

## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ПРИ ВНЕЗАПНОМ НЕБАЛАНСЕ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

*Т.А. Джунуев*

Рассматриваются изменения параметров режима в системе при обрыве фазы в линии электропередачи.

*Ключевые слова:* небаланс мощности; линия электропередачи; электрические станции.

Внезапным небалансом мощности называется несоответствие между генерируемой и потребляемой мощностью, возникающее в результате аварии мгновенно, т.е. за пренебрежимо малое время. Аварийный небаланс характеризуется, как правило, большой величиной в отличие от сравнительно малых скачкообразных изменений нагрузки, обусловленных технологическим процессом и присущих нормальным условиям эксплуатации.

Внезапный небаланс мощности может возникнуть вследствие аварии на электрической станции, например разрыва паропровода высокого давления, из-за ошибочного или аварийного отключения генератора, а также при отключении крупного узла нагрузки. В результате имеет место дефицит или избыток мощности в системе. Однако такие возмущения бывают сравнительно редко. Гораздо чаще внезапные небалансы мощности возникают в результате отключения межсистемной связи. Причинами такого отключения могут быть повреждение на линии или трансформаторе, а также нарушение статической устойчивости и автоматическое предотвращение асинхронного хода (АПАХ). Отключение межсистемной связи и деление энергосистемы на изолированно работающие части приводит к возникновению небалансов разного знака в обеих подсистемах. По величине эти небалансы равны перетоку в начале и в конце линии перед аварией. Если подсистемы связаны несколькими

линиями электропередачи и одна из них отключилась, например, в результате короткого замыкания, то в случае нарушения устойчивости параллельной работы по оставшимся в работе линиям возникнет асинхронный ход, и в результате действия АПАХ произойдет деление на две подсистемы. В этом случае возникнет небаланс мощности, которому будут предшествовать кратковременные периодические возмущения, вызванные асинхронным ходом.

При внезапном небалансе мощности возникнет переходный процесс, который условно можно разделить на три этапа [1]. Сразу в течение долей секунды после возмущения имеет место электромагнитный переходный процесс при неизменных углах роторов генераторов, в результате которого происходит электромагнитное перераспределение мощности. Затем начинается электромеханический переходный процесс, характеризуемый взаимными качаниями роторов генераторов, колебаниями мгновенных значений частоты в различных точках схемы относительно среднего значения и общим изменением среднего значения частоты в системе. Во время электромеханического переходного процесса 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 электроме-

ханический переходный процесс благодаря демпфирующим свойствам системы затухает через 7–15 с. После его затухания в энергосистеме устанавливается практически единая частота. Однако переходный 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 переходный процесс заканчивается. Длительность этапа – десятки и даже сотни секунд. В результате восстанавливается баланс генерируемой и потребляемой мощности и устанавливается послеаварийный режим, характеризуемый неизменной частотой.

Разделение длительного переходного процесса на три этапа условно, так как во время электромагнитных процессов имеет место небольшое изменение углов, а электрохимические процессы сопровождаются электромагнитными переходными процессами. Далее, на третьем этапе взаимные качания, строго говоря, затухают не полностью. Кроме того, описанная последовательность этапов переходного процесса соблюдается далеко не всегда. Нарушение устойчивости на втором или третьем этапе может привести к новому внезапному небалансу и повторению всех стадий переходного процесса. Небольшие небалансы отмечаются и в результате действия противоаварийной автоматики.

Рассмотрим возникновение небаланса мощности, вызванное отключением одной фазы (обрыв фазы) нагруженной линии. При этом, как указывалось ранее, распределение небаланса связано с взаимными качаниями, которые приводят к кратковременным набросам мощности, превышающим в некоторых случаях исходный небаланс, что обусловлено инерцией вращающихся масс роторов генераторов.

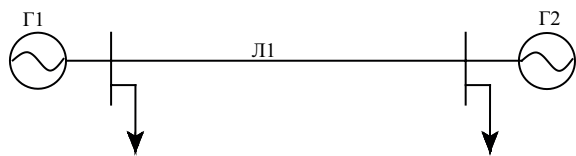


Рисунок 1 – Схема энергосистемы

Рассмотрим энергосистему (рисунок 1), где на Л1 произошел обрыв фазы. В исходном режиме обе станции работали в номинальном режиме. Как известно [2], аварии в энергосистеме в большинстве случаев заметно влияют на работу потребителей

и могут вызвать большие и резкие изменения активной и реактивной нагрузок. Это, естественно, влияет на изменение углов  $\delta$  и устойчивость генераторов.

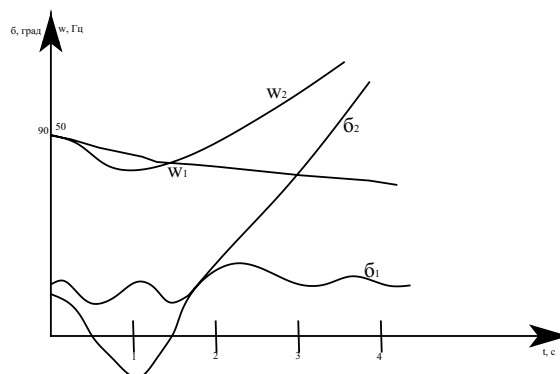


Рисунок 2 – График понижения частоты генераторов

Поэтому взаимное влияние генераторов и нагрузок часто оказывается основным фактором, определяющим весь ход процесса и возможность развития аварии. КЗ или обрыв одной или двух фаз линии внутри энергосистем само по себе может не создавать угрозы нарушения динамической устойчивости генераторов, так как при малых взаимных сопротивлениях пределы устойчивости велики. Но эти же виды аварийных ситуаций могут стать причиной нарушения устойчивости энергосистемы, если отключится большая часть потребителей. Потеря связи отдельных режимов с энергосистемой может привести к понижению частоты генераторов (рисунок 2). Это объясняется тем, что при умеренных дефицитах мощности отключение связи с энергосистемой приводит к набросу мощности на генераторы. При дефиците мощности  $d=75\%$  происходит отключение питающей линии 110 кВ. Кроме ВЛ 110 кВ имеются еще две линии связи 220 кВ. В данном случае при отсутствии ПА нарушение устойчивости приводит к снижению частоты на станции с генераторами Г с колебаниями углов ротора в пределах 10–15 %, а вторая станция в результате сброса нагрузки переходит в асинхронный режим с последующим отключением.

Следует отметить, что вопрос о сокращении устойчивости системы в рассмотренном случае зависит от существующего дефицита мощности и доли отключающейся нагрузки.

#### Литература

1. Веников В.А. Электромеханические переходные процессы в электрических системах: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1978. 415 с.
2. Жданов П.С. Устойчивость электрических систем. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1948. 400 с.