

УЧРЕДИТЕЛИ

МИНЭНЕРГО РОССИИ,
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ
КОМПАНИЯ ЕЭС,
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ
"КОРПОРАЦИЯ ЕЭЭК",
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИРМА
"ЭНЕРГОПРОГРЕСС",
НП "НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕЭС"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **Ольховский Г.Г.**,
доктор техн. наук, чл.-кор. РАН
Зам. главного редактора **Антипов К.М.**,
канд. техн. наук
Бондаренко А.Ф., Волков Э.П., академик РАН,
Воротницкий В.Э., доктор техн. наук,
Денисов В.И., доктор эконом. наук,
Долматов И.А., канд. эконом. наук,
Зорченко Н.В., канд. техн. наук, Касьянов Л.Н.,
Корниенко А.Г., Кошчев Л.А., доктор техн. наук,
Лейзерович А.Ш., доктор техн. наук (США),
Львов М.Ю., доктор техн. наук,
Любарский Д.Р., доктор техн. наук,
Ляшенко В.С., Мисриханов М.Ш., доктор техн.
наук, Нечаев В.В., канд. техн. наук,
Новак В., доктор техн. наук (Польша),
Орфеев В.М., Охотин В.Н., Пикин М.А., канд.
техн. наук, Решетов В.И., канд. техн. наук,
Савваитов Д.С., канд. техн. наук,
Седлов А.С., доктор техн. наук,
Сокур П.В., канд. техн. наук,
Соловьёва Т.И., Тупов В.Б., доктор техн. наук,
Широкова М.И., Шульгинов Н.Г., канд. техн. наук

РЕДАКЦИЯ

Зам. главного редактора
Соловьёва Т.И.

Ответственный секретарь
Широкова М.И.

Научный редактор
Полова О.А.

Секретарь редакции
Васина С.А.

Компьютерный набор
Коновалова О.Ф.

АДРЕС РЕДАКЦИИ

115280, Москва,
3-й Автозаводский проезд, 4, корп. 1

ТЕЛЕФОНЫ

Редакция
(495) 234-7417, 234-7419

Главный редактор
(495) 234-7617

Факс
(495) 234-7417

Internet
www.elst.energy-journals.ru

E-mail
для переписки: el-stantsii@rambler.ru
для статей: el.stantsii@gmail.com

Редакция не несёт ответственности за
достоверность информации, опубликованной
в рекламных объявлениях.

При перепечатке ссылка на журнал
«Электрические станции» обязательна.

Сдано в набор 11.12.2013
Подписано в печать 21.01.2014
Формат 60×84 1/8
Бумага Galerie Art Silk. Печать офсетная
Печ. л. 7. Тираж 1800. Цена свободная

Оригинал-макет
выполнен в издательстве "Фолиум"
127411, Москва, Дмитровское ш., 157
Тел/факс: (499) 258-0828
Internet: www.folium.ru
E-mail: prepress@folium.ru

Отпечатано
в типографии издательства "Фолиум"

© НТФ "Энергопрогресс",
"Электрические станции", 2014



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ISSN 0201-4564

2014 1

Издаётся
с января 1930 г.
990-й выпуск
с начала издания

С Новым годом!

Содержание

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Осика Л. К., Журавлёв В. С. Требования к виртуальным моделям тепловых электростанций и инструментам их создания 2

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Тугов А. Н., Шварц А. Л., Котлер В. Р. Отечественные котельные установки на повышенные параметры пара: состояние и перспективы 9

Ольховский Г. Г., Березинцев П. А., Агеев А. В., Маркина В. Н., Лобач И. А., Костенко В. И. Эксплуатационные характеристики теплофикационной парогазовой установки мощностью 420 МВт 14

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Емельянова А. Д., Казновский А. П., Казновский П. С., Касьянов К. Г., Рясный С. И. Об объёме и составе расчётно-экспериментальных обследований сейсмостойкости оборудования АЭС 21

ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Беляев А. Н., Смоловик С. В. О быстродействии управляемых шунтирующих реакторов 27

ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Апелвалов В. Д., Леш В. Н., Мешалкин С. М., Устинова Е. А., Шалаев В. Г. Новая серия турбогенераторов малой и средней мощности 31

Ларин В. С., Светоносов В. П. О разработке сухого трансформатора 110 кВ 37

Геворкян В. М., Казанцев Ю. А., Старшинов В. А., Юзмиев К. Ш., Атаманов В. В. О повреждениях трансформаторов напряжения в цепях генераторного напряжения электростанций 43

О НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Чугаева А. Н., Тумановский А. Г., Котлер В. Р., Брагина О. Н., Иванова А. А., Киселёва О. А. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для предприятий тепловой энергетики 50

ХРОНИКА

ОАО "Э.ОН Россия" – лауреат награды Системного оператора 55

Новости электротехнических и электроэнергетических компаний 56

Конференции, выставки, совещания. 67

ОАО "НТЦ ЕЭС"
Научно-техническая
библиотека

О быстродействии управляемых шунтирующих реакторов

- **Беляев А. Н.**¹, канд. техн. наук, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
- **Смоловик С. В.**, доктор техн. наук, ОАО "НТЦ ЕЭС"

Рассмотрены варианты установки управляемых шунтирующих реакторов – на транзитной электропередаче класса 500 кВ и в автономной энергосистеме нефтедобывающего комплекса с преобладающей двигательной нагрузкой. Во всех случаях на основе расчётов статической и динамической устойчивости показано, что применение устройств управляемой поперечной компенсации с высоким быстродействием не требуется.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, статическая устойчивость, управляемый шунтирующий реактор, быстродействие, межсистемная электропередача, поперечная компенсация, динамическая устойчивость, асинхронный двигатель.

Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) являются апробированным средством повышения надёжности функционирования системообразующих сетей ЕЭС России за счёт нормализации режимных параметров транзитных линий электропередачи [1, 2] и условий работы генераторов электростанций [3]. Однако актуальной является и проблема обеспечения устойчивости узлов нагрузки, питаемых от сетей 110 – 220 кВ, а также в автономных энергосистемах нефтедобывающих комплексов [2, 4, 5].

Накопленный опыт обоснования характеристик рассматриваемого оборудования показывает, что в большинстве случаев повышение быстродействия УШР не представляется необходимым. В качестве подтверждения указанного положения далее рассматриваются два варианта установки управляемого шунтирующего реактора:

в составе транзитной электропередачи класса 500 кВ;

в автономной электроэнергетической системе с преобладающей асинхронной нагрузкой.

При расчётах статической и динамической устойчивости регулятор УШР может быть замещён инерционным звеном с эквивалентной постоянной времени T_p

$$(1 + pT_p)b_p = b_{p0} + K_{0a}\Delta U_p,$$

где b_p и b_{p0} – текущая и исходная (в установившемся режиме) проводимость УШР; K_{0a} – коэффициент усиления по отклонению напряжения ΔU_p в точке его подключения; T_p – эквивалентная постоянная времени системы регулирования УШР.

Показатели качества переходных процессов *протяжённой транзитной электропередачи*

класса 500 кВ, оснащённой шунтирующими реакторами традиционной конструкции, обусловлены исключительно настройкой автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) эквивалентных генераторов. Очевидно, что низкая степень затухания некоторых составляющих вызвана как чрезвычайно высокими мощностями примыкающих энергообъединений, так и протяжённостью транзитных линий электропередачи (традиционно 400 – 1000 км и более).

Практика расчётов (в том числе для режимов, близких к пределам передаваемой мощности) свидетельствует о сравнительно небольшом влиянии постоянной времени УШР на статическую устойчивость системы (в пределах 10%). Поэтому разработка специальных и дорогостоящих мероприятий, направленных на уменьшение (в некоторых конструкциях УШР вплоть до 0,01 с) эквивалентной постоянной времени системы регулирования УШР, не является целесообразной [1]. Полученные результаты могут быть объяснены тем, что транзитная электропередача работает между крупными энергообъединениями (например, Сибирь – Урал или северный Казахстан – южный Казахстан и Центральная Азия; в модели – между соответствующими им эквивалентными генераторами с инерционными постоянными T_J от 150 до 450 с), поэтому более быстрое управление режимами работы такой электропередачи будет просто неэффективно.

На рис. 1 представлены подтверждающие указанные соображения примеры кривых равного затухания в плоскости эквивалентных постоянных времени систем регулирования УШР при их широком варьировании (вплоть до 20 с).

В большинстве случаев *электроэнергетическая система нефтегазодобывающего комплекса*

¹ Беляев Андрей Николаевич: andreybelyaev@yandex.ru