

Недостаток данных: для эффективного обучения нейронной сети требуется большой объем данных. Однако, в случае прогнозирования потерь электроэнергии может быть ограниченное количество доступных данных.

Несбалансированные данные: если данные о потерях электроэнергии несбалансированы, т. е. имеют сильное преобладание одного класса над другими, это может привести к проблемам в обучении нейронной сети и снижению ее точности.

Взаимосвязь с другими факторами: потери электроэнергии зависят от многих факторов: погода, нагрузка сети и другие переменные, все из них учесть крайне трудно.

Обобщение на новые данные: нейронная сеть может успешно прогнозировать потери электроэнергии на основе имеющихся данных, но ее способность обобщать и делать точные прогнозы на новых данных может быть ограничена. Это может быть вызвано недостатком разнообразия в обучающих данных или недостаточной репрезентативностью выборки.

Решение этих проблем требует тщательного подхода к сбору и обработке данных, выбору подходящей архитектуры нейронной сети, а также применения методов регуляризации и оптимизации для достижения наилучших результатов – именно над этим необходимо работать в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jozefowicz R., Zaremba W., Sutskever I. An empirical exploration of recurrent network architectures // In: Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning. – 2015. – Vol. 37. – P. 2342–2350.
2. Henning S., Hasselbring W., Möbius A. A scalable architecture for power consumption monitoring in industrial production environments // In: 2019 IEEE International Conference on Fog Computing (ICFC). – June 2019. – P. 124–133.
3. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ МИФИ, 2002. – 496 с.
4. Фурсанов М. И. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – Минск: Белэнергосбережение, 2006. – 207 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

М.И. Старостин

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5А03*

Устойчивость энергосистемы отражает ее способность восстанавливаться после малых или значительных возмущений и возвращаться в исходное состояние, достигая равновесия. При изучении устойчивости энергосистемы мы рассматриваем ее как единое целое, включающее нагрузки, генераторы и электрическую сеть, соединяющую их.

Существуют два вида устойчивости энергосистемы: статическая и динамическая. Статическая устойчивость означает, что система способна справиться с малыми изменениями параметров режима. Динамическая устойчивость, в свою очередь, позволяет системе справиться с значительными изменениями параметров режима, такими как короткое замыкание.

Статическая устойчивость всегда присутствует в установившемся режиме, если таковой имеется. Статически неустойчивый режим не может продолжаться длительное время, поскольку даже небольшие возмущения (например, изменение нагрузки) немедленно приводят к его нарушению.

Если мы рассматриваем установившийся режим энергосистемы, аналогично равновесному состоянию механической системы, то статическую устойчивость можно оценить по следующим условиям:

1. При применении достаточно малых возмущающих сил изменения параметров режима остаются незначительными. Более того, эти изменения можно сделать произвольно малыми, выбирая соответствующие значения возмущающих воздействий.

2. При небольших отклонениях параметров режима энергосистемы от значений, соответствующих равновесию, изменения ее параметров остаются незначительными и могут быть произвольно малыми, если выбрать соответствующие значения возмущающих воздействий.

В контексте энергетических систем оба условия практически эквивалентны друг другу.

Классификация и категории устойчивости

На рис. 1 представлена классификация различных типов устойчивости энергосистемы, расширенная до электромагнитных переходных процессов.

Устойчивость по углу поворота ротора – это способность взаимосвязанных синхронных машин в энергосистеме сохранять синхронность в нормальных условиях работы и восстанавливать синхронность после воздействия малых или больших возмущений. Машина сохраняет синхронизм, если электромагнитный момент равен и противоположен механическому моменту, создаваемому тяговым электродвигателем. Недостаточный или отрицательный синхронизирующий момент приводит к аperiodической переходной неустойчивости.

Интеграция генерации, сопряженной с преобразователем не меняет фундаментального определения угловой устойчивости ротора. Тем не менее, при замене синхронных генераторов на генерации, сопряженной с преобразователем общая инерционность системы будет уменьшаться:

1) Изменение потоков на основных линиях связи, что в свою очередь может повлиять на демпфирование межрайонных режимов и пределы переходной устойчивости.

2) Вытеснение синхронных генераторов, имеющих важнейшие стабилизаторы энергосистемы.

Это говорит о том, что необходимо создавать тестовые энергосистемы и пытаться постепенно вводить в них генерации, сопряженной с преобразователем.



Рис. 1. Классификация устойчивости энергосистемы

Под устойчивостью напряжения понимается способность энергосистемы поддерживать устойчивое напряжение, близкое к номинальному, на всех шинах системы после воздействия на нее возмущающих факторов. Она зависит от способности объединенных генерирующих и передающих систем обеспечивать требуемую нагрузками мощность.

Кратковременная стабильность напряжения связана с динамикой быстродействующих элементов нагрузки, таких как асинхронные двигатели, электронно управляемых нагрузок, генераторов на базе инверторов. Этот тип устойчивости обычно определяется не иницирующим повреждением, а возникающими в процессе устранения перебоев в работе передающего или генерирующего оборудования.

Неустойчивость, вызванная асинхронными машинами-наиболее типичный случай кратковременной нестабильности напряжения является остановка асинхронных двигателей после сильного возмущения. Например, во время аварии асинхронные двигатели замедляются (из-за снижения электромагнитного момента) что приводит к увеличению их тока и увеличению реактивной мощности, вызывая дальнейшее снижение напряжения

Стабильность частоты на рис. 2 показаны три различных периода во время действий, влияющих на снижение частоты в системе с преобладанием синхронных генераторов. По мере роста внедрения ПГУ в энергосистемы по всему миру, вероятно, частотные характеристики энергосистем будут стремиться к характерным небольшим системам, что повышает необходимость и настройку систем управления, связанных с реакцией на первичную частоту. Следует отметить, что в случае ветрогенераторов возможна инерционная форма быстродействующей частотной характеристики, которая предполагается многими производителями.

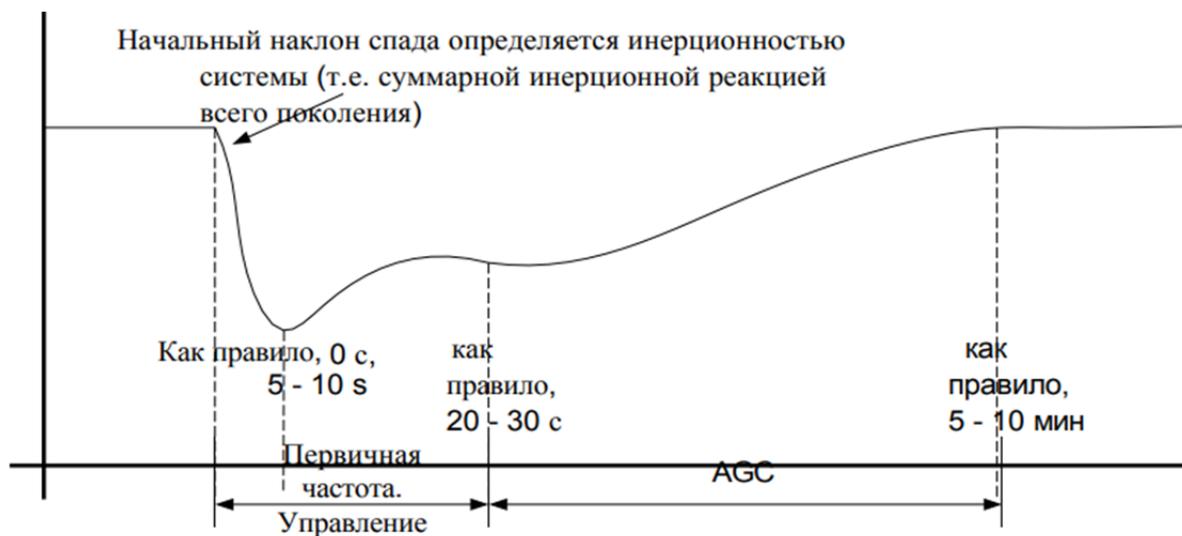


Рис. 2. Реакция частоты энергосистемы на значительную потерю генерации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eftekharijad S.S., Vittal V., Heydt G.T., Keel B., Loehr J. Small signal stability assessment of power systems with increased penetration of photovoltaic generation: A case study // IEEE Trans. Sustain. Energy. – 2013. – Vol. 4, no. 4. – P. 960–967.
2. Contribution to Bulk System Control and Stability by Distributed Energy Resources Connected at Distribution Network, IEEE Power and Energy Society, Tech. Rep. PES-TR22, Jan. 2017. – URL: <https://resourcecenter.ieee-pes.org/technicalpublications/technical-reports/PESTRPDFMRH0022.html>
3. Thorp J.S., Seyler C.E., Phadke A.G. Electromechanical wave propagation in large electric power systems // IEEE Trans. Circuits Syst. I, Fundam. Theory Appl. – 1998. – Vol. 45, no. 6. – P. 614–622.