

УДК 622.625

## ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОГО ЭНЕРГОБЛОКА

**Филь Е.А., студентка; Чашко М.В. доцент, к.т.н.**  
(Донецкий национальный технический университет)

Работа посвящена моделированию преобразователя солнечной энергии в электрическую для компенсации пиков нагрузки базового источника энергии.

Актуальность темы обусловлена возможностью улучшения режима работы электрической станции использованием солнечной энергии. Пики нагрузки – часовые, минутные, секундные – приводят к избыточным потерям энергии в генераторе и сети. В настоящее время они устраняются изменением режима работы потребителя, однако этот способ может быть использован в ограниченной мере. Возможным вариантом является применение для сглаживания пиков солнечных батарей.

Применение солнечной энергии и использование ее для покрытия пиков предполагает наличие элементов, запасующих энергию. Известно применение с этой целью аккумуляторных батарей. Однако в последние годы появились конденсаторы настолько большой емкости (сотни фарад), что можно говорить об их применении в качестве запасников энергии на электрических станциях.

Цель настоящей работы – исследовать возможность компенсации пиков нагрузки солнечной энергией.

Для достижения этой цели решены задачи:

- предложена структурная схема солнечного энергоблока,
- установлены зависимости между основными параметрами энергоблока;
- создана виртуальная модель для проверки теоретических зависимостей.

Структурная схема энергоблока представлена на рис. 1.

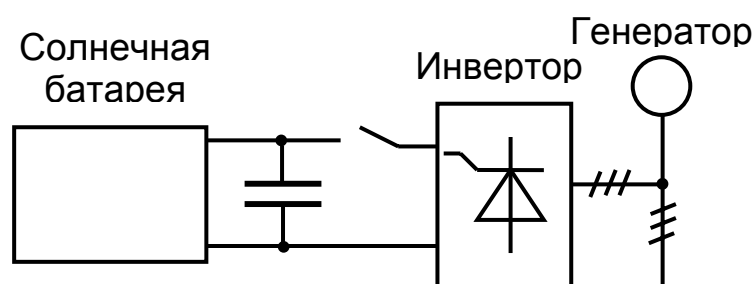


Рис. 1. Структурная схема солнечного энергоблока для компенсации пиков энергопотребления.

Она включает в себя солнечную батарею, преобразующую энергию солнечного излучения в электрическую, конденсатор, запасующий электрическую энергию солнечной батареи, ключ, подключающий конденсатор к инвертору, инвертор, преобразующий постоянное напряжение конденсатора в переменное трехфазное напряжение.

При работе блока солнечная батарея вырабатывает энергию в течение солнечных часов дня. Эта энергия запасается в конденсаторе. Во время пика нагрузки конденсатор подключается к инвертору, энергия конденсатора поступает в сеть трехфазного переменного тока, покрывая разницу между базовой мощностью генератора и мгновенной мощностью нагрузки.

Математическая модель связывает параметры солнечной батареи, емкости и нагрузки. На основании элементарных преобразований известных формул получены выражения

$$i_{CB} = \frac{P}{U} \cdot \frac{t_{СЛН}}{t_{НГР}}, \quad (1)$$

$$C = \frac{Pt_{НГР}}{2kU^2}, \quad (2)$$

Здесь обозначено:

$i_{CB}$  – ток солнечной батареи, А;

$P$  – мощность, которую необходимо компенсировать, Вт;

$t_{НГР}$ ,  $t_{СЛН}$  – длительности пика нагрузки и солнечного времени;

$k = \frac{\Delta U}{U}$  – коэффициент неравномерности напряжения.

Для проверки этих зависимостей составлена виртуальная модель в программе Matlab – Simulink (рис. 2)

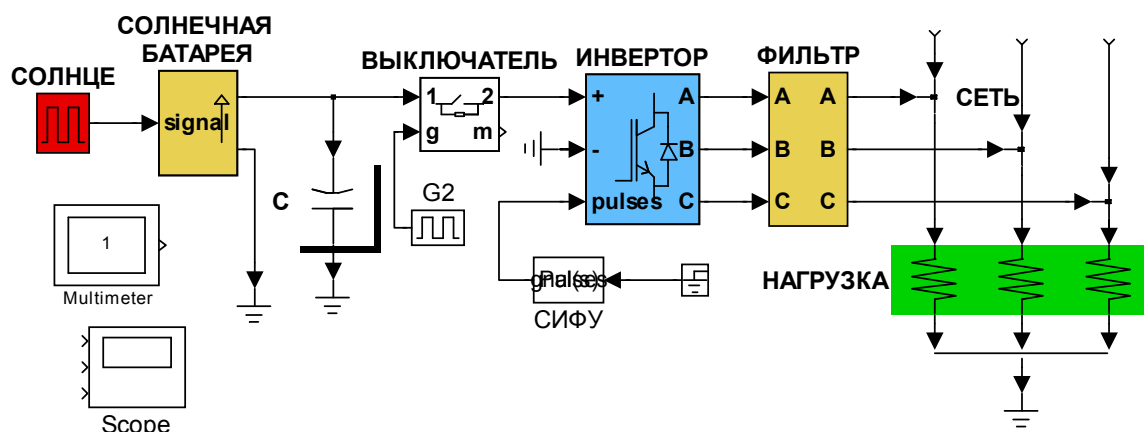


Рис. 2. Модель солнечного энергоблока для компенсации пиков энергопотребления.

Модель состоит из имитаторов солнца, солнечной батареи, емкости, выключателя, инвертора с фильтром, сети и нагрузки.

Солнце имитируется генератором прямоугольных импульсов, в котором задается значение импульса и временные параметры – длительности периода, импульса и паузы.

Солнечная батарея имитируется источником тока, преобразующим импульсы генератора в пропорциональное значение тока. Такой подход выбран на основании сущности солнечного элемента: интенсивности солнечного излучения пропорционален именно электрический ток.

В качестве имитатора емкости электрической энергии принят конденса-

тор штатной библиотеки Simulink. Программа дает возможность изменять его емкость, индуктивность и внутреннее сопротивление.

Для имитации выключателя принят силовой ключ из Power System Blockset. Ключ управляется генератором прямоугольных импульсов G2, который задает момент и длительность подключения емкости ко входу инвертора.

В качестве инвертора принят универсальный 3-х фазный мост на IGBT из того же раздела библиотеки Simulink. Он управляется генератором, в котором заданы частота выходного напряжения и частота импульсов на затворы транзисторов IGBT. На выходе инвертора установлен фильтр, сглаживающий высокочастотные пульсации, обусловленные широтно-импульсным формированием синусоидального выходного напряжения.

Нагрузка инвертора – резисторы, чисто активная.

При исследовании модели варьировались продолжительность солнечного излучения и продолжительность подключения электрической емкости к нагрузке. Контролировались ток солнечной батареи, напряжение на конденсаторе и ток нагрузки.

Исследования модели показали совпадения теоретических и экспериментальных результатов с точностью до 10%.

На модели проверена описанная технология покрытия пиков. При этом возникла проблема длительности моделирования: память компьютера и терпение исследователей не позволили реализовать суточный цикл работы батареи и нагрузки генератора. Поэтому модель проверена качественно, с циклом 24 мс вместо 24 часов. Осциллограмма процесса представлена на рис. 3.

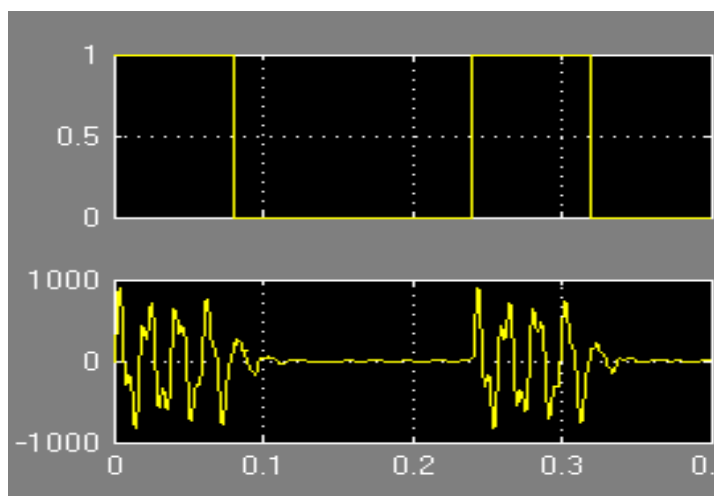


Рис. 3. Осциллограмма передачи энергии из емкости в линию.

На ней показано напряжение на конденсаторе и в фазе нагрузки в течение импульса и паузы разряда конденсатора на инвертор. Видно, что напряжение переменного тока не чисто синусоидальное, это обусловлено конечной частотой модуляции транзисторов инвертора. Высшие гармоники напряжения могут быть отфильтрованы, но задачу улучшить качество энергии авторы не ставили.

обусловлено конечной частотой модуляции транзисторов инвертора. Высшие гармоники напряжения могут быть отфильтрованы, но задачу улучшить качество энергии авторы не ставили.