



PS2 – Poster-08



Применение дистанционного принципа в микропроцессорной АЛАР

В.Е. ГЛАЗЫРИН¹, Г.В. ГЛАЗЫРИН², О. В. ТАНФИЛЬЕВ²
ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем»¹,
Новосибирский государственный технический университет²
Россия
tanfiliev@ngs.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Противоаварийная автоматика, асинхронный ход, автоматика ликвидации асинхронного режима.

1 ВВЕДЕНИЕ

Наиболее тяжелые последствия для работы потребителей связаны с возникновением в электроэнергетической системе асинхронного режима, который возникает в результате нарушения синхронной работы частей энергосистемы или, как частный случай, генераторов различных электрических станций. Для прекращения этого опасного явления предусмотрены устройства автоматической ликвидации асинхронных режимов (АЛАР).

Одним из наиболее распространенных принципов действия АЛАР, использующих информацию, получаемую в месте установки, является дистанционный принцип. Основные недостатки устройств, использовавших этот принцип и выполненных на аналоговых реле (электрохимических и микроэлектронных), достаточно широко известны. Эти недостатки обусловлены не самим дистанционным принципом, а его технической реализацией. Современные микропроцессорные средства и прогрессивные методы обработки информации открывают широкие возможности для улучшения качества функционирования и надежности выявления АР, отстройки от синхронных качаний (СК) и коротких замыканий (КЗ), создают предпосылки для новых, универсальных алгоритмов, обеспечивающих эффективное выявление АР как в симметричных, так и в несимметричных режимах.

Целью работы является разработка принципов и алгоритмов работы АЛАР, позволяющих надежно выявлять асинхронные режимы, обеспечивать отстройку синхронных качаний, коротких замыканий, а также корректную работу в условиях несимметрии.

2 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АЛАР

Для выявления асинхронного хода в устройстве МП АЛАР, разработанного институтом «ЗАО» ИАЭС, используется известный принцип [1], основанный на контроле сопротивления и скорости его изменения. Выявление осуществляется с помощью органов выявления асинхронного режима (ОВАР), в которых анализируются характеристики годографа (траектории) вектора. ОВАР, по сути, представляет собой программный блок, представленный на рисунке 1.

Алгоритм работы ОВАР реализует функции ступенчатого циклового АЛАР с контролем положения электрического центра качаний (ЭЦК) – пуском по сопротивлению и фиксацией «смены знака мощности» – перехода между полуплоскостями вектора сопротивления через установленную границу. Орган сопротивления, фиксирующий этот переход, представляет собой орган направления мощности (ОНМ).

Для пуска по сопротивлению в ОВАР устанавливаются две области срабатывания пусковых органов в комплексной плоскости Z , причем одна из них (именуемая далее грубым органом сопротивления — ГО) помещается внутри другой (чувствительный орган сопротивления — ЧО). Под совокупностью этих трех измерительных органов — грубого дистанционного, чувствительного дистанционного и органа направления мощности и понимается ОВАР.

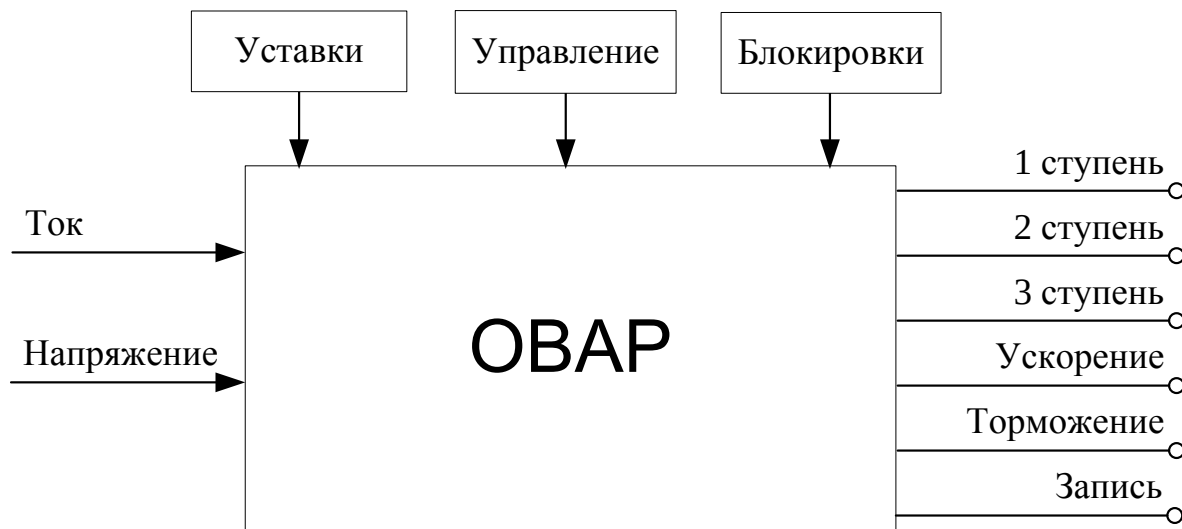


Рис. 1: Структурная схема органа выявления асинхронного хода

3 ХАРАКТЕРИСТИКА СРАБАТЫВАНИЯ ОВАР

Опыт эксплуатации устройств противоаварийной автоматики показывает, что типовые устройства во многих случаях не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Причины такого положения следующие:

Характеристики срабатывания измерительных органов типовых панелей и некоторых современных микропроцессорных устройств имеют вид, наиболее подходящий для построения дистанционных защит, что затрудняет выбор уставок и согласование грубого и чувствительного дистанционных органов и органов направления мощности.

Реализация логических алгоритмов совместной работы трех измерительных органов с учетом временных функций очень громоздка и требует больших аппаратных затрат, что существенно снижает надежность устройства. Для того чтобы избавиться от этих недостатков предлагается использовать характеристику срабатывания, удовлетворяющую требованиям эффективности выявления АР в контролируемом сечении:

- При асинхронном режиме желательно, чтобы вектор сопротивления находился в зоне действия и вне зоны приблизительно одинаковое время; это позволяет достигнуть максимально возможного скольжения отказа;
- Поскольку годографы внутренних асинхронных режимов являются окружностями, центры которых располагаются в одной стороне от электрического центра качаний, то целесообразно принимать разные длины оснований трапеций, причем меньшие основания должны располагаться ближе к центрам окружностей, являющихся годографами внутренних асинхронных режимов.

Изложенным требованиям удовлетворяет характеристика срабатывания в виде равнобоких трапеций, смещенной произвольным образом относительно начала координат. Для чувствительного и грубого органов характеристика срабатывания имеет одинаковую высоту, а длины оснований различны. При этом основания должны, в основном, совпадать с направлением годографа при взаимных углах, близких к 180° . Вид характеристики представлен на рисунке 2.

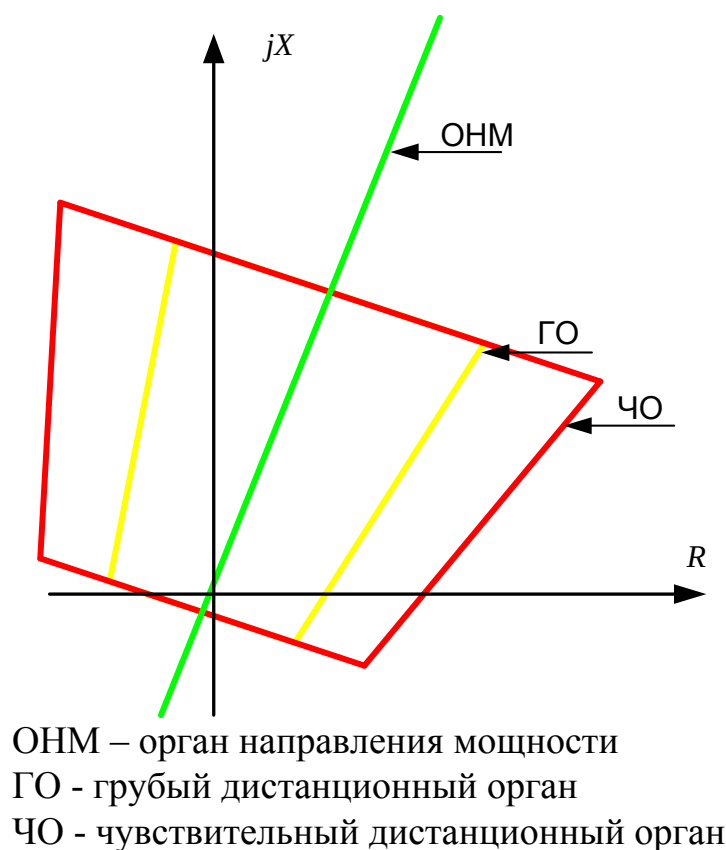


Рис. 2: Характеристика срабатывания органа выявления асинхронного хода

Предложенные технические решения в части характеристик срабатывания позволяют добиться максимально возможного скольжения отказа и надежно выявлять асинхронные хода с малым периодом АР. Необходимо отметить, что возможность смещения характеристики срабатывания произвольным образом относительно начала координат расширяет возможности отстройки от внешних АР.

Основной сложностью выбора уставок для типовых панелей являлось согласование согласования характеристик измерительных органов сопротивления и мощности. Для преодоления этих сложностей было предложено характеристику измерительного органа, выполняющего функцию реле направления мощности, реализовать в виде прямой линии в комплексной плоскости сопротивлений и проходящей через середины оснований трапецеидальных характеристик дистанционных органов. Такая привязка автоматически обеспечивает согласованность характеристик срабатывания всех органов выявления асинхронного режима.

4 МЕТОДЫ ОТСТРОЙКИ ОТ ВНЕШНИХ АСИНХРОННЫХ ХОДОВ

При выборе уставок одним из определяющих условий является отстройка от внешних АР. Серьезной проблемой при выборе уставок для типовых АЛАР было обеспечение свойства селективности работы устройства. С целью повышения эффективности отстройки от «внешних» АР разработаны следующие технические решения:

- устранены ограничения по расположению характеристик срабатывания в комплексной плоскости сопротивлений. Характеристики могут быть произвольным образом расположены в комплексной плоскости с произвольным смещением от начала координат и с поворотом на любой угол. Это значительно расширяет возможности охвата годографов "внутренних" асинхронных режимов и отстройки от «внешних» (рис. 3);

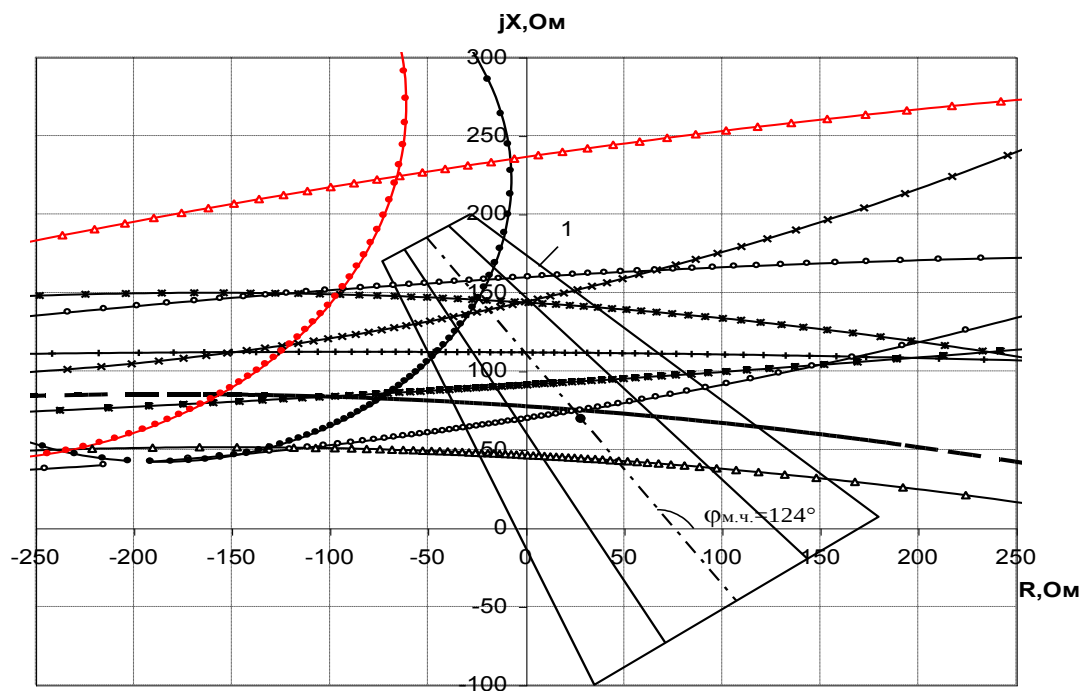


Рис. 3: Использование характеристики срабатывания ОВАР, смещенной относительно начала координат. Красным цветом отмечены годографы сопротивления внешнего АР, черным цветом - годографы внутренних АР.

- реализована возможность в рамках одного АЛАР реализовать несколько органов выявления асинхронных режимов (ОВАР) совместное использование которых дополнительно расширяет функциональные возможности системы (рис.4). Особенно актуально в электроэнергетических системах сложной структуры, в случаях возникновения асинхронного хода по сечению, состоящей из нескольких линий электропередачи (имеющих разные узлы примыкания к системе);
- предусмотрена возможность реализации «блокирующих» ОВАР для отстройки от «внешних» АР. Решение весьма актуально в случае, когда годографы внешнего и внутреннего АР оказались достаточно близки в зоне углов $\delta \approx 180^\circ$;

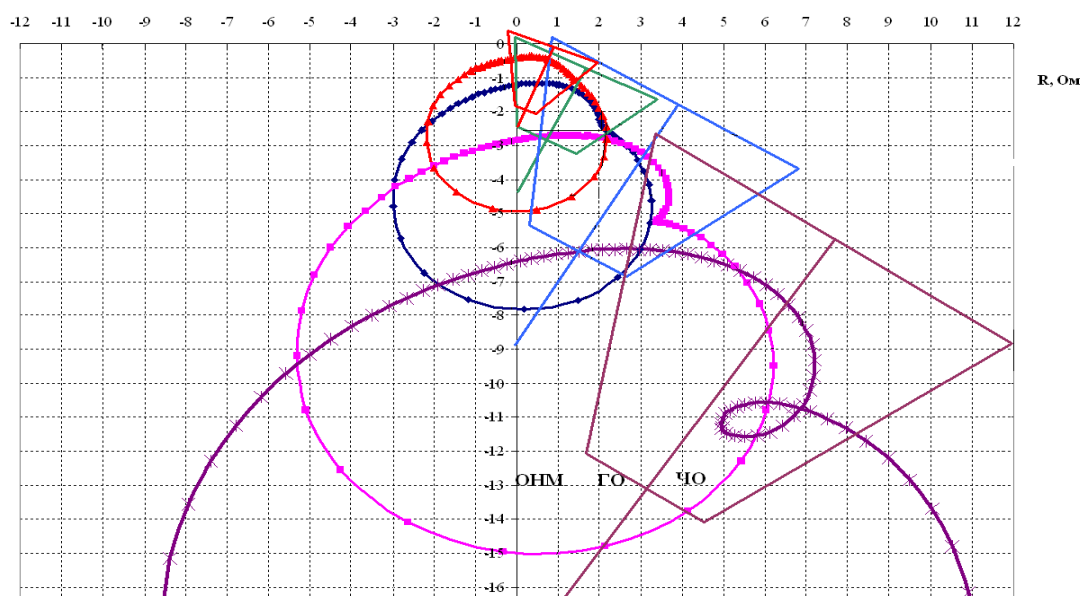


Рис. 4: Пример использования нескольких ОВАР для выявления АР

- Использование цифрового описания характеристик срабатывания измерительных органов предоставляет широкие возможности адаптации характеристик при изменении режима работы электроэнергетической системы и конфигурации контролируемой сети. При этом изменение настроек может осуществляться как оперативно с помощью многопозиционного ключа, так и автоматически путем программного задания нового номера набора уставок.

Описанные выше решения позволили существенно расширить возможности АЛАР по отстройке от внешних асинхронных ходов и обеспечить селективную работу устройства.

5 ВЫЯВЛЕНИЕ АСИНХРОННОГО ХОДА И ОТСТРОЙКА ОТ СИНХРОННЫХ КАЧАНИЙ И КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Для улучшения качества функционирования алгоритма АЛАР предлагается методика выявления АР, отстройки от коротких замыканий (КЗ) и синхронных качаний (СК), основанная на методах теории распознавания образов. Параллельная обработка информации методами распознавания образов позволяет записать ранее используемые признаки идентификации режимов в очень простой и наглядной форме, что значительно облегчает их обнаружение, а также позволяет выявить новые признаки. Вероятностный подход, предложенный в [2] для выявления аномальных режимов генераторов является достаточно сложным для реализации и требует множества вычислений. Поэтому для построения системы распознавания АР предлагается использовать структурный подход [3]. В качестве исходной информации для системы распознавания предлагается использовать данные о положении вектора сопротивления относительно зон действия измерительных органов автоматики ликвидации асинхронного режима.

Выявление асинхронного режима осуществляется путем анализа очередности прохождения вектора сопротивления через области на комплексной плоскости, на которые ее разделяют границы зон действия измерительных органов. Приведенные на рисунке 5 номера областей соответствуют кодам, характеризующим состояние соответствующего органа выявления асинхронного хода. Нормальному режиму работы электрической системы соответствует положение вектора $\dot{Z}_p$ в областях "0" или "4" в зависимости от направления передаваемой активной мощности по контролируемой связи. При нахождении вектора в области "0" и возникновении АР этот вектор перемещается по траектории, которая сначала попадает в область "2" (срабатывает чувствительный орган ЧО), затем переходит в область "3" (срабатывает грубый орган ГО), а затем попадает в область "7" (срабатывает орган направления мощности ОНМ). Такое развитие событий соответствует срабатыванию АЛАР на первом цикле асинхронного хода (рис. 6).

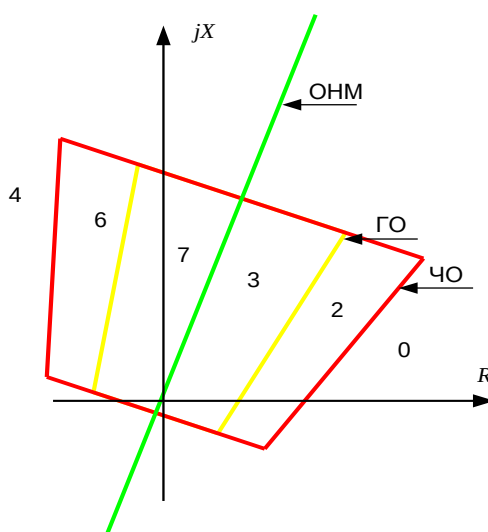


Рис. 5: Области, характеризующие состояние ОВАР

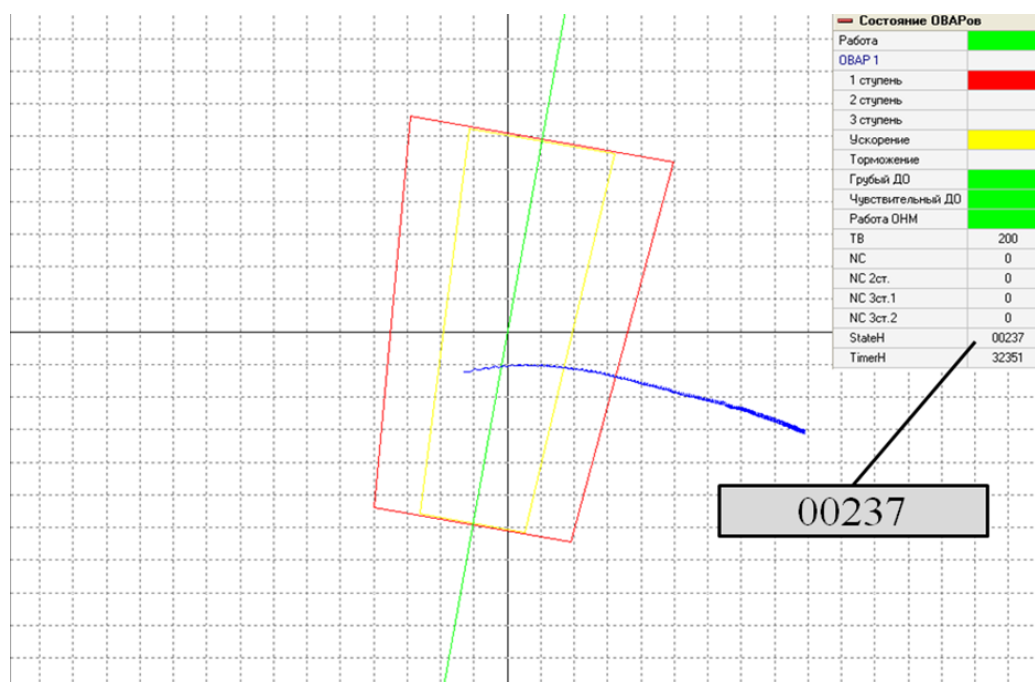


Рис. 6: Выявление асинхронного режима

Выявление синхронных качаний осуществляется по длительности нахождения вектора в одной области или по очередности нахождения его в различных областях. При неглубоких качаниях конец вектора сопротивления либо перемещается в одной из областей "0" или "4", либо осуществляет периодические переходы между этими областями вне зоны действия чувствительного органа. При глубоких качаниях вектор может заходить из области "0" в область "2", а затем снова возвращаться в область "0". В этом случае возможно также попадание вектора в область "3" с последующим возвратом в "2" и далее в "0". Возможны заходы вектора $\dot{Z}_p$ из области "4" в область "6" с последующим возвратом в область "4". При более глубоких качаниях возможно попадание вектора в область "7" с последующим возвратом в "6" и далее в "4". При выявлении любого из признаков синхронных качаний счетчик циклов возвращается в исходное состояние и устройство не срабатывает (рис. 7).

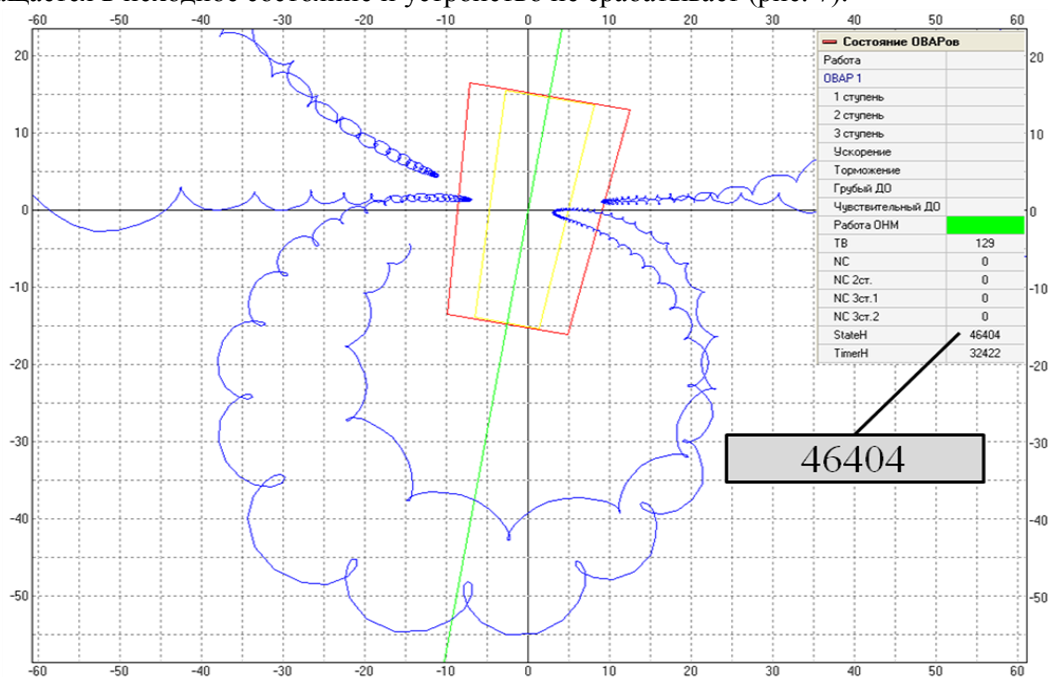


Рис. 7: Отстройка от синхронных качаний

Отстройка от коротких замыканий осуществляется аналогичным образом. При симметричных коротких замыканиях вектор сопротивления скачком попадает в зону действия грубого дистанционного органа. Поскольку при этом необходимая последовательность прохождения областей не выполняется, действия АЛАР не происходит.

Применение методов параллельной обработки логической информации позволило без дополнительных аппаратных затрат реализовать сложные логические алгоритмы, использование методов теории распознавания образов позволяет построить эффективные алгоритмы выявления асинхронных режимов, а также обеспечить надежную отстройку от коротких замыканий (в том числе вблизи электрического центра качаний) и от синхронных качаний.

6 РАБОТА АЛАР В УСЛОВИЯХ НЕСИММЕТРИИ

Асинхронный режим может возникнуть в электроэнергетической системе при ее работе в неполнофазном режиме или в условиях глубокой несимметрии нагрузки. Поскольку возникновение неполнофазного асинхронного режима не является маловероятным событием, а существующие стандарты по противоаварийной автоматике выдвигают требования выявления и ликвидации в этих условиях, в МП-АЛАР реализован алгоритм, позволяющий выявлять АР в условиях несимметрии. Данный алгоритм основан на контроле сопротивления прямой последовательности и скорости его изменения. Для корректной работы АЛАР в условиях несимметрии предложен алгоритм, осуществляющий изменение группы уставок при выявлении признаков несимметрии. В основе алгоритма лежит выявление момента перехода из одного режима в другой (из симметричного в несимметричный). Основными признаками несимметричного режима является появление параметров обратной и нулевой последовательности. Реализован пусковой орган, реагирующий на появление тока $\dot{I}_2$ или напряжения $\dot{U}_2$ обратной последовательности. Для избежания ложной работы предусмотрен дополнительный алгоритм блокировки при обрывах в измерительных цепях (токов и напряжений).

7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные технические решения существенно расширяют функциональные возможности АЛАР:

- использование методов параллельной обработки информации позволяет построить эффективные алгоритмы выявления асинхронных режимов, надежную отстройку от коротких замыканий и от синхронных качаний;
- предлагаемая характеристика срабатывания позволяет добиться максимально возможного скольжения отказа и надежно выявлять асинхронные хода с малым периодом АР;
- использование сопротивления прямой последовательности для работы АЛАР позволяет выявлять АР как в симметричных, так и несимметричных режимах.

К настоящему времени введено в работу 17 комплектов МП-АЛАР, все перечисленные комплекты введены в опытно-промышленную и промышленную эксплуатацию и за все время работы не имели ложных действий. Комплект МП-АЛАР, установленный на линии 203 на связи Усть-Хантайская ГЭС – п/с Игарка – Курейская ГЭС сработал правильно при возникновении асинхронного режима в сечении между Усть-Хантайской и Курейской ГЭС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гоник Я.Е., Иглицкий Е.С. Автоматика ликвидации асинхронного режима. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 112 с.
- [2] Таджикибаев А.И. Автоматизированные системы распознавания состояний электроустановок. СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 2001. – 176 с.
- [3] Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания: Учеб. Пособие для вуз. –3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш шк., 1989.– 232 с.