

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е.Я. Воробьева,

научный руководитель доц. О.П. Халезина

Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день объекты Ванкорского месторождения, магистрального нефтепровода и прилегающих производственных баз получают электроэнергию от собственного источника - Ванкорской газотурбинной электростанции (ВГТЭС) установленной мощностью 200 МВт, таким образом, Ванкорская энергосистема работает в изолированном режиме. Энергообъекты расположены в Восточной Сибири на севере Красноярского края и на северо-востоке Ямало-Ненецкого автономного округа, на территориях Крайнего Севера, вечной мерзлоты и переменных почв.

Высокие темпы роста электропотребления, увеличение проектных мощностей и активное развитие Ванкорского нефтяного месторождения привело к огромной потребности в генерирующих мощностях, скорейшему развитию энергетической инфраструктуры и установлением сильной связи с Единой Национальной Энергосистемой (ЕНЭС) через энергосистему Тюменской области. Развитие энергорайона будет проходить в три этапа:

Первый этап - врезка подстанции ПС 220 кВ «Мангазея» в воздушную линию электропередачи 110 (в габаритах 220) кВ «ВГТЭС – НПС-1»; второй этап - строительство и ввод в работу ПП «Ванкор» с распределительным устройством 110 кВ; третий этап - строительство и ввод в работу ПС 220 кВ «Ванкор» с РУ 220 кВ, установкой двух автотрансформаторов (АТ) мощностью 125 МВ·А каждый и перевод ВЛ на проектный класс напряжения 220 кВ.

Строительство ПС 220 кВ «Ванкор» позволит следующее:

- сохранить на момент строительства ПП 110 кВ «Ванкор» имеющуюся связь Тюменская ЭС – Ванкорский энергорайон по сети 110 кВ;
- увеличить пропускную способность связи Тюменская ЭС – Ванкорский энергорайон;
- увеличить надёжность электроснабжения потребителей Ванкорского месторождения за счёт увеличения пропускной способности ВЛ.

Для рассмотрения вопроса установки устройств противоаварийной автоматики на объектах Ванкорской энергосистемы был сделан анализ расчётов характерных режимов параллельной работы Тюменской и Ванкорской энергосистем. При трёхфазном коротком замыкании на ВЛ 220 кВ «УГРЭС – Тарко-Сале» и её последующем отключении, возможен асинхронный ход генераторов ВГТЭС относительно Тюменской ЭС.

Для ликвидации асинхронного хода необходимо предусмотреть установку устройств противоаварийной автоматики (ПА) – автоматического устройства ликвидации асинхронного режима (АЛАР) на ПС «Ванкор», управляющее воздействие которого будет направлено на отключение выключателей 220 кВ ПС «Ванкор», коммутирующих ВЛ 220 кВ «Мангазея – Ванкор», тем самым разрывая связь между энергосистемами и выделение Ванкора на изолированную работу. Резервное устройство АЛАР необходимо установить на ПС «Мангазея» с управляющим воздействием на отключение выключателей ВЛ 220 кВ «Мангазея – Ванкор».

Проектным решением было принято установить АЛАР на базе микропроцессорного комплекса противоаварийной автоматики (МКПА), реализующего трехступенчатый алгоритм выявления и ликвидации асинхронного режима в энергосистеме. Дополнительно имеется резервный алгоритм работы по качанию тока.

Принцип действия устройства базируется на использовании алгоритма распознавания двухмашинного асинхронного режима и выявления наличия

электрического центра качаний на контролируемом участке электроэнергетической системы. Алгоритм построен на расчётном определении векторов напряжений и углов между ними в четырех узлах ЭЭС, два из которых связаны с точками приложения ЭДС эквивалентных генераторов, а два других – с узлами, ограничивающими контролируемую зону.

Первая ступень служит для обнаружения факта возникновения асинхронного режима (АР) на первом цикле. Вторая ступень алгоритма служит для выявления нескольких циклов АР, и предназначена для обеспечения возможностей ресинхронизации ЭЭС. Третья ступень работает в случае неуспешной ресинхронизации после срабатывания второй ступени.

Кроме того, в алгоритме присутствует дополнительная токовая ступень, предназначенная для резервирования основных ступеней по принципу действия. Резервная ступень действует на основе анализа характера изменения действующего значения тока прямой последовательности.

Для основных ступеней выполняется выявление АР посредством контроля попадания величины напряжения в некоторой, специально определенной точке контролируемого участка электропередачи, в заданный диапазон значений.

Работа алгоритма начинается при вхождении режимных параметров в зону срабатывания, задающихся условиями

$$|U_m| < U_{cp}, Z_{down} < Z_{0m} < Z_{up},$$

где U_{cp} – напряжение срабатывания по величине напряжения в точке электрического центра качания (ЭЦК) U_m ,

Z_{down} и Z_{up} – сопротивления, ограничивающие по величине сопротивления Z_{0m} сверху и снизу соответственно.

Величина напряжения U_m представляет собой проекцию вектора фазного напряжения U в точке измерения (в месте установки устройства) на ось перпендикулярную отрезку, соединяющему концы векторов эквивалентных ЭДС по концам электропередачи». Таким образом, для расчета такой проекции, необходимо предварительно получить параметры эквивалентных схем частей энергосистемы, присоединенных к концам контролируемого участка.

Отстройка от короткого замыкания (КЗ) осуществляется по абсолютной величине скольжения. Величина отстройки подбирается таким образом, чтобы исключить блокировку алгоритма первой ступени на первом цикле АР при различных вариантах развития аварии.

Исходные данные для настройки устройства, получаются на основе предварительного моделирования эквивалентной схемы и динамических режимов замещающей ЭЭС. Выбор уставок производится графическим способом, поэтому все характерные асинхронные режимы должны быть отображены в виде годографов в координатах сопротивления. Кроме того должна быть возможность определять интервал времени между любыми двумя точками годографа АР.

Все рассматриваемые АР делятся на фиксируемые (те, в которых должно быть обеспечено надежное срабатывание устройства АЛАР) и нефиксируемые (те, в которых должно быть обеспечено надежное несрабатывание устройства АЛАР)

Уставка по времени не может быть менее, чем удвоенное значение цикла работы устройства (цикл работы МКПА $T_{ц}=8$ мс для всех существующих версий этого устройств):

$$T_{уст} \geq 2 T_{ц}.$$

Для выбора уставок пускового органа по сопротивлению (рисунок 1) на множество годографов АР наносится базовая форма зоны пускового органа по сопротивлению так,

чтобы эту зону пересекли годографы всех фиксируемых АР. При этом на данном этапе в зону могут попасть и нефиксируемые АР, их отсев будет произведен позже.

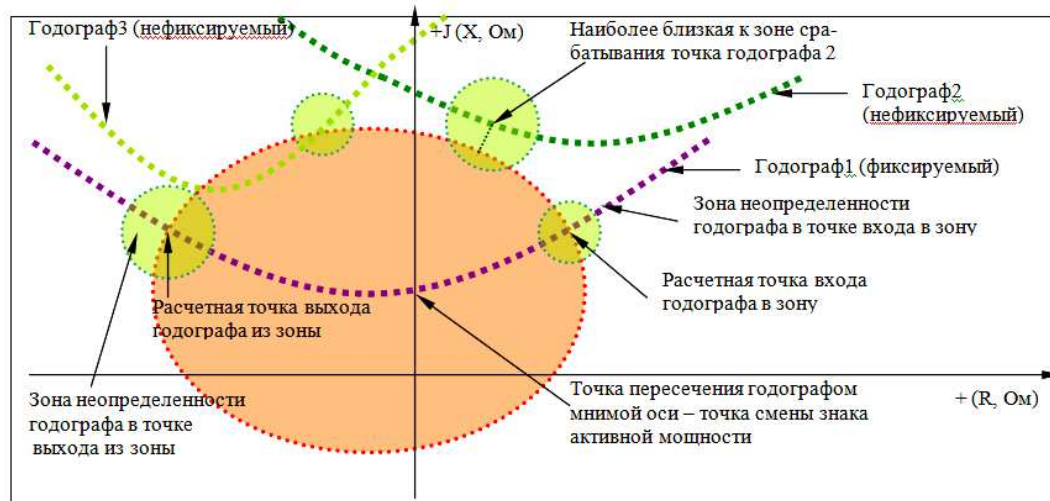


Рисунок 1 - Множество годографов АР в координатах сопротивления

Базовая форма зоны пускового органа по сопротивлению – эллипс. В качестве уставок используются величина его большей полуоси Z , коэффициент сжатия, угол максимальной чувствительности, координаты центра эллипса по вещественной и мнимой оси.

Для каждого из годографов, пересекающих зону пускового органа или проходящих вблизи нее, отметить точку пересечения с мнимой осью (это точка смены знака активной мощности).

Для каждой из точек входа и выхода найти и нанести на годограф зону неопределенности:

$$\Delta Z = K_{зап} \cdot Z_{изм} \cdot \sqrt{\sqrt{K_{ЛТН}^2 + \left(\frac{K_{Л_{устр}(u)}}{U^*}\right)^2} \cdot \sqrt{K_{ЛТТ}^2 + \left(\frac{K_{Л_{устр}(i)}}{I^*}\right)^2}},$$

где I^* , U^* - значения измеренных тока и напряжения в относительных единицах от пределов измерения цифрового устройства по току и напряжению.

$Z_{изм}$ - модуль измеренного значения сопротивления.

$K_{ЛТТ}$, $K_{ЛТН}$ - классы точности измерительных трансформаторов.

$K_{Л_{устр}(i)}$, $K_{Л_{устр}(u)}$ - классы точности цифрового устройства по току и напряжению.

$K_{зап}$ - коэффициент запаса.

Для годографов всех АР проверить нахождение точек пересечения мнимой оси вне зон неопределенности. Если это условие не выполняется, необходимо выполнить коррекцию формы зоны путем изменения базовой формы зоны либо путем отсекания от зоны сегмента.

Для годографов всех фиксируемых АР проверить нахождение точки смены знака внутри зоны счетчика циклов, нефиксируемых АР проверить нахождение точки смены знака вне зоны счетчика циклов.

Для расчёта уставок ПА АЛАР, устанавливаемой на ПС Ванкор, проводились расчёты электромеханических переходных процессов и построены годографы сопротивлений ВЛ 220 кВ Мангазея – Ванкор, которые изображены на рисунке 2.

Также необходимо отметить, что отключение выключателей 220 кВ Ванкор действием АЛАР приводит к повышению уровней напряжения на отключённом конце ВЛ 220 кВ Мангазея – Ванкор не более 2 кВ, относительно напряжения шин ПС Мангазея, что является допустимым. Поэтому телеотключений данных линий со стороны ПС Мангазея не предусматривается.

Защита генераторов ВГТЭС от выпадения из синхронизма должна быть отстроена от устройства АЛАР устанавливаемого на ПС 220 кВ Ванкор.

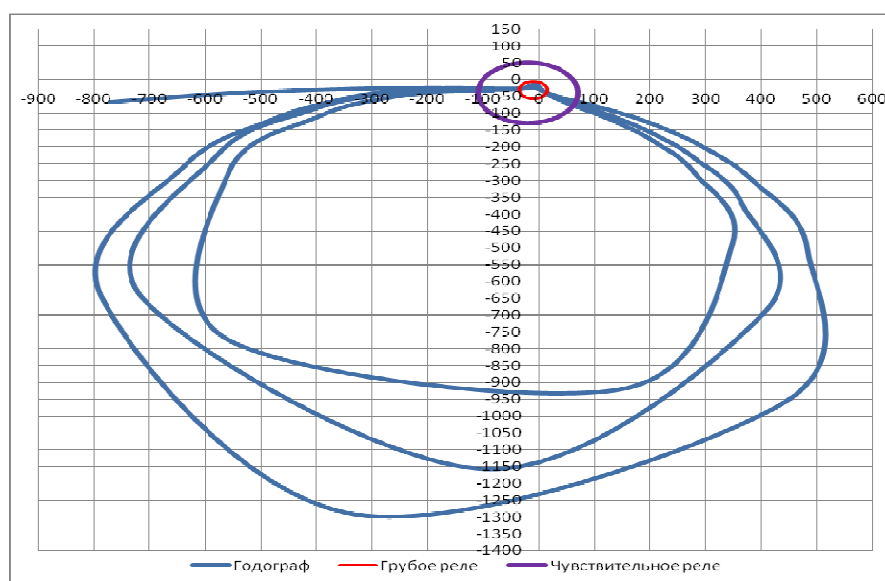


Рисунок 2 – Годографы сопротивления ВЛ 220 кВ Мангазея – Ванкор при отключении трёхфазных коротких замыканий действием УРОВ и возникновением асинхронного хода генераторов ВГТЭС относительно Тюменской ЭС

Проектные уставки противоаварийной автоматики (АДВ, ЧДА, АЛАР) рассчитывались на основании прогнозируемого уровня электропотребления и планируемых сроков ввода в работу оборудования. В соответствии с этим, необходимо постоянно пересчитывать рабочие уставки ПА, исходя из складывающейся схемно-режимной ситуации.

1. Наровлянский, В.Г. Современные методы и средства предотвращения асинхронного режима электроэнергетической системы – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 360 с
2. Проектная документация. Раздел 4. «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта». Книга 1.2 «Система электроснабжения. Электрические режимы ПС 220 кВ Ванкор».
3. Наровлянский, В.Г. Краткий анализ основных особенностей АЛАР на базе МКПА, НИИ ТСТ ОАО «Интситут «Энергосетьпроект», Москва, 2007.
4. Рекомендации по выбору уставок алгоритмов основного устройства АЛАР (ALAR1st05, ALAR2st05)
5. Рекомендации по выбору уставок цифрового устройства РЗА с дистанционным пусковым органом