

сельского хозяйства", 1973, № 11. 3. Карпович Н.В., Шестерень В.Е., Гургенидзе И.И. Технико-экономические показатели электрических сетей при внедрении аккумуляторного электроотопления жилых домов на селе. - В сб.: Основные направления по рациональному проектированию электрических сетей. Минск, 1973.

В.И. Новаш, М.И. Стрелюк, Л.Н. Свита,
В.Н. Королев, А.А. Аболтина

К МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФАЗНОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЗАЩИТЫ С РАЗМЕЩЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОРГАНОВ ПОД РАБОЧИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ЛЭП

В релейной защите линий электропередачи сверхвысокого напряжения намечается тенденция ближнего резервирования с установкой двух комплектов быстродействующей защиты от всех видов к.з., охватывающей 100% длины защищаемой линии.

Рациональным решением с экономической точки зрения в этом случае представляется использование высокочастотных защит с размещением низковольтных трансформаторов тока, высокочастотных передатчиков, их блоков питания и управления

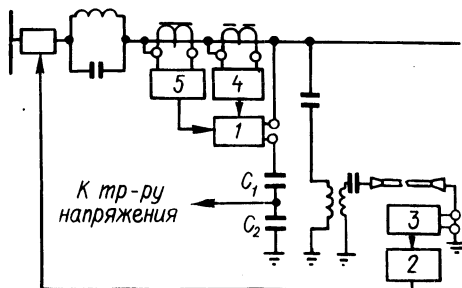


Рис. 1.

непосредственно на токоведущих частях под рабочим потенциалом ЛЭП. В статье рассматривается вариант дифференциально-фазной защиты с непрерывным сравнением полных токов фаз и выработкой команды отключения на паузах высокочастотного сигнала в линии [1].

На рис. 1 приведена структурная схема полукомплекта защиты для одной фазы ЛЭП. Выход передатчика 1 подключен

непосредственно к фазе ЛЭП и через конденсаторы емкостного делителя напряжения С1 и С2 — к земле. Орган сравнения фаз 2 включен на выходе приемника 3 на потенциале земли, как и у дифференциально-фазных защит обычного исполнения.

В рассматриваемом варианте защиты орган управления передатчиком 4 связан с линией через низковольтные трансформаторы тока T_1, \dots, T_n , установленные на проводах расщепленной фазы, и промежуточный суммирующий трансформатор T_C (рис.2). Манипуляции сигналов задающего генератора высокой частоты осуществляются транзисторным ключом. Стабилитроны СТ1, СТ2 ограничивают величину управляющего напряжения, пропорционального току фазы, при больших кратковременных токах к.з. Для предотвращения срабатывания защиты в нормальных режимах с малыми нагрузками ЛЭП, когда один из передатчиков может не работать из-за недостаточной мощности, отдаваемой блоком питания 5 (рис. 1), в управляющее напряжение введено положительное смещение от независимого источника [2]. При малых значениях переменной составляющей управляющего напряжения постоянная составляющая смещения переводит передатчик в режим генерации неманипулированного сигнала, блокирующего оба полукомплекта защиты.

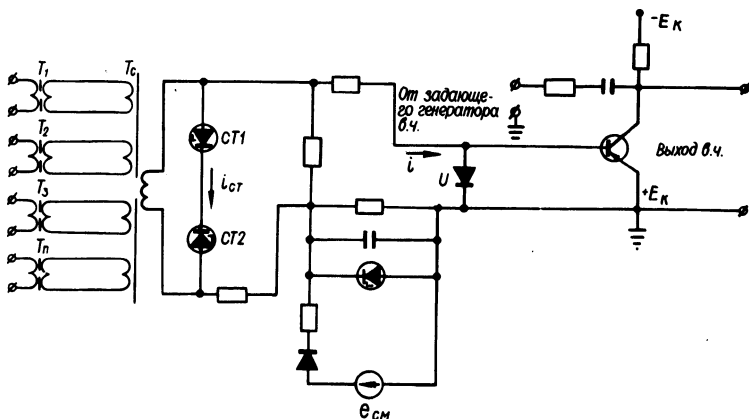


Рис. 2.

В качестве метода исследования поведения защиты в различных режимах ЛЭП на первых этапах разработки используется комплексное математическое моделирование с воспроизведением математических моделей на ЦВМ [3]. Комплексная ма-

тематическая модель защиты содержит полное математическое описание двух полукомплектов защиты и модель высокочастотного канала, отражающую запаздывание высокочастотных импульсов в линии.

Орган управления передатчиком каждого полукомплекта защиты совместно с трансформаторами тока (рис. 2) описан замкнутой системой дифференциальных и нелинейных алгебраических уравнений, связывающих мгновенные значения электрических и магнитных параметров режима с конструктивными параметрами и нелинейными характеристиками сердечников трансформаторов, полупроводниковых приборов. Средние кривые намагничивания трансформаторов тока и промежуточного суммирующего трансформатора задаются кусочно-параболической аппроксимацией вида

$$\left. \begin{aligned} H &= a_1 B + a_2 B^n, \quad (n = 3, 5, 7) \quad \text{при } |B| \leq B_0; \\ H &= \text{sign } B \left[a_3 + a_4 (B - B_0) + a_5 (B - B_0)^3 \right] \quad \text{при } |B| > B_0 \end{aligned} \right\} (1)$$

В уравнениях учтены активные сопротивления обмоток трансформаторов, предусматривается возможность задания воздушных зазоров в их магнитопроводах, учета индуктивностей рассеяния вторичных обмоток трансформаторов тока и первичных обмоток суммирующего трансформатора.

Цепь база—эмиттер триода совместно с шунтирующим диодом представляется вольт—амперной характеристикой [3].

Цепочка стабилитронов СТ1, СТ2 характеризуется нелинейным сопротивлением

$$\left. \begin{aligned} r &= b_3 + \frac{1}{c_3 + d_3 |i_{CT}|} + b + \frac{U}{|i_{CT}|} \\ r &= \frac{1}{c_3} \quad \text{при } |u_{CT}| < u, \end{aligned} \right\} (2)$$

где U — напряжение открытия стабилитрона; b — параметр, характеризующий наклон вольт—амперной характеристики стабилитрона в режиме стабилизации; b_3, c_3, d_3 — параметры кривой, аппроксимирующей зависимость сопротивления стабилитрона от тока при его обратной полярности.

Исходными параметрами режима являются начальные значения интегрируемых переменных и первичные токи трансформа-

торов тока, задаваемые в виде синусоидальных токов промышленной частоты с апериодическими составляющими и составляющими одной из высших гармоник. Результатом решения является ток базы триода i , определяющий его состояние. При $i \geq 0$ триод закрыт, и передатчик данного комплекта посылает в линию высокочастотный сигнал.

Схема органа сравнения фаз принята такой же, как и у существующих дифференциально-фазных защит. Математическое описание органа сравнения фаз содержит дифференциальные уравнения трансформатора, исполнительного поляризованного реле, сглаживающего фильтра. Вентили выпрямительного моста представляются нелинейными зависимостями их сопротивлений от токов согласно [3]. Характеристика намагничивания трансформатора задается с учетом потерь на вихревые токи. Исходным параметром является признак наличия или отсутствия высоко- частотного сигнала на входе приемника, который определяет величину внутреннего сопротивления его выходной цепи. Результатом расчета является ток в цепи исполнительного поляризованного реле.

Признак наличия высокочастотного сигнала на входе приемника вырабатывается, если работает передатчик своего комплекта защиты или поступает высокочастотный сигнал с противоположного конца ЛЭП. Прохождение высокочастотного сигнала по ЛЭП моделируется перемещением единиц или любых чисел, отличающихся от нуля, в массиве из N чисел

$$N = \frac{l}{vH}, \quad (3)$$

где l — длина линии, v — скорость распространения сигнала, H — шаг численного интегрирования дифференциальных уравнений.

Математическое описание обоих полуккомплектов защиты содержит $2(n + 6)$ дифференциальных уравнений и четыре сложных системы нелинейных алгебраических уравнений.

Решение дифференциальных уравнений производится методом Рунге—Кутты второго порядка с экстраполяцией неинтегрируемых переменных во втором такте численного интегрирования, начиная со второго шага. На первом шаге системы нелинейных алгебраических уравнений решаются методом итераций дважды, а в дальнейшем — один раз на каждом шаге интегрирования. Блок—схема алгоритма приведена на рис. 3.

Воспроизведение математической модели выполнено на ЦВМ "Минск-22". Для этого разработана программа в автокоде "Инженер". Программа предусматривает возможность исследования защиты на ЛЭП с кратностью расщепления проводов фазы до $n = 5$ при длине линии до 600 км (при шаге интегриро-

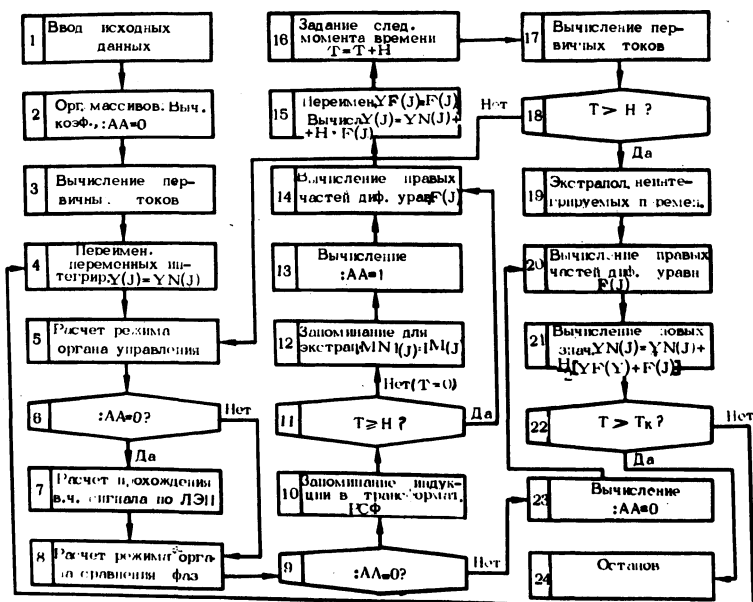


Рис. 3.

вания 0,0001 с). Длительность просчета одного периода при шаге интегрирования 0,0002 с составляет 1--2 мин. Проведенные предварительные расчеты для ЛЭП 500--750 кВ подтвердили правильную работу защиты в различных режимах.

Л и т е р а т у р а

1. Новаш В.И., Стрелюк М.И. Устройство для дифференциально-фазной высокочастотной защиты линий электропередачи. Авт. свид. № 416801. -- "Бюлл. изобр.", 1973, № 48. 2. Новаш В.И., Стрелюк М.И. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий электропередачи. Авт. свид. № 408415. -- "Бюлл. изобр.", 1973, № 47. 3. Новаш В.И. Некоторые вопросы математического моделирования релейных защит на полупроводниках. -- "Изв. вузов. Энергетика", 1971, № 2.