

УДК 621.316.543.066

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УСТРОЙСТВ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ НА МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ КОНТАКТАХ (МК)

Инж. КРИВЦОВ В. В., канд. техн. наук, доц. ГУРЕВИЧ В. И.

Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства

В настоящее время большое распространение получили устройства максимальной токовой защиты на МК. Для использования в цепях низкого напряжения промышленностью выпускаются токовые реле на МК серии РТГ. В цепях высокого напряжения, в частности в электрических сетях 6—35 кВ и выше, рекомендуется применять МК, расположенные на допустимом по требованиям техники безопасности расстоянии от токоведущих шин или проводов ВЛ [1—4]. При этом, как показывает практика, чувствительности МК в большинстве случаев не хватает даже для удовлетворения требований релейной защиты и автоматики электрических сетей энергосистем, не говоря уже о менее мощных высоковольтных электро- и радиоэлектронных установках.

В цепях переменного тока, кроме того, возникают определенные сложности, связанные с вибрацией контакт-деталей МК с удвоенной частотой сети, что не позволяет включать их во входные цепи стандартных систем релейной защиты и автоматики, а также существенно ограничивает коммутируемую МК мощность.

Разработанные ранее высоковольтные изолирующие интерфейсы на магнитоуправляемых контактах (геркотроны), представляющие собой герконовые реле специальной конструкции с высоковольтной (до 100 кВ) изоляцией между входом (обмоткой управления) и выходом (герконом) [5, 6], позволили принципиально по-новому решить многие проблемы защиты высоковольтных слаботочных радиоэлектронных установок с токами срабатывания от 0,05 до 5 А.

В данной статье рассматриваются принципы построения устройств максимальной токовой защиты на базе безобмоточных геркотронов для диапазона токов срабатывания от 25 до 5 000 А, имеющих повышенную стойкость к сквозным токам КЗ, измеряемым десятками килоампер.

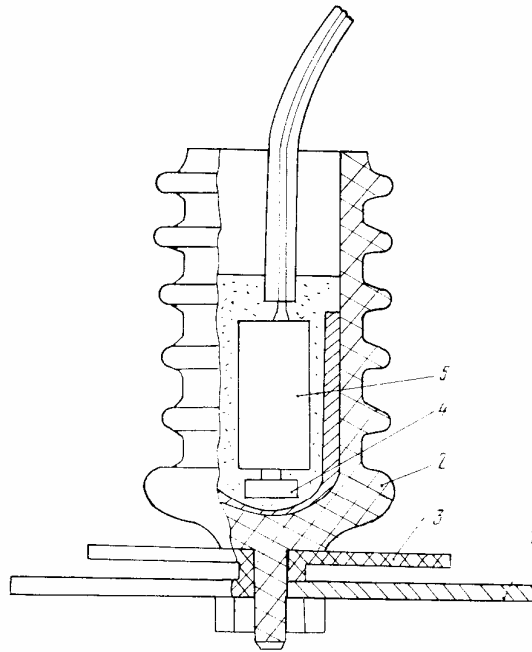


Рис. 1. Устройство максимальной токовой защиты:

1 — высоковольтная шина электроустановки; 2 — корпус УМТЗ; 3 — диэлектрическая пластина с делениями; 4 — чувствительный элемент; 5 — электронный преобразователь

На рис. 1 приведена конструктивная схема устройства максимальной токовой защиты (УМТЗ), выполненная на основе безобмоточного геркотрона со встроенным полупроводниковым преобразователем. УМТЗ размещается непосредственно на высоковольтной шине защищаемой установки, а его выходная цепь последовательно с промежуточным реле подключается к низковольтному источнику постоянного тока.

Принцип работы устройства заключается в воздействии магнитного поля тока, протекающего по шине, на чувствительный элемент с последующим преобразованием в стандартный сигнал релейной защиты типа «включено—выключено».

На рис. 2а показана схема электронного преобразователя, когда в качестве воспринимающего элемента используется геркон. Чувствительность устройства в этом случае пропорциональна синусу угла α между продольными осями геркона и шины и обратно пропорциональна расстоянию h между этими осями. Учитывая, что у геркона, работающего в поле шины, МДС срабатывания $F_{ср}$ и отпущения $F_{отп}$ адекватны величинам тока срабатывания и возврата в шине, можно записать:

$$I_{ср} = \frac{F_{ср}}{K_h \sin \alpha}; \quad (1)$$

$$I_{в} = \frac{F_{отп}}{K_h \sin \alpha}, \quad (2)$$

где $I_{ср}$, $I_{в}$ — ток в шине, приводящий соответственно к срабатыванию и возврату геркона реле;

K_h — коэффициент, зависящий от расстояния между продольными осями геркона и шины.

Таким образом, путем поворота диэлектрического корпуса реле вокруг своей оси оно может настраиваться на различные токи срабатывания, причем деления, нанесенные на периферии диэлектрической пластины 3, обеспечивают точность установки реле, настроенного на заданный ток, на шине.

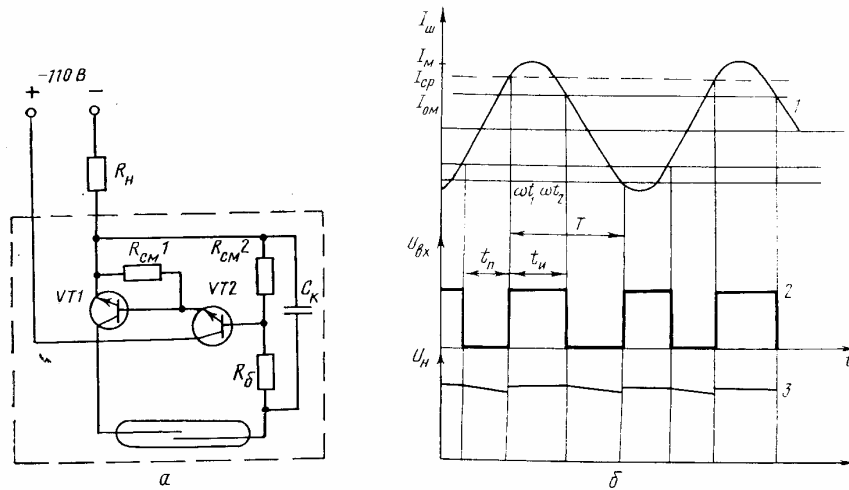


Рис. 2. Электронный преобразователь с чувствительным элементом в виде МК (а); осциллограммы работы УМТЗ в поле переменного тока (б): 1 — ток в шине; 2 — напряжение на входе преобразователя; 3 — напряжение на нагрузке

Электронный преобразователь выполнен на основе транзисторного фильтра, а расчет параметров его элементов здесь имеет определенную специфику.

Геркон, возбуждаясь переменной синусоидальной МДС, при включении в цепь постоянного тока генерирует прямоугольные импульсы с длительностью t_n и паузой t_{π} (рис. 2б). Конденсатор C_k должен успеть зарядиться за время нахождения контактов геркона в замкнутом состоянии, т. е. полное время его заряда должно удовлетворять условию

$$\pi R_{\pi} C_k \leq t_{\pi},$$

откуда определяется емкость

$$C_k \leq \frac{t_{\pi}}{\pi R_{\pi}}. \quad (3)$$

При разряде конденсатора C_k во время паузы t_{π} необходимо, чтобы затухание свободной составляющей переходного напряжения на базовом сопротивлении R_{δ} транзистора не превышало заданного коэффициента пульсации на нагрузке K_{π} (который при использовании в качестве нагрузки промежуточного реле может характеризоваться его коэффициентом возврата)

$$K_{\pi} = \frac{U'}{U},$$

где U' — напряжение на нагрузке по истечении времени t_{π} ;
 U — номинальное напряжение нагрузки.

Сформулированное выше требование можно переписать в виде

$$K_{\pi} \geq \exp \left(-\frac{t_{\pi}}{R_{\sigma} C_{\kappa}} \right),$$

где $R_{\sigma} C_{\kappa}$ — постоянная времени разряда конденсатора на базовый резистор, откуда находим сопротивление базового резистора

$$R_{\sigma} \geq \frac{t_{\pi}}{-\ln K_{\pi} C_{\kappa}}. \quad (4)$$

Из осциллограммы на рис. 2б видно, что длительность генерируемых герконом импульсов определяется выражением

$$t_{\pi} = \omega^{-1} (\omega t_2 - \omega t_1), \quad (5)$$

в котором фазы тока ωt_1 и ωt_2 соответственно равны:

$$\omega t_1 = \arcsin I_{\text{cp}}/I_{\text{M}}; \quad (6)$$

$$\omega t_2 = \pi - \arcsin I_{\text{B}}/I_{\text{M}}, \quad (7)$$

где I_{M} — амплитудное значение управляющего тока.

С учетом (1), (2), (6) и (7) получим окончательное выражение для определения длительности генерируемых герконом импульсов

$$t_{\pi} = \omega^{-1} (\pi - \arcsin I_{\text{cp}}/I_{\text{M}} - \arcsin I_{\text{B}}/I_{\text{M}}). \quad (8)$$

Длительность паузы t_{π} связана с длительностью импульса следующим образом:

$$t_{\pi} = T - t_{\pi},$$

где T — период генерируемых герконом импульсов, который при синусоидальном сигнале управления равен π , или, с учетом (8),

$$t_{\pi} = \omega^{-1} (\arcsin I_{\text{cp}}/I_{\text{M}} + \arcsin I_{\text{B}}/I_{\text{M}}). \quad (9)$$

Подставляя (8), (9) в (3), (4), имеем окончательно:

$$C_{\kappa} \leq \frac{\pi - \arcsin I_{\text{cp}}/I_{\text{M}} - \arcsin I_{\text{B}}/I_{\text{M}}}{\omega \pi R_{\pi}}; \quad (10)$$

$$R_{\sigma} \geq \frac{\arcsin I_{\text{cp}}/I_{\text{M}} - \arcsin I_{\text{B}}/I_{\text{M}}}{\omega C (-\ln K_{\pi})}. \quad (11)$$

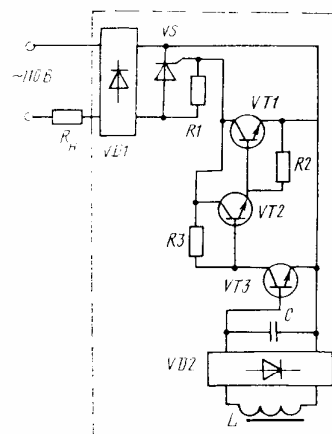


Рис. 3. Электронный преобразователь с чувствительным элементом в виде катушки

Таким образом, полученные выражения позволяют рассчитать оптимальные значения параметров преобразователя.

Быстродействие рассмотренного устройства защиты не превосходит четверти периода возбуждающего тока.

При использовании в описанном устройстве МК типа КЭМ-2 (одного из наиболее чувствительных серийно выпускаемых герконов) минимальный ток, на который оно может быть настроено, составляет 300 А.

Значительно повысить чувствительность удастся при использовании электронного преобразователя, воспринимающим элементом которого является уже не геркон, а обмотка с ферромагнитным сердечником (рис. 3). ЭДС, наводимая в этой обмотке, при возникновении в шине тока КЗ поступает на вход усилителя-инвертора $VT1—VT3$, который, изменяя свое состояние, приводит к открытию тиристора VS . Последний, в свою очередь, шунтирует выпрямитель $VD1$ по постоянному току, что вызывает появление напряжения на нагрузке (в качестве которой может быть использовано промежуточное реле переменного тока). Применение в качестве L (рис. 3) обмотки реле типа РП21-110 В позволяет настраивать УМТЗ на токи в 10—15 А. Очевидно, что чувствительность здесь также определяется синусом угла между продольными осями обмотки и шины и может изменяться путем поворота корпуса УМТЗ вокруг своей оси.

В большинстве случаев, как известно, трансформаторы тока используются не только для обеспечения работы релейной защиты, но и для измерительных целей. Поэтому при построении бестрансформаторных

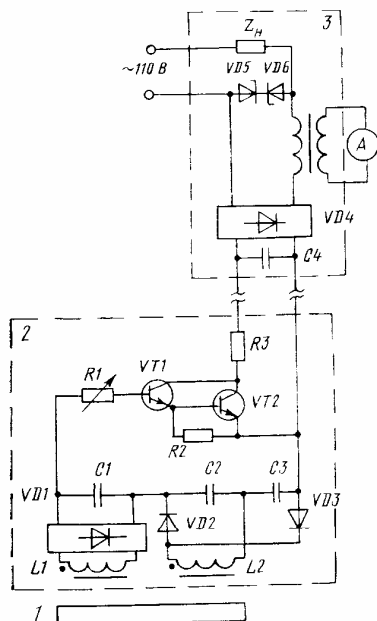


Рис. 4. Бестрансформаторный измеритель тока:

1 — высоковольтная шина электроустановки; 2 — преобразователь, размещаемый в корпусе УМТЗ на шине; 3 — отдельный блок, размещаемый в низковольтном шкафу

систем защиты на основе описанных аппаратов вопрос контроля уровня токов остается открытым. В литературе имеются предложения по схемному построению такого рода измерителей тока [7, 8], однако они, с одной стороны, не решены конструктивно (особенно когда речь идет о высоковольтных установках), а с другой — предполагают наличие специальных измерительных приборов, что делает весьма проблематичным их практическое применение.

Аналоговый измеритель тока, представленный на рис. 4, свободен от указанных недостатков, ибо он имеет вполне определенное конструктивное решение и позволяет в качестве измерительного прибора использовать обычный амперметр. В чувствительном элементе $L1, L2$ наводится сигнал, пропорциональный уровню тока в линии, и подается на вход усилителя $VT1—VT2$, который в сочетании с выпрямителем $VD4$ образует переменное сопротивление в цепи первичной обмотки согласующего трансформатора TA . Таким образом, уровень тока в шине определяет величину этого сопротивления и показание амперметра.

Как показали экспериментальные исследования, погрешность измерений в значительной мере зависит от точности установки настроенного

датчика на шине и при малейшем отклонении (на единицы градусов) угла между продольными осями воспринимающей обмотки и шины от требуемой величины сильно возрастает. Для устранения такой критичности чувствительный элемент выполнен в виде двух последовательно-согласно соединенных обмоток, расположенных друг над другом так, что проекции их продольных осей образуют острый угол, причем обмотка, находящаяся дальше от шины, включена через удвоитель напряжения.

Таким образом, предложенный измеритель в сочетании с описанными выше устройствами позволяет полностью исключить трансформатор тока из системы релейной защиты, что существенно снижает ее массогабаритные показатели и повышает надежность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков В. Е., Попов Н. М. Максимальная токовая защита на герконах // Промышленная энергетика.—1975.— № 11.— С. 43—44.
2. Котлярчук В. А., Ключев М. Ю. Датчики тока на герконах // Электротехническая промышленность. Сер. Аппараты низкого напряжения.—1981.— Вып. 2(93).— С. 28—30.
3. Kontaktrowny czlon czujnikowy na duze prady state / Bolanowski Boleslaw, Tarczynski Witold // Prz. electrotechn.—1988.—64.— N 4.— С. 97—100.
4. Клецель М. Я., Мусин В. В. О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформатора тока // Электротехника.—1987.— № 4.— С. 11—13.
5. Гуревич В. И., Савченко П. И. Геркотроны — новые аппараты управления высоковольтными цепями // Электронная техника. Сер. Электровакуумные приборы.—1984.— Вып. 4.— С. 57—59.
6. Гуревич В. И., Намитков К. К., Савченко П. И. Геркотроны и их применение в технике // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений).—1989.— № 5.— С. 55—58.
7. А. с. 531087 СССР. Датчик переменного тока / А. И. Артемов // Бюл. изобр.—1974.— № 21.
8. А. с. 1339740 СССР. Трансформаторный датчик тока / Шичков Л. П., Трифонов В. А., Мохова О. П. // Бюл. изобр.—1987.— № 35.