Максимальная токовая защита с двойным питанием MiCOM P124D

Руководство по применению

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ 4

2. ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА 5

2.1 Параметры трансформаторов тока 5
2.2 Схема замещения трансформатора тока 6
2.2.1 Расчет номинальной нагрузки ТТ по его характеристикам (Vk, Rct) 6
2.2.2 Определение эквивалентов для обычных ТТ 7
2.2.3 Расчет точки перегиба Vk для трансформаторов тока класса P 7

3. ТРЕБОВАНИЯ К ТТ ДЛЯ РАБОТЫ С MICOM P124 8

3.1.1 Потребление реле MiCOM P124 по цепям тока 8
3.1.2 MiCOM P124, номинальный ток 1A 8
3.1.3 MiCOM P124, номинальный ток 1A 9
3.2 Оценка возможности использования MiCOM P124 с данным ТТ 9
3.2.1 P124 подключается к ТТ типа AEG IED 24 с Kmm = 1/197 9
3.2.2 P124 подключается к ТТ типа AEG IED 24 с Kmm = 1/150 10
3.3 Рекомендации по выбору ТТ 11

4. ВАРИАНТЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТТ К ВХОДАМ MICOM P124 12

4.1 Подключение трех фазных ТТ + ТТ нулевой последовательности 12
4.1.1 Подключение ТТ нулевой последовательности ко входу питания реле от ТТ (клеммы 55 – 56). 12
4.1.2 Подключение ТТ нулевой последовательности к измерительному входу реле (клеммы 47 – 48). 12
При таком подключении нет необходимости в применении более мощного трансформатора, поскольку он не используется для питания реле. 12
4.1.3 Подключение входа тока нулевой последовательности на сумму трех фазных токов 12
4.1.4 Подключение двух фазных ТТ + ТТ нулевой последовательности 13

5. ОПИСАНИЕ АПВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ УСТАВОК (ТОЛЬКО РЕЛЕ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ P124D) 14

5.1 Введение 14
5.2 Описание функции АПВ 16
5.2.1 Активизация АПВ 16
5.2.2 Меню функции АПВ 16
5.2.3 Логические функции 17
5.2.4 Логическая последовательность работы функции АПВ 19
5.2.5 Запрет АПВ после ручного включения выключателя 20
5.2.6 Блокировка АПВ 20
5.2.7 Блокировка переключения активной группы уставок 20
5.3 Рекомендации по выбору уставок 20
5.3.1 Количество попыток АПВ 20
5.3.2 Уставка времени бестоковой паузы. 21
5.3.3 Время готовности АПВ 23

1. ВВЕДЕНИЕ

Токовые реле **MiCOM P124 с питанием от ТТ и реле двойного питания** были разработаны как устройства защиты управления и измерения, предназначенное для применения на распределительных и потребительских подстанциях, без необходимости использования внешних трансформаторов собственных нужд. Данные устройства могут также использоваться, как резервные защиты для электрических сетей высокого напряжения.

Эти два реле ненаправленных максимальные токовые защит имеют те же функции, что интегрированы в реле моделях MICOM P122 и P123. Следовательно при применении реле серии MiCOM в части использования этих функций, пользователь может воспользоваться информацией приведенной в гл. Технические данные и характеристики.

Устройство релейной защиты с питанием от ТТ при протекании тока КЗ имеют нестандартные токовые входы. Соответственно, особое внимание будет уделяться выбору трансформаторов тока, обеспечивающих электропитание этих реле.

Следующие главы описывают наши рекомендации по выбору трансформаторов тока, подключаемых к реле MICOM P124.

Устройства релейной защиты MICOM P124 представляют собой нагрузку для трансформаторов тока, следовательно, необходимо провести расчет для выбора трансформаторов тока соответствующих:

- электрической схеме подключения,
- электрическим параметрам, таким как номинальный ток, ток короткого замыкания и т.д.,

2. ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

2.1 Параметры трансформаторов тока

Трансформаторы тока используемые для релейной защиты характеризуются:

- номинальной выходной мощностью, выраженной в **ВА**, **классом точности** (5P или 10P) и **предельной кратностью в классе точности** (5In, 10In, 15In, 20In), **коэффициентом кратности** (K), являющимся отношением предельного тока в классе точности к номинальному току.

- естественно, к этому должен быть добавлен коэффициент трансформации ТТ. Это отношение тока в первичной цепи к вторичному току **I1/I2**. Значение номинального вторичного тока – 1A или 5 A.

- кроме этого, также принимаются во внимание другие параметры трансформатора, такие как уровень напряжения изоляции и тепловая характеристика.

Стандарт BS 3938 предлагает технические требования, идентичные требованиям МЭК 185 для трансформаторов класса P. ТТ характеризуется в соответствии со вторым классом, известным как **X** класс (Cx), который в дополнение к расчету коэффициента трансформации задает напряжение точки изгиба характеристики (**Vk**) и внутреннее сопротивление $\mathbf{R}_{\mathbf{TT}}$.

Следующие величины связаны с характеристикой намагничивания ТТ:

- Напряжение точки перегиба характеристики **Vk,** которая определяется точкой кривой V=f (I m) от которой увеличение напряжения на 10 % ведет к увеличению тока намагничивания на 50%.

- Напряжение соответствующее предельной кратности ТТ

⇒ Для ТТ 5PK (класс точности 5P, коэффициент предельной кратности K):

При напряжении насыщения $\mathbf{V_{s1}}$ мы имеем точность 5% при токе K*In

⇒ Для ТТ 10PK (класс точности 10P, коэффициент предельной кратности K):

При напряжении насыщения $\mathbf{V_{s2}}$ мы имеем точность 10% при токе K*In

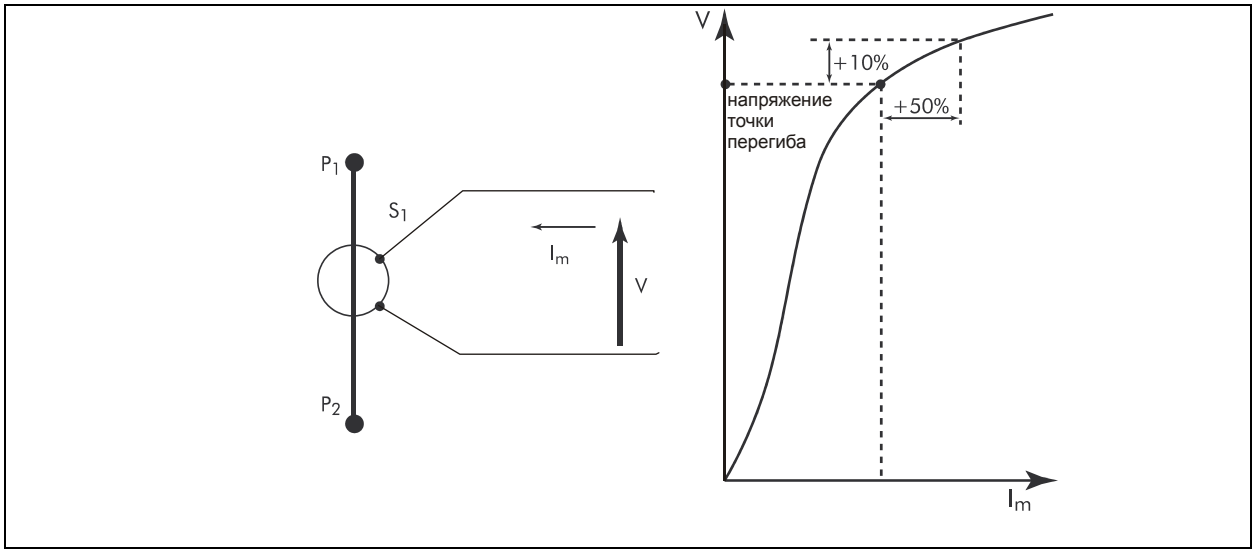

Рис. 1: Определение точки перегиба характеристики намагничивания ТТ

Для материалов традиционно используемых при изготовлении трансформаторов тока, мы имеем:

Vk соответствует 1,4 тесла

Vs1 соответствует 1,6 тесла

Vs2 соответствует 1,9 тесла

2.2 Схема замещения трансформатора тока

Обозначения на эквивалентной схеме приведенной ниже:

Ктт : n2/n1

Lm : ветвь намагничивания ТТ

Im : ток намагничивания

I_1 : первичный ток

I_2 : вторичный ток = I_1 * n2/n1

I_S : вторичный ток проходящий в нагрузке Rp : $\vec{I_s} = \vec{I_2} - \vec{I_m}$

Rct : сопротивление вторичной обмотки ТТ (Ом)

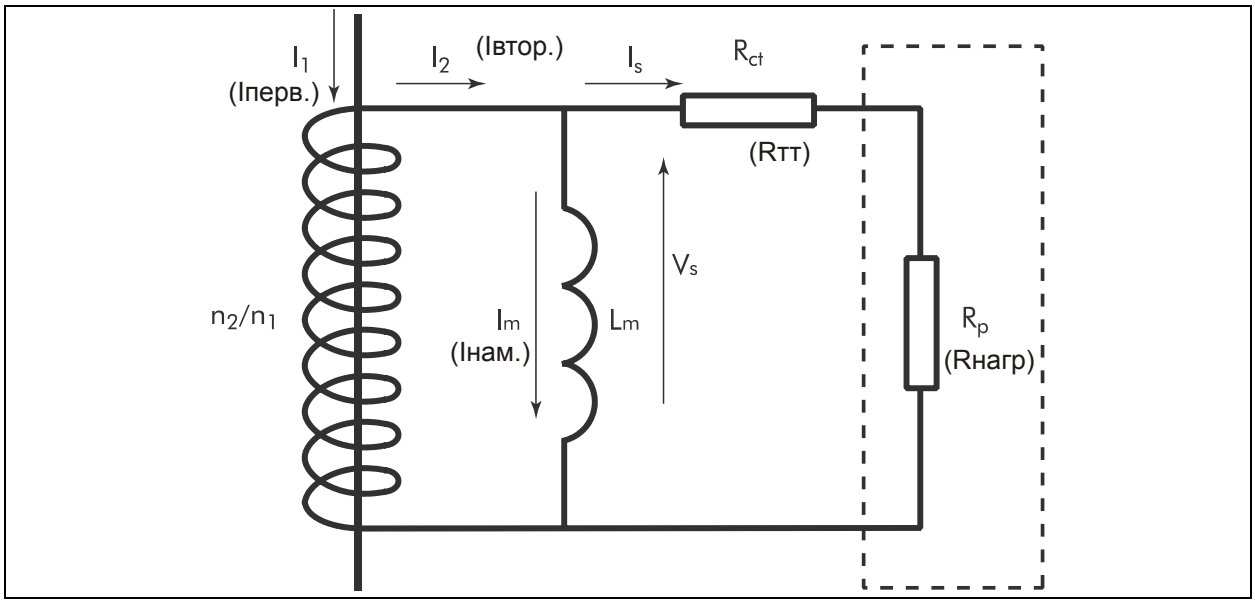

Рис. 2: Схема замещения трансформатора тока

Ток намагничивания трансформатора **I_m** зависит от напряжения наведенного во вторичной обмотке трансформатора.

Этот тот самый ток, который приводит к ошибкам измерения. В идеальном трансформаторе тока ток намагничивания должен быть равен нулю.

2.2.1 Расчет номинальной нагрузки ТТ по его характеристикам (Vk, Rct)

Напряжение насыщения определяется по следующей формуле: $Vs = (R_{ct} + R_p) * I_s$

Поскольку номинальная нагрузка ТТ составляет $Rp = Pn/In^2$

мы имеем $Vs = (R_{ct} + Pn/In^2) * Is$

следовательно $Pn = (V_s/I_s - R_{ct})*I_n^2$

- Для трансформаторов тока класса 5P: $V_{s1}/V_k = 1.6/1.4$

Поскольку : $V_{s1} = 1.6/1.4 * Vk$, при Is_1 равном $K * In$

Откуда следует: $Pn = [(1.6/1.4 * V_k)/ K*I_n – R_{ct}] * I_n^2$

- Для трансформаторов тока класса 10P: $V_{s2}/V_k = 1.9/1.4$

Поскольку : $V_{s2} = 1.9/1.4 * Vk$, при Is_2 равном $K * In$

Откуда следует: $Pn = [(1.9/1.4 * V_k)/ K*I_n – R_{ct}] * I_n^2$

2.2.2 Определение эквивалентов для обычных ТТ

Зная, что единственными константами ТТ являются его кривая намагничивания, его сопротивление Rct и его коэффициент трансформации, можно заменить трансформатор с мощностью P_{n1} в ВА типа $5PK_1$ на трансформатор с мощностью P_{n2} в ВА типа $5PK_2$.

Известными значения являются V_{s1} и R_{ct}:

$V_{s1} = (R_{ct} + P_{n1} / I_n^2) * K_1 * I_n = (R_{ct} + P_{n2} / I_n^2) * K_2 * I_n$

$P_i = R_{ct} * I_n^2$ (активные потери в ТТ)

$(P_i + P_{n1}) * K_1 = (P_i + P_{n2}) * K_2$

Откуда следует что $K_2 = [(R_{ct} * I_n^2 + P_{n1}) / (R_{ct} * I_n^2 + P_{n2})] * K_1$

2.2.3 Расчет точки перегиба Vk для трансформаторов тока класса P

- Для трансформаторов тока класса **5P**: $V_{s1}/V_k = 1.6/1.4$

$P_n = [(1.6/1.4 * V_k) / K * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

Откуда следует: $V_k = 1.4/1.6 * (P_n / I_n^2 + R_{ct}) * K * I_n$

- Для трансформаторов тока класса **10P**: $V_{s1}/V_k = 1.9/1.4$

$P_n = [(1.9/1.4 * V_k) / K * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

Откуда следует: $V_k = 1.4 /1.9 * (P_n / I_n^2 + R_{ct}) * K * I_n$

3. ТРЕБОВАНИЯ К ТТ ДЛЯ РАБОТЫ С MICOM P124

При активной нагрузке напряжение во вторичной обмотке трансформатора пропорционально току в первичной цепи, при сохранении постоянной погрешности.

В устройстве защиты MiCOM P124 с питанием от ТТ это отношение не сохраняется, так как напряжение на входе защиты непропорционально входному току.

Лучшим способом проверки, допустимости использования MiCOM P124 с данным ТТ является анализ кривой намагничивания и внутреннего сопротивление рассматриваемого ТТ.

Чтобы гарантировать хорошую точность при малых токах, ток намагничивания ТТ должен быть низок. Другими словами, напряжение на входе реле должно быть значительно ниже, чем напряжение точки перегиба характеристики (Vk) ТТ.

Следующие параграфы показывают нагрузку переменного тока устройств MiCOM P124 и, зная кривую намагничивания ТТ, можно определить точность системы защиты в целом, для всего токового диапазона: ЗАЩИТА P124 + связанные с ней ТТ.

3.1.1 Потребление реле MiCOM P124 по цепям тока

В зависимости от минимально необходимого тока существует две версии MiCOM P124 с питанием от ТТ и питанием от ТТ и/или цепей оперативного тока (с одинаковой нагрузкой переменного тока на токовых входах). Для реле питающихся только от ТТ, необходимо определенное значение минимального тока протекающего, по крайней мере, в одной фазе, чтобы обеспечить питание устройства MiCOM и гарантировать полную функциональность:

ВНИМАНИЕ: ТЕРМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ТОКОВЫХ ВХОДОВ РЕЛЕ

- 3 x In без ограничения длительности протекания
- 40 x In в течение 100 сек
- 40 x In в течение 1 сек.

3.1.2 MiCOM P124, номинальный ток 1A

Ниже приведенная диаграмма показывает напряжение (среднее значение для 10 мс) на каждой фазе или на входе тока нулевой последовательности (клеммы 55 и 56) в зависимости от входного тока.

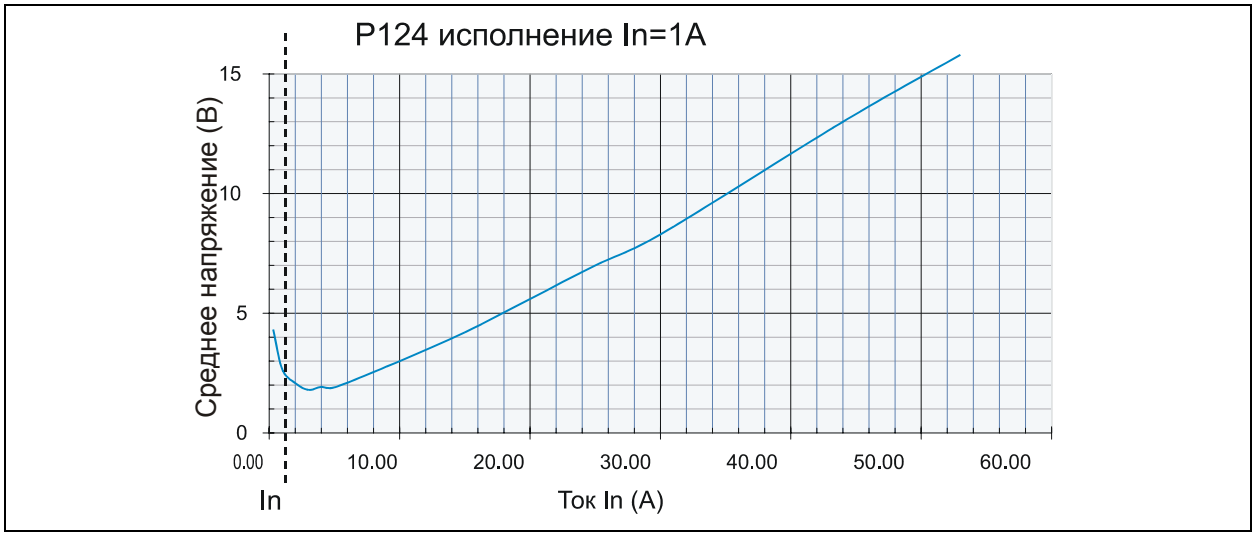

Рис. 3. Нагрузка (на ТТ) токового входа реле с номинальным током 1A

3.1.3 MiCOM P124, номинальный ток 1A

Ниже приведенная диаграмма показывает напряжение (среднее значение для 10 мс) на каждой фазе или на входе тока нулевой последовательности (клеммы 55 и 56) в зависимости от входного тока.

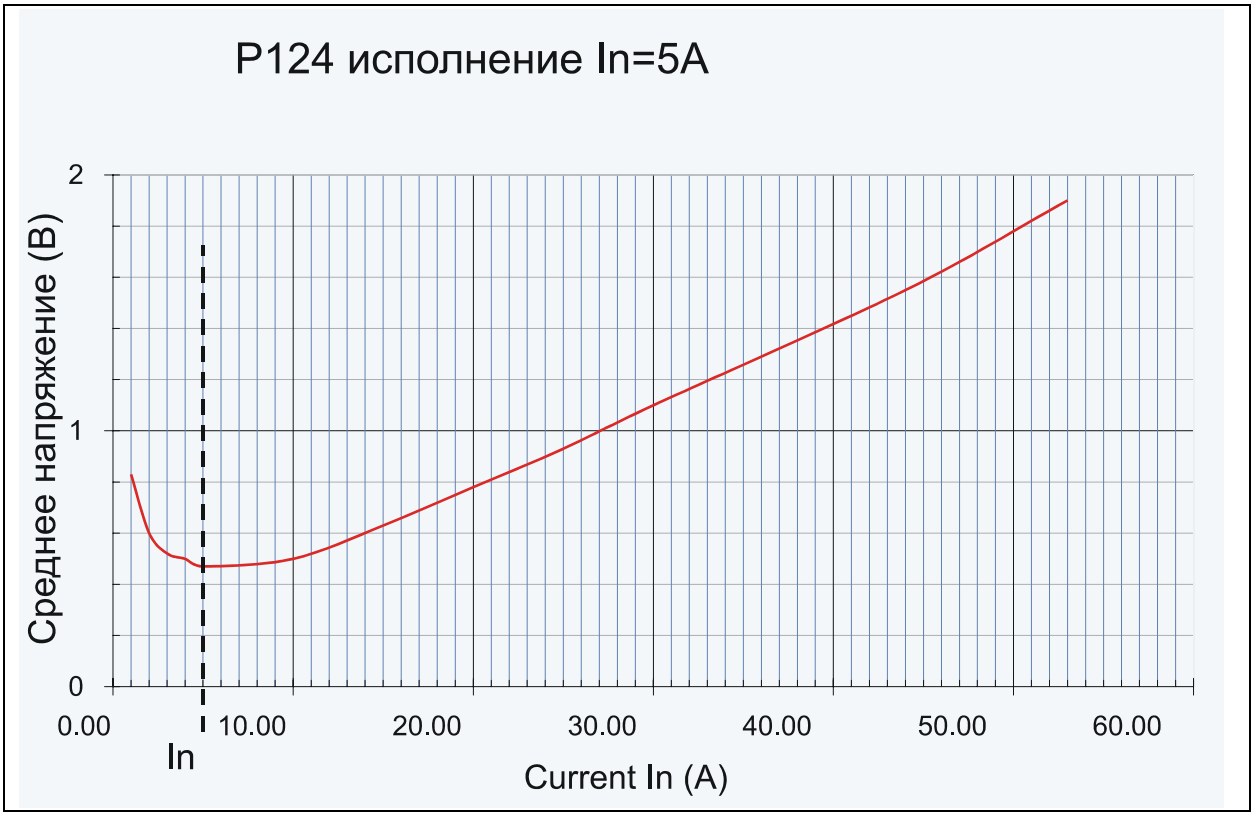

Рис. 4. Нагрузка (на ТТ) токового входа реле с номинальным током 5A

3.2 Оценка возможности использования MiCOM P124 с данным ТТ

Целью настоящего раздела является оценка возможности работы MiCOM P124 с данным трансформатором тока.

Для пример возьмем трансформатор тока **AEG IED 24** с несколькими вторичными обмотками.

3.2.1 P124 подключается к ТТ типа AEG IED 24 с Ктт = 1/197

Характеристики ТТ заявленные изготовителем:

Номинальный ток In = 1A, Класс X (Cx), Vk >38.0В, Rct < 0.443 Ом

Дана нагрузка фазного входа для заданного тока (см. параграфы 3.1.1 и 3.1.2). Заводские характеристики ТТ указывают ток намагничивания и напряжение, откуда мы можем вычислить погрешность, вызванную током намагничивания для следующих трех токов:

MiCOM P124, номинальный ток **In = 1A**

Ток	**0,2 In (пусковой ток)**	**In**	**40 In**
Напряжение	4,3 В	2,66 В	11,8 В
Ток намагничивания	0,006 А	0,006 А	0,01 А
Погрешность	3 %	0,6 %	0,025%

Расчетная максимальная погрешность составляет 3% при минимальном токе. Погрешность изменяется обратно пропорционально с увеличением тока.

Согласно п. 2.2.1, мы можем рассчитать номинальную мощность нагрузки для данного трансформатора по классу P , по значениям Vk и Rct :

- Соответствующая выходная номинальная мощность ТТ по классу 5 :

$P_n = [(1.6/1.4 * V_k) / 10 * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

Для номинального тока In= 1A и предельной кратности тока в данном классе равной 10

Pn = 3.89 ВА **5P10**

- Соответствующая выходная номинальная мощность ТТ по классу 10 :

$P_n = [(1.9/1.4 * V_k) / 10 * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

для номинального тока In= 1A и предельной кратности тока в данном классе равной 10

Pn = 4.71 ВА **10P10**

Результаты испытаний MiCOM P124 при работе с данным ТТ подтвердили удовлетворительную работу данной схемы (ТТ + P124).

ПРИМЕЧАНИЕ: При проведении испытаний для данного примера использования P124, подключение реле к ТТ выполнено таким образом, что сопротивление соединительных проводов пренебрежительно мало.

3.2.2 P124 подключается к ТТ типа AEG IED 24 с Ктт = 1/150

Характеристики ТТ заявленные изготовителем:

Номинальный ток In = 1A, Класс X (Cx), Vk >28.6 В, Rct < 0.393 Ом

Дана нагрузка фазного входа для заданного тока (см. параграфы 3.1.1 и 3.1.2). Заводские характеристики ТТ указывают ток намагничивания и напряжение, откуда мы можем вычислить погрешность, вызванную током намагничивания для следующих трех токов:

MiCOM P124, номинальный ток **In = 1A**

Ток	**0,2 In (пусковой ток)**	**In**	**40 In**
Напряжение	4,3 В	2,66 В	11,8 В
Ток намагничивания	0,01 А	0,01 А	0,017 А
Погрешность	5 %	1 %	0,042%

Расчетная максимальная погрешность составляет 5% при минимальном токе. Погрешность изменяется обратно пропорционально с увеличением тока.

Согласно п. 2.2.1, мы можем рассчитать номинальную мощность нагрузки для данного трансформатора по классу P , по значениям Vk и Rct :

- Соответствующая выходная номинальная мощность ТТ по классу 5 :

$P_n = [(1.6/1.4 * V_k) / 10 * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

Для номинального тока In= 1A и предельной кратности тока в данном классе равной 10

Pn = 3.89 ВА **5P10**

- Соответствующая выходная номинальная мощность ТТ по классу 10 :

$P_n = [(1.9/1.4 * V_k) / 10 * I_n – R_{ct}] * I_n^2$

для номинального тока In= 1A и предельной кратности тока в данном классе равной 10

Pn = 4.71 BA **10P10**

Результаты испытаний MiCOM P124 при работе с данным ТТ подтвердили удовлетворительную работу данной схемы (ТТ + P124).

ПРИМЕЧАНИЕ: При проведении испытаний для данного примера использования P124, подключение реле к ТТ выполнено таким образом, что сопротивление соединительных проводов пренебрежительно мало.

3.3 Рекомендации по выбору ТТ

Исходя из предположения, что трансформаторы тока не питаю других цепей кроме MiCOM P124, мы рекомендуем трансформаторы тока следующих типов:

5BA 5P10 или 5BA 10P10

Номинальный вторичный ток 1A или 5A.

4. ВАРИАНТЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТТ К ВХОДАМ MICOM P124

Схемы внешних подключений приведены в Приложении 1 к настоящему техническому руководству.

4.1 Подключение трех фазных ТТ + ТТ нулевой последовательности

4.1.1 Подключение ТТ нулевой последовательности ко входу питания реле от ТТ (клеммы 55 – 56).

Преимущества:

Такое подключение имеет преимущество в случае если Ктт трансформатора тока нулевой последовательности меньше чем у фазных ТТ (по условиям обеспечения более высокой чувствительности к замыканиям на землю). Это обеспечивает питание реле и работу защиты при замыканиях на землю в тех случаях когда ток по фазам меньше минимального значения (0,2 In) необходимого для питание реле (относится для реле без питания оперативным током).

Недостатки:

Трансформатор тока нулевой последовательность должен быть подобран соответствующим образом, что бы с одной стороны обеспечивать достаточную чувствительность к замыканиям на землю, а с другой стороны быть достаточно мощным для обеспечения питания реле по данному входу при малых фазных токах.

4.1.2 Подключение ТТ нулевой последовательности к измерительному входу реле (клеммы 47 – 48).

Преимущества:

При таком подключении нет необходимости в применении более мощного трансформатора, поскольку он не используется для питания реле.

Недостатки:

Поскольку по данному входу реле не может питаться от ТТ, для работы защиты при однофазных замыканиях необходимо протекание минимального значения тока хотя бы в одной из фаз (относится к реле не имеющим питания от источника оперативного тока).

4.1.3 Подключение входа тока нулевой последовательности на сумму трех фазных токов

Преимущества:

Поскольку ток нулевой последовательности получается из суммы трех фазных токов, нет необходимости в использовании отдельного трансформатора нулевой последовательности. Суммированный ток подается на клеммы 47-48 входа для тока нулевой последовательности, и, следовательно, нет необходимости в подключении входа питания реле током нулевой последовательности (кл. 55 – 56).

Недостатки: меньшая точность измерения тока нулевой последовательности чем при использовании трансформатора со сбалансированным сердечником (ТТ нулевой последовательности).

4.1.4 Подключение двух фазных ТТ + ТТ нулевой последовательности

Преимущества: Используется только два трансформатора тока, экономия одного ТТ. Ток третей фазы обеспечивается схемой подключения ТТ.

Недостатки:

Необходимость применения фазных ТТ и ТТ нулевой последовательности увеличенной мощности, для питания реле от ТТ. Трансформатор тока нулевой последовательности должен подключаться на вход обеспечивающий питание реле (Кл. 55 -56).

Предполагается, что в нормальном режиме система работает с симметричной нагрузкой.

5. ОПИСАНИЕ АПВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ УСТАВОК (ТОЛЬКО РЕЛЕ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ P124D)

5.1 Введение

Анализ повреждений возникающих на линиях электропередач показывает, что 80-90% из них носят неустойчивый характер.

Неустойчивые повреждения, например, перекрытие изоляции, являются самоустраняющимися повреждениями, не наносящими ущерба оборудованию. Повреждения такого типа могут быть устранены путем отключения одного или нескольких выключателей и после восстановления напряжения повреждение отсутствует. Наиболее частой причиной подобных повреждений являются удары молнии. Другими причинами замыканий могут быть схлестывание проводов или мусор, заброшенный на провода ветром. Остальные 10-20% повреждений составляют непостоянные (дуговые) или постоянные.

Непостоянные повреждения могут быть вызваны небольшой веткой дерева упавшей на линию. В таком случае причина вызвавшее замыкание не может быть устранена путем немедленного отключения КЗ, но может быть исчезнуть (сгореть) при локализации повреждения защитами с выдержкой времени.

К постоянным повреждениям можно отнести такие повреждения как обрыв провода, замыкание в трансформаторе, замыкания в кабеле и электрическом двигателе. Такие повреждения должны быть локализованы, а повторная подача напряжения возможна лишь после устранения повреждения.

В большинстве случаев возникновения КЗ, линия вновь ставится под напряжение, если повреждение отключено без замедления и обеспечена достаточная бестоковая пауза необходимая для деионизации изоляционного промежутка. Автоматика повторного включения служит для автоматического повторного включения коммутационного аппарата по истечении заданного времени, истекшего с момента отключения от устройств релейной защиты и применяется в тех случаях, когда преобладают неустойчивые, непостоянные замыкания.

АПВ в распределительной сети высокого и среднего напряжения применяется в основном в сети с радиальной конфигурацией, т.е. там, где не возникает проблема нарушения устойчивости в системе. Основные преимущества в использовании АПВ сводятся к следующему:

Сокращение времени перерывов в энергоснабжении

Сокращение эксплуатационных расходов – меньше человеко-часов на ремонт повредившегося оборудования, и возможность эксплуатации подстанций без дежурного персонала. При использовании АПВ, шире используются защиты, работающие без выдержки времени, что сокращает время протекания тока КЗ и, соответственно, уменьшает объем повреждений и снижает количество развития неустойчивых замыканий в устойчивые.

Поскольку 80% замыканий на воздушных линиях электропередачи носят неустойчивый характер, исключение перерывов в энергоснабжении в результате таких повреждений является несомненным преимуществом применения АПВ. Кроме этого, использование АПВ позволяет эксплуатировать часть подстанций без дежурного персонала. При этом сокращается количество посещений необслуживаемых подстанций для ручного включения выключателей после отключения повреждений, что особенно актуально для удаленных объектов.

Важным преимуществом использования АПВ на линиях с защитами согласованными по времени действия состоит в возможности использования ступеней без выдержки времени для первого отключения. При быстром отключении, длительность горения дуги возникшей в результате замыкания, сокращается до минимума, уменьшая тем самым повреждения оборудования или вероятность перехода неустойчивого повреждения в устойчивое.

Использование защит с малыми выдержками времени, кроме того, предотвращает перегорание предохранителей и сокращает объем технического обслуживания коммутационных аппаратов из-за меньшего их нагрева токами КЗ.

На рис. 5 приведена диаграмма работы 4-х кратного АПВ до последнего отключения:

td1, td2, td3, td4 = бестоковые паузы 1, 2, 3 и 4 таймеров

tr = время готовности АПВ

O = Отключение выключателя (CB Open)

C = Включение выключателя (CB Close)

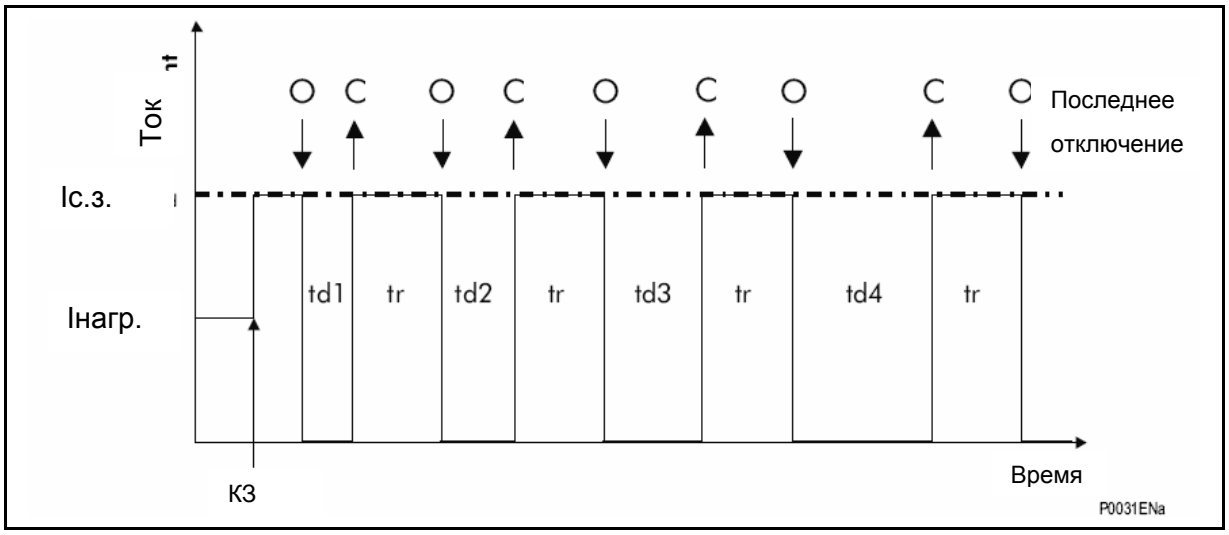

РИС.5 : ДИАГРАММА ЦИКЛОВ АПВ

Следует отметить, что при использовании защит (ступеней) с минимальными выдержками времени в сочетании с устройством многократного АПВ, быстродействующие ступени обычно блокируются после первого отключения. Следовательно, если замыкание не устранилось в цикле АПВ, то последующее отключение выполняется селективными защитами для изолирования лишь поврежденного участка сети. Однако, в некоторых случаях использования многократного АПВ, быстродействующие ступени блокируются после нескольких неселективных отключений.

В некоторых случаях используется несколько попыток включения с отключениями от селективных защит (после первого отключения от неселективной защиты) с целью выжигания причины возникновения непостоянного КЗ. Такие схемы также могут быть использования для обеспечения перегорания предохранителей на отпаечных фидерах, если по ним протекает недостаточный для перегорания предохранителя ток повреждения.

При рассмотрении вопроса применения АПВ на комбинированных фидерах состоящих из кабельной и воздушных линий, необходимо принимать решение основываясь на вероятности неустойчивых повреждений. Если большая часть повреждений носит

устойчивый характер, то применение АПВ не принесет большой выгода потому, что повторное включение поврежденного кабеля приведет к еще большему повреждению.

5.2 Описание функции АПВ

5.2.1 Активизация АПВ

Функция АПВ в MiCOM P124D доступна при выполнении следующих условий:

- Вспомогательные контакты (блок-контакты) контроля положения выключателя (52a) должны быть подключены к оптовходу реле. См. меню АВТОМАТИКА /ВХОДЫ (AUTOMAT. CTRL/Inputs)
- Не допускается установка «подхвата» выходного реле RL1 от функций МТЗ и/или ЗНЗ. См. меню АВТОМАТИКА/ЗАПОМИНАНИЕ (AUTOMAT. CTRL/Latch functions)

ВНИМАНИЕ : при исчезновении оперативного тока реле в цикле работы АПВ, то функция АПВ полностью отменяется.

5.2.2 Меню функции АПВ

В следующей таблице приведены уставки функции АПВ включая диапазон изменения. Аналогичные уставки доступны в меню второй группы уставок.

Текст меню	Диапазон уставки		Шаг
УСТАВКИ 1 (2)	**MIN**	**MAX**	
[79] АПВ ? (Autoreclose)	НЕТ	ДА	
[79] ВНЕШ. ПОВР ВЫКЛ. ? (Ext CB Fail)	НЕТ	ДА	
[79] t ВНЕШН. = (Ext CB Fail Time)	10 мс	600 с	10 мс
[79] БЛОК. АПВ ? (Ext Block)	НЕТ	ДА	
[79] ВРЕМЯ АПВ 1 = (Dead Time tD1)	10 мс	300 000 мс	10 мс
[79] ВРЕМЯ АПВ 2 = (Dead Time tD2)	10 мс	300 000 мс	10 мс
[79] ВРЕМЯ АПВ 3 = (Dead Time tD3)	10 мс	600 000 мс	10 мс
[79] ВРЕМЯ АПВ 4 = (Dead Time tD4)	10 мс	600 000 мс	10 мс
[79] ВРЕМЯ ПАУЗЫ АПВ= (Reclaim time tR)	20 мс	600 000 мс	10 мс
[79] ВРЕМЯ ЗАПРЕТА = (Inhibit Time tI)	20 мс	600 000 мс	10 мс
[79] ВЫБОР ЧИСЛА АПВ МТЗ = (Phase Cycles)	0	4	1
[79] ВЫБОР ЧИСЛА АПВ ЗНЗ = (E/Gnd Cycles)	0	4	1
[79] Циклы АПВ (CYCLES) tI>	4321 1201		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) tI>>	4321 1211		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) tI>>>	4321 1110		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) tIe>	4321 0111		

[79] Циклы АПВ (CYCLES) tIe>>	4321 1121		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) tIe>>>	4321 1111		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) t ДОП.1	4321 1112		
[79] Циклы АПВ (CYCLES) t ДОП.2	4321 0101		

Пример уставки :

[79] Циклы АПВ (CYCLES) tI>	4321 1201

4321 – циклы АПВ связанные с отключением от ступени tI>

1201 – действия подлежащие выполнению по истечению выдержки времени таймера ступени tI>

0 = АПВ не запускается при отключении от данной ступени : безусловное отключение

1= отключение от данной ступени сопровождается пуском АПВ

2= в данном цикле АПВ ступень tI> не действует на отключение независимо от того что ступень сконфигурирована на отключение в меню

АВТОМАТИКА/ЗАКАЗ ОТК./ОТК tI> (AUTOMAT.CRTL/Trip commands/Trip tI>)

Если, например, задано 1201,то это означает что:

1) Первое отключение от tI> приводит к пуску АПВ

2) Отключение от tI> во втором цикле АПВ не запускает АПВ т.е. дальнейшего АПВ не последует, если отключение было именно от этой, а не от других ступеней. (в приведенном выше таблице это могут быть tI>>, tI>>>, tIe>, tIe>>>)

3) В третьем цикле АПВ ступень tI> на отключение не действует (КЗ отключается другими защитами (ступенями)

4) Действие ступени tI> в четвертом цикле АПВ аналогично действию в первом с той лишь разницей, что пятого цикла АПВ все равно не будет (до 4 циклов)

В дополнение к этим уставкам, для включения функций МТЗ и ЗНЗ в логику АПВ, необходимо ввести и задать уставки этих функций в меню ***УСТАВКИ 1(2)/[50/51] МТЗ (PROTECTION G1/Phase OC)*** или ***УСТАВКИ 1(2)/ [50/51] ЗНЗ (PROTECTION G1/E/Gnd).*** Подробнее в соответствующей главе технического описания реле.

5.2.3 Логические функции

5.2.3.1 Логические входы

Функция АПВ имеет четыре входа влияющих на логику ее работы. Входы конфигурируются на любые опто-изолированные входы реле с помощью меню ***АВТОМАТИКА/ВХОДЫ (AUTOMAT. CTRL/Inputs).*** С помощью внешних сигналов можно влиять на работу функции АПВ. Описание этих входов приведено ниже.

5.2.3.2 Внешний сигнал готовности привода (CB Fail)

Большинство выключателей рассчитано на выполнение одного цикла О-ВО. Отсюда следует, что до подачи команды на включение от АПВ, необходимо подтверждение в достаточном запасе энергии привода на повторное включение и отключение. Вход реле, назначенный как **ЕЛ.ГАЗ(*СВ FLT)*,** используется для подтверждения готовности привода к включению и последующему отключению (немедленному, в случае КЗ). Если по окончанию времени бестоковой паузы не получено подтверждение готовности привода в течении времени заданного уставкой **'Ext CB Fail Time' (*tCFE*)**, то АПВ блокируется и выключатель остается в отключенном состоянии.

Контроль готовности привода выключателя может быть выведен путем задания уставки в меню ***УСТАВКИ 1(2)/[79]АПВ (PROTECTION G1/Autoreclose) [79]ВНЕШ.ПОВР. ВЫКЛ. = НЕТ (Ext CB Fail = No*** (ДА /Yes означает, что контроль введен)

5.2.3.3 Внешний пуск АПВ

Для внешнего пуска АПВ (например, существующие реле защиты) в меню *АВТОМАТИКА/ВХОДЫ (AUTOMAT.CTRL/INPUTS)* могут сконфигурированы два независимых оптовхода реле. Эти входы могут быть сконфигурированы на пуск или блокирование АПВ независимо или параллельно со ступенями максимальных токовых защит MiCOM P124D.

Эти внешние входы могут быть блокированы на пуск АПВ путем задания соответствующих уставок в меню ***УСТАВКИ 1(2)/[79]АПВ/[79]ЦИКЛЫ АПВ tДОП.1 (PROTECTION G1/Autoreclose/CYCLES tAux1)*** и ***УСТАВКИ 1(2)/[79]АПВ/[79]ЦИКЛЫ АПВ tДОП.2 (PROTECTION G1/Autoreclose/CYCLES tAux2)***. (см. выше пример задания уставок для tI>)

5.2.3.4 Внешний сигнал блокирования АПВ

Сигнал, поданный на оптовход реле, сконфигурированный как ***БЛОК.АПВ (Block 79)*** в меню ***АВТОМАТИКА/ВХОДЫ* (*AUTOMAT.CTRL/INPUTS*)** блокирует автоматическое повторное включение в цикле АПВ. Этот вход используется, в том случае, когда требуется работы защиты без пуска АПВ.

Типичным примером может служить трансформаторный фидер, на котором защита фидера может запустить АПВ, но оно должно блокироваться если при этом работает защита трансформатора.

Действие внешних сигналов на блокирование АПВ может быть исключено путем задания уставки в меню ***УСТАВКИ 1(2) / [79]АПВ / [79]БЛОК.АПВ = НЕТ* (*PROTECTION/Autoreclose/Ext Block= No*)**

5.2.3.5 Логические выходы функции АПВ

Функция АПВ имеет несколько логических сигналов, которые могут быть назначены на выходные реле и/или светодиоды. Данные сигналы служат вывода информации о статусе функции в процессе работы. Описание сигналов приведено ниже.

5.2.3.6 АПВ в процессе работы.

Сигнал «АПВ РАБ.» (***Autoreclose in progress***) присутствует в течение всего цикла работы функции начиная от пуска от защиты до окончания таймера времени готовности или блокирования функции.

Назначение сигнала «АПВ РАБ.» (***Autoreclose in progress***) на зажигание светодиода выполняется в меню *ПОСТРОЕНИЕ / ИНДИКАТОР / АПВ РАБ. (CONFIGURATION /Led/Recloser Run*)

Назначение сигнала «АПВ РАБ.» (***Autoreclose in progress***) на срабатывание выходного реле выполняется в меню *АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ/АПВ РАБ..=(RL2-RL8) (**AUTOMAT.CTRL/Output Relays/79 Run***)

5.2.3.7 Последнее (завершающее) отключение

Сигнал «ПОСЛ. ОТ.» (Последнее отключение от АПВ) (***Final trip***) говорит о том, что цикл АПВ завершен. Сигнал появляется после последней неуспешной попытки АПВ. Сигнал «ПОСЛ. ОТ.» (***Final trip***) сбрасывается после ручного включения выключателя и истечении времени запрета АПВ «[79] ВРЕМЯ ЗАПРЕТА» (‘Inhib Time tI’)

Время запрета АПВ (tI) после ручного включения задается в меню ***УСТАВКИ 1(2) / [79]АПВ / [79]ВРЕМЯ ЗАПРЕТА(ВОССТАНОВЛ.) (PROTECTION G1/Autoreclose/Inhib Time)***

Сигнал «Последнее отключение от АПВ» (***Final trip***) назначается на срабатывание выходного реле в меню *АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ/ПОСЛ.ОТ.АПВ (**AUTOMAT.Ctrl/Output Relays/79 Trip**)*

Сигнал «Последнее отключение от АПВ» (***Final trip***) назначается на зажигание светодиода в меню ***КОНФИГУРАЦИЯ / ИНДИКАТОРЫ / БЛОК.АПВ. (CONFIGURATION /Led/Recloser Blocked)***

5.2.4 Логическая последовательность работы функции АПВ

Функция обеспечивает многократное трехфазное повторное включение. Количество циклов однократного, двукратного, трехкратного и четырехкратного АПВ может быть задано отдельно для МТЗ *(**Phase Cycles**)* и ЗНЗ (***E/Gnd Cycles***). Времена бестоковых пауз задаются индивидуально для каждого из циклов (попыток).

Количество попыток повторного включения напрямую зависит от вида наиболее вероятных повреждений на защищаемой линии и уровня напряжения системы. Обычно в сети среднего напряжения, там, где высок процент неустойчивых замыканий, многократное АПВ увеличивает вероятность успешного восстановления энергоснабжения.

Цикл АПВ может быть запущен внутренним сигналом при срабатывании функции защиты (МТЗ или ЗНЗ), при условии, что выключатель включен на момент срабатывания защиты. Таймер бестоковой паузы *[79]ВРЕМЯ АПВ1 (**Dead Time tD1**)*, *[79]ВРЕМЯ АПВ2 (**Dead Time tD2**)*, *[79]ВРЕМЯ АПВ3 (**Dead Time tD3**)* или *[79]ВРЕМЯ АПВ4 (**Dead Time tD4**)* запускается при отключении выключателя (исчезновение сигнала 52a на входе реле).

По истечении времени бестоковой паузы, выдается сигнал на включение выключателя, при условии, что выполняются необходимые условия. Таким условием является готовность привода, контролируемая наличием сигнала ***CB Flt*** на оптовходе реле. Сигнал включения выключателя «АПВ» (‘CB Close’) снимается сразу после включения выключателя.

После включения выключателя запускается таймер готовности АПВ «ВРЕМЯ ПАУЗЫ АПВ» (***Reclaim Time tR***).

Если выключатель не отключился вновь, функция АПВ возвращается в исходное состояние по истечению выдержки времени таймера готовности АПВ.

Если выключатель отключается от защит до истечения выдержки времени готовности АПВ, запускается очередной цикл АПВ или наступает блокировка АПВ, если исчерпаны все запрограммированные попытки.

Суммарное количество попыток АПВ в каждом из циклов может быть выведено на дисплей реле в меню ***ИЗМЕРЕНИЯ (MESUREMENT)***. Накопленные значения могут быть сброшены путем нажатия клавиши «С» (Очистить) в меню ***ИЗМЕРЕНИЯ/ПУСКИ АПВ (MEASUREMENT/Reclose Starts).***

5.2.5 Запрет АПВ после ручного включения выключателя

Уставка «*Время Запрета АПВ» (**Inhib Time tI**)* используется для предотвращения пуска АПВ при оперативном включении выключателя на КЗ. Пуск АПВ запрещается в течении «*Время Запрета АПВ» (**Inhib Time tI**)* после ручного включения выключателя.

5.2.6 Блокировка АПВ

Если релейная защита срабатывает в течении времени готовности АПВ после последней попытки включения выключателя, реле блокируется на включение и функция АПВ выведена до тех пор пока сохраняется состояние блокирования.

Состояние блокирования снимается после оперативного включения выключателя и истечении выдержки времени запрета АПВ (***Inhib Time tI***)

Блокирование АПВ может быть также вызвано сигналом на Входе «ЕЛ.ГАЗ» (***CB FLT***) Отсутствие готовности привода может быть вызвано незаведенными пружинами, отсутствие необходимого давления воздуха или низкого давления элегаза и т.п.

Следует отметить, что состояние блокирования может быть в случае если:

- Выключатель не отключился в течении выдержки времени tBF (tУРОВ)
- Время отключения превышает контрольное время (уставка в меню *АВТОМАТИКА/КОНТР.ВЫКЛ.*)

5.2.7 Блокировка переключения активной группы уставок

Изменение активной группы уставок, предусмотренное в MiCOM P124D, возможно только, если ни одна из функций (за исключением тепловой защиты от перегруза) не запущена в момент получения команды. Если команда на переключение активной группы уставок поступает в момент работы функции АПВ, то она запоминается и будет выполнена лишь по истечении выдержки времени всех таймеров связанных с функцией АПВ.

5.3 Рекомендации по выбору уставок

5.3.1 Количество попыток АПВ

В каждом конкретном случае вопрос о кратности АПВ рассматривается индивидуально, поскольку не существует универсального решения. Обычно в сетях среднего напряжения используют только двукратное или трехкратное АПВ. Однако, в некоторых странах, можно встретить и четырехкратное АПВ. При выполнении четырехкратного АПВ последняя бестоковая пауза задается достаточно продолжительной для того чтобы гроза успела пройти до последней попытки восстановления энергоснабжения. Такая организация АПВ позволяет избежать ненужной блокировки при нескольких последовательных неустойчивых повреждениях.

Обычно первое и иногда второе отключение выполняется от неселективных защит без выдержки времени, поскольку 80% всех замыканий носит неустойчивый характер. Последующие отключения выполняются от селективных защит согласованных по времени с увеличением времени бестоковой паузы в каждом последующем цикле имея целью устранить причину замыкания, если это непостоянное замыкание.

Для определения необходимого количества циклов АПВ необходимо принять во внимание следующие факторы:

Возможность выключателя выполнять последовательно несколько операций включения-отключения и эффект от такой работы на периодичность обслуживания.

Если статистическая информация в рассматриваемой системе дает существенный процент непостоянных замыканий, причина которых может быть сожжена, то использование двух или более попыток АПВ вполне оправдано. В дополнение к этому, если возникнет КЗ с небольшим током замыкания на отпайке, защищенной предохранителями, время перегорания которых больше времени срабатывания основной защиты линии с зависимой характеристикой, также может оказаться полезным иметь несколько попыток автоматического повторного включения. Это позволит разогреть предохранители настолько, что они перегорят до срабатывания основной защиты линии.

5.3.2 Уставка времени бестоковой паузы.

Продолжительность бестоковой паузы определяю следующие факторы:

5.3.2.1 Нагрузка

Благодаря большому разнообразию видов нагрузки встречающейся в системе, определение оптимального времени бестоковой паузы может оказаться трудной задачей. Однако можно рассматривать каждый вид нагрузки индивидуально и таким образом определить типовое время бестоковой паузы. Ниже приведены подходы к различным видам нагрузки.

Наименьшие перерывы питания без потери синхронизма допускают синхронные двигатели. На практике необходимо отключать синхронный двигатель от питающей сети при возникновении КЗ; время перерыва питания должно быть достаточным для срабатывания устройств защиты двигателя при потере питания. Обычно, перерыв питания длительностью 0,2-0,3с можно считать достаточным для срабатывания этих устройств. Асинхронные двигатели с другой стороны способны выдержать перерывы питания до 0,5с с последующим успешным восстановлением нормального режима. Время бестоковой паузы АПВ продолжительностью 3-10с можно считать типовым, но могут быть отдельные случаи, когда потребуется более продолжительное время, необходимое для снятия оперативных команд управления и т.п.

Прекращения питания сетей освещения, например уличного освещения на время 10с и более может оказаться недопустимым из соображений безопасности движения транспорта.

Для многих энергосистем важным критерием в работу является количество минут потерянных для питания потребителей электроэнергии. Этот показатель снижается при использовании фидеров оснащенных АПВ и также зависит от продолжительности бестоковой паузы.

5.3.2.2 Выключатель

При быстром автоматическом повторном включении (БАПВ), минимальное время бестоковой паузы зависит от минимального времени за которое выключатель способен выполнить операции отключения и повторного включения.

Поскольку выключатель является механическим устройством, он имеет собственное время размыкания контактов. У современных выключателей это время составляет порядка 50-100мс, но выключатели старых конструкций имеют большие времена.

После выполнения операции отключения, необходимо некоторое время для готовности механизма к выполнению команды включения. Это время зависит от типа выключателя и обычно составляет 0,1с.

Как только механизм выключателя пришел в состояние готовности, выключатель может начинать выполнение операции включения. Интервал времени между подачей напряжения на механизм включения и замыканием контактов называется временем включения. Из-за постоянной времени соленоида включения и инерции якоря, это может занять около 0,3с. выключатели с пружинным приводом выполняют операцию менее чем за 0,2с.

В тех случаях, когда требуется быстрое АПВ, для большинства электроустановок среднего напряжения, минимальное время бестоковой паузы определяется приводом выключателя. Однако, время деионизации изоляционного промежутка также должно приниматься во внимание.

БАПВ может быть необходимо для обеспечения устойчивости в сети с несколькими источниками генерации. Для обеспечения минимального времени нарушения режима в системе помимо БАПВ используются защиты, с временем срабатывания <50мс, такие как, например, дистанционные или дифференциальные защиты, быстродействующие выключатели, с временем отключения <100мс. Быстрое отключение повреждения сокращает время необходимое для деионизации изоляционного промежутка.

Для обеспечения устойчивости между двумя источниками генерации, обычно, бестоковая пауза не должна превышать 300мс. Минимальное время перерыва питания, в этом случае, определяется временем готовности привода после отключения и собственным временем включением выключателя, следовательно, выключатели с электромагнитными приводами не могут использоваться для этого, поскольку имеют слишком большое время включения.

5.3.2.3 Время деионизации КЗ

При использовании быстрого АПВ возможно наиболее важным фактором определяющим время бестоковой паузы является время деионизации изоляционного промежутка. Время деионизации это время в течении которого ионизированный воздух рассеется в месте замыкания до такой степени что изоляционные свойства воздуха будут восстановлены.

Упрощенная формула для расчета времени деионизации места КЗ.:

Время деионизации = (10,5 + ((напряжение сети в кВ)/34,5))/частота

Так для сети 50Гц напряжением 66кВ время составит 0,25с (50Гц)

Для сети напряжением 132кВ - 0,29с (50Гц)

5.3.2.4 Возврат защит

Очень важно чтобы устройства релейной защиты полностью вернулись в исходное состояние в течение времени бестоковой паузы, для того чтобы обеспечить последующее срабатывание в соответствие с заданными уставками в случае включения на неустранившееся КЗ. При использовании быстрого АПВ требуется мгновенный возврат защит при отключении КЗ.

Типичные уставки времени АПВ, применяемые в сети 11/33кВ в Великобритании:

1-й цикл АПВ 5-10с

2-й цикл АПВ 30с

3-й цикл АПВ 60-100с

4-й цикл АПВ (обычно не используется, в отличие от некоторых стран) = 60-100с

5.3.3 Время готовности АПВ

К факторам, определяющим выбор уставки таймера готовности АПВ относятся:

- Перерывы энергоснабжения – большое время готовности АПВ может привести нежелательному обесточиванию потребителей при неустойчивых КЗ
- Вероятность КЗ/Накопленный опыт – в тех случаях, когда высока вероятность замыканий в результате ударов молнии, требуется небольшое время готовности АПВ, во избежание ненужной блокировки при неустойчивых КЗ
- Время завода пружин – в случая использования быстрого АПВ, время готовности должно быть достаточным для запаса необходимого количества энергии в приводе выключателя для выполнения операций цикла О-ВО. Для АПВ с выдержкой времени, в этом нет необходимости, поскольку время бестоковой паузы продляется за счет интервала времени отведенного на подтверждение готовности привода, если к моменту истечении выдержки времени таймера бестоковой паузы АПВ, привод не готов, путем задания соответствующей уставки функции АПВ. Блокировка АПВ наступает, если по истечении этой выдержки времени привод выключателя по прежнему не готов.
- Техническое обслуживание – излишняя работа коммутационных аппаратов, вызванная малым временем готовности АПВ ведет к сокращению межремонтных сроков. Минимальное время готовности АПВ не менее 5с может потребоваться выключателю, выполнившему операции отключение – включение для повторной готовности к выполнению цикла отключение – включение – отключение. Это время зависит от технических характеристик выключателя.

Время готовности АПВ должно быть достаточным для срабатывания селективных ступеней защиты пускающих АПВ. В противном случае это приведет к блокированию схемы АПВ и вводу неселективных ступеней.

Если возникнет такая ситуация, то постоянное КЗ будет воспринято как последовательность неустойчивых КЗ с повторяющимися безуспешными пытками восстановить питание. Процесс нескончаемых попыток может быть прерван путем ввода уставки блокирования АПВ при недопустимо большой частоте КЗ.

Возможно использование малого времени готовности с блокированием времени готовности сигналами пуска защит. Если используются малые времена готовности АПВ то минимальное время будет определяться возможностями аппаратов распределительного устройства. Преимущество малого времени готовности АПВ является меньшее количество блокирования включения выключателя, однако, увеличение количества операций ведет к сокращению межремонтного периода.

Чувствительная защита от замыканий на землю используется для определения замыканий с большое активное сопротивлением и обычно имеет большую выдержку времени, порядка 10-15с. Возможно необходимо принять во внимание время работы этой защиты, если разрешено АПВ после ее срабатывания в течении работы таймера времени готовности АПВ и при этом таймер готовности не блокируется сигналом пуска этой защиты. Чувствительная защита предназначена работать в таких случаях как, например, замыкание оборванного провода на сухой грунт или деревянный забор. Такие замыкания не являются неустойчивыми и могут представлять опасность для населения.

Обычной практикой является блокирование АПВ при работе чувствительной защиты от замыканий на землю и блокирование включения выключателя.

При использовании выключателей с пружинным приводом в сочетании с быстрым АПВ, время готовности АПВ должно задаваться достаточным для запаса энергии в приводе выключателя для выполнения цикла О-ВО.

Типовое время готовности АПВ для сети напряжением 11/33кВ составляет 3-10с, что позволяет избежать излишних продолжительных отключений в случае грозы. Однако, времена готовности 60-180с также могут быть установлены.