

УСТОЙЧИВАЯ РАБОТА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Н. В. Чиж

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. О. Добродей

Напряжение является показателем качества электроэнергии. Отклонение напряжения в ту или иную сторону от номинального значения ухудшает условия работы энергоприемников потребителей: снижается производительность механизмов и коэффициент полезного действия установок, сокращается срок службы электрооборудования, появляется брак выпускаемой продукции и прочее. Поэтому в нормальном режиме работы системы электроснабжения допускается отклонение напряжения у потребителей не более чем на $\pm 5\%$ номинального значения. В ненормальном (послеаварийном) режиме работы допускается снижение напряжения не более чем на 10% номинального.

Напряжение у потребителей зависит от напряжения на шинах электрической станции, перетока мощности по воздушным линиям и коэффициента трансформации трансформатора понижающей подстанции. Следовательно, воздействовать на напряжение у потребителей можно, изменяя: напряжение на шинах электростанции; реактивную мощность, передаваемую по линии; коэффициент трансформации трансформатора понижающей подстанции.

Регулировать значение напряжения на шинах электростанции и изменять значение реактивной мощности можно путем изменения тока возбуждения генераторов станции, а также синхронных компенсаторов и двигателей системы электроснабжения. Эту задачу выполняют устройства автоматического регулирования возбуждения (АРВ) синхронных машин. Поэтому рассмотрение вопроса о влиянии системы регулирования возбуждения генератора на его устойчивую работу и устойчивую работу

энергосистемы в целом является всегда актуальным как в Республике Беларусь, так и за рубежом.

Целью исследований является рассмотрение различных систем регулирования возбуждения турбогенератора, их влияние на устойчивую работу турбогенератора, оценка колебательной и динамической устойчивости при параллельной работе генератора с сетью с различными системами возбуждения на основании линейных моделей генератора и автоматического регулятора возбуждения.

Модель должна обеспечивать воспроизведение основных характеристик эксплуатируемых АРВ, влияющих на качество электромеханических переходных процессов. К ним можно отнести ограничения минимального и максимального возбуждения, форсировку возбуждения, демпфирование качаний и стабилизацию собственного и группового движения, зависимость возбуждения от режима сети и частоты вращения ротора генератора.

Исследования колебательной и динамической устойчивости при различных системах возбуждения генератора проводили на базе Гомельской ТЭЦ-2, в связи с предусматриваемой модернизацией тиристорной системы независимого возбуждения турбогенератора ТГ № 2.

Недостатки существовавшей системы:

- система являлась медленнодействующей и не соответствовала требованиям действующего стандарта;
- ограничитель минимального возбуждения не обеспечивал устойчивости генератора при внешних возмущениях в режиме недовозбуждения;
- содержала элементы и составные части, отработавшие установленный по нормативной документации срок службы;
- недостаточная надежность системы в связи с отсутствием дублирующего канала управления.

При проведении расчетов электромеханических переходных процессов рассмотрены следующие варианты модернизации системы возбуждения:

- модернизация с заменой на новую тиристорную независимую систему возбуждения (СТН);
- модернизация с заменой на новую статическую тиристорную систему самовозбуждения (СТС).

Оценка колебательной устойчивости. Исходными данными для расчетов являются данные по основному оборудованию (генератор, АРВ, возбудитель, регулятор скорости, турбина, котел); данные о режимах работы станции (максимум и минимум нагрузки в отопительный и межотопительный периоды, допустимые нагрузки и средние мощности по сечениям линии, временные диаграммы работы противоаварийной автоматики).

Результаты расчетов позволяют сравнивать варианты реконструкции системы возбуждения, исходя из критериев сохранения статической устойчивости турбогенератора при достижении предельных значений передаваемой мощности, обеспечения эффективного демпфирования возникающих в энергосистеме переходных процессов, а также выбрать настройки АРВ.

На основании данных о режимах работы генератора рассчитанное значение эквивалентного внешнего сопротивления нагрузки ($X_{вн}$) составило 0,15 о. е. Параметры нормальных рабочих режимов в относительных единицах при базисной мощности, равной номинальной мощности генератора, и базисном напряжении, равном номинальному напряжению генератора, представлены в таблице.

Результаты исследований и параметры нормальных рабочих режимов

$P_{\text{ген}}$		$Q_{\text{ген}}$		$U_{\text{ген}}$		$X_{\text{вн}}$, о. е.	$U_{\text{с}}$, о. е.	E_q , о. е.	E_{qn} , о. е.	Полный угол, град.	Угол ген., град.	Угол по линии, град.
МВт	о. е.	МВар	о. е.	кВ	о. е.							
187	0,85	-40	-0,11	15,01	0,95	0,15	1,0	1,9	2,75	88	81	8
						0,5	1,2			103		22
187	0,48	75	0,55	16,08	1,02	0,15	0,95	2,76	2,75	47	39	8
						0,5	0,86			68		29

Произведен сравнительный анализ устойчивости работы турбогенератора (ТГ) с СТН и СТС, а также способности демпфировать переходные процессы. Для этого на основании данных результатов испытаний, выполненных расчетов $X_{\text{вн}}$ и нормальных режимов проанализированы и аналитически построены ориентировочные области колебательной устойчивости ТГ и переходные процессы в генераторе при малых возмущениях на основании линейных моделей ТГ и АРВ.

Области колебательной устойчивости ТГ и переходные процессы при малом возмущении рассмотрены для значений $X_{\text{вн}}$:

– 0,15 о. е. – значение $X_{\text{вн}}$ при нормальном режиме работы энергоузла, рассчитанное по результатам испытаний ТГ;

– 0,5 о. е. – значение $X_{\text{вн}}$ в условиях ремонтных и аварийных режимов работы энергоузла, увеличившегося в результате ослабления связи ТГ с энергосистемой.

Рассмотрены результаты расчетов переходных процессов параметров генератора (отклонение напряжения, отклонение полного угла, отклонение частоты напряжения, отклонение ЭДС) во времени при малом возмущении для аналогичных режимов по $P_{\text{ген}}$, $Q_{\text{ген}}$, $U_{\text{ген}}$ для рассматриваемых вариантов систем возбуждения.

Оценка динамической устойчивости. Произведен анализ запаса динамической устойчивости для обеспечения динамической устойчивости при наиболее тяжелых нормативных возмущениях в узле Гомельской ТЭЦ-2. Временные диаграммы для моделирования этих возмущений были приняты в соответствии с данными, предоставленными электростанцией.

Из анализа следует, что новая СТН обеспечивает более быструю форсировку возбуждения, чем существующая, а также более интенсивное демпфирование послеаварийных колебаний.

Замена системы возбуждения на СТС приведет к снижению запасов динамической устойчивости по сравнению с заменой на тиристорное независимое возбуждение и по сравнению с эксплуатирующейся в настоящее время системой независимого возбуждения при возмущениях, сопровождающихся глубокими и продолжительными просадками напряжения.

Снижение запасов динамической устойчивости в ряде схемно-режимных ситуаций, в свою очередь, может привести к необходимости снижения допустимых перетоков по контролируемым линиям и сечениям энергосистемы или к ограничению выдачи мощности станции по условиям обеспечения устойчивости при авариях, сопровождающихся глубокими просадками напряжения.

Зависимость предельного перетока мощности по контролируемому сечению от кратности форсировки возбуждения представлена на рис. 1.

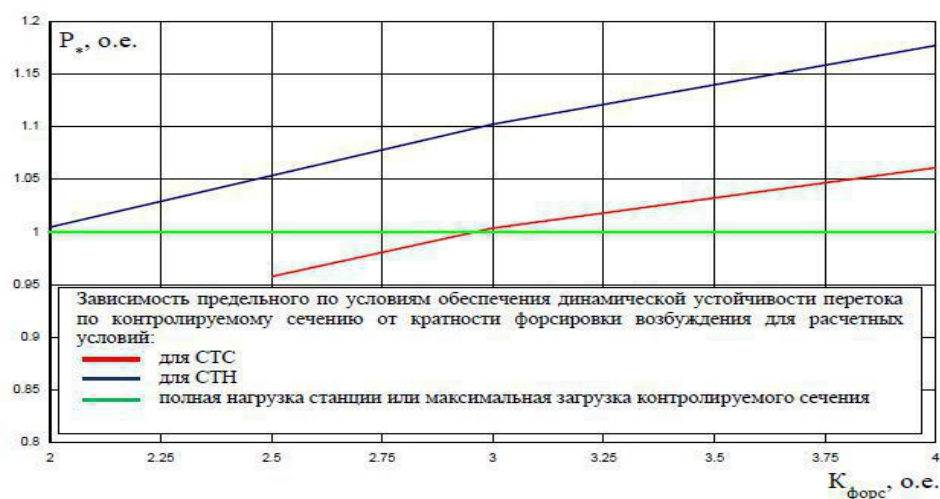


Рис. 1. Зависимость предельного перетока мощности по контролируемому сечению от кратности форсировки возбуждения

Произведенные сравнительные анализы колебательной и динамической устойчивости с различными системами возбуждения позволяют сделать следующие выводы:

- генератор ТГ № 2 работает в условиях достаточно сильной связи с энергосистемой ($X_{\text{вн}} = 0,15$ о. е.);
- при работе с новой тиристорной системой возбуждения СТН с АРВ сильного действия будет обеспечен большой запас устойчивости и лучшее затухание переходных процессов при малых возмущениях;
- СТН и СТС при одинаковых настройках АРВ обеспечивают практически одинаковую колебательную устойчивость;
- динамическая устойчивость параллельной работы станции с энергосистемой будет обеспечиваться при любом из рассматриваемых вариантах модернизации во всех схемно-режимных ситуациях, но наибольший запас динамической устойчивости обеспечит вариант установки на генераторе новой СТН с кратностью форсировки 2 о. е.;
- с позиции обеспечения системной надежности может быть реализован любой из вариантов модернизации.