переходные процессы. Активная окружающая среда не накладывает ограничений на скорость движения. Скорости движения могут достигать сверхсветовых. Если удастся возбудить физический вакуум (эфир), используя слабые взаимодействия, то, реализуя открытую систему, представляется возможность осуществить внутри- и межгалактические полеты. В том или ином варианте открытые системы уже реализованы.

Так, в гидроэлектростанциях преобразуется потенциальная энергия верхнего слоя воды в ее кинетическую энергию и затем – в электрическую энергию. При этом происходит прямое преобразование одного вида энергии в другой.

В ветроэнергетике кинетическая энергия воздушных потоков прямым образом превращается в электрическую энергию без совершения работы.

В солнечной энергетике электромагнитная энергия прямым образом превращается в тепловую или электрическую энергию.

В шаровой молнии энергия выделяется вследствие горения азота с образованием различных оксидов азота (N_2O , NO , NO_2 и др.). Диффузия кислорода из окружающей среды в высокотемпературную зону, где реализуются реакции горения азота, непрерывно поддерживает состояние равновесия при температуре 3000...4000 °С. Если проанализировать характер движения шаровой молнии, то это движение характерно тем, что изменение направления движения не сопровождается возникновением ускорений.

ВЫВОД

Краткий анализ работы открытых систем получения и преобразования энергии различных видов свидетельствует о возможных существенных изменениях в основных методах получения и преобразования энергии в ближайшее время, а в понимании основных законов физики применительно к открытым системам с активной окружающей средой мы находимся только в начале их становления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г р е ч и н Л. И. Получение и преобразование энергии в открытых системах // Материалы II Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 10-летию Института энергетики АПК НАН Беларуси. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – С. 108–110.
2. Г р е ч и н Л. И. Основные принципы производства и преобразования экологически чистой энергии // Демографические проблемы Беларуси. – Ч. 3: Энергетические проблемы и пути их решения в интересах населения Белоруссии и стран мира: Материалы первого Междунар. науч.-практ. конгресса. – Мн., 1999. – С. 22–27.

Представлена кафедрой
основ машиностроительного производства
и профессионального обучения

Поступила 16.02.2004