

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО ПЕРЕТОКА МОЩНОСТИ В КОНТРОЛИРУЕМОМ СЕЧЕНИИ «ВЫДАЧА МОЩНОСТИ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС» С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

В.В. Кутявин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Для большого количества электрических станций, находящихся в операционной зоне АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири, в том числе и для Богучанской ГЭС, актуальна проблема нарушения динамической устойчивости. Величина максимально допустимого перетока (МДП) по критерию обеспечения динамической устойчивости зависит от приращения допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении (КС), возникающего за счет реализации управляющих воздействий от устройств противоаварийной автоматики (ПА), обеспечивающих динамическую устойчивость генерирующего оборудования. Величина приращения зависит от эффективности управляющих воздействий (УВ) противоаварийного управления и позволяет увеличивать МДП в КС.

## I. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Величина МДП с учётом действия ПА зависит от приращения допустимого перетока активной мощности в КС, возникающего за счет реализации управляющих воздействий от устройств ПА [1],

$$P_{\text{доп}} = P_{\text{дин}}^{\text{пред}} + \Delta P_{\text{ПА}}^{\text{ДУ}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{доп}}$  – допустимый переток активной мощности по критерию обеспечения ДУ в послеаварийном режиме после нормативного возмущения (МВт);

$P_{\text{дин}}^{\text{пред}}$  – предельный по ДУ переток активной мощности в КС (МВт);

Величину приращения можно представить в виде произведения коэффициента эффективности УВ и фактического объёма УВ,

$$P_{\text{доп}} = P_{\text{дин}}^{\text{пред}} + k_{\text{эф}} \cdot \Delta P_{\text{УВ}}^{\text{факт}}, \quad (2)$$

где  $k_{\text{эф}}$  – коэффициент эффективности УВ;

$\Delta P_{\text{УВ}}^{\text{факт}}$  – фактический объём УВ (МВт).

Для заполнения Положения по управлению режимами величинами МДП необходим расчёт коэффициентов эффективности УВ и последующий выбор наименьшего из рассматриваемых.

В настоящее время существующий подход предполагает определение коэффициента эффективности УВ на основе многократных расчётов динамической устойчивости при различных нормативных возмущениях с учётом действия ПА в нормальной и различных ремонтных схемах для разных составов включенного генерирующего оборудования, что требует больших временных затрат.

## II. ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА

В качестве исходных данных использовались расчётная модель ОЭС Сибири и настройка ПА Богучанской ГЭС.

Для решения задач исследования необходимо провести ряд расчётов ЭМПП для оценки влияния объёма управляющих воздействий и тяжести короткого замыкания на эффективность управляющих воздействий. Эффективность оценивалась с помощью коэффициента в соответствии с выражением (2),

$$k_{\text{эф}} = \frac{P_{\text{доп}} - P_{\text{дин}}^{\text{пред}}}{\Delta P_{\text{УВ}}^{\text{факт}}}. \quad (3)$$

## III. РЕЗУЛЬТАТЫ

Для определения влияния тяжести короткого замыкания на величину коэффициента эффективности управляющих воздействий был произведён расчёт ДУ на разных ступенях автоматики разгрузки при близких коротких замыканиях (АРБКЗ), соответствующих разным тяжестям КЗ.

Диаграмма коэффициентов эффективности на разных ступенях АРБКЗ в схеме с ремонтом КВЛ 500 кВ Богучанская ГЭС – Ангара №2 при 8 работающих генераторах представлена на рисунке 1.

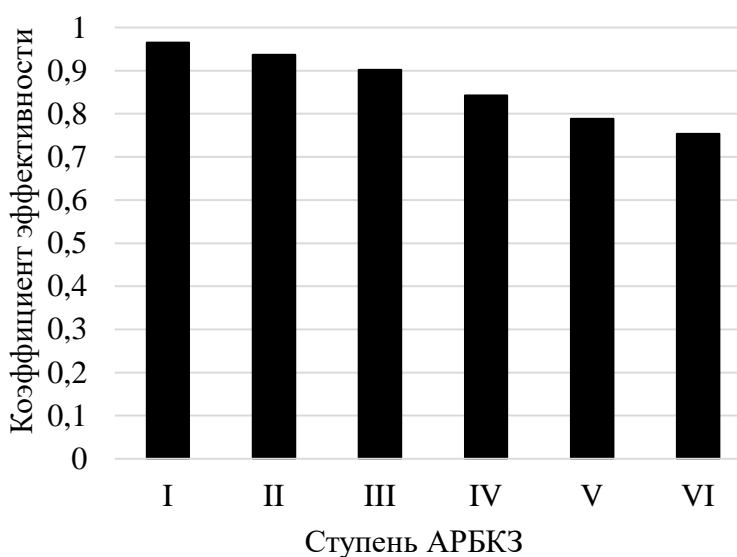


Рис. 1. Диаграмма коэффициентов эффективности на разных ступенях АРБКЗ

Из рисунка 1 видно, что с увеличением ступени АРБКЗ и повышением тяжести КЗ снижается эффективность управляющих воздействий.

Влияние объёма управляющих воздействий оценивалось путём сравнения эффективностей управляющих воздействий, применимых к одной ступени АРЗКЗ. Диаграмма коэффициентов эффективности при разном объёме УВ на IV ступени автоматики разгрузки при затяжных коротких замыканиях (АРЗКЗ) в нормальной схеме при 9 включенных генераторах представлена на рисунке 2.

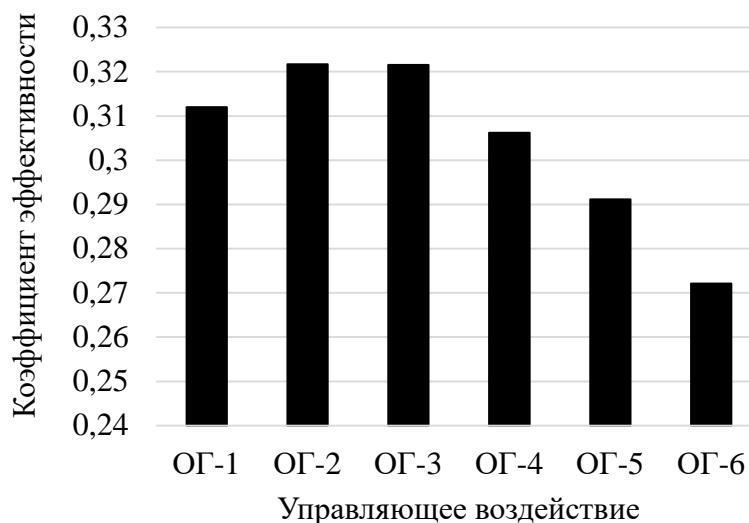


Рис. 2. Диаграмма коэффициентов эффективности при разных объёмах УВ

Из рисунка 2 видно, что с увеличением объёма УВ эффективность управляющих воздействий сначала повышается, а далее начинает снижаться.

Низкая эффективность ОГ-1 обусловлена отсутствием балансирующего УВ ОН.

При реализации УВ ОН повышается напряжение в сети и генераторы в приёмной части энергосистемы приобретают меньшее торможение, что способствует повышению эффективности УВ.

Условия для сохранения динамической устойчивости за счет ОГ тем лучше, чем меньше торможение генераторов приемной части по отношению к торможению в отправной части [2].

Расчёты показали, что наименьший коэффициент эффективности получается при ОГ-1 и при наиболее тяжёлом возмущении при реализации наибольшего объёма УВ, поэтому нет необходимости в расчёте всех ступеней АРКЗ при всех реализациях УВ.

Предлагаемый алгоритм предполагает определение наиболее тяжёлого нормативного возмущения и соответствующей ему ступени АРКЗ. Для данной ступени моделируется наибольший объём УВ. Определяется коэффициент эффективности управляющих воздействий.

Предлагаемый алгоритм расчёта коэффициентов эффективности управляющих воздействий представлен на рисунке 3.

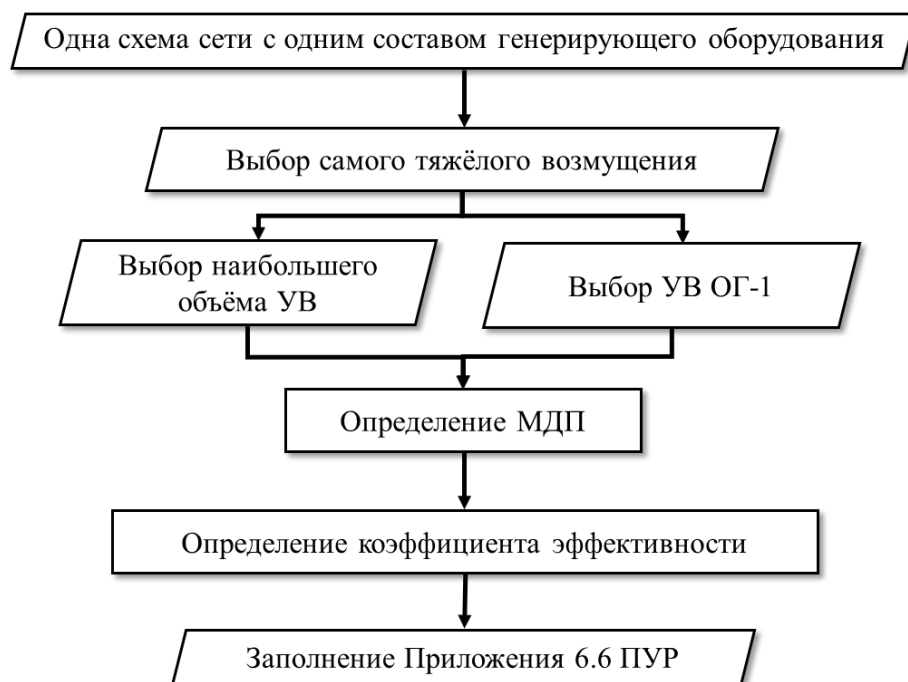


Рис. 3. Предлагаемый алгоритм расчёта коэффициентов эффективности управляющих воздействий

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наименьший коэффициент эффективности соответствует наиболее тяжёлому возмущению при УВ ОГ-1 или при реализации наибольшего объёма управляющих воздействий.

Результаты, полученные в данной работе, позволят снизить временные трудозатраты сотрудников СО ЕЭС за счёт обоснования снижения объемов расчётов ЭМПП за счет рассмотрения только тех случаев, в которых наблюдаются наименьшие коэффициенты эффективности УВ, а также за счет того, что по результатам данной работы разработан алгоритм, в дальнейшем позволяющий автоматизировать рассматриваемый процесс.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Методические указания по устойчивости энергосистем / Министерство энергетики Российской Федерации. – Москва: НЦ ЭНАС, 2018. – 25 с.
2. Вайнштейн Р.А. Основы противоаварийной автоматики в электроэнергетических системах: учебное пособие / Р. А. Вайнштейн, Е. А. Пономарев, А. А. Наумов, Р. В. Разумов. Томск Чебоксары: Изд-во РИЦ СРЗАУ, 2022. – 390 с.

Научный руководитель: И.М. Кац, к.т.н., доцент, «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».