

Лекция 12

Свойства солнечных модулей

Солнечные модули — это устройства, которые преобразуют солнечное излучение в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических (PV) элементов. В условиях растущего интереса к возобновляемым источникам энергии солнечные модули играют ключевую роль в переходе на экологически чистую энергетику. Чтобы понять, насколько эффективны солнечные панели и как они применяются на практике, важно изучить их основные свойства, такие как эффективность, мощность, долговечность и влияние внешних факторов, например, температуры.

1. Эффективность солнечных модулей

Одним из основных параметров солнечных модулей является их **эффективность**, которая определяет долю солнечной энергии, преобразуемой в электричество. Эффективность измеряется в процентах и может варьироваться в зависимости от технологии и типа материалов, используемых в солнечных элементах.

- **Кремниевые модули** (моно- и поликристаллические): традиционные кремниевые солнечные модули обеспечивают эффективность от 15% до 22%. Более высокоэффективные модули на основе монокристаллического кремния достигают до 22%, что делает их популярными для использования в ограниченных по площади местах.
- **Тонкопленочные модули**: эффективность этих модулей обычно ниже — от 10% до 15%. Они легче и дешевле в производстве, но для установки требуют больше площади для достижения такой же мощности, как у кремниевых модулей.

Факторы, влияющие на эффективность:

- **Качество материалов.** Чем чище и однороднее материал солнечных элементов, тем выше их эффективность.
- **Антирефлексное покрытие.** Специальные покрытия уменьшают потери на отражение солнечного света.
- **Температура.** Эффективность модулей снижается с увеличением температуры, что важно учитывать при установке в жарких климатических условиях.

2. Мощность солнечных модулей

Мощность солнечных модулей обычно измеряется в ваттах (Вт). Этот показатель отражает количество энергии, которое модуль может вырабатывать при стандартных условиях тестирования (STC), включающих интенсивность солнечного излучения 1000 Вт/м^2 , температуру 25°C и массу воздуха $1,5 \text{ АМ}$.

- **Номинальная мощность.** Указывается производителями как пиковая мощность, которую модуль способен генерировать при идеальных условиях. Она может варьироваться от 100 до 500 Вт в зависимости от размера и конструкции модуля.

- **Фактическая мощность.** В реальных условиях мощность может отличаться от номинальной из-за погодных условий, уровня солнечной радиации, температуры и угла установки модулей.

3. Температурный коэффициент

Температура оказывает значительное влияние на производительность солнечных модулей. **Температурный коэффициент** показывает, как изменяется мощность модуля при изменении температуры окружающей среды.

- **Отрицательный температурный коэффициент:** у большинства солнечных модулей он составляет около $-0,3\%$ до $-0,5\%$ на градус Цельсия. Это означает, что с увеличением температуры на каждый градус выше 25°C эффективность модуля снижается на $0,3-0,5\%$.
- **Пример расчета:** если модуль имеет коэффициент $-0,4\%/^{\circ}\text{C}$ и температура поднялась до 35°C (на 10°C выше стандартной), эффективность упадет на 4% .

Для эффективного использования солнечных модулей в жарких климатических условиях важно обеспечивать хорошую вентиляцию и устанавливать модули под правильным углом для оптимального охлаждения.

4. Долговечность и деградация

Долговечность солнечных модулей определяется сроком службы, в течение которого они сохраняют свою эффективность. Современные модули имеют средний срок службы около 25-30 лет, однако их мощность постепенно снижается из-за естественных процессов деградации.

- **Линейная деградация.** В первые годы эксплуатации солнечные модули могут потерять от 1% до 3% своей мощности, а затем этот процесс замедляется до $0,5-1\%$ в год. По истечении срока службы большинство модулей сохраняют $80-85\%$ от своей первоначальной мощности.
 - **Факторы, влияющие на деградацию:**
 - **Ультрафиолетовое излучение.** Постоянное воздействие солнечных лучей может со временем повредить материалы, из которых состоят модули.
 - **Влага и коррозия.** Плохая герметизация или установка в местах с повышенной влажностью могут привести к ускоренной деградации.
- Производители предоставляют гарантию на продукцию, которая обычно включает гарантию производительности (25 лет) и гарантию на оборудование (10-12 лет).

5. Влияние окружающей среды

Производительность солнечных модулей также зависит от ряда внешних факторов, таких как интенсивность солнечного света, угол падения лучей и состояние окружающей среды.

- **Угол наклона и ориентация.** Оптимальный угол установки солнечных модулей зависит от географического положения. Для наибольшей эффективности модули должны быть ориентированы на юг (в северном полушарии) под углом, соответствующим широте местности.
- **Затенение.** Даже частичное затенение модуля (например, от деревьев или зданий) может существенно снизить его производительность. Для

предотвращения потерь используются оптимизаторы мощности и технологии, предотвращающие падение эффективности из-за затенения отдельных ячеек.

- **Пыль и грязь.** Загрязнения поверхности модулей снижают их способность поглощать солнечный свет, поэтому важно регулярно очищать панели.

Заключение

Солнечные модули представляют собой эффективный и надежный источник энергии, однако их производительность зависит от множества факторов. Чтобы обеспечить максимальную эффективность и долговечность, необходимо учитывать температуру, угол установки, влияние внешней среды и своевременное обслуживание. В будущем дальнейшее развитие технологий позволит увеличить эффективность и снизить стоимость солнечных модулей, что сделает их еще более доступными для массового применения.

Литература:

1. Mertens, K. (2018). *Photovoltaics: Fundamentals, Technology and Practice*. John Wiley & Sons.
2. Green, M.A. (2020). *Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications*.