

УДК 621.316

А.А. Мамаев, специалист 1 категории службы релейной защиты
отдела противоаварийной автоматики
Филиал АО «СО ЕЭС» Кемеровское РДУ
г. Кемерово

**АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЛОКИРОВКИ
АЧР ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ НЕПРАВИЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ
ВЫБЕГЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**

I. ВВЕДЕНИЕ

На данный момент существует проблема, связанная с неправильным срабатыванием устройств АЧР, а именно АЧР-1, при полной потере электроснабжения на подстанции (ПС). Данные неправильные срабатывания объясняются наличием в энергорайоне значительной доли двигательной нагрузки или установленными синхронными компенсаторами, так как в этом случае величина напряжения на шинах длительно сохраняется на достаточно высоком уровне при снижающейся частоте. С целью устранения данного недостатка АЧР используются различные блокировки АЧР и некоторые режимные мероприятия.

II. СУЩЕСТВУЮЩИЕ БЛОКИРОВКИ АЧР

1. Блокировка АЧР по току (как правило на стороне высшего напряжения (ВН) силового трансформатора).

Принцип работы блокировки основан на измерении тока нагрузки через электроснабжающее присоединение. Если происходит потеря напряжения на ПС, то ток через электроснабжающее присоединение не протекает – блокировка работает. Если происходит системное снижение частоты, то ток через электроснабжающее присоединение протекает – блокировка не работает.

Недостатки блокировки АЧР по току:

– имеется зона нечувствительности, определяемая минимальной уставкой срабатывания реле тока;

– может не работать, если к ЛЭП подключено более одной подстанции, так как при отключении электроснабжающего присоединения двигательная нагрузка одной ПС может осуществлять подпитку активной нагрузки соседней ПС, и при этом ток будет протекать по стороне ВН силовых трансформаторов обеих ПС.

2. Блокировка АЧР по напряжению.

Принцип работы блокировки основан на измерении напряжения. Если происходит потеря электроснабжения ПС со стороны источника электроснабжения, то напряжение снижается ниже $0,5U_{HOM}$ – блокировка работает. Если происходит системное снижение частоты, то напряжение не снижается ниже $0,5U_{HOM}$ – блокировка не работает.

Недостатки блокировки АЧР по напряжению:

- может не работать если снижение напряжения при выбеге двигательной нагрузки при отключении электроснабжающего присоединения превышает уставку срабатывания блокировки АЧР. Величина напряжения при выбеге двигательной нагрузки зависит от соотношения двигательной и активной нагрузки.

3. Блокировка АЧР по частоте соседней секции (как правило на секциях ВН ПС).

Принцип работы блокировки основан на сравнении частот на соседних секциях. Если частота на одной из секций ПС снижается, а на другой секции не снижается – блокировка работает. Если происходит системное снижение частоты, то частота снижается на обеих секциях – блокировка не работает.

Недостатки блокировки АЧР по частоте соседней секции:

- использовать данный вид блокировки возможно только при наличии на ПС двух секций, имеющих независимые источники электроснабжения и работающих раздельно;
- не работает в ремонтных схемах, когда обе секции подключены к одному источнику электроснабжения.

4. Блокировка АЧР по направлению мощности (как правило на стороне ВН силового трансформатора).

Принцип работы блокировки основан на определении направления активной мощности. Если мощность на стороне ВН силового трансформатора не протекает или направлена от нагрузки в сторону электроснабжающего присоединения (в отрицательном направлении) – блокировка работает. Если происходит системное снижение частоты, то мощность направлена со стороны электроснабжающего присоединения к нагрузке (в положительном направлении) – блокировка не работает.

Недостатки блокировки АЧР по направлению мощности:

- сложный алгоритм работы, так как используются цепи тока и напряжения;
- имеется зона нечувствительности, определяемая минимальной уставкой срабатывания реле мощности;
- может не работать, если к ЛЭП подключено более одной подстанции, так как при отключении электроснабжающего присоединения

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
221-3**
18-20 ноября 2021 года

двигательная нагрузка одной ПС может осуществлять подпитку соседней ПС, и при на этом на ПС с активной нагрузкой мощность будет направлена со стороны электроснабжающего присоединения к нагрузке (в положительном направлении) – блокировка не работает.

5. Блокировка АЧР по скорости снижения частоты.

Принцип работы блокировки основан на измерении скорости снижения частоты. Снижение частоты с большей скоростью, чем задано уставкой блокировки – блокировка работает. Если снижение частоты происходит с меньшей скоростью, чем задано уставкой блокировки – блокировка не работает. Данная блокировка эффективна при выбеге двигательной нагрузки, но может применяться не всегда, а только в тех случаях, когда скорость снижения частоты при выбеге двигательной нагрузки в 3 – 4 раза превышает скорость снижения частоты при дефиците мощности в энергосистеме [1].

Недостатки блокировки АЧР по скорости снижения частоты:

- сложный алгоритм работы который требует использования только МП базы.
- может не работать, если скорость снижения частоты при выбеге двигательной нагрузки при отключении электроснабжающего присоединения не превышает уставку срабатывания блокировки АЧР. Скорость снижения частоты при выбеге двигательной нагрузки зависит от соотношения двигательной и активной нагрузки.

**III. ПРИМЕР НЕПРАВИЛЬНОГО СТРАБАТЫВАНИЯ АЧР И МЕРОПРИЯТИЯ,
ИСКЛЮЧАЮЩИЕ НЕПРАВИЛЬНУЮ РАБОТУ**

В качестве примера неправильного срабатывания АЧР рассмотрен случай, произошедший в одном из энергорайонов операционной зоны Филиала АО «СО ЕЭС» Кемеровское РДУ (далее – Кемеровское РДУ). Схема электрической сети после аварийного отключения воздушной линии электропередачи (ВЛ) ВЛ 110 кВ ГРЭС №1 – ПС №1 представлена на рис.1. Двухщепная ВЛ 110 кВ ГРЭС №1 – ПС №8 раннее отключена действием релейной защиты (РЗ) с неуспешным автоматическим повторным включением (АПВ), вследствие устойчивого двухфазного короткого замыкания (КЗ) на землю. Устройства АЧР установлены на четырех ПС, на двух из которых блокировка выполнена: на ПС №2 устройство АЧР с блокировкой по скорости снижения частоты, на ПС №11 устройство АЧР с блокировкой по напряжению, а на ПС №1 и ПС №8 устройства АЧР без блокировки. Уставки по частоте и времени выставлены с учетом нормативно-технической документации (НТД) и соответствуют уставкам АЧР-1. Уставка блокировки по скорости снижения частоты 10 Гц/с выставлена с учетом НТД [2]. При аварийном

отключении ВЛ 110 кВ ГРЭС №1 – ПС №1 энергорайон теряет электроснабжение на время действия АПВ (5,9 с), происходит выбег двигательной нагрузки. Это приводит к неправильному срабатыванию АЧР на ПС №1, ПС №2, ПС №8, ПС №11. На ПС №1 и ПС №8 неправильная работа АЧР объясняется отсутствием блокировок. Неправильная работа АЧР на ПС №2, ПС №11 и отказ блокировок связан с характером двигательной нагрузки энергорайона. В данном энергорайоне доля двигательной нагрузки составляет 47% в зимний период и 62% в летний период. По данным регистраторов аварийных событий средняя скорость снижения частоты в энергорайоне в результате нарушения электроснабжения составила 4,02 Гц/с, напряжение на шинах одной из подстанций после аварийного события снизилось до $0,75U_{ном}$ за 1 сек, (рис. 2).

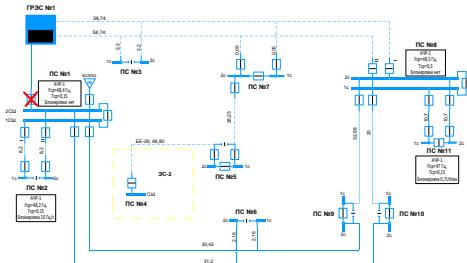


Рис. 1 – Схема электрической сети после аварийного отключения

В представленном энергорайоне с целью исключения излишней работы были реализованы мероприятия, связанные с изменением параметров настройки АЧР, а именно была выполнена перенастройка устройств АЧР с параметрами настройки АЧР-1 на параметры настройки, соответствующие АЧР-2. После завершения работ по перенастройке АЧР в энергорайоне фактов неправильной работы устройств АЧР в подобных аварийных ситуациях с нарушением электроснабжения энергорайона не зафиксировано.

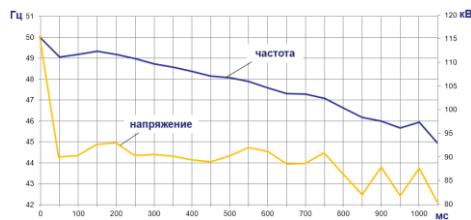


Рис. 2 – Данные регистраторов аварийных событий

IV. ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ВАРИАНТ БЛОКИРОВКИ АЧР

Все вышеописанные блокировки АЧР несовершенны, так как имеют недостатки указанные в п. I, и могут не срабатывать при выбеге двигательной нагрузки в определенных схемно-режимных ситуациях. Блокировка АЧР по скорости снижения частоты может не срабатывать,

если при выбеге двигательной нагрузки частота в энергорайоне снижается медленнее чем 10 Гц/с. Мероприятия по перенастройке уставок с АЧР-1 на АЧР-2 не всегда возможно реализовать, в связи с отсутствием достаточного объема нагрузки, которую можно подключить под действие АЧР-1 в других энергорайонах с меньшей долей двигательной нагрузки. В связи с этим предлагается использовать синхронизированные векторные измерения (СВИ) [3] для блокировки АЧР. Предлагаемый способ реализации блокировки АЧР с использованием СВИ похож на существующий вид блокировки АЧР по частоте соседней секции, но частота будет измеряться не на соседней секции, а на соседнем объекте электроэнергетики, имеющем независимый источник электроснабжения. В качестве примера реализации блокировки АЧР с использованием СВИ был рассмотрен вышеуказанный энергорайон операционной зоны Кемеровского РДУ (рис. 3).

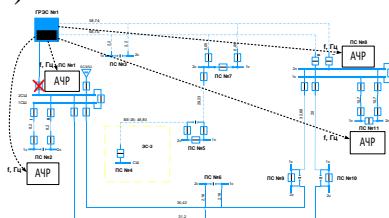


Рис. 3 – Схема электрической сети, поясняющая принцип работы блокировки АЧР

Для осуществления идей применения блокировки АЧР с использованием СВИ необходимо:

- установить УСВИ на ГРЭС №1;
- реализовать передачу СВИ в устройства АЧР;
- реализовать в устройствах АЧР алгоритм блокировки по сравнению частоты.

V. Выводы

При рассмотрении различных видов блокировок АЧР выявлено, что блокировки АЧР несовершенны, их правильная работа зависит от таких факторов как:

- схема распределительного устройства ПС;
- количество источников питания ПС;
- объем, характер и режим работы двигательной нагрузки в энергорайоне в котором установлено устройство АЧР.

Предложен универсальный способ блокировки АЧР с использованием СВИ. Данный вид блокировки будет работать независимо от схемы распределительного устройства ПС, количества источников электроснабжения, объема двигательной нагрузки.

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

221-6

Список литературы

1. Беляев А.В. Противоаварийное управление в узлах нагрузки с синхронными электродвигателями большой мощности. – М.: НТФ “Энергопрогресс”, 2004. – 80 с.
2. Стандарт организации АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.020.003-2016 Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Микропроцессорные устройства автоматической частотной разгрузки. Нормы и требования.
3. Стандарт организации АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.020.011-2016 «Релейная защита и автоматика. Устройства синхронизированных векторных измерений. Нормы и требования».

Информация об авторах:

Мамаев Андрей Андреевич, специалист 1 категории службы релейной защиты отдела противоаварийной автоматики, Филиал АО «СО ЕЭС» Кемеровское РДУ, г. Кемерово 650000, Кузнецкий проспект, д 28, MamaevAA@kuzb.sso-ups.ru