

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-39-82-85>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИМ РЕАКТОРОМ НА ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Коловский А.В., Реутов Д.Б.

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Абакан, Россия

Ключевые слова: управляемый шунтирующий реактор, межсистемная ЛЭП, электроэнергетическая система, П-регулятор, ПИ-регулятор, моделирование, RUSTAB.

Аннотация. В работе выполнено моделирование переходных процессов в межсистемной линии электропередачи с управляемым шунтирующим реактором в программном комплексе RUSTab. Проведено исследование влияния параметров П и ПИ-регуляторов управляемого шунтирующего реактора на колебательность переходного процесса по мощности, напряжению и углу ротора генератора. На основании проведенных исследований выбраны параметры настройки регулятора.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SHUNT REACTOR CONTROL SYSTEM ON TRANSIENT PROCESSES IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM

Kolovsky A. V., Reutov D. B.

Khakass Technical Institute – branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Siberian Federal University", Abakan, Russia

Keywords: controlled shunt reactor, intersystem power line, electrical power system, P-regulator, PI-regulator, modeling RUSTab.

Abstract. The work simulates transient processes in an intersystem power transmission line with a controlled shunt reactor in the RUSTab software package. A study was carried out of the influence of the parameters of the P and PI regulators of a controlled shunt reactor on the oscillation of the transient process in terms of power, voltage and generator rotor angle. Based on the research carried out, the controller settings were selected.

Значительные изменения величины нагрузки и конфигурации сети могут приводить к возникновению слабозатухающих качаний роторов генераторов. Быстродействующие УШР позволяют управлять потоками мощности по электрическим сетям [1]. Следовательно, кроме поддержания требуемого уровня напряжения, могут быть использованы для снижения интенсивности колебаний активной мощности в межсистемных ЛЭП.

Для моделирования электроэнергетических систем как в стационарном режиме широко применение в России нашел программный комплекс RastrWin3 [2], а в переходном – RUSTab [3]. В настоящее время ПК RUSTab интегрирован в RastrWin3.

Модель УШР, реализуемая в RUSTab, представлена на рисунке 1.

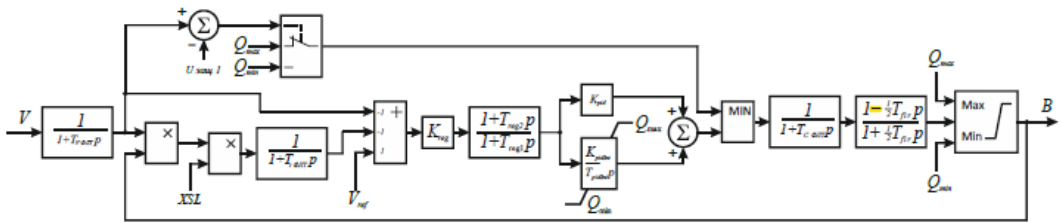


Рис. 1. Структурная схема модели УШР

Модуль напряжения на шине поступает на фильтр с постоянной времени $TU = 4$ мс. Полученное значение поступает на сумматор для расчета рассогласования, а также используется для вычисления $V_s = V \cdot B \cdot X_{sl}$ где X_{sl} – значение статизма вольт-амперной характеристики. Сигнал рассогласования с уставкой V_{ref} с выхода сумматора поступает на регулятор. Для ускорения реакции компенсатора предусмотрена расфорсировка с параметром V_p , переводящая компенсатор в режим минимальной мощности при снижении напряжения на шине. В случае если в модели задан компенсатор с управлением подмагничиванием, силовая часть моделируется аperiodическим звеном ($T_{f2} = 0$). Если используется тиристорная схема управления, выходное звено имитирует задержку коммутации тиристоров ($T_{f1} = 5$ мс, $T_{f2} = -5$ мс). Выход регулятора воздействует на реактивную проводимость в узле подключения, значение которой косвенно ограничено заданными пределами $[Q_{min}; Q_{max}]$.

Модель энергосистемы, состоящей из генератора, межсистемной ЛЭП, соединяющей генератор с двумя подстанциями и ШБС представлена на рисунке 2. Управляемый шунтирующий реактор установлен на шинах ПС1.

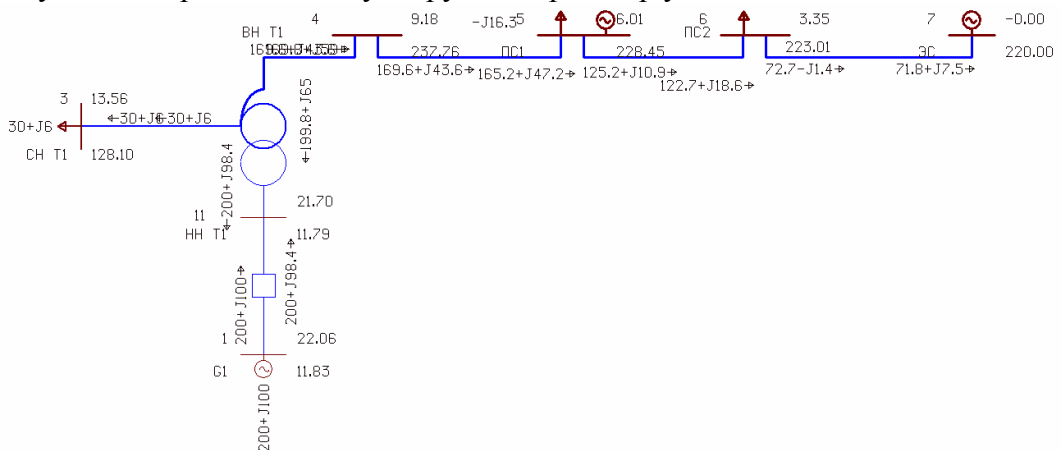


Рис. 2. Модель энергосистемы

Анализ переходных процессов по углу генератора, перетоку мощности линии от АТ к ПС1, и напряжению на шинах проводился при следующих возмущениях:

- увеличение нагрузки на ПС 1;
- снижение реактивной нагрузки в 2 раза на ПС 1;
- возникновение трехфазного КЗ длительностью 0,1 с на ПС 2 в момент времени $t = 0,1$ с.

Проведены исследования при следующих настройках регулятора УШР, приведенных в таблице 1.

Табл. 1. Рассматриваемые настройки регулятора УШР

Номер опыта	ПИ - регулятор		ПИ - регулятор	
	K_p	$K_{\text{рег.п}}$	$K_{\text{рег.и}}$	$T_{\text{рег.и}}$
1	1	-	-	-
2	10	-	-	-
3	20	-	-	-
4	21	-	-	-
5	1	1	1	0.4
6	1	1	1	0.1
7	1	1	1	5

Результаты моделирования показали, что увеличение коэффициента усиления П-регулятора K_p до 10 снижает статическую ошибку регулирования напряжения и снижает амплитуду первых колебаний активной мощности и угла ротора генератора. Дальнейшее увеличение K_p до 20 приводит к повышению амплитуды колебаний, а при $K_p = 21$ – возникают незатухающие колебания.

Моделирование динамики с ПИ-регулятором УШР при различных постоянных времени (коэффициент $K_{\text{рег.п}} = 1$, $K_{\text{рег.и}} = 1$) показали следующие результаты:

- повышение точности регулирования напряжения, аналогичного П-регулятору с $K_p = 10$;
- снижение колебаний по напряжению узла при повышении постоянной времени интегральной составляющей от 0,1 до 1 с. и затягивание ПП при дальнейшем увеличении $T_{\text{рег.и}}$;
- слабое влияние постоянной времени на переток мощности в линии и угол ротора генератора.

Как показали результаты исследования, для П-регулятора наилучшим вариантом является $K_p = 10$, а для ПИ-регулятора $K_{\text{рег.п}} = 1$, $K_{\text{рег.и}} = 1$, $T_{\text{рег.и}} = 0,5 \dots 1$.

При коротких замыканиях параметры настройки регулятора УШР практически не влияют на характер переходного процесса, исключая случай настройки регулятора, вызывающего незатухающие колебания, что это

связано со значительно меньшей мощностью УШР по сравнению с мощностью возмущений.

Список литературы

1. Булычев А.В., Колобродов Е.Н. Автоматика и защита линий электропередачи с управляемой продольной компенсацией в аварийных режимах // Энергетик. – 2012. – № 12. – С. 19-24.
2. Программный комплекс «RastrWin3»: Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rastrwin.ru/download/Files/RastrWin3_2020_10_05.pdf.
3. Программный комплекс RUSTab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rastrwin.ru/RUSTab/>.

References

1. Bulychev A.V., Kolobrodov E.N. Automation and protection of power lines with controlled longitudinal compensation in emergency modes // Energetik. 2012, no 12, pp. 19-24
2. Software package "RastrWin3": User's manual [Electronic resource]. – Access mode: https://www.rastrwin.ru/download/Files/RastrWin3_2020_10_05.pdf.
3. Software package RUSTab [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.rastrwin.ru/RUSTab/>.

Коловский Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»	Kolovsky Alexey Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor of the department of electric power
Реутов Дмитрий Борисович – магистрант reutovivan888@gmail.com	Reutov Dmitry Borisovich – master's student

Received 24.12.2023