

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ГРАФИКА НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНЫХ ПУНКТАХ ПО НАПРЯЖЕНИЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ТЕКУЩЕГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д.С. Лоцман, И.М. Кац, А. В. Кучко, А.Ю. Останин
Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Инженерная школа энергетики
Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири

Одной из задач управления режимами работы электроэнергетических систем является управление режимом по напряжению и реактивной мощности с целью обеспечения нормативных запасов по статической аperiodической устойчивости и устойчивости нагрузки, а также для обеспечения допустимых режимов работы электросетевого оборудования. Для этого в ЭЭС определяются узлы, в которых осуществляется регулирование напряжения в соответствии с графиком напряжения (ГН). ГН представляет из себя набор значений напряжения для конкретного контрольного пункта, который образует верхнюю и нижнюю границу графика. В настоящее время, ГН разрабатываются на месяц вперёд с учетом планируемого к выводу в ремонт электросетевого оборудования. Так как невозможно предугадать какая именно режимная ситуация сложится в энергосистеме для каждого момента времени, то при определении верхней границы ГН выбирается минимальное значение из полученных результатов расчетов для нормальных и послеаварийных режимов, а для нижней границы ГН - максимальное из полученных значений. При этом фактические значения границ ГН зависят от большого количества факторов, таких как состав и текущий режим работы включенных сетевых элементов, состав и режим работы включенного генерирующего оборудования, состояние и режим работы СКРМ и т. д. Поэтому фактические значения верхней и нижней границ ГН в контрольном пункте (КП) могут в полной мере не соответствовать предварительно рассчитанным значениям для той схемно-режимной ситуации, которая сложилась в энергосистеме в конкретный момент времени. Решением данной проблемы может быть разработка и применение методов определения границ ГН по данным текущего режима работы ЭЭС.

В данной работе, с учётом требований [1], был разработан метод определения верхней границы ГН в КП для текущего режима работы ЭЭС.

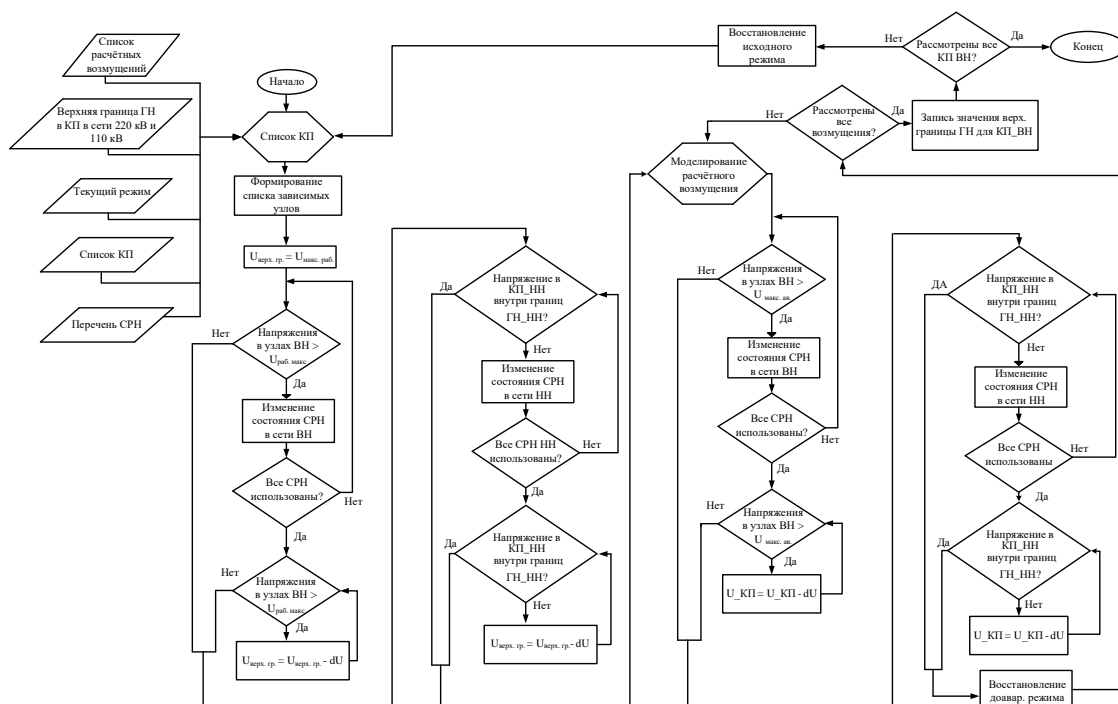


Рисунок 1. Алгоритм определения верхней границы ГН в КП

Алгоритм, описывающий разработанный метод, представлен на рисунке 1.

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

$U_{\text{верх. гр.}}$ – напряжение, соответствующее верхней границе графика напряжения в рассматриваемом КП;

$U_{\text{раб. макс.}}$ – наибольшее рабочее напряжение, установленное обязательными требованиями и (или) заводом-изготовителем оборудования;

$U_{\text{макс. ав.}}$ – наибольшее рабочее напряжение с учетом разрешенной величины и длительности повышения напряжения свыше наибольшего рабочего значения;

dU – минимальный шаг напряжения, на который изменяется значение напряжения в КП;

КП_НН – контрольный пункт в сети низкого напряжения;

ГН_НН – график напряжения в контрольном пункте в сети низкого напряжения;

СРН - средства регулирования напряжения в КП;

$U_{\text{КП}}$ – напряжение в рассматриваемом КП в послеаварийном режиме.

В качестве исходных данных в алгоритме используются:

- актуальный оцененный режим работы ЭЭС, полученный от СМЗУ, представленный в виде файла расчетной модели для ПК RastrWin;

- перечень КП для рассматриваемого энергорайона, в том числе КП в сети низкого напряжения;
- значения верхней границы ГН в КП в сети 220 кВ и 110 кВ;
- список расчетных возмущений, необходимых для оценки уровня напряжения в послеаварийных режимах.

Пересчет границ ГН осуществляется на каждом цикле работы СМЗУ.

Условно работу алгоритма можно разделить на несколько этапов:

1. Выявление зависимых узлов;
2. Проверка напряжений в зависимых узлах и узлах низкого напряжения в нормальном режиме;
3. Проверка напряжений в зависимых узлах и узлах низкого напряжения в послеаварийном режиме;
4. Восстановление доаварийного режима и фиксация значения верхней границы ГН для КП.

Зависимые узлы выявляются путём фиксации отклонения напряжения во всех узлах модели при изменении напряжения в КП. Если величина отклонения напряжения будет превышать пороговое значение, то узел будет считаться зависимым. Следующим шагом производится проверка значений напряжения в сети высокого напряжения для каждого из зависимых узлов и в сети низкого напряжения для каждого из КП_НН. Проверка производится в нормальном режиме. Ограничивающим фактором является значение наибольшего рабочего напряжения. Если значения напряжения не удовлетворяют условиям то производится регулирование напряжения, путём изменения состояния средств регулирования напряжения. Если мощность средств регулирования напряжения полностью исчерпана, то производится корректировка верхней границы в рассматриваемом КП. Далее производится проверка значений напряжения в узлах в послеаварийном режиме после расчетных возмущений. Значения напряжения в сети высокого напряжения для каждого из зависимых узлов сравниваются с максимальными рабочими значениями. А в сети низкого напряжения для каждого из КП сети 110-220 кВ сравниваются с верхней границей графика напряжения в этих КП. При выходе значений за допустимые производится регулирование напряжения, до исчерпания мощности средств регулирования напряжения в сети 110-220 кВ и 500 кВ соответственно. Если в результате регулирования напряжения значения напряжений не удовлетворяют описанным выше критериям, производится коррекция напряжения в КП. Следующий этап заключается в восстановлении доаварийного режима, которое подразумевает снятие аварийного возмущения и восстановление

состояния и режима работы всех задействованных средств регулирования напряжения в соответствии с доаварийным режимом. Это необходимо для того, чтобы значение напряжения в КП после восстановления доаварийного режима, которое соответствует значению верхней границы ГН, не было необоснованно занижено и соответствовало верхней границе ГН. После рассмотрения всех аварийных возмущений происходит запись значения верхней границы ГН для рассматриваемого КП. Значение напряжения в КП в конце работы алгоритма будет соответствовать верхней границе ГН. При этом выбирается минимальная величина из полученных значений. Работа алгоритма повторяется для всего перечня рассматриваемых КП.

Итоговая выходная форма работы алгоритма представлена в таблице 1.

Таблица 1. Итоговая выходная форма работы алгоритма

Наименование КП	Значение $U_{\text{верх. гр.}}$
КП1	$U_{\text{верх. гр. КП1}}$
...	...
КПn	$U_{\text{верх. гр. КПn}}$

В таблице 1, $U_{\text{верх. гр. КПi}}$ – напряжение, соответствующее верхней границе графика напряжения в КП, определённое в ходе работы алгоритма.

Оценка работоспособности рассматриваемого метода была проведена на примере КП ПС 500 кВ Барабинская, Рубцовская и Юрга.

Для проведения расчетов использовались расчётные модели энергосистемы Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири, полученные с помощью СМЗУ для трёх режимов работы ЭЭС. При определении верхней границы ГН для режимов с меньшими перетоками по КС и меньшим составом незадействованных средств регулирования напряжения значения напряжения в узлах 500 кВ в послеаварийных режимах после аварийных возмущений не превышают наибольшего рабочего напряжения с учетом разрешенной величины и длительности повышения напряжения свыше наибольшего рабочего значения.

При этом следует заметить, что во всех случаях расчётные значения напряжения верхней границы ГН совпали со значениями графиков напряжения для данных контрольных пунктов по напряжению, используемых в Филиале АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири для рассматриваемого периода времени.

Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты апробации метода определения верхней границы ГН

	Режим 1	Режим 2	Режим 3	ГН, используемый в Филиале АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири
Значение верхней границы ГН, кВ	ПС 500 кВ Юрга			
	525	525	525	525
	ПС 500 кВ Рубцовская			
	525	525	525	525
	ПС 500 кВ Барабинская			
	525	525	525	525

Заключение:

По результатам данной работы, с учётом текущего опыта разработки ГН в КП, был разработан метод определения верхней границы ГН в КП для текущего режима работы ЭЭС.

Разработанный метод учитывает описанные в [1] требования к верхней границе ГН.

Апробация разработанного метода производилась для трёх КП: ПС 500 кВ Барабинская, ПС 500 кВ Юрга и ПС 500 кВ Рубцовская для трех режимов работы ЭЭС.

Результаты расчетов показали корректность определения верхней границы ГН с использованием разработанного метода.

В связи с тем, что в отличие от существующего в Филиалах АО «СО ЕЭС» на данный момент подхода к формированию графиков напряжения, в разработанном методе учитывается текущая схемно-режимная ситуация, то появляется возможность в определенных режимах поддерживать более корректные уровни напряжения на шинах КП по напряжению. Также за счет этого повышается надёжность электроэнергетической системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. СТО 59012820.27.010.002-2014. Правила разработки графика напряжения в контрольных пунктах диспетчерского центра АО «СО ЕЭС». Утверждён и введён в действие 20.03.2014.