

АВТОМАТИКА ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА НА БЛОКАХ С ТУРБОГЕНЕРАТОРАМИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

А.И. ФЕДОТОВ*, В.М. ЛОПУХОВ**, В.А. СОКОЛОВ**, Д.А. ЗАЙЦЕВ*

*Казанский государственный энергетический университет
**ЦСРЗА ЗАО РДУ «Татэнерго»

В данной работе рассмотрен вопрос о применении устройств автоматики ликвидации асинхронного режима на блоках с турбогенераторами средней мощности в сети 110 – 220 кВ. Показано технологическое нарушение в Нижнекамском районе республики Татарстан, и приведена возможность использования устройств автоматики ликвидации асинхронного режима на микропроцессорных устройствах.

Повышение эффективности эксплуатации, надежности функционирования и дальнейшее развитие национальной электроэнергетической системы тесно связано с необходимостью решения комплекса задач управления системой в предаварийных и аварийных режимах.

Одной из таких проблем является выявление состояния, при котором возникает опасность перехода электроэнергетической системы (ЭС) в асинхронный режим (АР), принятие мер по предотвращению перехода в АР, выявление наличия асинхронного режима в случае, когда меры его предотвращения оказались неэффективными, и, наконец, ликвидация АР посредством технических мероприятий, вплоть до деления электрической сети.

Асинхронный режим в энергосистеме является одним из самых тяжелых аварийных режимов. Он связан с нарушением устойчивости параллельной работы электростанций и отдельных генераторов, что создает опасность повреждения элементов энергосистемы, нарушения электроснабжения потребителей и сопряжено с большим экономическим ущербом. Поэтому весьма важным является своевременное, селективное и надежное выявление АР в энергосистеме с целью его быстрой ликвидации и восстановления нормального режима.

Для решения этих задач в настоящее время используется ряд локальных устройств, объединенных под общим названием «автоматика ликвидации асинхронного режима» (АЛАР). Автоматика ликвидации асинхронного режима является частью противоаварийной автоматики и предназначена для устранения опасных явлений, возникающих в таких системах при нарушении синхронной работы частей объединенных энергосистем. Такая автоматика представляет собой устройства, расположенные вблизи потенциально опасных сечений ЭС и настроенные на те или иные измеряемые параметры режима ЭЭС, изменение которых позволяет выявить наличие перехода ЭЭС в асинхронный режим.

Согласно ПУЭ, автоматика АЛАР не является обязательной к установке на блоках генератор-трансформатор 110-220 кВ и на большинстве блоков отсутствует. Однако в условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике возникают новые условия в электроэнергетических системах и режимы работы блоков. Это обусловлено несколькими причинами:

во-первых, появлением независимых генерирующих объектов, которые чаще всего привязаны к крупным потребителям электроэнергии и которые работают параллельно с энергосистемой. Такие потребители и независимые электростанции

самостоятельно определяют свою техническую политику в области релейной защиты и автоматики, часто не согласующуюся с технической политикой энергосистемы.

Во-вторых, следует отметить появление минимальных режимов работы электрооборудования летом, ранее не наблюдавшихся, которые обусловлены стремлением производителей поддержать эффективность производства электроэнергии. При этом в летний период максимально загружаются конденсационные блоки и уменьшается до минимума количество теплофикационных агрегатов.

В-третьих, летом производится интенсивная ремонтная компания. При этом вынужденно создаются ремонтные схемы, уменьшающие надежность энергосистемы.

В этих условиях возможно возникновение режимов работы блоков генератор-трансформатор, ранее считавшихся маловероятными. Прежде всего – это режим работы блока, когда в результате аварийных отключений в энергосистеме блок генератор-трансформатор выделяется на работу с несбалансированной нагрузкой. Весьма вероятными оказываются режимы, при которых генераторы “выпадают” из синхронизма и на линиях возникает асинхронный режим, приводящий к расстройству работы энергосистемы и потребителей. Примером такого аномального режима является крупное технологическое нарушение в Нижнекамском районе республики Татарстан 6 октября 2006 года, которое следует рассмотреть подробно.

В результате короткого замыкания на тупиковой линии ВЛ-110 кВ «ГПП-3,5» и последующего отключения этой линии и секционного выключателя СВ-2 от автоматики опережающего деления сети (рис. 1), блок №4 Нижнекамской ТЭЦ выделился на изолированную работу от энергосистемы с несбалансированной нагрузкой (линии ГПП-1,2,9, ГПП-3,5). При этом из-за разбаланса мощности между ТГ-4 и нагрузкой на 1 и 2 секциях 110 кВ Нижнекамской ТЭЦ вначале произошло снижение напряжения до $0,3 U_{ном}$, а затем при увеличении выдаваемой мощности ТГ-4 напряжение установилось равным $0,83 U_{ном}$ и частотой - 44,2 Гц. Примерно через 4 секунды по ВЛ-110 кВ “ГПП-1,2,9” произошло электрическое соединение (через шины РУ 6 кВ одной из ГПП «Нижнекамскнефтехим») 1-2 секций 110 кВ НкТЭЦ с ТГ-4, работающим с пониженной частотой, с шинами 110 кВ ПС Нижнекамская, работающими с частотой 50 Гц (рис. 2). При этом возникший асинхронный режим, сопровождался большими колебаниями токов и напряжений (рис. 3). Максимальная величина тока по линии «ГПП-1, 2, 9» достигала 981 А (на стороне НН трансформаторов это соответствует току более 12 кА). Причиной электрического соединения (объединение секций 6 кВ на одной из ГПП, питающихся от ВЛ-110 кВ “ГПП-1,2,9”) явилась схема АВР секций 6 кВ, неправильно работающая в асинхронном режиме с пульсацией напряжения. Возникший асинхронный режим имел весьма высокую частоту колебаний тока и напряжения (около 6 колебаний за секунду), что привел к отказу на трансформаторах ГПП «Нижнекамскнефтехим» релейной защиты и АВР, работающих на переменном оперативном токе. Примерно через 30 секунд электрическое соединение по ВЛ-110 кВ “ГПП-1,2,9” стал устойчивым, прекратились колебания токов и напряжений, но при этом произошла перегрузка по току трансформаторов Т1 и Т2 ГПП «Нижнекамскнефтехим» (до 430 А), сопровождающаяся коротким замыканием и работой дифференциальной токовой защиты на одном из трансформаторов ГПП «Нижнекамскнефтехим», питающихся от ПС «Нижнекамская». Одновременно на НкТЭЦ из-за перегрузки ГТ-4 сработала МТЗ генератора и он отключился от сети.

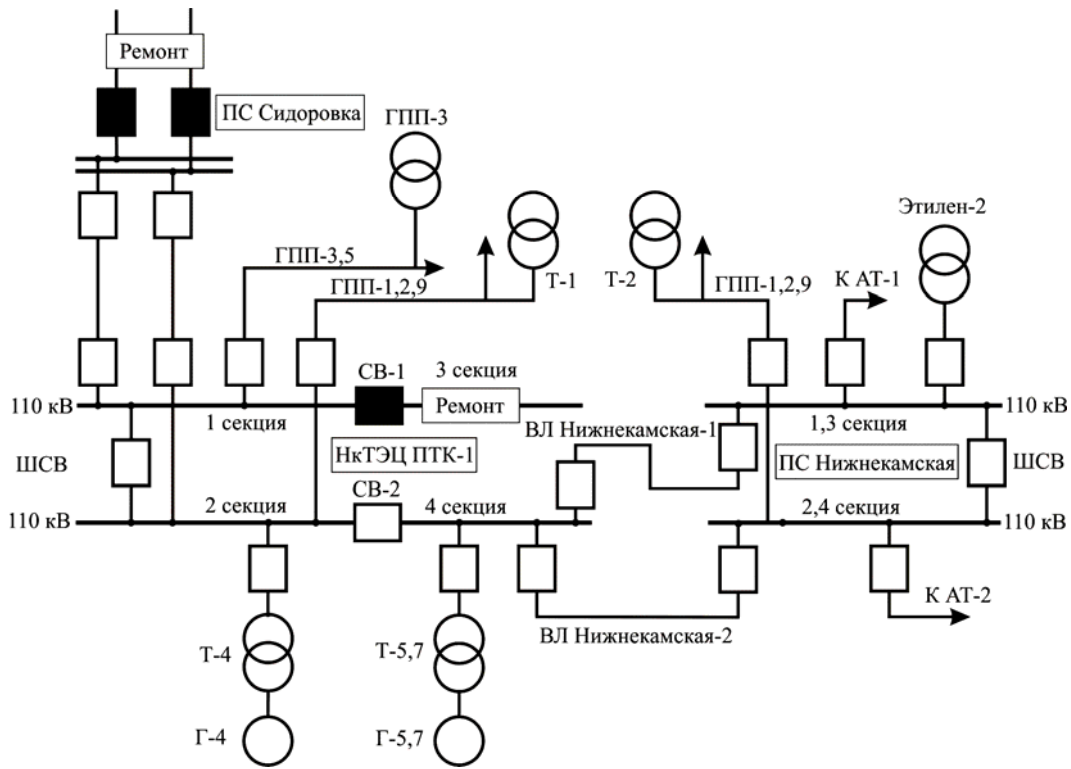


Рис. 1. Схема сети 110 кВ до возникновения КЗ на ВЛ-110 кВ «ГПП-3,5»

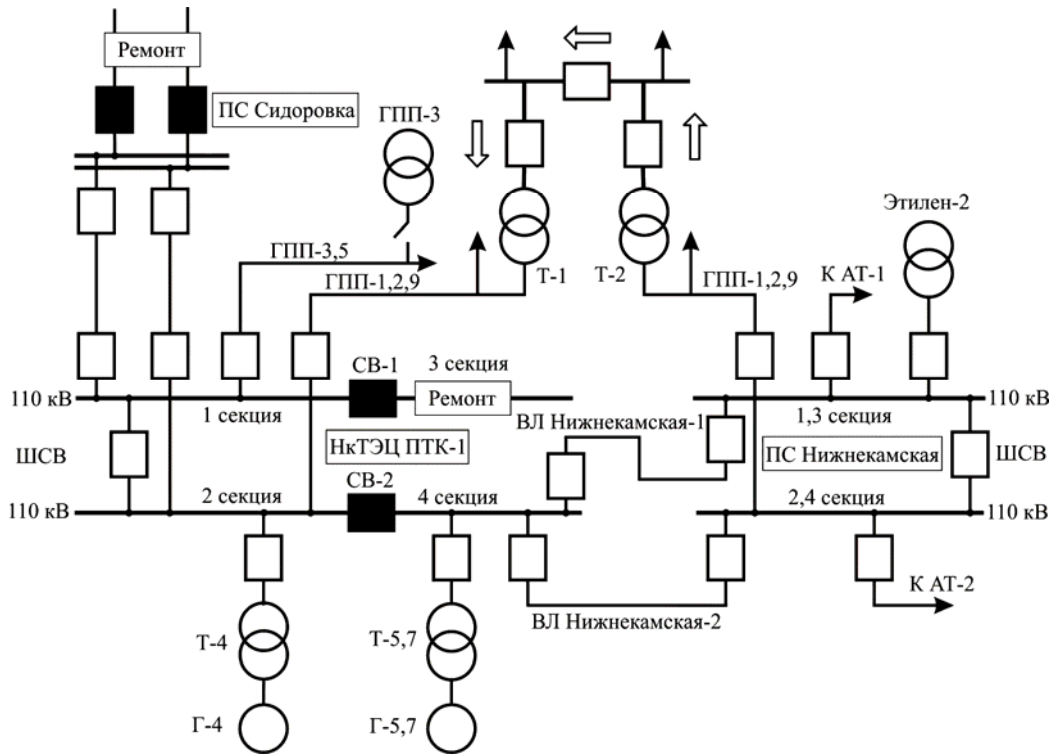


Рис. 2. Схема сети 110 кВ после выделения блока 4 на изолированную работу

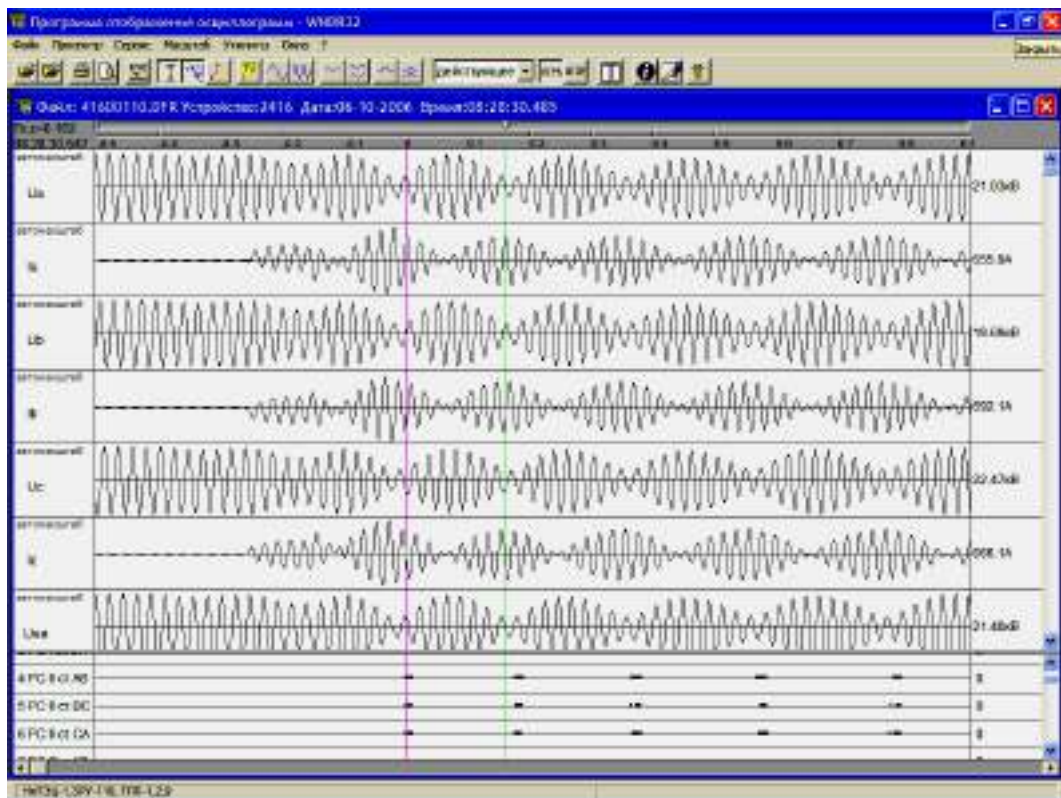


Рис. 3 Осциллограмма асинхронного режима по ВЛ-110 кВ «НкТЭЦ-1-ГПП-1,2,9»

Итак, в периоды работы электростанции в режимах минимальных нагрузок повышается вероятность возникновения асинхронного и других аномальных режимов работы блоков генератор-трансформатор 110-220 кВ. Существующими директивными документами по релейной защите на блоках генератор-трансформатор с $U_{вн}$ 110-220 кВ не предусматриваются защиты от асинхронного режима.

Автоматика АЛАР блока наиболее просто может быть реализована на базе микропроцессорной техники. Рационально выполнение АЛАР в составе терминала управления выключателем блока. Такой терминал может быть разработан на основе терминала БЭ2704 011 производства ООО НПП «ЭКРА», в котором имеются все необходимые входные цепи. При этом в этот терминал, кроме АЛАР, можно заложить дополнительные, специфические для блока защиты.

АЛАР может быть реализован с помощью реле сопротивления, при этом следует учесть, что электрический центр качаний наиболее вероятен во внешней сети.

В данной работе предлагается использовать следующий принцип работы АЛАР [4].

В режиме асинхронного хода (АХ) вектора напряжений двух эквивалентных ЭДС систем вращаются относительно друг друга и входное сопротивление на зажимах шкафа (Z_p) изменяется таким образом, что на комплексной плоскости точка Z_p (рис. 4) перемещается по траектории, близкой к окружности. С помощью измерительных органов, отстроенных от внешнего АХ и от нагрузочного режима,

определяется начало АХ, знак скольжения и количество циклов АХ. Определение знака скольжения происходит по состоянию пускового органа (ПО) «мощности» в момент срабатывания чувствительного ПО. Если вход в характеристику происходит в области срабатывания ПО «мощности» (точка 1), что соответствует перетоку мощности от шин в линию, то фиксируется ускорение системы, расположенной «за спиной». При входе точки Z_p в характеристику в области несрабатывания ПО «мощности» (точка 5) фиксируется торможение системы, расположенной «за спиной».

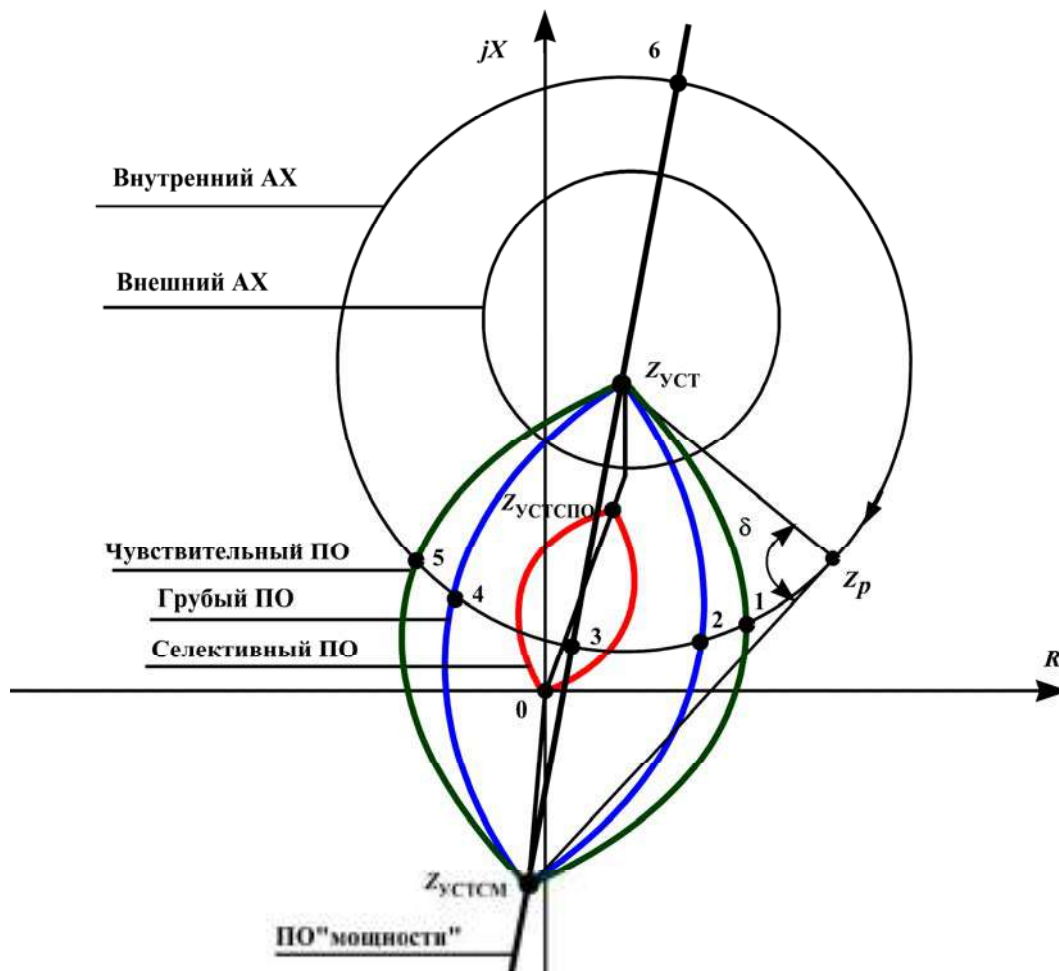


Рис. 4. Характеристика срабатывания реле сопротивлений АЛАР

Автоматика выполнена одноступенчатой. Первая ступень определяет знак скольжения в контролируемом сечении и срабатывает при достижении заданного числа циклов АХ.

Срабатывание первой ступени происходит на первом цикле АХ при входе точки Z_p в характеристику срабатывания грубого ПО, что соответствует критическому углу между векторами напряжений по концам контролируемого участка. В зависимости от знака скольжения выдается сигнал «1-я ступень с ускорением» или «1-я ступень с торможением».

Далее начинается подсчет количества циклов АХ. Циклы АХ фиксируются при смене состояния ПО «мощности», когда угол между эквивалентными ЭДС систем равен 180° (точка 3) или 360° (точка 6). При достижении определенного числа циклов АХ происходит отключение выключателя блока с высокой стороны.

Для отстройки от КЗ применяются блокировки:

- по скорости изменения угла между ЭДС;
- по скорости изменения токов прямой и обратной последовательностей;
- по величине тока обратной последовательности.

Автоматическое прекращение асинхронного режима в течение первых нескольких секунд способно предотвратить развитие аварии в системе.

АЛАР должен иметь простой принцип действия и воздействовать только на отключение выключателя блока. Воздействие на турбину и на АРВ нецелесообразно по причине усложнения схемы управления блоком и малоэффективно – это доказывает рассмотренное выше технологическое нарушение на НкТЭЦ-1.

Summary

In the given operation the question, on application of devices of automatics of liquidation of an asynchronous condition on blocks with turbo-alternators of a mean power in a web 110 – 220 sq is considered. Technological violation in Nizhnekamsk area of republic Tatarstan is shown. Also the opportunity of use of devices of automatics of liquidation of an asynchronous condition on microprocessor devices is reduced.

Литература

1. В.Г. Наровлянский. Современные методы и средства предотвращения асинхронного режима электроэнергетической системы. – М.: Энергоатомиздат. 2004. – 360 с.
2. Гоник Я.Е., Иглицкий Е.С. Автоматика ликвидации асинхронного режима. – М.: Энергоатомиздат. – 1988. – 112 с.
3. Акт расследования технологического нарушения электроснабжения ОАО «Нижнекамскнефтехим».
4. Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.111 РЭ. Шкаф линейной противоаварийной автоматики типа ШЭ2607 101. – С. 28.

Поступила 17.05.2007