



С.1.2-9. ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ ЗАЩИТА ПРИСОЕДИНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ. ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

М. Я. КЛЕЦЕЛЬ, Б. Е. МАШРАПОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,
Республика Казахстан
bokamashrapov@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ячейка комплектного распределительно устройства, дуга, централизованная защита, закон Кирхгофа, подпитка от электродвигателей.

1 ВВЕДЕНИЕ

В сетях напряжением 6 – 10 кВ самыми разрушительными для ячеек комплектных распределительных устройств (КРУ) являются междуфазные дуговые короткие замыкания (КЗ) [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Подавляющее большинство известных устройств для защиты КРУ от этих повреждений являются автономными (используют информацию только от защищаемого элемента) и обладают различными недостатками, описанными в [7]. Есть предложения по построению и централизованных защит [8, 9] (они используют информацию от нескольких защищаемых присоединений). Однако защита в [8] не обеспечивает отключение без выдержки времени КЗ в отсеке трансформаторов тока и кабельной разделки ячейки КРУ, а в [9] отключает эти КЗ быстро, но может одновременно с поврежденным присоединением отключить неповрежденное, если оно не имеет источников, подпитывающих КЗ. В данной работе предлагается централизованная защита без указанных недостатков.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Принцип действия. Принцип действия защиты основан на использовании явления подпитки точки КЗ электродвигателями (ЭД) и закона Кирхгофа. Она приходит в действие, если значение остаточного напряжения на шинах $U_{ост} \leq 0,5U_n$ (где U_n – номинальное напряжение на шинах), и срабатывает при КЗ на шинах на отключение выключателей ввода питания и мощных электродвигателей, если выполнилось одно из следующих неравенств:

$$а) |I_B| \geq p_1 \left| \sum_{i=1}^n I_i \right|, \quad б) |I_B| \leq p_2 \left| \sum_{i=1}^n I_i \right|, \quad (1)$$

где I_i – вектор тока в i -ом присоединении; I_B – вектор тока на вводе, p_1 и p_2 – коэффициенты, соответствующие суммарным максимальным погрешностям, действующим в сторону уменьшения и увеличения; n – количество присоединений.

Она срабатывает на отключение поврежденного присоединения, если [10]:

$$p_2 \left(\sum_{i=1}^{n, i \neq k} I_i + I_B \right) \leq I_k \leq p_1 \left(\sum_{i=1}^{n, i \neq k} I_i + I_B \right); \quad (2)$$

где I_k – модуль тока в поврежденном k -ом присоединении; I_i – модуль тока в неповрежденном i -ом присоединении; I_B – модуль тока на вводе.

Расчеты [9] показали, что при погрешностях трансформаторов тока 10% и реализующего устройства и расчетов 5%,

$$p_1=0,74; p_2=1,35. \quad (3)$$

При этом (1) имеет место, если суммарный ток, передаваемый в нагрузку по неповрежденным присоединениям, не превышает 10% от тока КЗ.

При наличии двух секций шин, соединенных секционным выключателем, рассматривается питание их потребителей от одного ввода. Тогда в условия срабатывания (1, 2) вводятся дополнительные слагаемые, соответствующие токам в присоединениях второй секции шин.

Реализация и анализ работы. На рисунке 1 дана принципиальная схема защиты, реализующей (1) и (2), содержащая датчики тока ДТ1, ..., ДТ(3 m) (m – количество присоединений с учетом ввода, $m=n+1$), логические элементы И1, ..., И(3 m), ИЛИ1, ..., ИЛИ($m+3$), исполнительные элементы ИО1, ..., ИО(m), блок контроля БК линейных напряжений и блоки I, II и III, обрабатывающие информацию о величине токов, соответственно, в фазах А, В и С присоединений, поступающую от ДТ1, ..., ДТ(3 m). Эти блоки состоят из выпрямителей BS1, ..., BS($m+1$), сумматоров С1, С2, вычитателей В1, ..., В($m-1$), усилителей У1, ..., У m и У($m+1$), ..., У(2 m) с коэффициентами p_1 и p_2 усиления, и элементов сравнения ЭС1 и ЭС($m+1$), в которых проверяется выполнение неравенств (1а) и (1б), и элементов сравнения ЭС2, ..., ЭС m и ЭС($m+2$), ..., ЭС(2 m), в которых проверяется выполнение правой и левой частей неравенства (2).

Схема на рисунке 1 отличается от представленной в [10] наличием элементов ИЛИ1, ИЛИ2, ИЛИ3, ИЛИ4, ИО1 и в каждом блоке I, II, III сумматора С1, усилителей У1 и У($m+1$), элементов сравнения ЭС1 и ЭС($m+1$) и выпрямителя BS($m+1$). Эти элементы позволяют реализовать защиту шин от междуфазных КЗ.

Рассмотрим работу предлагаемой защиты при КЗ между фазами А и В n -го присоединения. При этом считаем, что напряжение на шинах понизилось до $0,5U_{н}$, в результате чего ЭД переходят в режим генератора, и блок БК 6 выдает сигнал на один из входов каждого элемента И1, ..., И(3 m). Сумма токов, протекающих в фазах А ввода и всех присоединений, кроме n -го, равна току в n -ом присоединении (по закону Кирхгофа). На выходах С2 появляется напряжение, соответствующее этой сумме, и подается на В1, ..., В($m-1$), к другим входам которых приложено напряжение от BS1 и BS2, ..., BS m , соответствующее току в фазах А на вводе и 1-го, ..., n -го присоединений. Разность этих напряжений с выходов В1, ..., В($m-1$) подается на У2, ..., У m и У($m+2$), ..., У(2 m). На их выходах появляются напряжения, соответствующие правой и левой частям неравенства (2), и подаются на входы ЭС2, ..., ЭС m и ЭС($m+2$), ..., ЭС(2 m). К их другим входам приложено напряжение от BS2, ..., BS m . При этом для тока в n -ом присоединении выполняется неравенство (2), сигналы появляются только на выходах ЭС m и ЭС(2 m) и поступают на элемент И(m). Он срабатывает, запуская (через ИЛИ($m+3$)) элемент ИО m , который и отключает n -ое присоединение. В остальных режимах работа устройства анализируется аналогично.

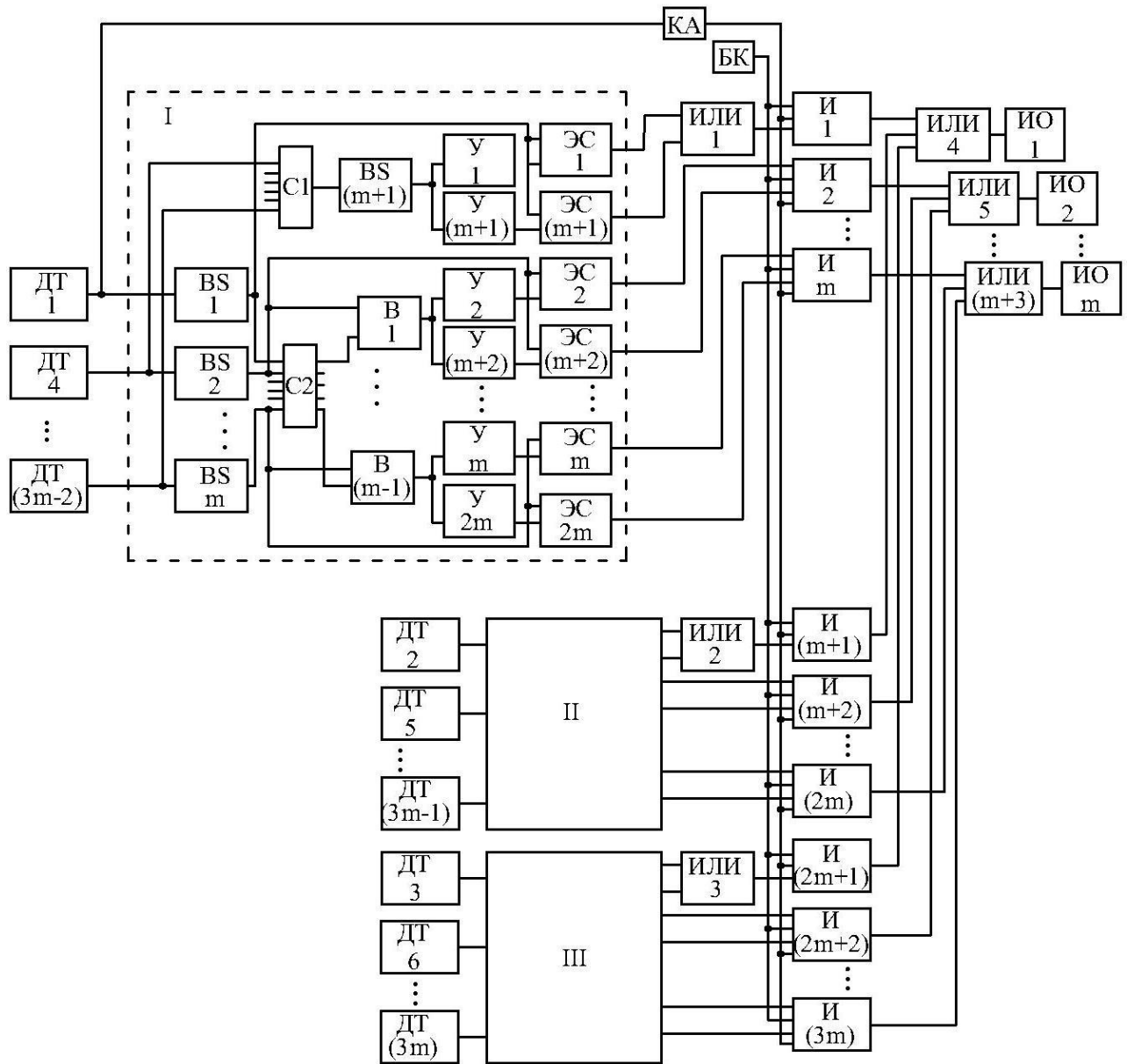


Рис.1: Принципиальная схема защиты.

Чувствительность и область использования. Анализ работы предлагаемой защиты показал, что она всегда чувствительна к междуфазным дуговым КЗ на шинах и в ячейках КРУ, и при определенной длине кабеля к короткому замыканию в нем, если при этом напряжение на шинах понижается до $U_{ост}=0,5U_n$. Исходя из этого условия находится длина l защищаемой части кабеля. $U_{ост}=\sqrt{3}I_{кз}^{(3)}R_k$ (R_k – сопротивление кабеля), а ток $I_{кз}^{(3)}$ трехфазного КЗ выражается через U_n и суммарное сопротивление сети до точки КЗ. В результате получаем:

$$l = \frac{s_k X_\Sigma}{2\rho}, \quad (4)$$

где X_Σ – суммарное сопротивление элементов сети до шин; ρ – удельное сопротивление материала жилы кабеля, s_k – ее сечение.

Как видно из (4), чем больше сечение s_k кабеля при заданной мощности питающего трансформатора, тем больше его защищаемая часть. С увеличением мощности X_Σ уменьшается, и при неизменном s_k уменьшается и l .

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная централизованная защита присоединений напряжением 6-10 кВ от междофазных дуговых замыканий обладает достаточной чувствительностью. В некоторых случаях, указанных в статье, она может выполняться без цепей напряжения. Защита срабатывает без выдержки времени при КЗ на шинах, в ячейках комплектных распределительных устройств и в кабеле, если его длина не превышает, рассчитанной по формуле (4). При этом длина защищаемой части кабеля зависит от его сечения и мощности питающего трансформатора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Maziarz S., Szynol J. Examining the conditions of eliminating hazard due to arc faults inside switchgears and transformer stations // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2001. № 3. P. 62-65.
- [2] Bielówka M. Experimental measurements of the fault arc parameters // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2008. № 4. P. 98-101.
- [3] Partyka R., Kowalak D. The effects of fault-arc in medium voltage gas isolated switchboards installed on ships // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2013. № 8. P. 290-293
- [4] Kletsel M., Kabdualiyev N., Mashrapov B., Neftissov A. Protection of busbar based on reed switches // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2014. № 1. P. 88-89.
- [5] Land H.B., Eddins C.L., Gauthier L.R., Klimek J.M. Design of a sensor to predict arcing faults in nuclear switchgear // *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 2003. № 50(4). P. 1161 – 1165.
- [6] Brechtken D., Preventive arc fault protection // *Transmission and Distribution Conference and Exposition*. 2001. № 1. P. 311 – 316.
- [7] Нагай В.И., Сарры С.В., Луконин А.В. Быстродействующие релейные защиты высоковольтного оборудования корпусной конструкции с датчиками электрических и неэлектрических величин. / *Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем* // Москва 7-10 сентября 2009. С. 425-432.
- [8] А.с. 1644287 СССР, МКИ⁵ Н02Н7/26 Устройство для централизованной токовой защиты сети / Г.Е. Болгарцев, М.Я. Клецель, К.И. Никитин, В.М. Шатохин (СССР). - №4352486/07, заявл. 30.12.87; опубл. 23.04.91, бюл. №15 – 3 с.: ил.
- [9] Клецель М.Я., Кабдуалиев Н.М., Машрапов Б.Е. Быстродействующая защита шин и отходящих присоединений напряжением 6-10 кВ // *Известия Томского политехнического университета*. 2013. Т. 323. № 4. С. 175 – 178.
- [10] А.с. 78683 KZ, Н02Н7/26 Устройство для защиты присоединений подстанций от коротких замыканий / Кабдуалиев Н.М., Кислов А.П., Клецель М.Я., Машрапов Б.Е. - №2012/0459.1, заявл. 19.04.2012; опубл. 15.07.2013, бюл. №7 – 4 с.: ил