

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Кафедра гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии

ПОЛУНАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЭС В УСЛОВИЯХ, ПРИБЛИЖЕННЫХ К РЕАЛЬНЫМ

Выполнили:

Харитонов Д.А.

Инженер-исследователь
лаборатории СУСДК

Васьков А.Г

Заведующий лабораторией
СУСДК

Актуальность вопроса

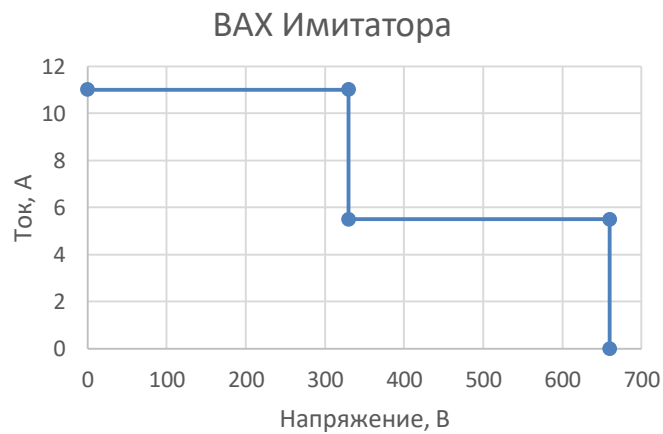


В текущей ситуации развития применения солнечных электростанций (СЭС) в изолированных системах, возникает необходимость проведения имитационных испытаний различного электротехнического оборудования и систем управления им.

Макет СЭС на базе НИУ «МЭИ»



Имитаторы СЭС

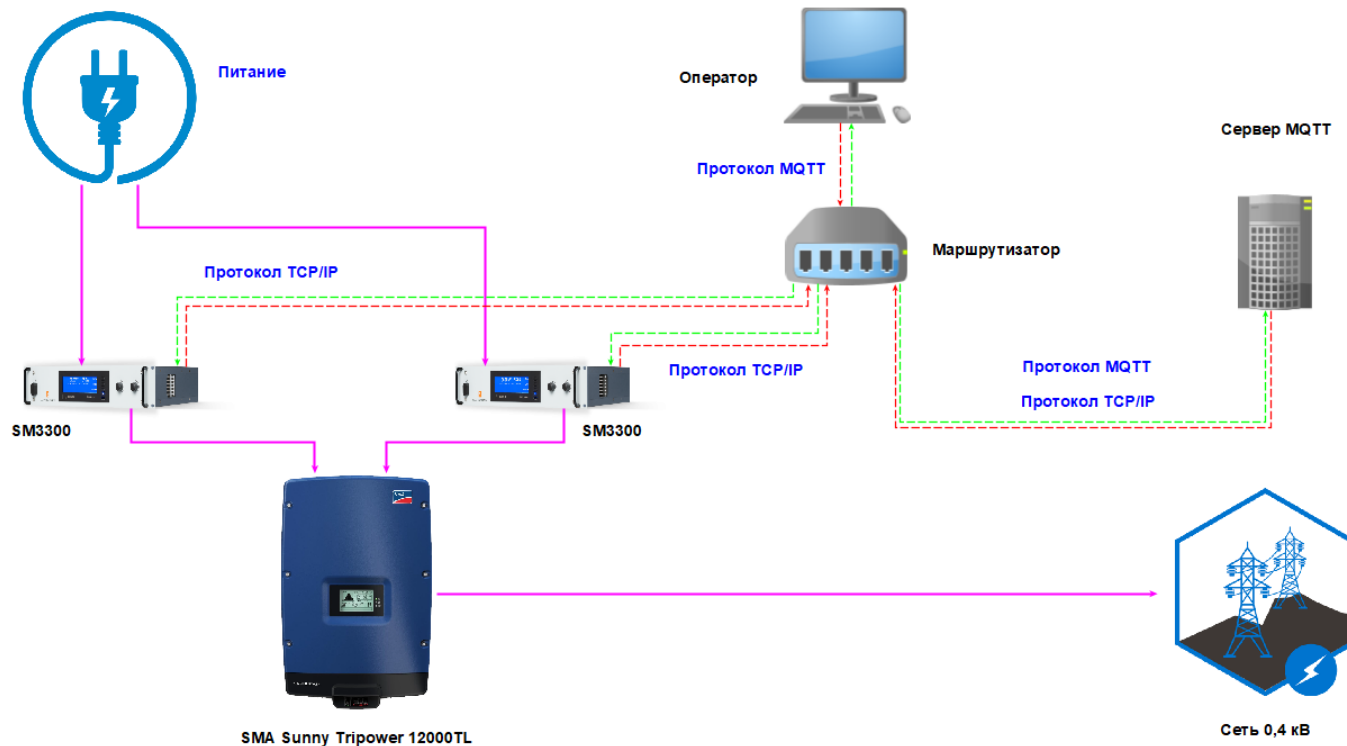


Инвертор в составе макета СЭС



Входные параметры постоянного тока (DC)	
Параметр	Значение
Минимальное напряжение, В	150
Напряжение запуска, В	188
Напряжение поиска точки максимальной мощности, В	440 ÷ 800
Номинальное напряжение, В	580
Максимальное напряжение, В	1000
Ток на вход 1, А	18
Ток на вход 2, А	10
Максимальная мощность, Вт	12275
Выходные параметры переменного тока (AC)	
Номинальное напряжение, В	230
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная мощность при 230 В/50 Гц, Вт	12000
Номинальный фазный ток при 230 В, А	17,4
Эффективность	
Максимальная эффективность, %	98,2

Структурная схема соединений



Оценка параметров массива ФЭМ

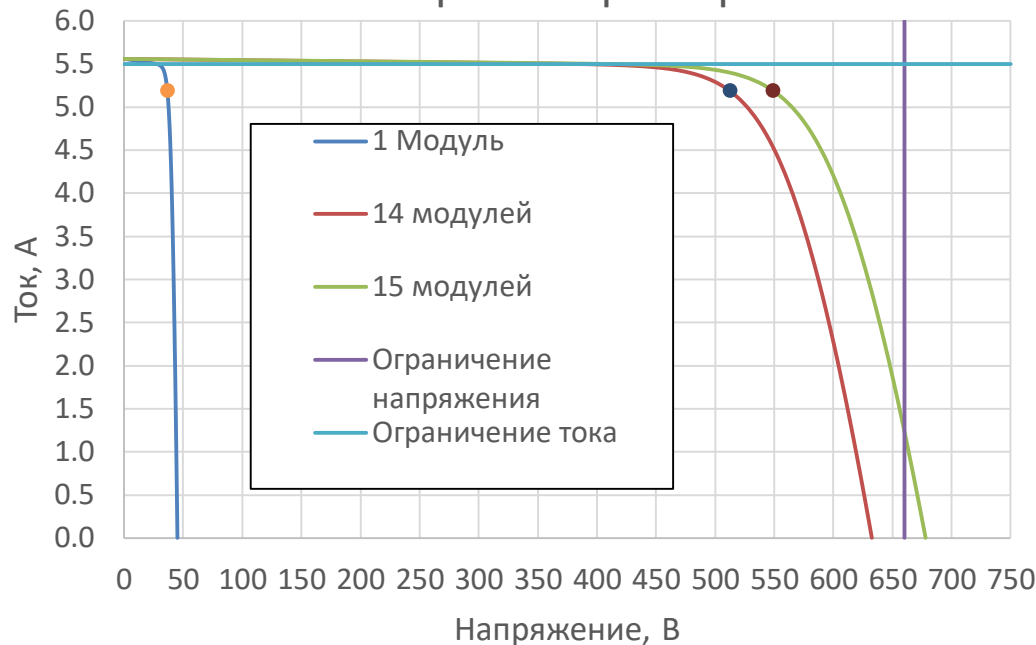
Параметры ФЭМ:

- $U_{хх} = 45,2 \text{ В};$
- $I_{кз} = 5,56 \text{ А};$
- $U_{mpp} = 36,6 \text{ В};$
- $I_{mpp} = 5,19 \text{ А};$

$$U_{OCARRAY} \leq U_{DCMAX}^{\text{Имитатора}}$$

$$I_{SCARRAY} \leq I_{DCMAX}^{\text{Имитатора}}$$

Вольт-амперные характеристики



Краткое описание математической модели



Последовательность моделирования с использованием библиотеки PVLIB:

1. Моделирование вольт-амперной характеристики ФЭМ исходя из температуры солнечных элементов

$$T_m = T_a + G \cdot \exp(a + b \cdot WS),$$

2. Моделирование вольт-амперной характеристики батареи ФЭМ на основе полученной характеристики единичного ФЭМ с учётом схемы соединения модулей в батарею.

$$T_c = T_m + \frac{E}{E_0} \Delta T,$$

3. Моделирование системы преобразования постоянного тока в переменный

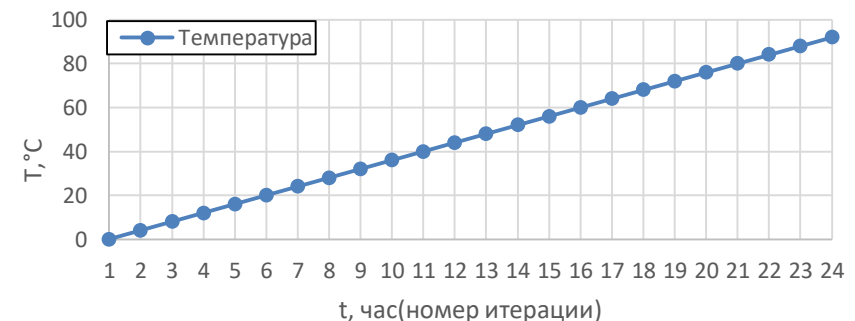
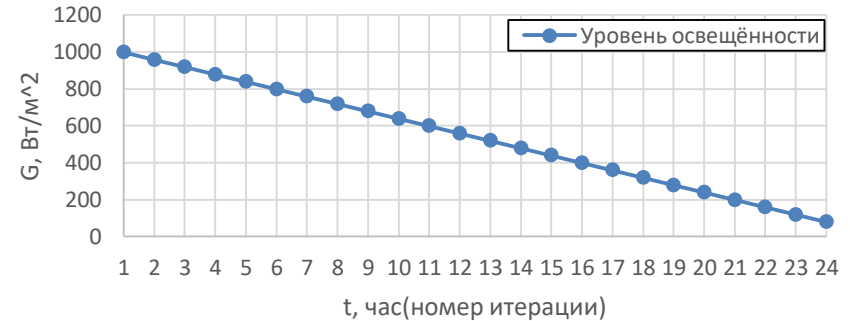
$$I = I_L - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{nN_s V_{th}}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$

Проведение экспериментов

1. Определение зависимости мощности на выходе инвертора от уровня солнечной инсоляции.

2. Определение зависимости мощности на выходе инвертора от температуры окружающей среды.

3. Моделирование режима работы СЭС в переменных условиях окружающей среды, приближенных к реальным.



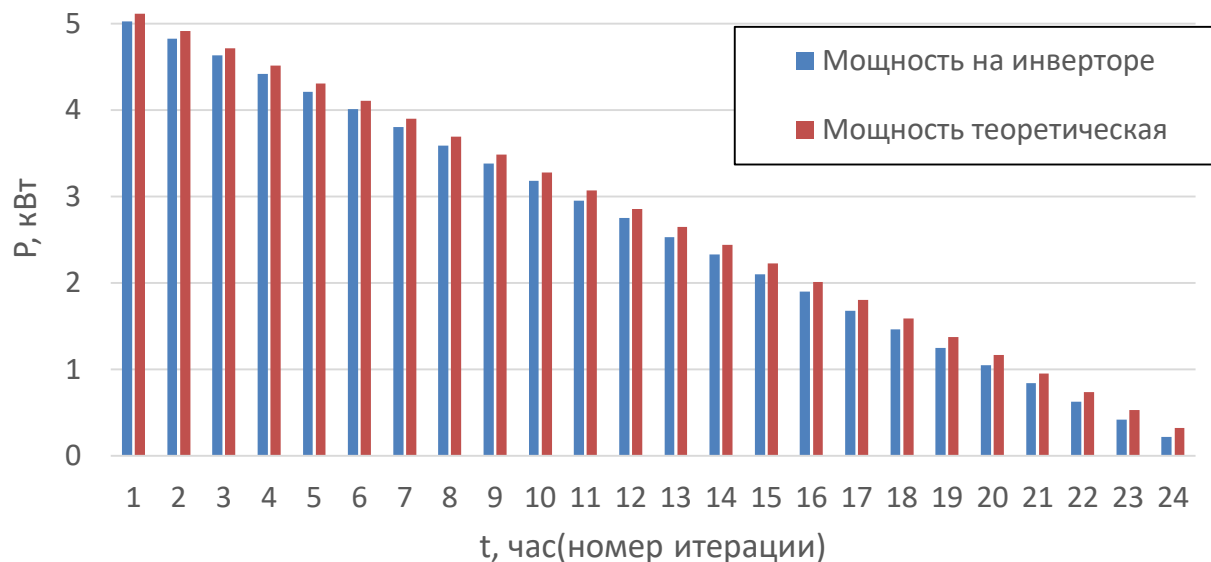
Эксперимент №1



Условия эксперимента:

Освещённость: от 1000 до 80 Вт/м²

Температура ячеек: 25°C



Среднее отклонение мощности от теоретических значений составило -8,11%

Минимальное отклонение: -1,78 % при G: 1000 Вт/м²

Максимальное отклонение: -47,14 % при G: 80 Вт/м²

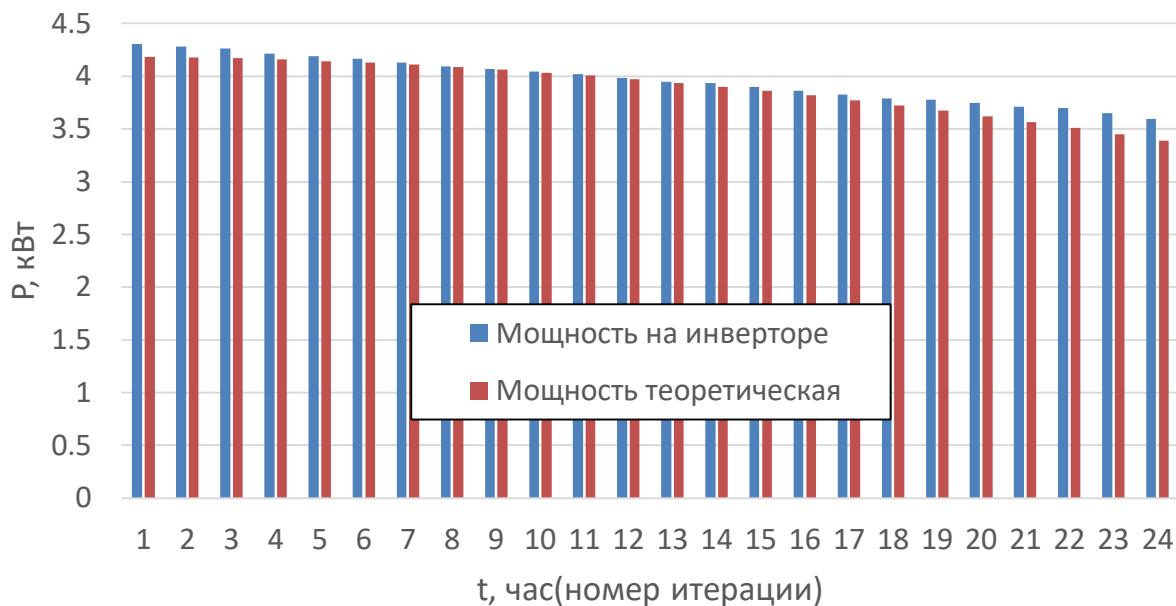
Эксперимент №2



Условия эксперимента:

Освещённость: 800 Вт/м^2

Температура ячеек: от 0 до $92 \text{ }^\circ\text{C}$

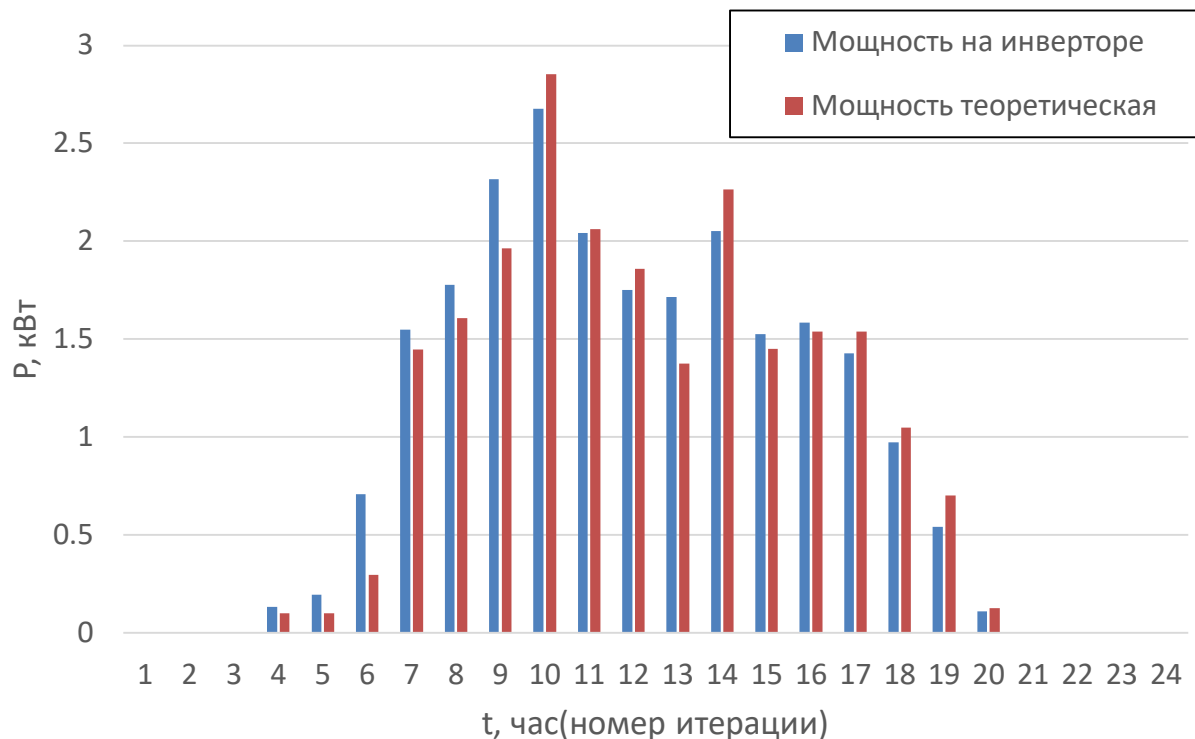


Среднее отклонение мощности от теоретических значений составило 1,9%

Минимальное отклонение: 0,13% при T ячеек: $28 \text{ }^\circ\text{C}$

Максимальное отклонение: 5,89% при T ячеек: $92 \text{ }^\circ\text{C}$

Эксперимент №3



Среднее отклонение мощности от теоретических значений составило 4,46%

Минимальное отклонение:
-0,98 % при:
G: 402 Вт/м²
Т ячеек: 5,5°C

Максимальное отклонение:
58,29% при:
G: 73 Вт/м²
Т ячеек: 3,4°C

1. Погрешность получаемых данных не превышает 5 % при интенсивности солнечного света не менее 480 Вт/м² и температуре не более 80 °С.
2. Полунатурное моделирование позволяет экономить время и ресурсы, при этом достигая высокой точности оценки производительности и надежности СЭС.
3. Имеющийся в НИУ «МЭИ» имитационный макет СЭС позволяет осуществлять полунатурное моделирование при наиболее часто встречающихся сочетаниях параметров окружающей среды.

Спасибо за внимание!

