

6. Беляев А. Н. Снижение скручивающих моментов в системе газотурбинного привода генераторов автономной электростанции // Известия РАН. Энергетика. 2010. № 2. С. 124–132.

7. IEEE Sub-synchronous resonance working group. Second benchmark model for computer simulation of sub-synchronous resonance // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. 1985. Vol. PAS 104, no. 5. P. 1057–1066.

8. Федоров В. К., Рысев Д. В. Устойчивость энергосистемы турбина – генератор – нагрузка при возникновении электромеханического резонанса // Омский научный вестник. 2011. № 3(103). С. 194–198.

УДК 621.316.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ DIGSILENT POWERFACTORY

А. В. Симаков¹, О. А. Лысенко², М. Ю. Чернев³

¹Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

³РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены принципы моделирования устройств релейной защиты и автоматики в программном обеспечении. Целью работы являлось создание модели устройства автоматического ввода резерва (АВР) с пуском по напряжению и проверка корректности его работы. Построение модели выполнено в программном обеспечении DigSILENT PowerFactory. В ходе работы описаны принципы функционирования АВР, выполнено построение математической модели с помощью встроенных измерительных и логических блоков используемого программного обеспечения, осуществлен ввод уставок защиты и проверена корректность функционирования в статических и динамических режимах работы. Результатом работы является готовая математическая модель АВР для использования в последующем моделировании работы защит.

Ключевые слова: релейная защита, АВР, моделирование, PowerFactory.

DOI: 10.25206/2310-4597-2019-1-98-102

I. ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленных мощностей требует особого внимания к устройствам защиты и автоматики, обеспечивающим бесперебойность энергоснабжения потребителя и защищающим энергосистему и электрооборудования от ненормальных режимов работы [1–3].

Согласно правилам устройства установок, существуют 3 категории потребителей: I, II и III [4]. Для электроприемников I категории перерыв электроснабжения может повлечь за собой опасность для жизни людей или серьезный ущерб для производства, поэтому они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания с допустимым перерывом их электроснабжения только на время автоматического восстановления питания.

Для электроприемников II категории перерыв электроснабжения приводит к менее существенному ущербу для производства, чем в предыдущем случае. Эту категорию электроприемников рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания с допустимым перерывом электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями специализированного персонала.

Электроприемники III категории – все остальные электроприемники, допустимый перерыв в их энергоснабжении не более суток.

В связи с отмеченным выше, особый интерес представляет надежность энергоснабжения потребителей первой категории, поэтому целью работы является моделирование устройства автоматического ввода резервного питания.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для достижения поставленной цели необходимо определить принцип работы устройства автоматического ввода резерва, его функциональные, структурные и логические схемы. Также, следует выбрать программное обеспечение для моделирования, определить условия и уставки срабатывания защиты. Созданную модель устройства следует испытать при различных режимах работы и сделать заключение относительно его корректности.

Испытание производится на модели подстанции с одиночной секционированной системой шин, соединенных через секционный выключатель (рис. 1).

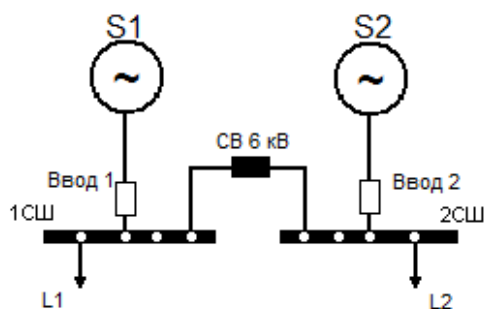


Рис. 1. РУ с одиночной секционированной системой шин

Программным обеспечением для моделирования выбран продукт DigSILENT PowerFactory – программное обеспечение для анализа систем электропитания, предназначенное для анализа систем генерации, передачи, распределения и промышленных систем. Он охватывает весь спектр функциональных возможностей – от стандартных функций до сложных и продвинутых приложений, включая ветроэнергетику, распределенную генерацию, моделирование в реальном времени и мониторинг производительности для тестирования и контроля системы [5].

III. ТЕОРИЯ

Автоматическое включение резерва (АВР) – включение автоматическим устройством резервного оборудования взамен отключившегося основного [6]. Широко применяется в энергетике, служит для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Общими требованиями к АВР являются быстрое включение резервного питания после отказа рабочего источника, селективность и однократность срабатывания [7].

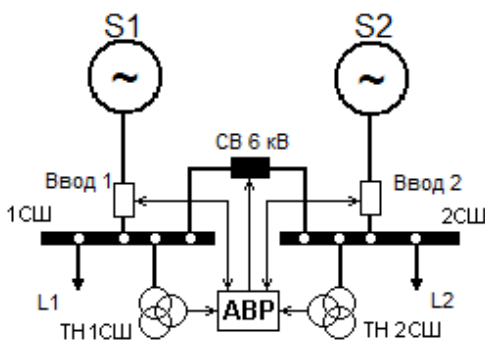


Рис. 2. Логическая схема работы устройства АВР

Схема распреедурейства с АВР приведена на рис. 2, а на рис. 3 представлена логическая схема работы самого устройства АВР [8].

Питание поступает от двух независимых друг от друга источников S1 и S2 через вводные выключатели к нагрузкам L1 и L2. Устройство АВР через трансформаторы напряжения 1 и 2 секций шин контролирует уровни напряжения на шинах распреедурейства.

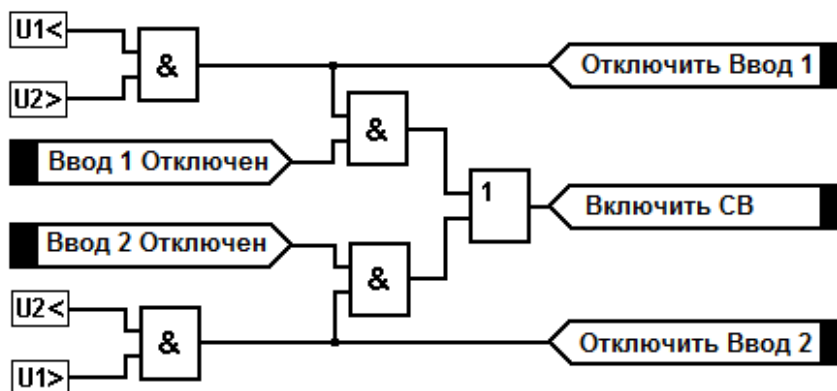


Рис. 3. Логическая схема работы устройства АВР

При снижении напряжения или полной потере питания, устройство АВР проверяет наличие достаточного уровня напряжения на другой секции шин. Если напряжение необходимой величины присутствует, осуществляется разрешение АВР, отправляется команда на отключение вводного выключателя, а после того, как устройство убедится в его отключении, следует команда на включение секционного выключателя [9].

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В результате эксперимента создана составная модель устройства АВР на основе логических блоков используемого ПО (рис. 4)

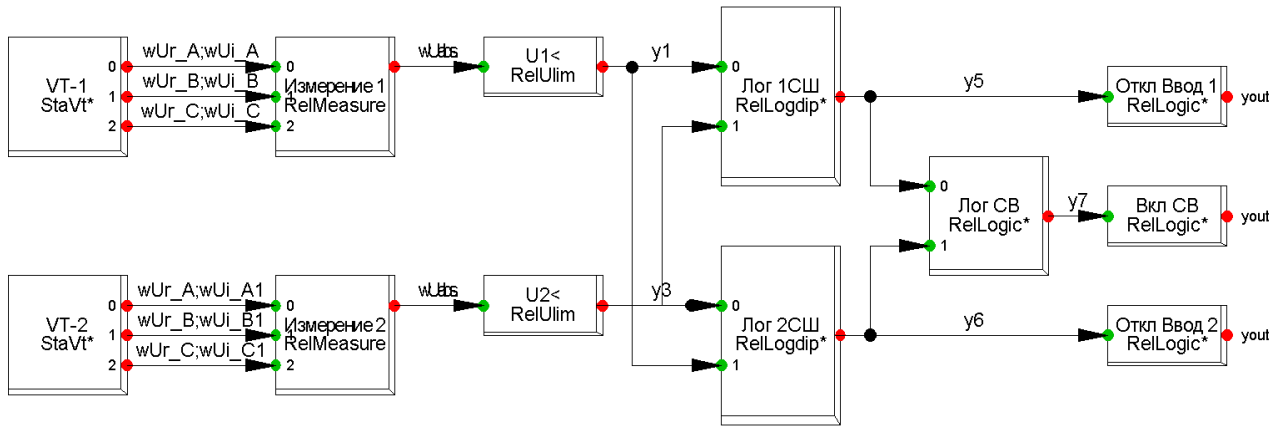


Рис. 4. Составная модель устройства АВР

С трансформатора напряжения (VT) на измерительный блок поступает величина линейного напряжения. В измерительном блоке она обрабатывается и выдается на релейный блок для выработки выходного сигнала. В случае, если величина не достигла уставки, на выходе релейного блока логический ноль, в противном случае логическая единица. Сигналы поступают на блоки логики, которые формируют команды на отключение соответствующих выключателей.

Данное устройство применено для оснащения математической модели распреедустройства 6 кВ, схема которого была рассмотрена ранее. Модель включает в себя два источника питания, секционированную одиночную систему шин, пять выключателей, два трансформатора напряжения (не отображены) и две нагрузки (рис. 5).

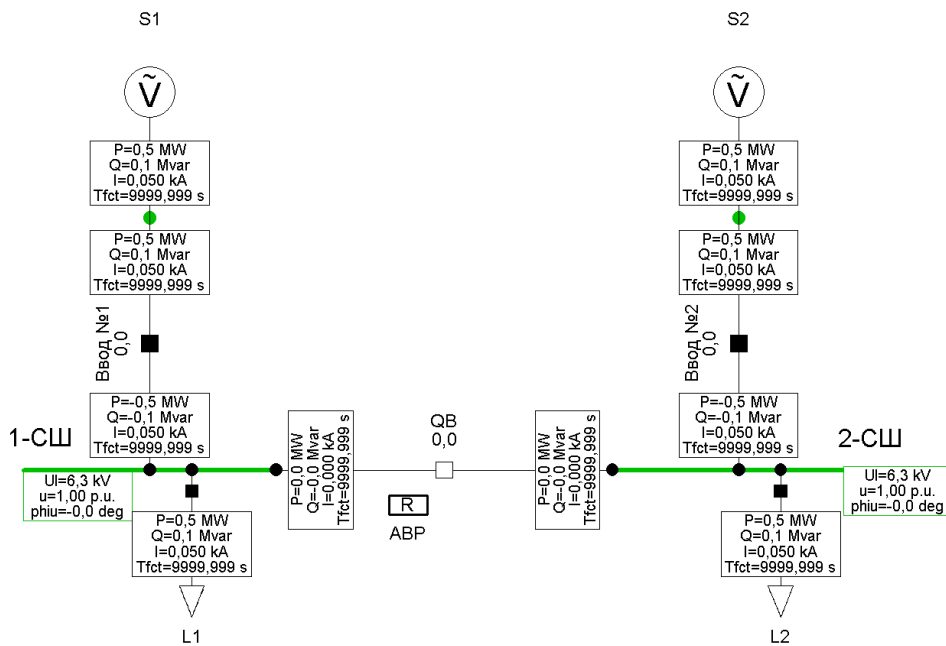


Рис. 5. Модель распреедустройства 6 кВ

На рис. 5 представлен расчет схемы в установившемся режиме. Напряжение на шинах равно номинальному, ток нагрузки составляет 50А.

Выполним расчет схемы в статическом режиме при исчезновении питания на вводе от S1 рис. 6.

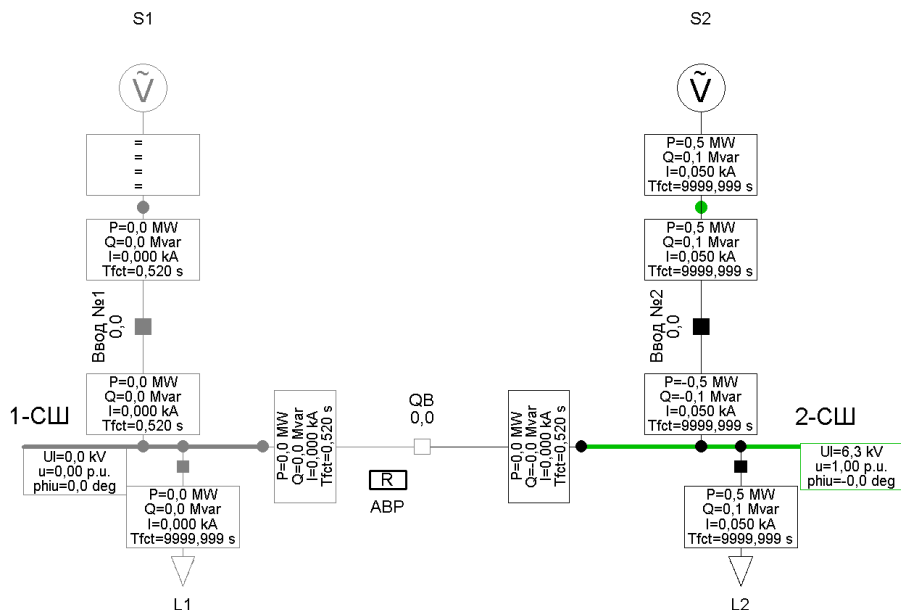


Рис. 6. Моделирование в статическом режиме

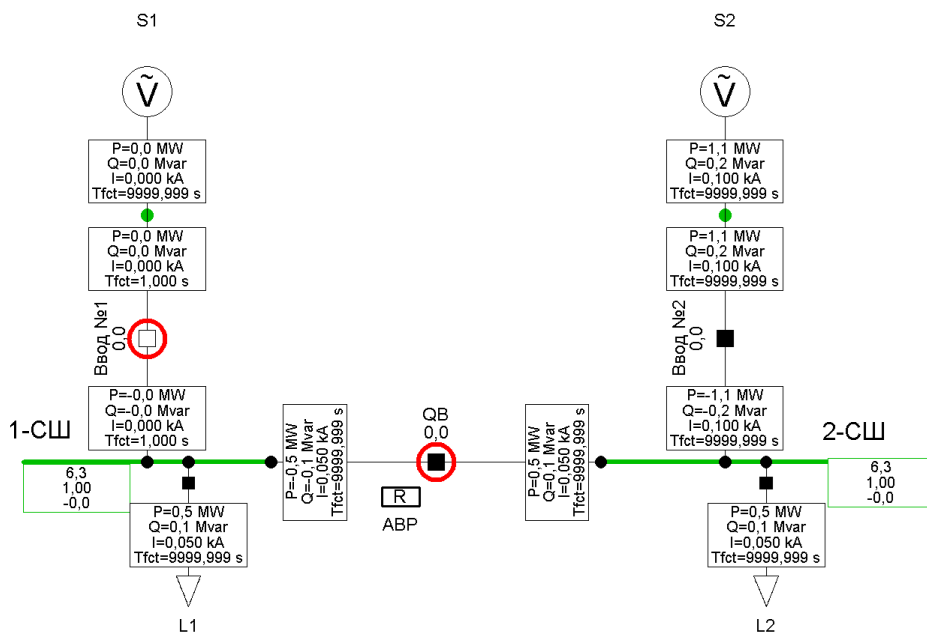


Рис. 7. Моделирование в динамическом режиме

На рис. 7 изображено моделирование схемы в динамическом режиме. В этом случае через 1с после запуска моделирования подается команда на вывод из работы источника S1. О срабатывании защит можно судить по изменению фактического положения выключателей.

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При статическом моделировании потери напряжения на одном из вводов распреедуройства критерием, по которому можно заключить о работе защиты является время устранения повреждения (T_{fct}). При времени уставки 0.5с, защита обрабатывает за 0.52с, ввиду того, что по умолчанию учитывает собственное время выключателя. Как видно по рис.6, защита отключила вводной коммутационный аппарат и ввела в работу секционный выключатель. В случае с динамическим моделированием при потере питания на одном из вводов, через 1с

защита отключает вводной выключатель и включает секционный. Ток от первого источника увеличивается на величину нагрузочного тока резервируемой секции.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был выполнен литературный обзор, дано краткое описание принципам работы устройств автоматического ввода резерва, построена математическая модель рассмотренного устройства и проведено его испытание на виртуальном полигоне.

По итогам испытаний можно сделать вывод о корректности созданной модели и допустимости ее использования в дальнейшем моделировании работы устройств релейной защиты и автоматики. Результатом работы является отлаженная модель устройства автоматического ввода резерва с пуском по напряжению.

Преимуществом такого подхода является возможность определения параметров срабатывания защит при внешних авариях и достаточности работы защит с минимальными затратами ресурсов. По результатам моделирования возможно оценить целесообразность разработки корректирующих мероприятий, например применения быстродействующего АВР (БАВР).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чебанов К. А., Бурляева В. А., Овчаренко В. Ю. Оптимизация и повышение эффективности функционирования предприятий электросетевого комплекса // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». 2017. № 1. С. 33–39.
2. Дубицкий М. А. Надежность энергоснабжения и безопасность систем энергетики // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 9 (80). С. 211–216.
3. Маренич М. К. Факторы обеспечения устойчивого развития электроэнергетической отрасли // Стратегия устойчивого развития в антикризисном управлении экономическими системами: сборник материалов IV Междунар. науч.- практ. конф. 2018. С. 199–206.
4. Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ), издание седьмое. М.: НТЦ «ЭНАС», 2003.
5. DIGSILENT PowerFactory // Официальный сайт производителя ПО. URL: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html> (дата обращения: 01.04.2019).
6. Минахметов А. А., Абдуллин С. А. Анализ главных параметров электросети при аварийных режимах в нефтяных предприятиях и использование средств автоматического включения резерва // Theoretical & Applied Science. 2018. № 1 (57). С. 227–234.
7. Шевырев А. С., Чернов Н. И., Вильданов Р. Г., Бузаева Е. К., Широбоков Е. Д. Анализ системы электроснабжения нефтеперерабатывающих заводов с целью внедрения быстродействующего автоматического включения резерва // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 10 (88). С. 57–60.
8. Васильева Т. Н., Хохликов А. А. Модель для исследования работы устройства автоматического включения резерва в системах электроснабжения // Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей победителей междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 16–20.
9. Грызов В. К., Корольков В. Г. Имитационное моделирование схем автоматического включения резерва и аварийных ситуаций на подстанции // Научные исследования: теория, методика и практика: сборник материалов II Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 216–228.

УДК-620.9

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

И. А. Степашкин, А. Г. Михайлов

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены характеристики энергетических топлив и рассмотрена их классификация. Особое внимание уделено топливу – углям Камышанского, Талдинского и Экибастузского месторождений, у которых значение золы остатка A изменяется от 16,4 до 43 %. Рассмотрено влияние величины A на значение низшей теплоты сгорания топлива, которая является определяющей характеристикой эффективности работы котла. Приведена графическая зависимость низшей теплоты сгорания от золы остатка для различных видов твердого топлива.

Ключевые слова: твердое топливо, котел, низшая теплота сгорания, энергетическая установка.

DOI: 10.25206/2310-4597-2019-1-102-105