

Атамирзаев Тохиржон Усманович
Файзуллаев Кахрамон Махмуджанович
Наманганский инженерно-педагогический институт

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены переходные процессы для упрощенной электроэнергетической системы при различных видах коротких замыканий.

Summary. The article deals with the transients for a simplified power system for various types of short circuits.

При анализе динамической устойчивости энергосистемы приходится рассматривать большой спектр переходных процессов. Такое многообразие обусловлено вероятностью возникновения возмущений в любых элементах энергосистемы и различной степенью их интенсивности: коротких замыканий – от однофазного до трехфазного, которые могут возникать и на основных связях высшего класса напряжения, и в распределительных сетях, вблизи узловых подстанций, и в середине линий; аварийных отключений генераторов, приводящих к появлению различных по величине дефицитов мощности, и т.д. Для полного анализа динамической устойчивости энергосистемы и выбора противоаварийных мероприятий следовало бы выполнять расчеты переходных процессов при всех возмущениях во всех пунктах энергосистемы, что заведомо нереально. Однако на основании результатов расчетов наиболее характерных случаев, анализа аварийных ситуаций в реальных условиях и понимания физической сущности переходных процессов возможно ограничение числа рассматриваемых возмущений и точек их приложения. Это позволяет исключить из рассмотрения те возмущения, которые заведомо не приводят к нарушению устойчивости генераторов и двигателей и не требуют специальных противоаварийных мероприятий [1].

В то же время в некоторых случаях значительную опасность могут представлять такие возмущения, которые не входят в список расчетных, но в каких-то конкретных условиях имеют достаточно большую вероятность. Так, например, в некоторых избыточных районах, связанных с энергосистемой сильно загруженными линиями электропередачи, приходится учитывать возможность внезапных отключений крупных потребителей. Такие сбросы нагрузки приводят к опасным по статической и динамической устойчивости набросам мощности на связь с энергосистемой.

Умение на основании ограниченного числа расчетов правильно представлять возможные последствия реальных возмущений необходимо также и при рассмотрении тяжелых аварий. В этих случаях важно правильно судить об изменениях режима работы энергосистемы после того промежутка времени, для которого обычно выполняются расчеты (от 2–3 до 10 с), и о факторах, влияние которых может изменить протекание аварийного процесса. Известно, что наиболее тяжелые аварии обусловлены не самим исходным возмущением, а цепочкой вызванных им событий. Такие аварии называют каскадными; их развитие может быть связано с отказами выключателей, устройств защиты и автоматики. Иногда развитие аварий – результат наложения независимых событий. Каждый такой случай маловероятен; в целом же они разнообразны и трудно предсказуемы.

Иногда развитие аварии не случайное, а вполне закономерное следствие возмущений, и необходимо такие последствия предвидеть. К ним относятся: дополнительные нарушения устойчивости при возникновении асинхронного режима, отключения потребителей из-за глубоких снижений напряжения, опасные понижения или повышения напряжения на линиях электропередачи из-за значительных изменений потоков мощности и т.п. Рассчитать такие последствия возмущений можно, если комбинировать расчеты промежуточных установившихся режимов с расчетами переходных процессов для отдельных этапов развития аварии. Главная трудность анализа в этих случаях состоит в том, чтобы правильно наметить сценарии возможных путей развития аварии.

Таким образом, расчеты переходных процессов преследуют не только чисто утилитарные цели получения оценок динамической устойчивости энергосистемы для заданной группы исходных режимов и расчетных возмущений. Они дают исходный материал

для всестороннего осмысления процессов, который необходим при выборе эффективных противоаварийных мероприятий.

Все многообразие факторов, влияющих на динамическую устойчивость энергосистемы, можно условно разделить на две группы. Одна группа определяет динамическую устойчивость собственно генераторов. Другая группа факторов связана с теми переходными процессами в узлах нагрузки, которые могут инициироваться возмущениями в энергосистеме и в свою очередь оказать существенное влияние на устойчивость генераторов.

Если две концентрированные части энергосистемы соединены связью, пропускная способность которой мала (рис. 1), то переходные процессы, вызывающие нарушение динамической устойчивости по этой связи, зависят от параметров связи, суммарной мощности генераторов и нагрузок в концентрированных частях энергосистемы, но мало зависят от конкретной схемы этих частей и распределения мощностей между генераторами в каждой из них.

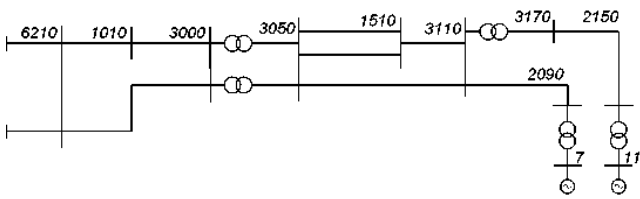


Рис. 1. Упрощенное представление двух концентрированных частей энергосистемы со связью между ними

В таких случаях при качественном анализе каждую из частей энергосистемы можно представлять одним эквивалентным генератором и одной нагрузкой (рис. 2). Все особенности переходных процессов в таких двухмашинных схемах хорошо изучены [2, 3] и понимание этих процессов позволяет ориентироваться в других случаях, более сложных и более важных с эксплуатационной точки зрения. В то же время рассматриваемый здесь случай одной слабой связи между частями энергосистемы имеет и самостоятельное значение, так как подобные схемы встречаются на практике.

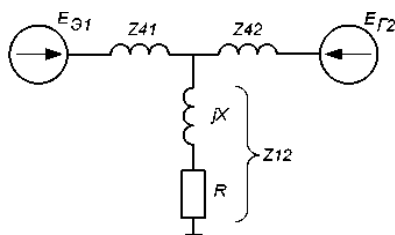


Рис.2. Преобразованная схема замещения

Можно выделить два основных варианта двухмашинной схемы: во-первых, схему, в которой электростанция с небольшой местной нагрузкой связана достаточно длинной линией электропередачи с концентрированной энергосистемой, и, во-вторых, схему со слабой связью между двумя достаточно большими концентрированными частями энергосистемы. Первый вариант отличается от второго тем, что при возмущениях на связи генераторов с энергосистемой большую роль играют не только электромеханические, но и электромагнитные переходные процессы в генераторах.

При возникновении трехфазного КЗ во внешней сети резко увеличиваются амплитуды переменного тока во всех трех фазах статора.

Изменение тока статора вызывает по закону электромагнитной индукции появление свободных токов в роторе. В обмотке возбуждения и демпферных контурах, как и в обмотках статора, появляются по две составляющие токов. Благодаря тому, что ротор в момент возникновения КЗ вращается с синхронной частотой, а статор, естественно, неподвижен, аperiodической составляющей тока статора отвечают периодические составляющие токов ротора, имеющие частоту 50 Гц, а периодической составляющей тока статора отвечают аperiodические токи ротора. Изменения тока в обмотке возбуждения иллюстрируются рис. 3, а (сплошная линия); здесь показан случай, когда регулирование возбуждения отсутствует. Действие АРВ вызывает при КЗ форсировку возбуждения; при этом установившееся значение тока i_f выше исходного (штриховая линия на рис. 3, б), соответственно увеличиваются токи в фазах статора. При отключении КЗ появляются свободные токи обратных знаков; ток i_f в момент отключения КЗ резко уменьшается. Все изменения тока в обмотке возбуждения и в демпферном контуре по продольной оси ротора (т.е. по той же оси, по которой расположена обмотка возбуждения) отражаются на значениях ЭДС E_q .

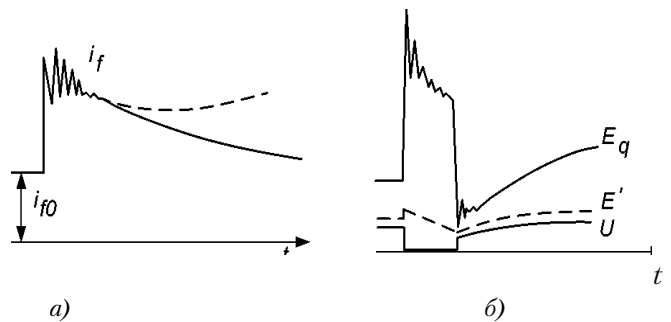


Рис. 3. Трехфазное КЗ вблизи шин генератора

Все вышесказанное приводит к изменению передаваемых мощностей.

Нарушение баланса активных мощностей в одной из частей энергосистемы, например, отключение генератора, приводит к процессу на слабой связи, аналогичному простому переходу. В этом случае угловая характеристика мощности остается неизменной, но изменяется установившееся значение перетока по связи.

Исходя из вышеизложенных факторов, можно легко судить, о том что все переходные процессы, происходящие в электроэнергетических системах влияет на

динамической устойчивостью энергетической системы ограниченной мощности. Это приводит электроэнергетическую систему к нестабильной работе.

В заключение можно твердо утверждать, что каждый переходный процесс в системы не только влияет на динамическую устойчивость, а также влияет на устойчивость работы электроэнергетических систем.

Поэтому для уменьшения число переходных процессов в электроэнергетических системах надо резко уменьшить или предотвращать случаев коротких замыкания с помощью релейных и автоматических защит.

Литература

1. Малкин, И.Г. Теория устойчивости движения. – М.: Наука, 1966.
2. Жданов, П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / под ред. Л.А.Жукова. – М.: Энергия, 1979.
3. Веников, В.А. О возможности единого подхода к статической и динамической устойчивости электрических систем / Электричество. – 1976. – № 7. – С. 72-73 .