

Всероссийская школа молодых ученых
«Системные исследования
энергетических технологий»

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ИНВЕРТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Докладчик:
Радько Павел Павлович

Аспирант отделения электроэнергетики и электротехники,
Инженерная школа энергетики

Национальный исследовательский Томский политехнический
университет

25.11.25



АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА

Структура установленной мощности
электростанций ЭЭС России

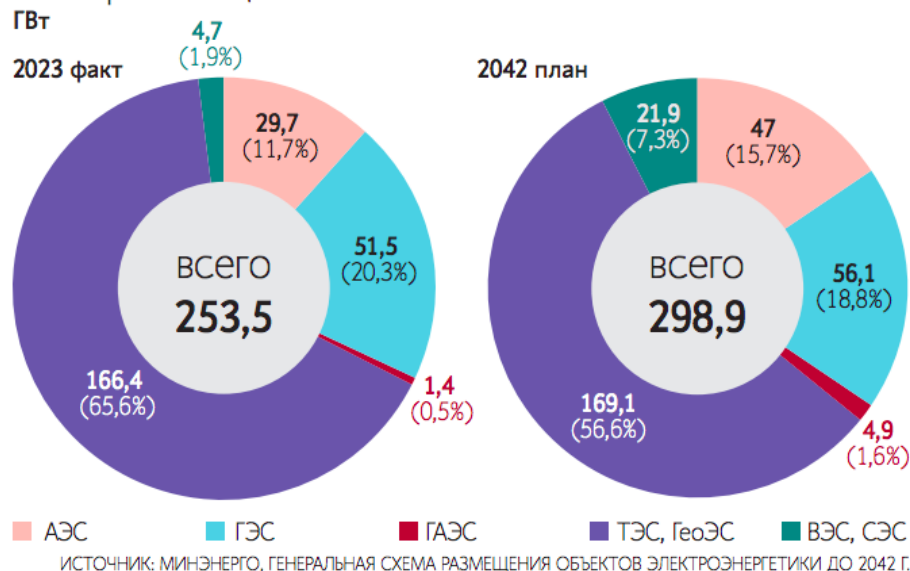


Рис. 1 – Структура генерирующих мощностей России, ГВт

Актуальные проблемы

Отсутствие
вовлеченности ВИЭ в
регулирование
режимных параметров

Снижение
общесистемной
постоянной инерции

Недостаточная
адаптивность
современной
усложненной системы
автоматического
управления

Предлагаемое решение

Для повышения
адаптивности системы
автоматического
управления,
позволяющей
регулировать режимные
параметры,
предлагается
использовать
**регуляторы на основе
нечёткой логики**

ИССЛЕДУЕМАЯ СХЕМА

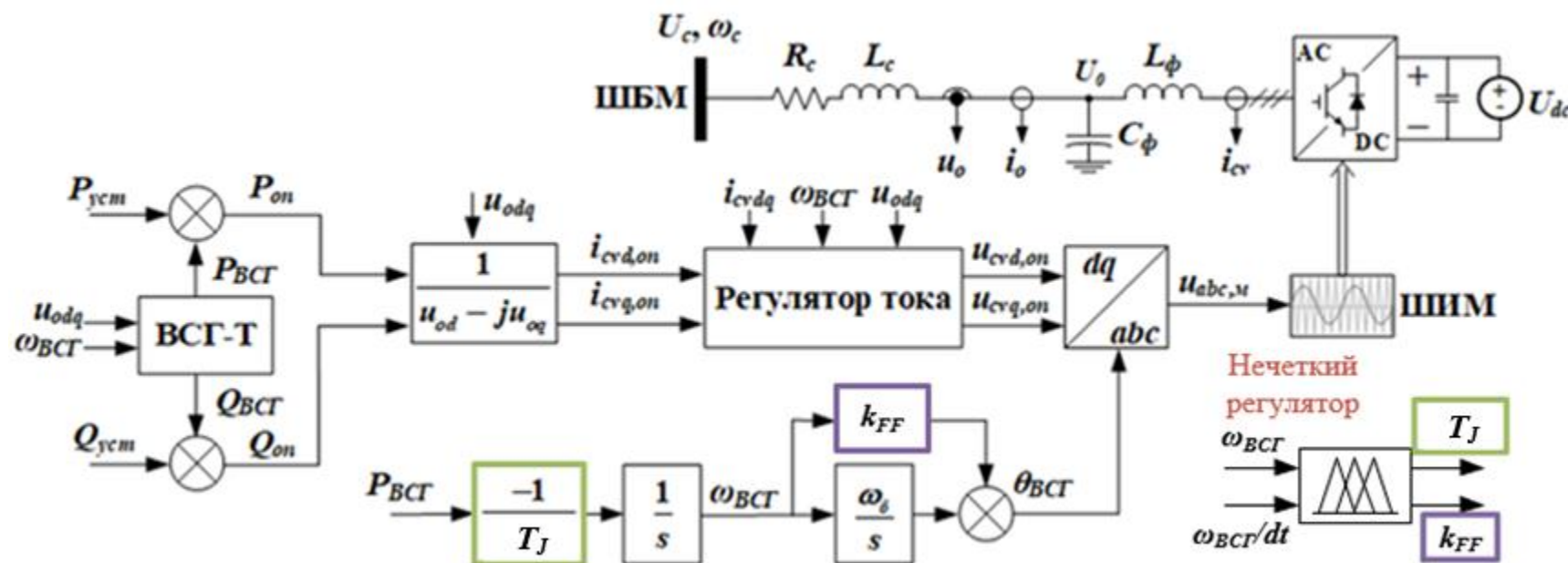


Рис. 2 – Структура системы управления инвертором

Комбинированный нечеткий регулятор изменяет значение постоянной инерции T_J и коэффициента демпфирования k_{FF}

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

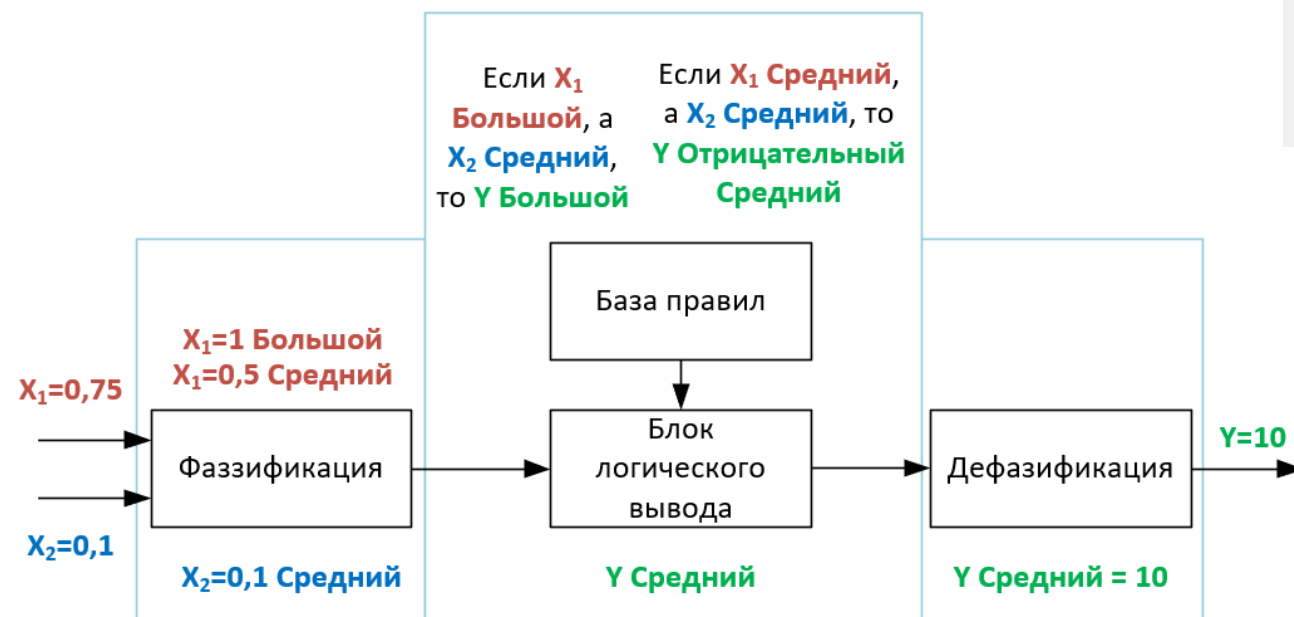


Рис. 3 – Пример работы нечеткого регулятора

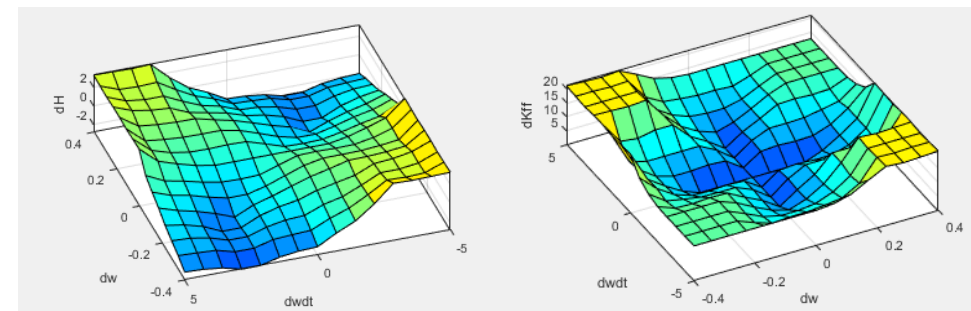


Рис. 4 – Поверхности вывода нечеткого регулятора

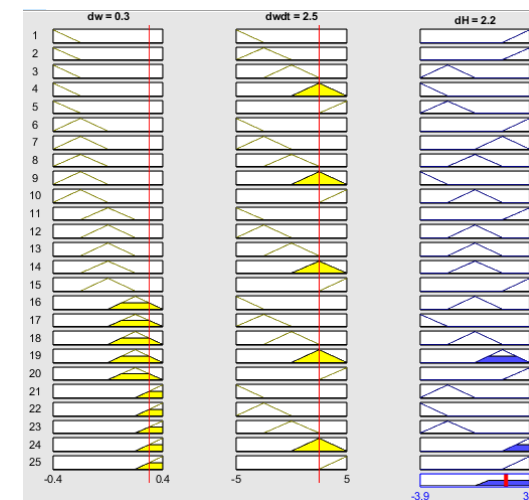


Рис. 5 – Таблица правил нечеткого регулятора при формировании выходного сигнала

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

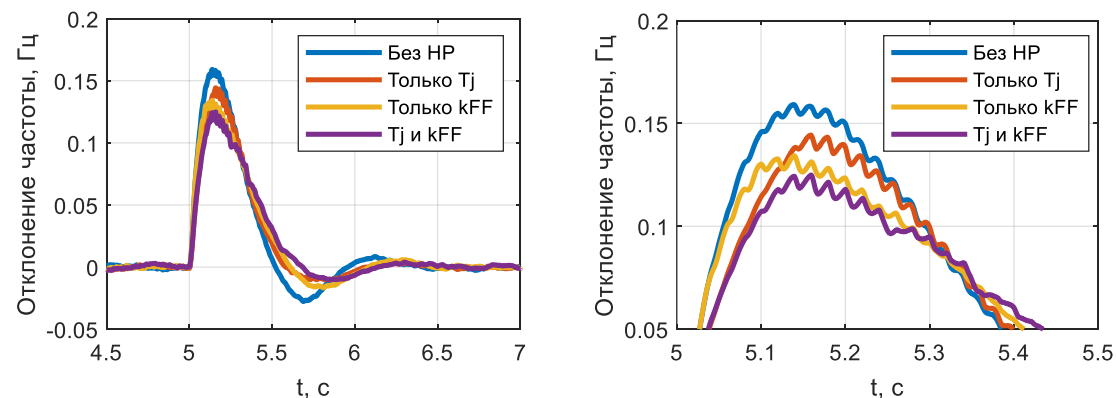


Рис. 6 – Отклонения частоты при изменении уставки активной мощности 0,3→0,9 о.е.

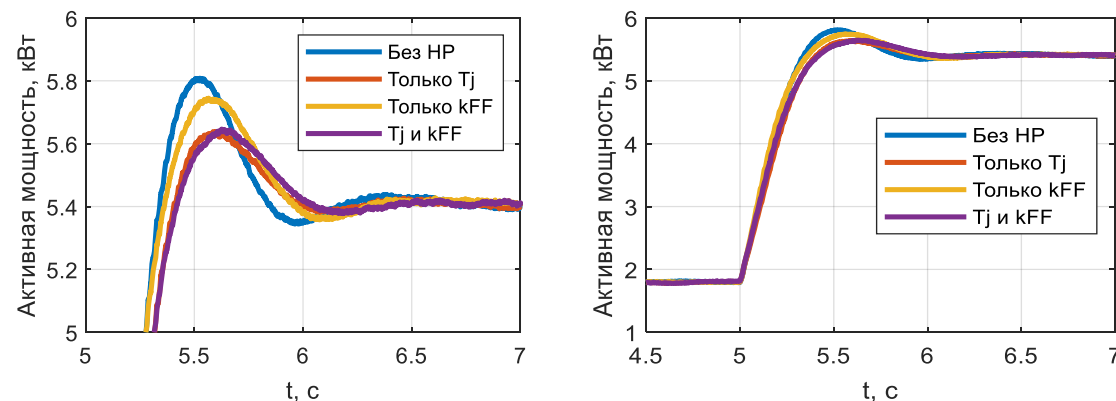


Рис. 7 – Изменение активной мощности при изменении уставки активной мощности 0,3→0,9 о.е.

Таблица 1 – Анализ результатов экспериментов

	Без НР	Т _j	k _{FF}	Комб. НР
Максимальное отклонение частоты dω				
Значение, Гц	0,1591	0,1443	0,1342	0,125
Улучшение относительно случая без НР, %		9,3	15,6	21,5
Интегральный показатель качества ISTSE				
Значение, о.е.	0,0746	0,0598	0,0587	0,0511
Улучшение относительно случая без НР, %		19,8	21,4	31,6

$$ISTSE = \int_{t=0}^{T=t_{зад}} t^2 \cdot e^2(t) dt$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Обеспечить вовлечение возобновляемых источников энергии в процесс регулирования режимных параметров можно с помощью современных систем управления силовыми инверторами, однако усложнение систем управления влечет за собой уменьшение адаптивности;
- Регуляторы на базе нечеткой логики способны в темпе процесса изменять значения величин, которые при традиционном подходе остаются неизменными: постоянная инерции и коэффициент демпфирования;
- Эксперименты показали, что использование комбинированного нечеткого регулятора позволяет сократить предельное отклонение частоты и степень перерегулирования, на 21,5% и 31,6% соответственно.



Всероссийская школа молодых ученых
«Системные исследования
энергетических технологий»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО НЕЧЕТКОГО
РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ
ИНВЕРТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Исследование выполнено за счет гранта
Российского научного фонда № 24-29-00004

Докладчик:
Радько Павел Павлович
ppr1@tpu.ru

Аспирант отделения электроэнергетики и электротехники,
Инженерная школа энергетики

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

25.11.25



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ДРУГИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

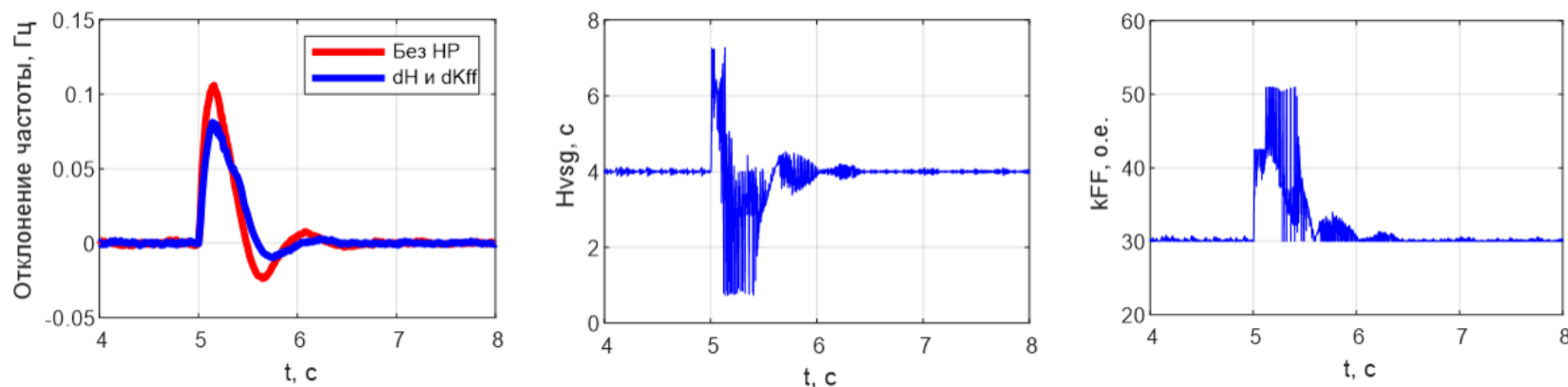


Рис. 8 – Осциллограммы частоты, $T_J (H_{vsg})$ и k_{FF} при изменении уставки по мощности 0,2→0,6 о.е.

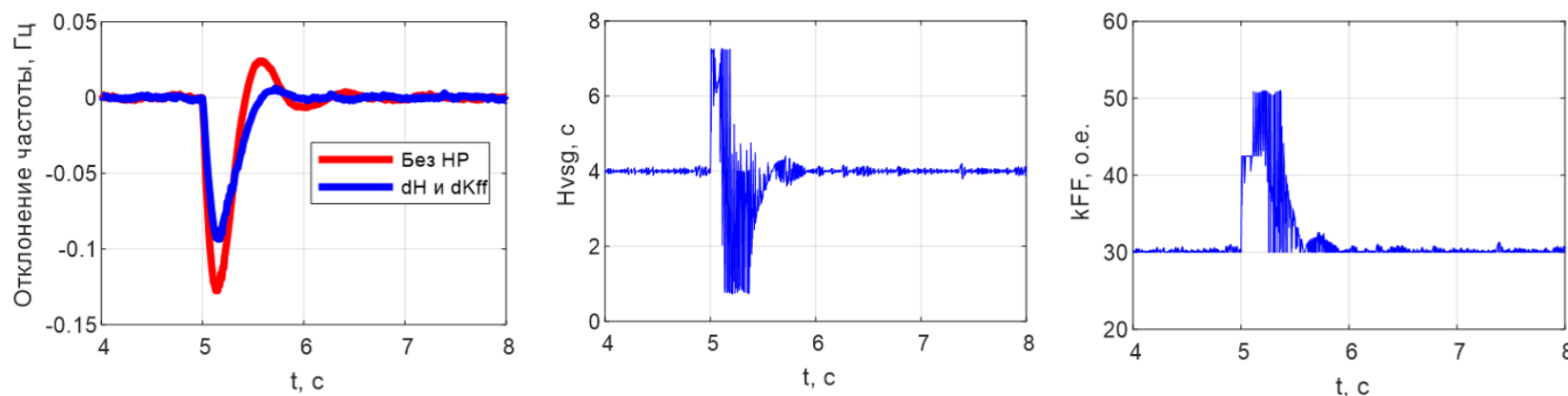


Рис. 9 – Осциллограммы частоты, $T_J (H_{vsg})$ и k_{FF} при увеличении нагрузки на 0,4 о.е.