

УДК 621.311.018

**ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КВАЗИУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

ДЖУНУЕВ Т.А.

*КГТУ им. И. Раззакова*  
[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

*Дано определение квазиустановившегося режима в электроэнергетической системе при анализе длительных переходных процессов*

Развитие электроэнергетических систем (ЭЭС) ставит перед учеными-инженерами серьёзную проблему – не только освоение имеющейся методологии расчетов режимов этих систем, но и ее дальнейшее совершенствование, проводимое обязательно с учетом имеющихся возможностей. Важное значение при этом имеет рост мощностей агрегатов и суммарной мощности системы, увеличение протяженности и усложнение конфигурации электрической сети, рост числа узлов нагрузок и другие факторы.

За последние 10-15 лет техника решения задач, связанных с расчетом режимов ЭЭС сильно осложнилась, ввиду необходимости решения системы уравнений более высокого порядка и, что особенно важно, нелинейных уравнений; применения новых методов расчета, особенно итерационных (итерация от лат. *iteration* – повторение; повторное применение каких-либо математических операций) [1].

Режим работы электрической системы – это совокупность процессов, характеризующих ее работу и состояние в любой момент времени и определяемых рядом показателей, которые отражают их с исчерпывающей для рассматриваемой задачи полнотой. Различают установившиеся и переходные режимы работы энергосистем. К переходным относятся режимы от начального возмущения до окончания вызванных им электромагнитных и электромеханических процессов, при которых нарушается баланс между механическими и электромагнитными моментами на валах генераторов и двигателей. Это означает, что переходный процесс характеризуется совокупностью электромагнитных и механических изменений в системе, которые взаимно связаны и представляют собой единое целое. Тем не менее, переходный процесс делят на три стадии (три этапа). На первой стадии из-за большой инерции вращающихся машин в ЭЭС преобладают электромагнитные изменения, длящиеся от нескольких сотых до 0,1 – 0,2 с; затем начинается электромеханический переходной процесс, характеризуемый взаимными качаниями роторов генераторов, колебаниями мгновенных значений частоты в различных точках системы относительно среднего значения и общим изменением среднего значения частоты в системе. При этом наблюдаются также колебания перетоков мощности, токов и напряжений. В результате этого процесса может произойти нарушение динамической устойчивости, что приведет к возникновению новых небалансов мощности и усугублению аварии. Если устойчивость сохраняется, то электромеханический переходной процесс благодаря демпфирующим свойствам системы затухает через 7-15 секунд. После его затухания в энергосистеме устанавливается практически единая частота. Однако переходной процесс продолжается. Наступает новый, третий этап переходного процесса, который характеризуется изменением частоты во времени (динамикой частоты). На этом этапе, вследствие действия АРС и АРЧМ, плавно изменяется мощность, вырабатываемая электрическими станциями, и происходит перераспределение потоков мощности. В результате такого перераспределения возможно нарушение статической устойчивости и возникновение новых небалансов мощности. Если устойчивость сохраняется, то изменение частоты прекращается и переходной процесс заканчивается. Длительность этого этапа обычно составляет десятки и даже сотни секунд. В результате восстанавливается баланс генерируемой и потребляемой мощности и устанавливается послеаварийный режим, характеризуемый неизменной частотой.

При изучении длительных переходных процессов представляет интерес анализ двух послеаварийных режимов второго и третьего этапов: электромеханического переходного процесса и так называемых квазиустановившихся режимов, а также установившегося послеаварийного режима.

Квази (от лат. *quasi* – якобы, как будто) – часть сложных слов, соответствующих значению «мнимый», «ненастоящий»; «почти», «близко». Однако более правильным по аналогии с определением квазистационарного тока будет определение – относительно медленно меняющийся режим, который в любой момент времени имеет одни и те же параметры во всех узлах электрической сети. Во-вторых – это послеаварийный режим; в третьих – это длительный процесс; и в-четвертых – это неоднократно повторяющийся режим.

Согласно исследованиям некоторых ученых, работающих в области исследования электромеханических переходных процессов, квазиустановившийся режим – это часть длительного переходного процесса, устанавливающегося в электроэнергетической системе после аварийных возмущений и характеризующегося единой частотой и конечным ускорением энергосистемы [2].

Необходимость воспроизведения поведения системы, структура, параметры и характеристики которой многократно изменяются в течение переходного процесса, оправдывают введение термина квазиустановившийся режим, так как методические положения, принятые при анализе обычных быстропротекающих электромеханических процессов в ЭЭС, не могут быть распространены на расчет переходных процессов в течение длительных промежутков времени. Для этого требуется создание нового арсенала средств и методов, объединенных термином «исследование длительных переходных процессов». Таким образом, анализ длительных переходных процессов, в том числе квазиустановившихся режимов, изучение сложных каскадно-развивающихся аварий в ЭЭС является основой для разработки комплекса мероприятий по их предупреждению и сокращению неблагоприятных последствий.

Исследование изменения таких режимов позволяет судить о длительном переходном процессе, сформулировать требования к управлению таким процессом, уточнить динамику частоты и общее движение в сосредоточенной системе. И хотя мгновенные значения частоты в различных точках сложной энергосистемы не равны друг другу, различие между ними так мало, что допущение о единой частоте при анализе квазиустановившихся режимов вполне допустимо. Другим исходным показателем при расчете квазиустановившихся режимов является реальное изменение напряжения в различных точках исследуемой системы. Соответственно дополнительно учитывается изменение мощности нагрузок согласно статическим характеристикам по напряжению. Также учитывается изменение потерь в схеме при переходе от одного квазиустановившегося режима к другому.

Изменение мощности нагрузок в зависимости от напряжения и потерь в схеме составляет по предварительным расчетам от 10 до 20% от общего небаланса мощности и, соответственно, влияет на изменение частоты.

Поэтому на основании сказанного, при анализе общего движения в сложных системах необходимо выделить и исследовать квазиустановившиеся режимы. При этом для расчета установившихся и квазиустановившихся режимов может быть использована такая же модель электрической системы, как и при расчете обычных нормальных режимов.

### Литература

1. Веников В.А., Жуков Л.А., Поспелов Г.Е. Режимы работы электрических систем и сетей./ Под ред. В.А. Веникова. Учебное пособие для электроэнерг. вузов. – М.: Высшая школа, 1975. - 344 с., с ил.
- Лукашов Э.С., Калюжный А.Х., Лизалек Н.Н. Длительные переходные процессы в энергетических системах. – Новосибирск.: Издательство «Наука», 1985. - 200 с. с ил.