



**ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

**Школа молодых ученых – 2023
«Технологическое развитие отраслей ТЭК
для достижения углеродной
нейтральности экономики России»**

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ НА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СЛАБЫХ СЕТЯХ

**Докладчик:
Радько Павел Павлович**

магистрант отделения электроэнергетики и электротехники,
Инженерная школа энергетики

Национальный исследовательский Томский политехнический
университет

18.10.23

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА

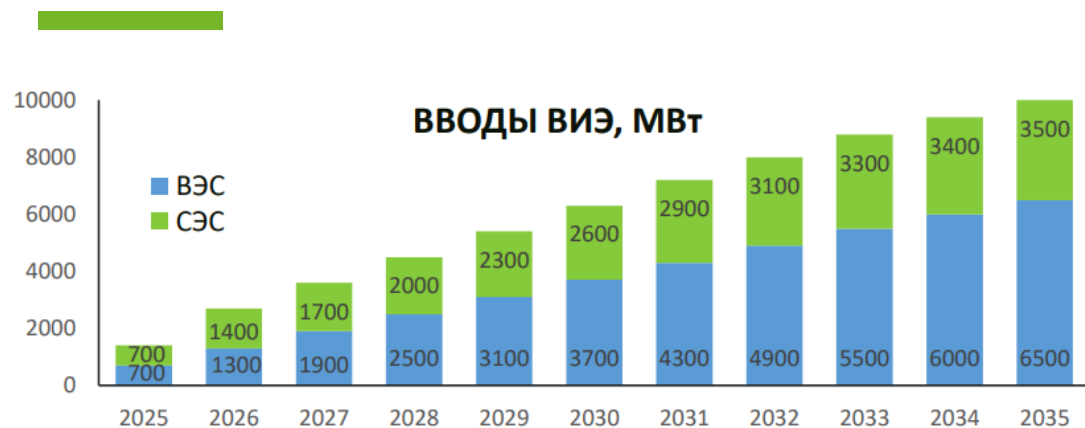


Рис. 1 Планируемая динамика ввода объектов ВИЭ на период 2025-2035 гг. (ДПМ ВИЭ 2.0)

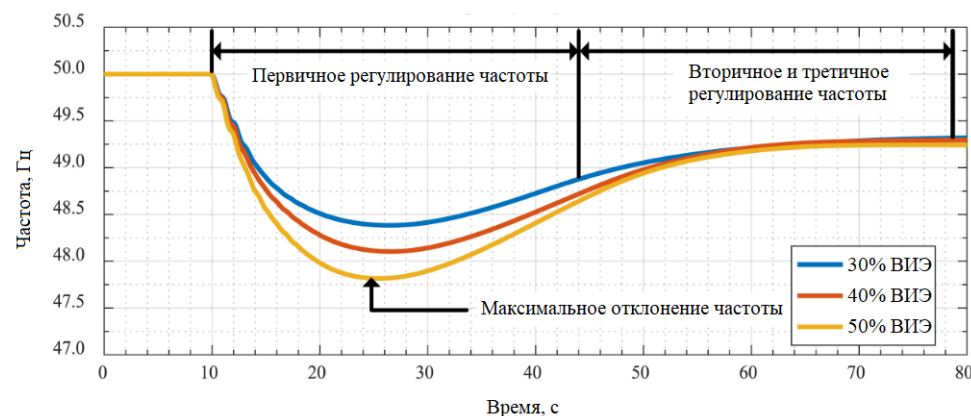


Рис. 2 Зависимость максимального отклонения частоты от доли внедрения ВИЭ после отключения ГУ

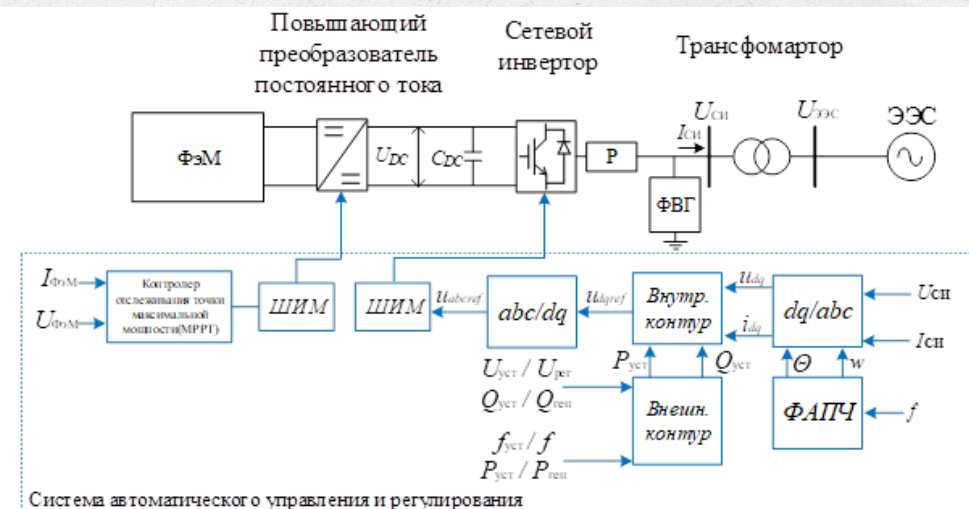


Рис. 3 Традиционная САУ солнечной электростанции



Рис. 4 Рынок автономных энергосистем РФ

СУЩЕСТВУЮЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ

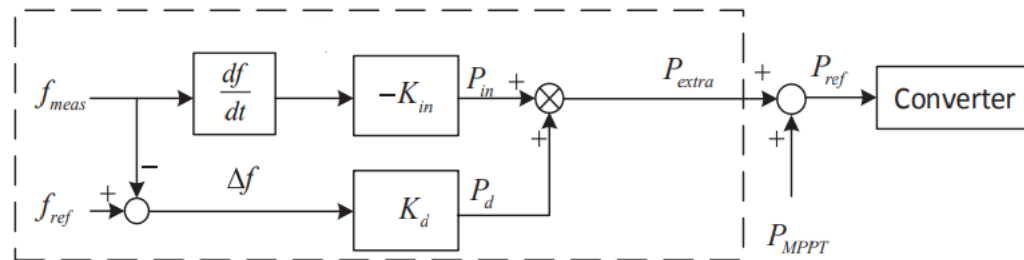


Рис. 5. Структурная схема модуля синтетической инерции

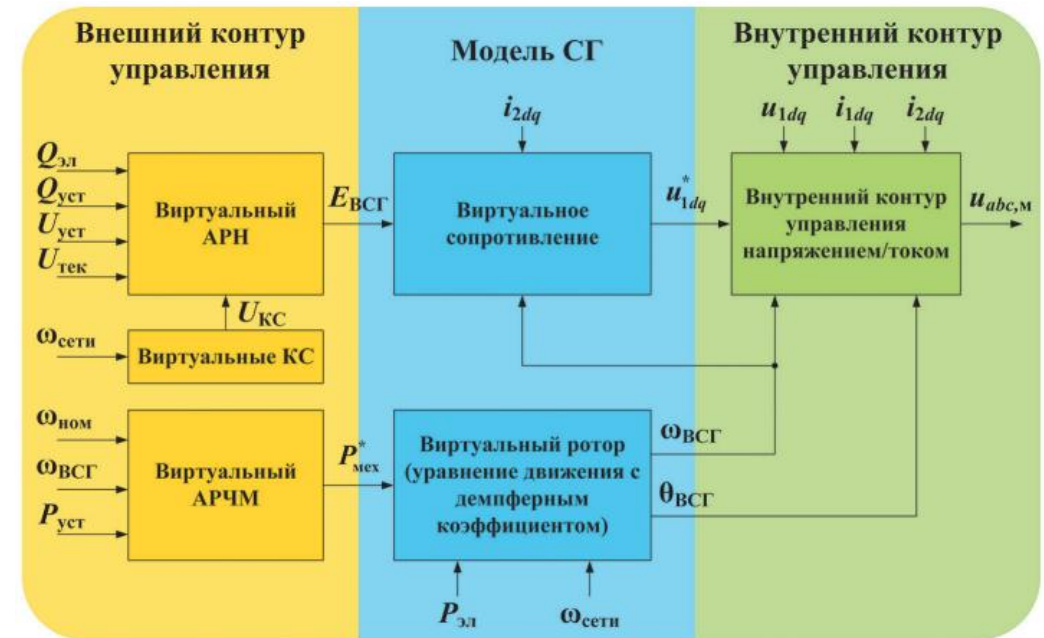


Рис. 6. Классическая структура управляемого по напряжению ВСГ (ВСГ-Н)

ИССЛЕДУЕМАЯ МОДЕЛЬ

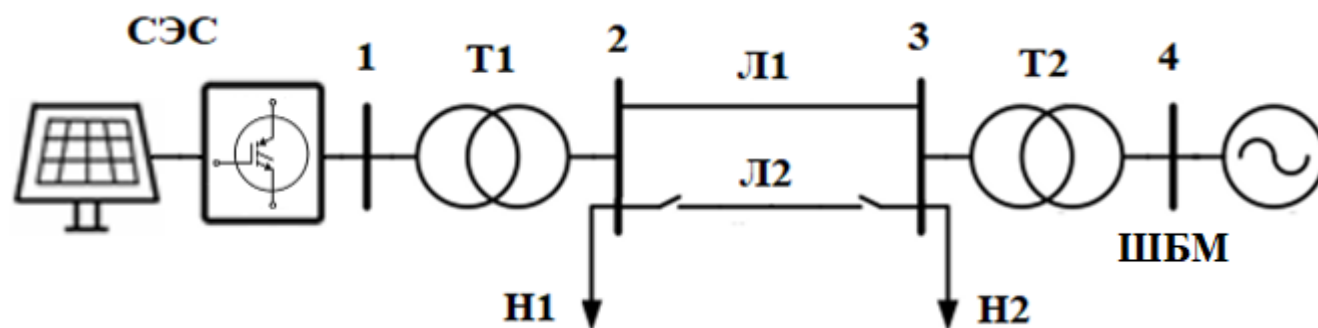


Рис. 7. Схема исследуемой энергосистемы

Условия:

1. Сильная сеть
(Линии Л1 и Л2 в работе)
2. Слабая сеть
(Л2 отключена)

Возмущения:

1. Увеличение солнечной инсоляции
(с 600 до 1000 Вт/м²)
2. Увеличение нагрузки Н1
(с 20 Мвт до 22 Мвт)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ В СИЛЬНОЙ СЕТИ

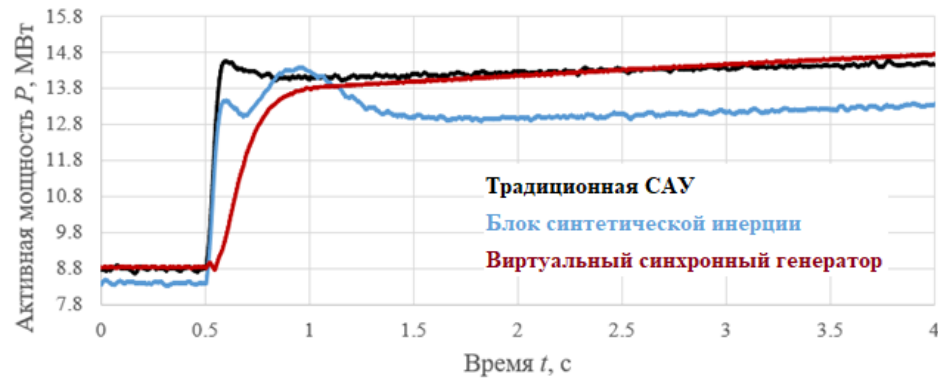


Рис. 8. Осциллограммы активной мощности при увеличении инсоляции в сильной сети

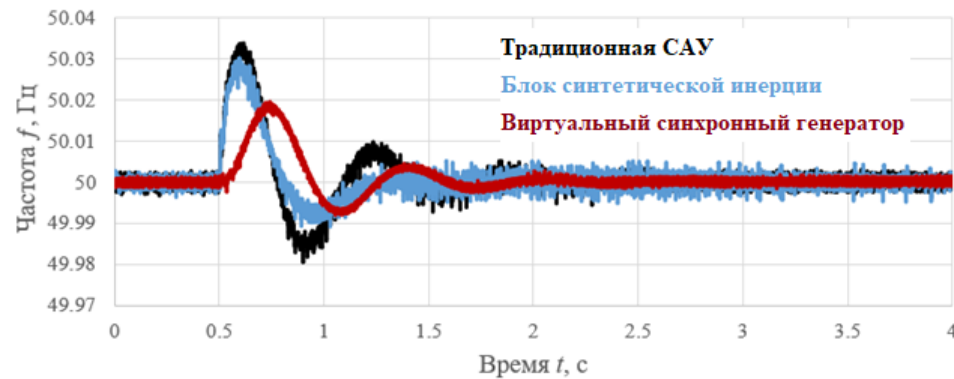


Рис. 9. Осциллограммы частоты при увеличении инсоляции в сильной сети

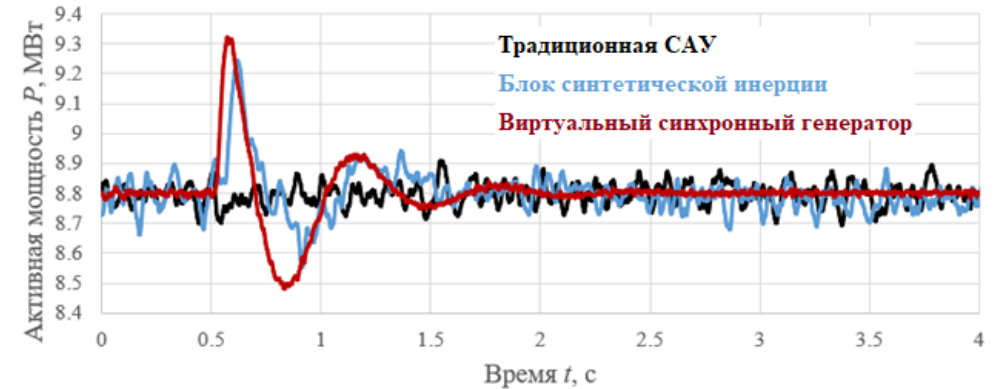


Рис. 10. Осциллограммы активной мощности при увеличении нагрузки в сильной сети

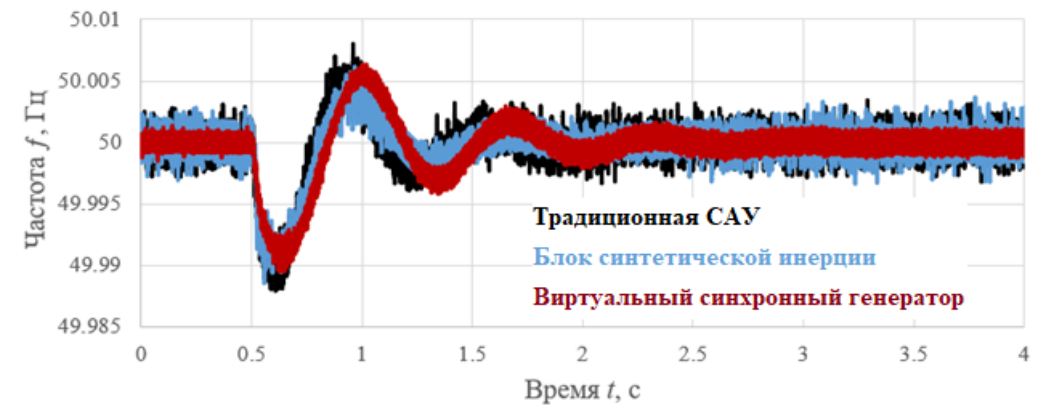


Рис. 11. Осциллограммы частоты при увеличении нагрузки в сильной сети

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ В СЛАБОЙ СЕТИ

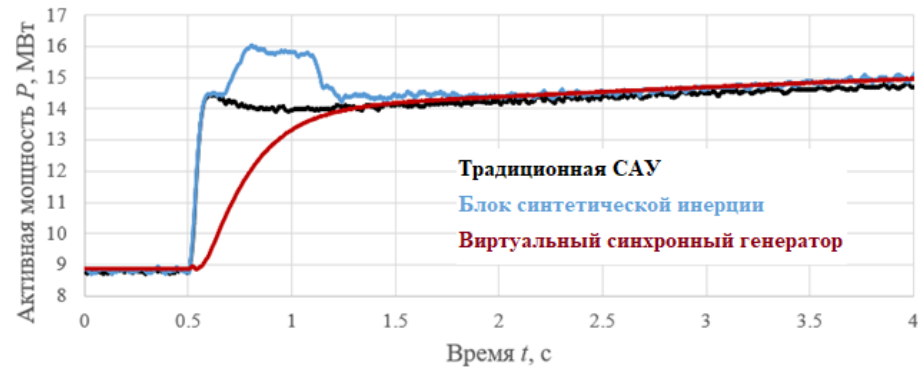


Рис. 12. Осциллограммы активной мощности при увеличении инсоляции в слабой сети



Рис. 13. Осциллограммы частоты при увеличении инсоляции в слабой сети



Рис. 14. Осциллограммы активной мощности при увеличении нагрузки в слабой сети

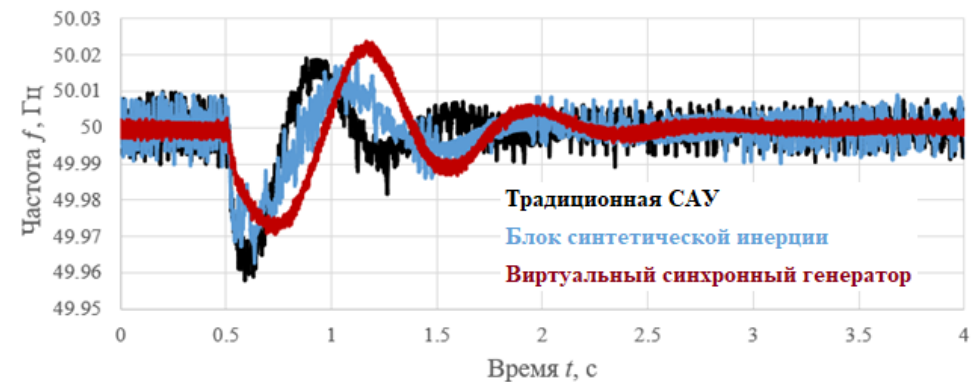


Рис. 15. Осциллограммы частоты при увеличении нагрузки в слабой сети

ОСОБЕННОСТЬ РАБОТЫ ПРЕДСТАВЛЕННОГО ВСГ

При увеличении наброса нагрузки, объем дополнительной мощности в первом полупериоде увеличивается незначительно, в то время как последующая просадка мощности увеличивается в гораздо большей мере

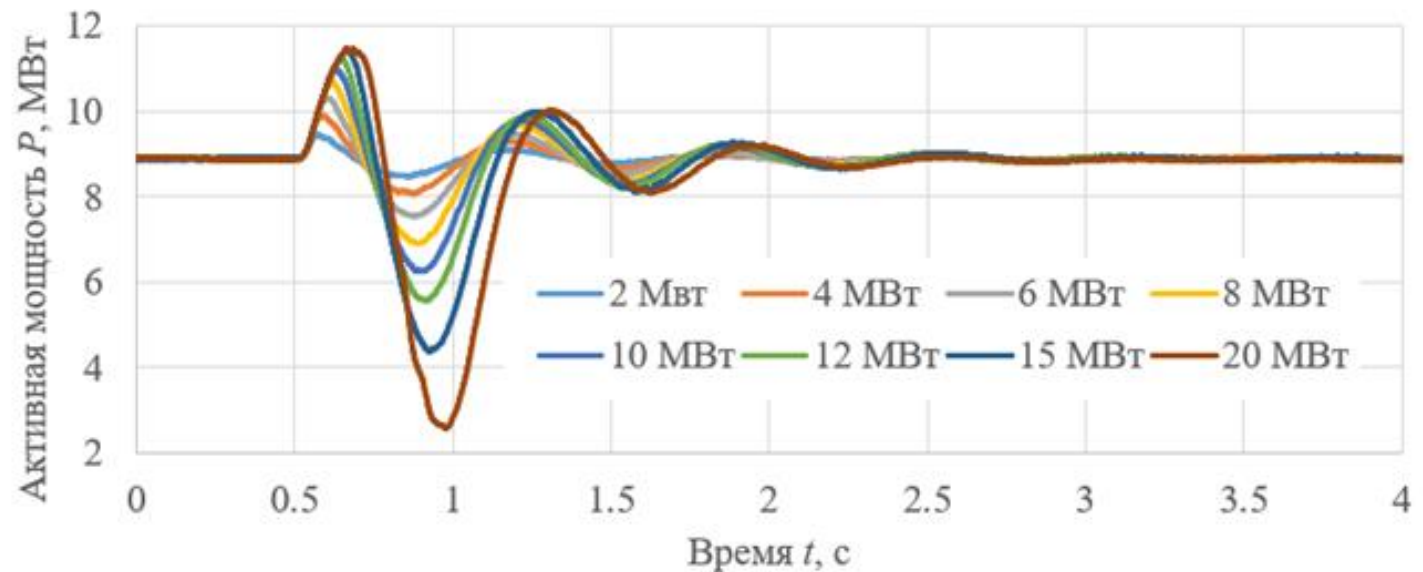


Рис. 16. Осциллограммы мощности при разных изменениях нагрузки в сильной сети

- Основные методы обеспечения инерционного отклика на СЭС: применение блока синтетической инерции и виртуального синхронного генератора
- В сильной сети оба метода показывают свою эффективность без проявления негативных факторов
- В слабой же сети при использовании традиционной САУ или блока СИ наблюдаются гармонические колебания, уменьшающие степень динамической устойчивости системы. При применении ВСГ в слабых сетях такой проблемы не наблюдается.
- Однако работа ВСГ без разгрузки может привести к тому, что при значительных возмущениях активная мощность СЭС уменьшится до критичных значений, еще больше угрожая потерей устойчивости.



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Школа молодых ученых – 2023
«Технологическое развитие отраслей ТЭК
для достижения углеродной
нейтральности экономики России»

Спасибо за
внимание!

*Исследование выполнено
за счет гранта Российского
научного фонда № 22-79-
00204.*

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ НА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СЛАБЫХ СЕТЯХ

Докладчик: Радько Павел Павлович

магистрант отделения электроэнергетики и электротехники
Инженерная школа энергетики, Томский политехнический университет

e-mail: ppr1@tpu.ru
phone: +79635074440

18.10.23