



Идентификатор выступления: 100

Тип: не указан

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИБКОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИБКОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Глазунова А.М., Аксаева Е.С.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук,
Иркутск, Россия

С точки зрения управления электроэнергетической системой (ЭЭС) гибкость ЭЭС, оснащенной генерирующим оборудованием с конкретными характеристиками маневренности, близко связана с ее способностью поддерживать частоту и напряжение в системе в условиях неопределенности и изменчивости [1]. Тепловые и гидроэлектростанции, обладающие свойством быстро увеличивать и сбрасывать нагрузку, обеспечивают гибкость ЭЭС на стороне генерации. Разнообразные механизмы управления нагрузкой, появившиеся в результате развития новых технологий, решают проблему гибкости на стороне потребителей. С внедрением ветровых и солнечных электростанций важными средствами обеспечения гибкости становятся накопители энергии.

Условием обеспечения гибкости ЭЭС является наличие резервов мощности в системе. В качестве резервов мощности или источников гибкости рассматриваются:

1. Резервная мощность генерации [2], [3], [4].
2. Управление спросом [5].
3. Накопители энергии [6].

Проблемы наличия, отсутствия, запаса гибкости в энергосистеме решаются исследователями многих стран. В настоящее время существуют вероятностные и детерминистические методы определения гибкости.

В данной статье представлены детерминистические методы, в основу которых положено утверждение о том, что ЭЭС обладает гибкостью если соблюдается баланс мощности на момент окончания рассматриваемого горизонта времени. Увеличение нагрузки приводит к уменьшению гибкости системы, поэтому одним из ключевых моментов при анализе гибкости ЭЭС является наличие информации о максимально возможных нагрузках. Разработанные методы нацелены на определение сочетания максимальных нагрузок в исследуемых узлах, при малом превышении которых нарушается баланс мощности. Целевая функция – максимум суммы разностей между предсказанной и смоделированной нагрузками в узлах с неопределенностью на момент окончания заданного отрезка времени – записывается следующим образом:

. (1)

Для наглядности представления ограничений, используемых при решении данной задачи, все узлы разбиваются на три вида:

- неуправляемые узлы. Генераторные узлы, где управляющие воздействия не выполняются или нагрузочные узлы, в которых отсутствует неопределенность ;
- управляемые узлы. Генераторные узлы, где выполняются управляющие воздействия ;
- узлы с неопределенностью. Нагрузочные узлы, в которых изменяется мощность.

Ограничения имеют следующий вид:

, (2)

, (3)

, (4)

, (5)

где в (1) – значение активной мощности в нагрузочном узле i , который имеет неопределенность; –

зависимость активной мощности от величины z , отвечающей за изменение нагрузки в узле i , R – количество нагрузочных узлов с неопределенностью. Ограничение (2) – это баланс мощности в узле j (любой тип узла), (3) – ограничение по пропускной способности линии, (4) ограничивает диапазон управляющих воздействий в управляемом узле.

В работе представлены три метода определения гибкости: метод равномерного спуска, метод частичного перебора с предобработкой исходной информации, линейная оптимизация.

Расчеты выполняются на схеме, состоящей из 5 узлов и 5 линий. Узлы 3,4 – узлы, где меняется нагрузка. Узлом 1 обозначается ветровая станция. Узел 5 – это батарея. Узел 2 (традиционная станция) является управляемым узлом, где выполняются управляющие воздействия в виде генерации мощности, требующейся для обеспечения баланса в ЭЭС, с учетом прогноза генерации на ветровой станции и мощности, отдаваемой батареями. Узлы 1 и 5 рассматриваются неуправляемыми.

В работе определяются наибольшие значения нагрузок в узлах 3,4 на 4 минуты вперед. Допускается, что за 4 минуты включается весь имеющийся резерв на традиционной станции, и батарея выдает максимальную мощность.

Литература

[1] Peter D. Land, Juuso Lindgren, Jani Mikkola, Juri Salpakari, «Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity,» *Renewable and sustainable energy reviews*, т. 45, pp. 785-807, 2015.

[2] Erik Ela, Michael Milligan, and Brendan Kirby, «Operating Reserves and Variable Generation,» Technical Report NREL/TP-5500-51978 Contract No. DE-AC36-08GO28308, 2011.

[3] Yann Rebours, D.s. Kirschen, Marc Trotignon, Sbastien Rossignol, «A survey of frequency and voltage control ancillary services – Part I: technical features,» *IEEE Transactions on Power Systems*, т. 22, № 1, pp. 350-357, 2007.

[4] «Методика определения минимально необходимых объемов резервов активной мощности ЭЭС России,» в Москва 2014. С сайта ОАО «СО ЕЭС» www.so-ups.ru. https://so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/2014/metodika_0

[5] Владимир Сидорович, Борис Бокарев, Игорь Чаусов, Максим Кулешов, Сергей Рычков, Илья Бурдин, «Управление спросом в электроэнергетике России: открывающиеся возможности. Экспертно-аналитический доклад. Инфраструктурный центр EnergyNet,» в https://energynet.ru/upload/EnergyNet_2019_PRINT.pdf, Москва, 2019.

[6] «http://www.ic-art.ru/setevie_gibridnie_nakopiteli/».

Основные авторы: Dr GLAZUNOVA, Anna; Dr AKSAEVA, Elena

Докладчик: Dr GLAZUNOVA, Anna

Классификация сессий: Session 1. Towards Intelligent energy systems.