

УДК 621.316.35.027:621.311

Н.А. Волохов, аспирант гр. А9-42 (НИ ТПУ)
А.О. Пахомова, студентка гр. 5АМ1Р (НИ ТПУ),
Научный руководитель: И.М. Кац, к.т.н., доцент (НИ ТПУ)
Г. Томск

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОГРАНИЧЕНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Напряжение является одним из параметров электроэнергетического режима, контроль за которым и поддержание на определённом уровне входит в задачу управления режимом электроэнергетической системы[1].

Контроль и регулирование напряжения в электрической сети номинальным напряжением 110 кВ и выше осуществляется в контрольных пунктах по напряжению (КП), а также на иных объектах электроэнергетики, на которых установлены средства регулирования напряжения (СРН), не являющихся КП [2].

Основной характеристикой СРН является его эффективность. Эффективность СРН – это величина, связывающая изменение генерации/потребления реактивной мощности СРН и напряжение в КП.

На основании величины эффективности СРН принимается решение о его использовании диспетчерским персоналом при управлении режимом работы ЭЭС.

При определении перечня СРН, необходимого для обеспечения заданных уровней напряжения, требуется последовательно оценить влияние каждого из них на напряжение в КП и исключить СРН, не отвечающие требованиям по эффективности. Причем существующая в настоящее время методика не ограничивает район ЭЭС, в котором необходимо осуществлять данный анализ, что приводит к значительным трудовым затратам.

Наиболее эффективным способом снижения трудоёмкости является ограничение района поиска и, как следствие, уменьшение количества проверяемых СРН.

Например, на модели реальной ЭЭС, содержащей более 7000 узлов, содержится 650 узлов с неуправляемыми и управляемыми СРН. При этом, если руководствоваться нормативной документацией АО СО ЕЭС определяющей метод выявления СРН, используемых при управлении режимом, то

около 90% этих устройств при любых схемно-режимных ситуациях не могут оказывать влияние на напряжение в КП на требуемом нормативными документами уровне.

Разработанная в рамках данной работы методика ограничения района, в котором необходимо проводить исследование эффективности СРН, заключается в следующем:

1. На первом шаге осуществляется фиксация (отключение возможности изменения потребляемой/генерируемой реактивной мощности) для исключения взаимного влияния управляемых СРН, к которым относятся: управляемый шунтирующий реактор, синхронный компенсатор, статический тиристорный компенсатор, которые осуществляют регулирование напряжения за счёт изменения заданного значения напряжения (уставки по напряжению) на первом шаге можно выполнить фиксацию данных СРН, в особенности данный шаг актуален для исследования узлов, рядом с которыми расположены указанные СРН, так как они в значительной степени будут влиять на результат.
2. На следующем шаге, путем инъекции реактивной мощности в КП осуществляется расчёт двух режимов, в которых достигается изменение напряжения в нем на некоторую величину $\pm dU$. Максимальное значение:

$$U_{ном} + U_{ном} * dU,$$

Минимальное значение:

$$U_{ном} - U_{ном} * dU,$$

где dU – коэффициент изменения напряжения в исследуемом узле, задаваемый для выполнения расчёта; $U_{ном}$ – номинальное значение напряжения в узле:

3. После проведения расчётов определяется значения напряжения в каждом узле модели и определяется изменение напряжения между двумя режимами. Данное изменение напряжения определяется в относительных единицах по формуле:

$$dU_{*i} = \frac{U_{min\ i} - U_{max\ i}}{U_{ном\ i}},$$

где $U_{ном\ i}$ – номинальное значение напряжения в i -том узле; $U_{min\ i}$ – значение напряжения в узле i при минимальном напряжении; $U_{max\ i}$ – значение напряжения в узле i при максимальном напряжении.

Полученное значение dU_{*i} для каждого узла сравнивается с определённым значением (dU_{all}), заданным для выполнения расчёта, и, если вычисленное значение будет больше данного значения, то узел добавляется в список узлов, необходимых для дальнейшего исследования эффективности.

4. При применении описанного выше подхода не применяется фиксация всех управляемых СРН, к которым относятся генераторы электростанций, что приводит к тому, что данные узлы могут быть не выявлены, ввиду возможности потребления/генерации реактивной мощности. Для каждого такого узла в модели необходимо провести дополнительное исследование. В данном случае инъекция реактивной мощности выполняется в узле, содержащем СРН, на определённую величину, заданную перед началом расчёта (dQ). Проводится расчёт двух режимов со значениями инъекции: $Q_{max} = +dQ$ и $Q_{min} = -dQ$, в которых, соответственно определяются U_{min} и U_{max} в исследуемом узле и вычисляется значение влияния изменения реактивной мощности в узле с СРН на значения напряжения в исследуемом узле:

$$Q_{ud} = \frac{|Q_{max} - Q_{min}|}{|U_{max} - U_{min}|}$$

Которое сравнивается с величиной, заданной перед началом расчёта, и если оно имеет меньшее значение, то узел добавляется в список узлов. После проведения исследования для одного узла значение генерации/потребления реактивной мощности в данном узле устанавливается в значение до расчёта, для исключения изменения режима.

Работоспособность данной методики была проверена и подтверждена на модели энергосистемы, содержащей 7500 узлов и 700 СРН различного типа для узлов различного класса напряжения и в различных схемно-режимных условиях.

Для проверки и подтверждения методики сравнивались результаты определения эффективных СРН при расчётах с использованием данного метода ограничения района и без его использования. В результате выполнения данных расчётов были получены одинаковые результаты, при сокращении времени расчёта (при прочих равных условиях) на 75%.

Результаты. В рамках данной работы был разработан метод определения границ энергорайона, в котором необходимо осуществлять оценку

эффективности СРН. Снижение трудоемкости, которая достигается с помощью рассматриваемого метода заключается в том, что предварительная оценка эффективности СРН позволяет снизить количество проверяемых узлов в задаче поиска эффективных СРН.

Апробация метода на при расчётах по определению эффективности СРН показала его эффективность и возможность его применения для данной задачи.

Список литературы:

1. Постановление Правительства РФ от 13.08.2018 N 937 (ред. от 08.12.2018) "Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации".
2. СТО 59012820.27.010.002-2016 Стандарт ОАО «СО ЕЭС» «Правила перехода на работу в вынужденном режиме в контролируемых сечениях диспетчерского центра ОАО «СО ЕЭС», утв. приказом ОАО «СО ЕЭС» от 25.04.2016 № 103, в редакции Приказа ОАО «СО ЕЭС» от 13.02.2019 № 99.

Информация об авторах:

Волохов Николай Александрович, аспирант гр. А9-42, НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина д. 30, mytpyenin@gmail.com.

Пахомова Алёна Олеговна, студентка гр. 5АМ1Р, НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина д. 30, aop26@tpu.ru

Кац Илья Маркович, к.т.н., доцент, НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина д. 30, katz@tpu.ru