

# АДАПТИВНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

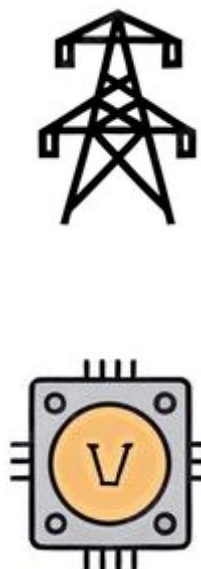
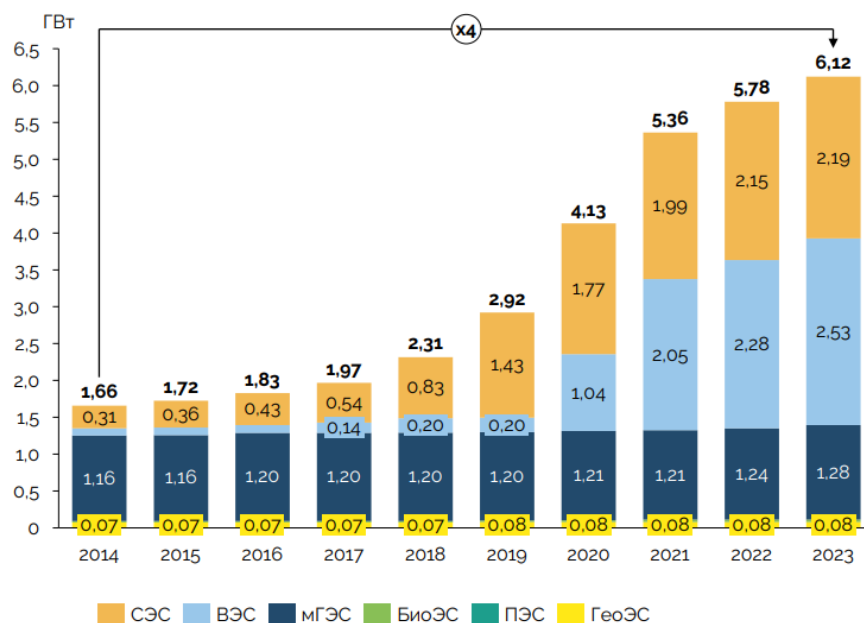
Аспирант 1-го года обучения Гусаров Иван Николаевич  
Н.р.: к.т.н., доцент Суворов Алексей Александрович

25.11.2025

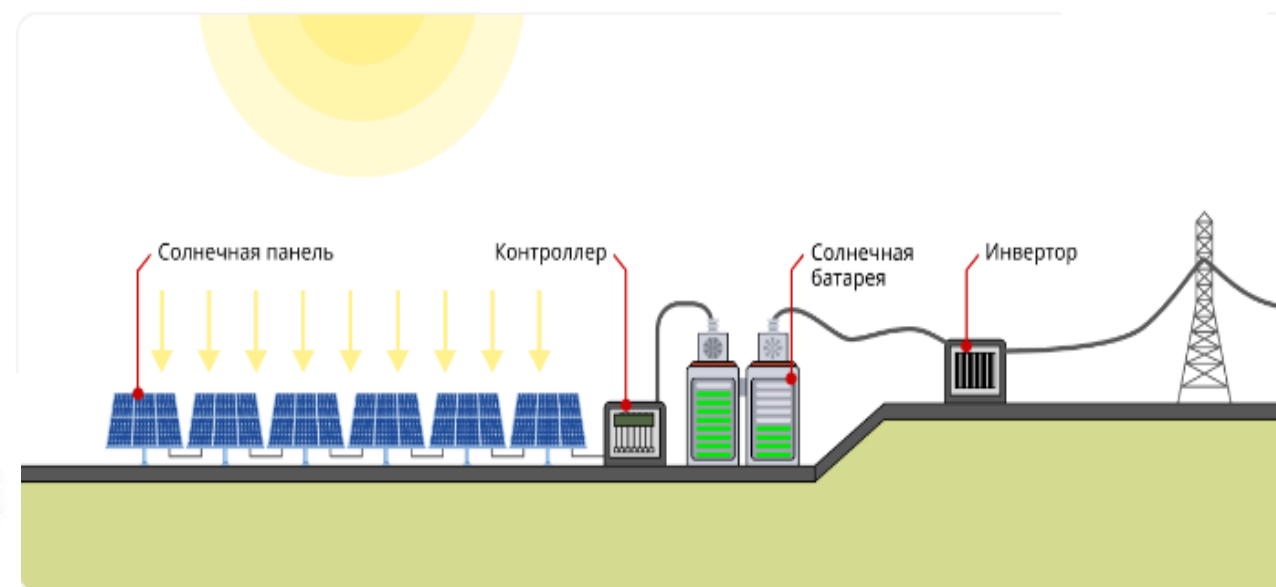


# ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ВИЭ

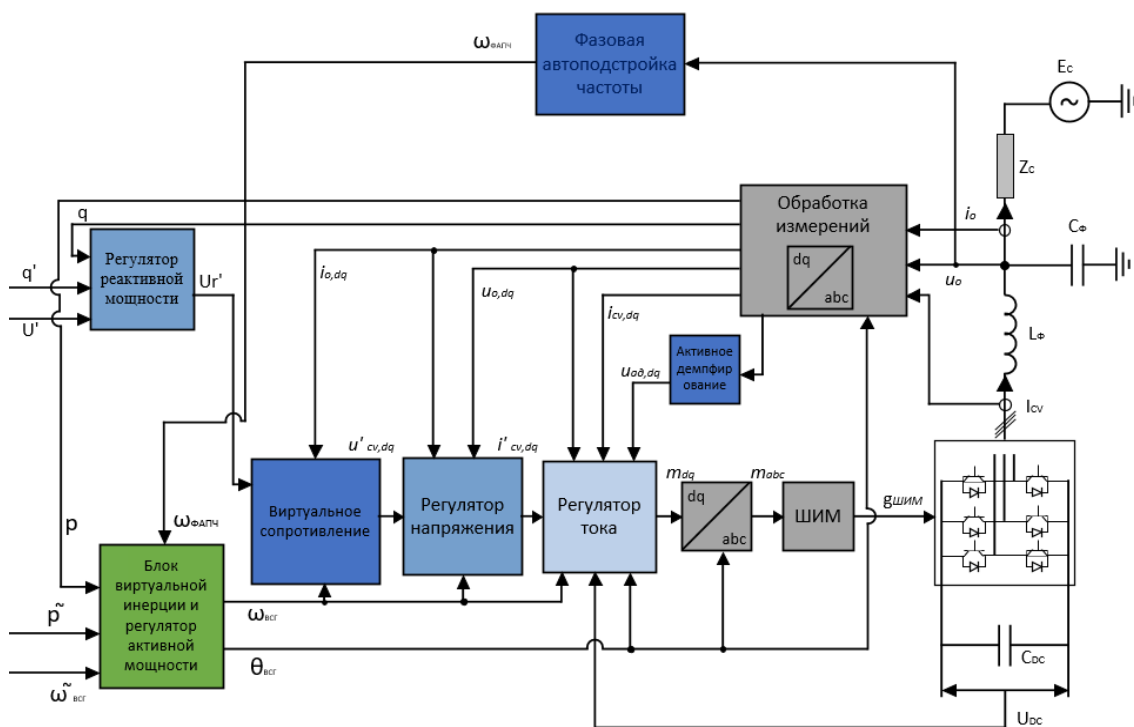
Совокупная установленная мощность электростанций на основе ВИЭ в России, ГВт\*



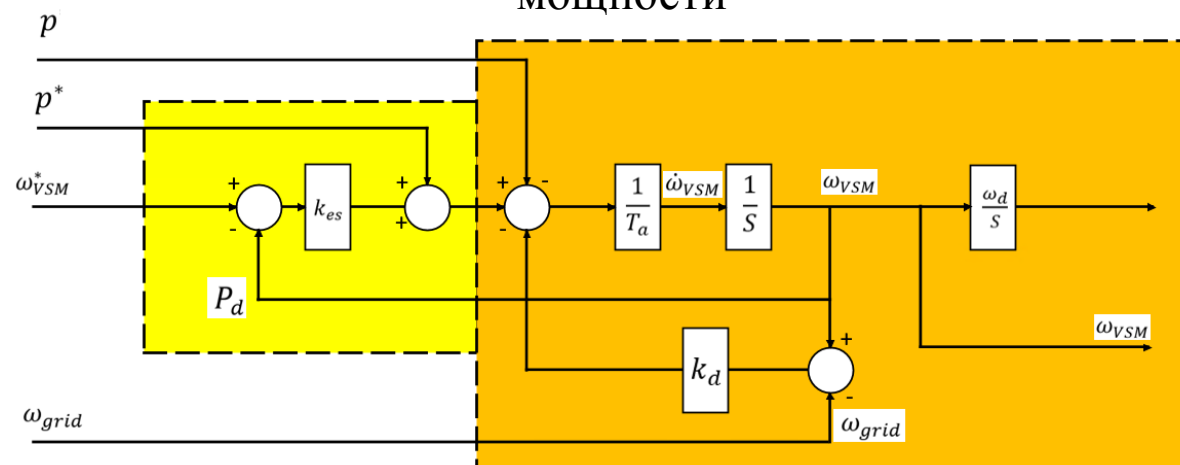
Архитектура технологии СЭС



# АЛГОРИТМ РАБОТЫ



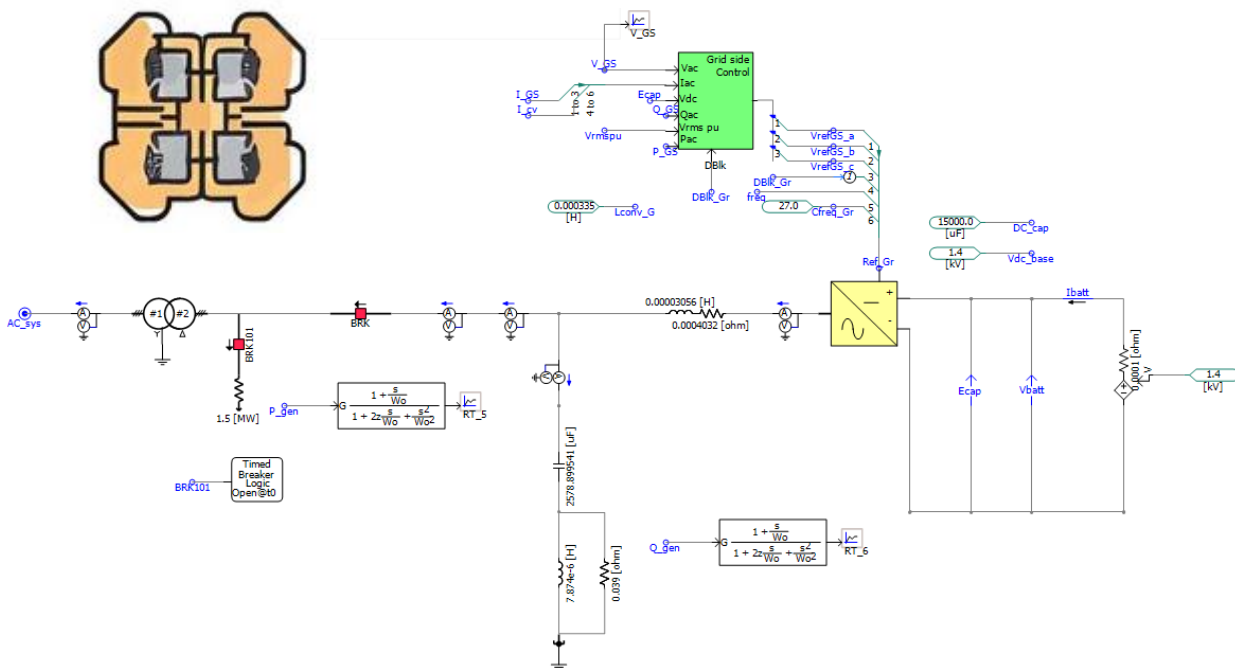
## Блок виртуальной инерции и регулятора активной мощности



## Уравнение движения ротора

$$P_{уст} - P_{эл} - k_d \cdot (\omega_{всг} - \omega_{ФАПЧ}) - k_\omega \cdot (\omega_{всг} - \omega_{ном}) = T_J \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГА В РАБОТЕ



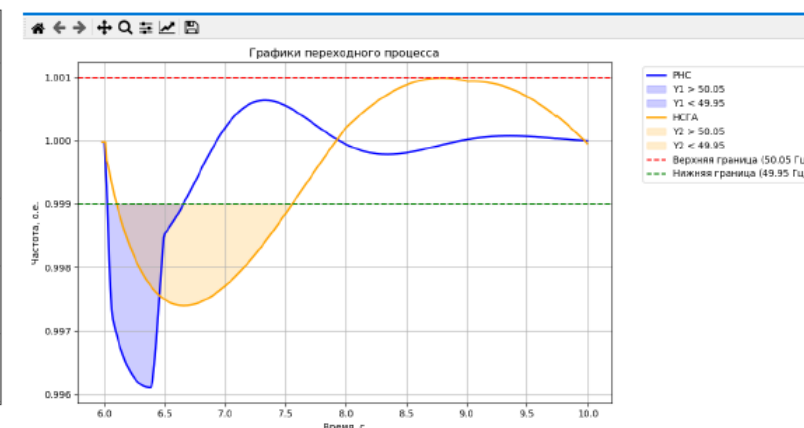
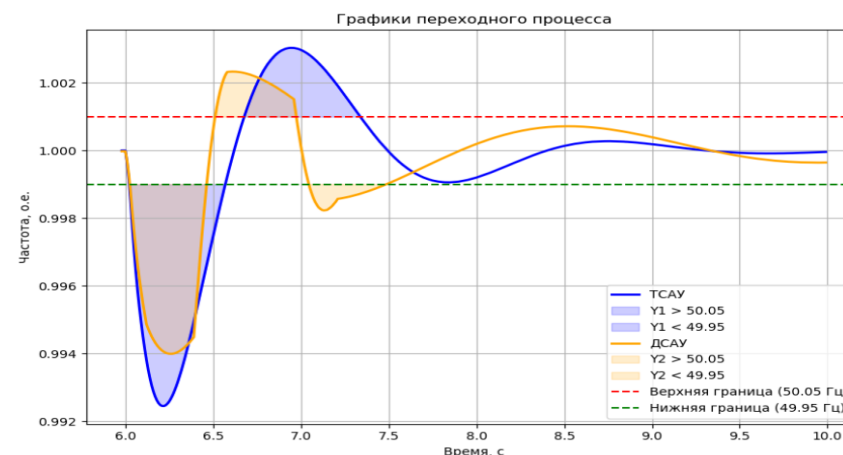
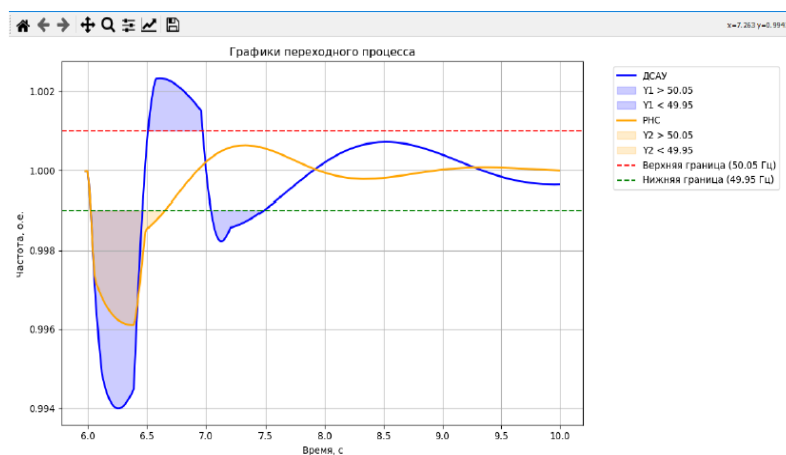
```
RNN_VSG_final.py > ...
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from tensorflow import keras
4 from tensorflow.keras.layers import Dense, Flatten, SimpleRNN, Input
5 from tensorflow.keras.models import Sequential
6 from tensorflow.keras.preprocessing.text import Tokenizer
7 import pandas as pd
8
9 arrX = np.genfromtxt('train(X).csv', delimiter=',')
10 arrY = np.genfromtxt('train(Y).csv', delimiter=',')
11 n = arrX.shape[0]
12 X = arrX.reshape((n,2,1))
13 Y = arrY.reshape((n,1))
14
15 model = Sequential()
16 model.add(Input(shape=(2,1))),
17 model.add(SimpleRNN(100, activation='tanh'))
18 model.add(Dense(1, activation='tanh'))
19 model.summary()
20
21 model.compile(loss= 'mean_squared_error', metrics=['accuracy'], optimizer='adam')
22 history = model.fit(X,Y, batch_size=10, epochs=50)
23
24 arr_testX = np.genfromtxt('test(X).csv', delimiter=',')
25 m = arr_testX.shape[0]
26 test_X = arr_testX.reshape((m,2,1))
27
28 answer = model.predict(test_X)
29 answer = answer * 16
30
31 print(answer.shape[0])
32
```

Среднеквадратическая ошибка –  $MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$

# РЕЗУЛЬТАТЫ

| Название алгоритма | Время регулирования | Интегральная оценка качества | Максимальное отклонение | Итог   |
|--------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|--------|
| ТСАУ               | 6.59                | 6.018                        | 8.078                   | 20.686 |
| ДСАУ               | 7.47                | 6.535                        | 6.427                   | 20.432 |
| РНС                | 6.65                | 3.117                        | 4.869                   | 14.636 |
| НСГА               | 7.55                | 5.355                        | 3.253                   | 16.158 |

## Графики переходных процессов



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Одним из перспективных направлений в развитии алгоритмов ВСГ в составе САУ является использование различных математических подходов в построении алгоритмов.

Популярными методами стали использование алгоритмов нечеткой логики и нейронных сетей.

