

ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ И ЕЁ НОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Д.Е. Мащенко

Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А13

В данном докладе разберем изменение устойчивости энергосистем и её новую классификацию, которая не только поддерживает логику, но и обеспечивает широкий охват и будущую адаптивность возникающих проблем стабильности. Основой информацией являются зарубежные источники [1, 2].

Устойчивость энергосистем за прошедшие годы изменилась в сторону большей гибкости, децентрализации и интеллектуализации. Это связано с развитием распределённой генерации, цифровизации и «Интернета энергии». Обсудим основные изменения в классификации, предложенной на сегодняшний день по сравнению с предыдущими вариантами.

Впервые оригинальная статья по определениям устойчивости энергосистем и их классификации, созданная рабочей группой IEEE была опубликована в 2004 г. Устойчивость энергосистемы была классифицирована следующим образом. Главными являются три ветви: стабильность угла ротора, стабильность напряжения, стабильность частоты. Также имеются две подветви для каждой основной ветви: в соответствии с размером возмущений (небольшое/долговременное) и временным интервалом (короткий/долговременный), которые необходимо учитывать при оценке стабильности (рис. 1).

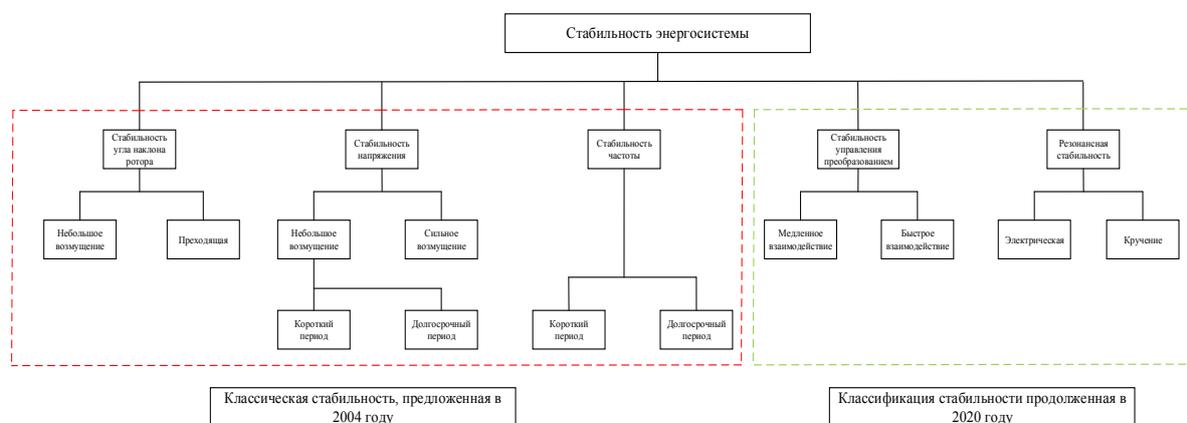


Рис. 1. Классификация устойчивости энергосистем 2004 и 2020 г. [1]

Однако динамическое поведение энергосистем постепенно менялось из-за растущего проникновения технологий генерации, нагрузок и передающих устройств с преобразователем. Начиная с XXI в., стремительное развитие технологий электроники и микросетей привело к возникновению новых проблем стабильности. IEEE создал рабочую группу, которая в 2020 г. опубликовала итоговый отчет по определениям и классификации устойчивости энергосистемы. Новая классификация устойчивости по большей части сохранила существующие определения устойчивости 2004 г., но главное отличие в том, что были добавлены две новые ветви – резонансная устойчивость и устойчивость, управляемая преобразователем.

Классификация 2020 г. не является всеобъемлющей, именно поэтому на сегодняшний день существуют предложения по новой классификации устойчивости и структуре, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими классификациями устойчивости энергосистем 2004 и 2020 г. Предлагаемая классификация представлена на рис. 2.

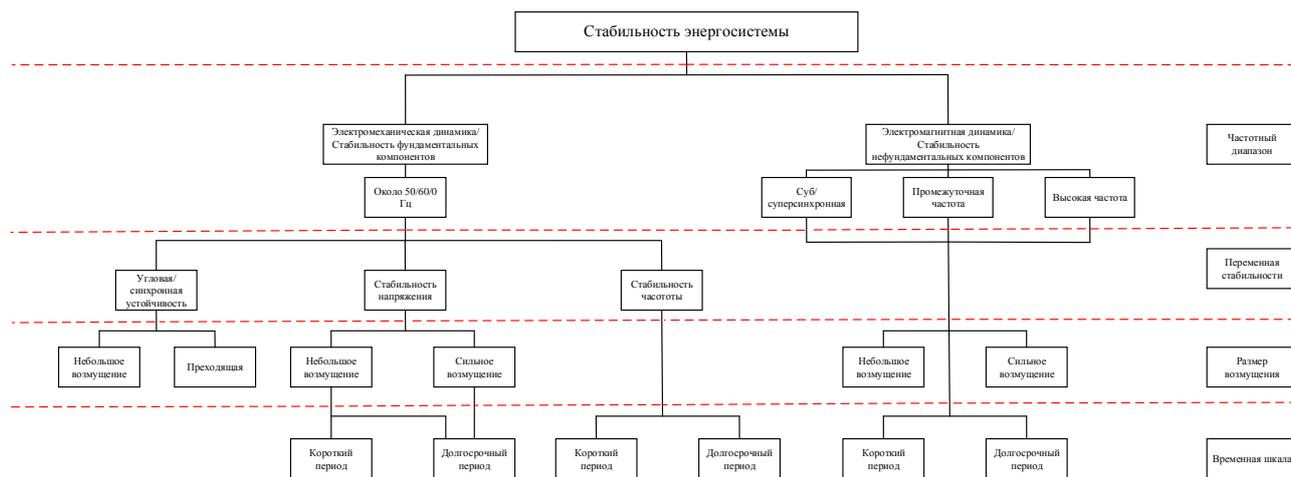


Рис. 2. Предлагаемая классификация устойчивости энергосистем [1]

Данная структура призвана помочь исследователям и инженерам лучше понять, определить и классифицировать возникающие проблемы стабильности энергосистемы в контексте сценария двойного высокого проникновения. По сравнению с классической и расширенной классификациями IEEE 2004 и 2020 г., авторы предлагают три основных изменения в классификации.

Добавлен новый слой, который классифицирует устойчивость энергосистемы на основе соответствующей частоты компонента, то есть фундаментальной составляющей, и нефундаментальной стабильности компонента. Стабильность фундаментальных компонентов включает три главные ветви классификации 2004 г., однако видно, что существующая угловая стабильность ротора модифицируется на угловую/синхронную устойчивость, которая теперь учитывает классическую стабильность угла наклона ротора синхронных генераторов, а также угол эквивалентного внутреннего потенциального напряжения турбогенераторов или угол напряжения точки общей связи.

Устойчивость нефундаментальных компонентов содержит три подкатегории в зависимости от частотного диапазона колебаний: субсинхронные и суперсинхронные колебания, промежуточная частота, высокая частота. Эти ветви в свою очередь включают в себя деления на возможные возмущения (небольшое/сильное) и период действия (короткий/долгосрочный).

Также предложено разделение классификации на отдельные блоки: частотный диапазон, переменная стабильности, размер возмущения и временная шкала.

Российская классификация устойчивости, предложенная в монографии В.А. Венникова [3], на сегодняшний день близка к зарубежной классификации 2004 г. и делится на статическую и динамическую устойчивость. При сопоставлении этих классификаций можно отметить, что зарубежное понятие «стабильность напряжения» аналогично термину «лавина напряжения», а «стабильность частоты» соотносится с понятием «лавина частоты». Таким образом, в России в настоящее время применяется классификация, которая в значительной степени перекликается с зарубежной классификацией 2004 г., что свидетельствует о единстве подходов к пониманию устойчивости в электрических системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Renewable and Sustainable Energy Reviews. – URL: Power system stability issues, classifications and research prospects in the context of high-penetration of renewables and power electronics (1).pdf (дата обращения 10.11.2024).
2. Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended. – URL: Definition and Classification of Power System Stability – Revisited & Extended.pdf (дата обращения 10.11.2024).
3. Венников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – Москва: Высшая школа, 1985. – 536 с.