

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

М. Л. Сапунков, М. А. Бычин

Пермский государственный технический университет

Защита электрических установок от коротких замыканий (КЗ) и перегрузок осуществляется с помощью различных устройств максимально-токовой защиты (МТЗ). Она может быть реализована на разной технической основе с двумя видами времятоковых характеристик: с независимой или обратнозависимой.

Недостатком известных МТЗ, реализованных на электромеханических реле, является то, что несмотря на проведение периодических трудоёмких проверок и настроек, в условиях эксплуатации не обеспечивается полная гарантия исправного состояния защит в периоды между проверками. Выполнение некоторых функций защит на электромеханической базе либо невозможно, либо связано с резким увеличением габаритов и стоимости защиты. Эти и другие недостатки аналоговых устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) не могли быть устранены и при использовании полупроводниковой элементной базы. И только с появлением интегральных микросхем и новых микропроцессорных (цифровых) реле открылись возможности выполнения малогабаритных устройств защиты с улучшенными характеристиками и с большим количеством функций [1].

Микропроцессорные устройства РЗА в последние годы находят всё более широкое применение в системах электроснабжения нефтегазовых и других промышленных предприятий. Для защиты ЛЭП напряжением 6–10 кВ в устройствах защиты применяется модуль трёхступенчатой ненаправленной МТЗ. Защита от междуфазных замыканий может работать в одно-, двух- и трёхфазном исполнении. В общем случае могут быть реализованы три ступени защиты: первая ($I \gg \gg$), вторая ($I \gg$) и третья ($I >$). Для третьей (чувствительной) ступени предусмотрены два варианта задания времятоковой характеристики: или независимая характеристика, или одна из пяти обратнозависимых характеристик. На рис.1 приведены характеристики трёхступенчатой МТЗ для разных вариантов задания характеристик третьей ступени.

При втором варианте формирования характеристик (рис.1, б) необходимо учитывать, что характеристика третьей ступени защиты может быть разного вида. Для этой ступени в современных микропроцессорных устройствах защиты предусмотрено четыре вида обратнозависимых характеристик, соответствующих стандартам МЭК (BS 124.1966 и IEC 255-4). Они отличаются степенью крутизны (инверсии) и имеют названия: инверсная, сильно инверсная, чрезвычайно инверсная и длительно инверсная.

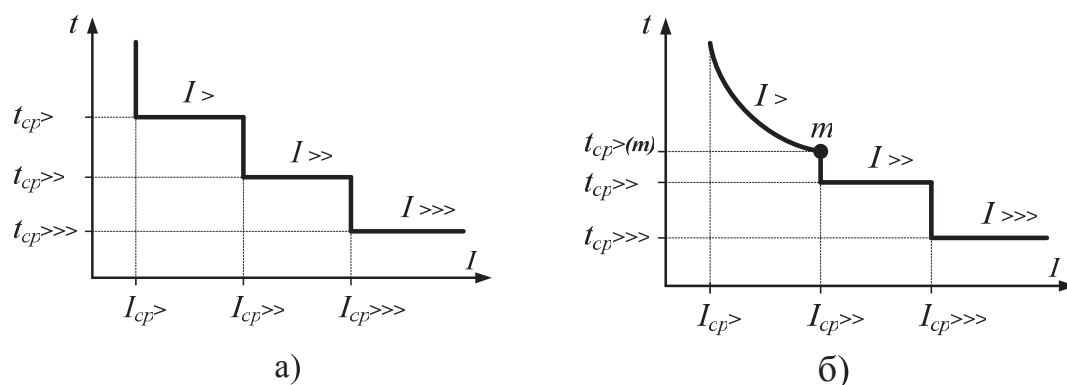


Рис.1. Характеристики трёхступенчатой МТЗ:
 а) независимые для всех ступеней;
 б) с обратнoзависимой для третьей ступени.

Зависимость времени срабатывания защиты от тока по этим характеристикам основывается на математическом выражении:

$$t = \frac{k\beta}{\left(\frac{I}{I >}\right)^\alpha - 1} \quad (1)$$

где t – время срабатывания в секундах; k – коэффициент времени, который определяет конкретную характеристику срабатывания; I – расчётный ток перегрузки или КЗ; $I >$ – ток срабатывания максимально-токовой защиты (расчетный параметр); коэффициенты α и β определяют вид характеристики, в зависимости от них изменяется степень инверсии времятоковой характеристики [2, 3].

Вид характеристики	α	β
Инверсная	0,02	0,14
Сильно инверсная	1,0	13,5
Чрезвычайно инверсная	2,0	80,0
Длительно инверсная	1,0	120,0

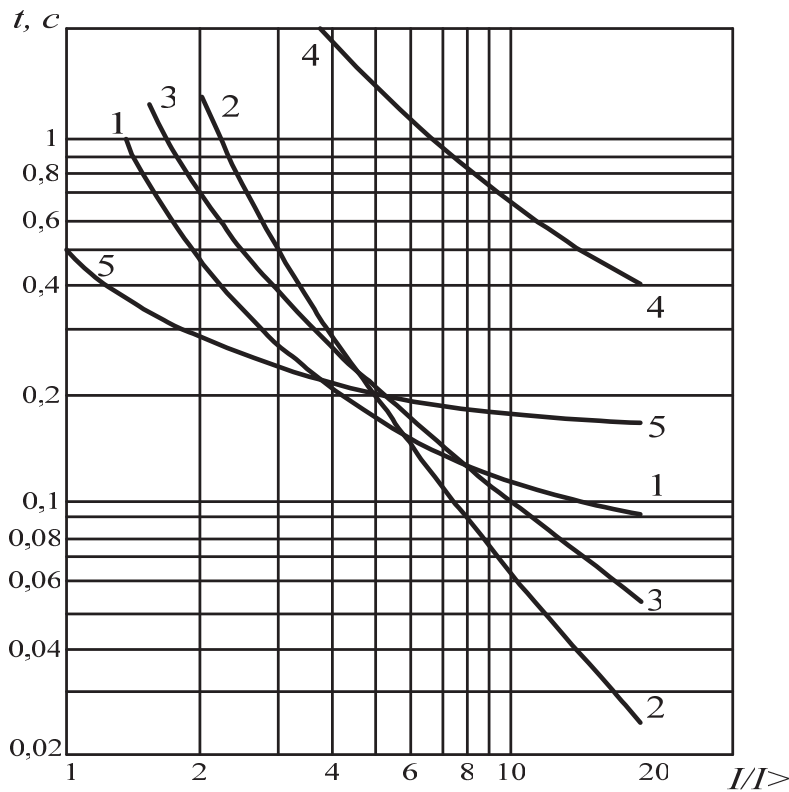
Изменением временного коэффициента k в пределах от 0,05 до 1,0 можно из семейства характеристик определённого вида выбрать необходимую характеристику. Чем больше коэффициент k , тем выше располагается характеристика по оси времени, то есть тем больше будет время срабатывания защиты при одинаковом значении тока.

В дополнение к перечисленным стандартным времятоковым характеристикам в цифровых защитах для третьей ступени может быть использована и специальная обратнoзависимая характеристика RI-типа, предназначенная для

согласования с характеристиками защит, основанных на электромеханических реле, например, таких как реле РТ-80. Характеристика RI-типа описывается следующим математическим выражением:

$$t = k / (0,339 - 0,236 I > / I), \quad (2)$$

Здесь использованы те же обозначения, что и в формуле (1). На рис.2 для наглядности и сравнения приведены все вышеупомянутые характеристики.



*Рис.2. Времятоковые характеристики цифровых РЗА:
1 – инверсная; 2 – чрезвычайно инверсная; 3 – сильно инверсная;
4 – длительно инверсная; 5 – характеристика RI-типа.*

Из сопоставления характеристик видно их существенное отличие по времени срабатывания как в области малых, так и в области больших значений кратности тока. Это качество запрограммированных характеристик является основой для обеспечения необходимой селективности действия защит на разных участках сложных электрических сетей.

Для обоих случаев сформированных характеристик трехступенчатой защиты (рис.1, а и рис.1, б) с целью настройки устройства защиты требуется выполнить расчёт двух уставок:

- уставка по току срабатывания (I_{cp});
- уставка по времени срабатывания (t_{cp}).

Такие уставки рассчитываются и выбираются для каждой ступени защиты.

В случае использования независимых характеристик (рис.1, а) расчёты и выбор уставок проводятся по общепринятой известной методике. Однако при этом необходимо учитывать некоторые особенности и технические возможности цифровых защит.

Например, для первой степени защиты, используемой для токовой отсечки «мгновенного действия», минимально возможное время срабатывания ($t_{ср>>>мин}$) будет составлять около 0,04 сек. Для всех ступеней защиты при расчёте уставок по току минимальное значение коэффициента надёжности можно брать равным $K_{н. мин}=1,1$. При расчёте уставок по току для третьей степени защиты максимальное значение коэффициента возврата – $K_{в. макс}=0,96$.

Благодаря высокой точности работы цифровых защит в расчётах уставок по времени срабатывания значения ступени селективности можно принимать равным $\Delta t = 0,15 \div 0,2$ сек [2, 3].

В случае использования комбинации характеристик, соответствующих рис.1, б, выполнение расчётов усложняется из-за необходимости решения задачи правильного подбора характеристики для третьей степени защиты. При этом расчёт и выбор уставок для первой и второй ступеней аналогичен случаю характеристик рис. 1, а.

Задача подбора характеристики для третьей степени сводится к решению двух вопросов. Во-первых, нужно выбрать вид обратнoзависимой характеристики из пяти возможных (запрограммированных), названных выше. Далее необходимо рассчитать значение временного коэффициента k , при котором будет обеспечиваться прохождение выбранной конкретной характеристики через точку m (см. рис. 1, б) на границе сопряжения характеристик второй и третьей ступеней защиты.

Координатами точки m на рис.1, б являются:

$I_{ср>>}$ – ток срабатывания второй степени защиты, который будет и пограничным током срабатывания для третьей степени;

$t_{ср>(m)}$ – время срабатывания третьей степени защиты, соответствующие значению тока для точки m .

Значение времени $t_{ср>(m)}$ несложно рассчитать с учётом желаемой ступени селективности Δt :

$$t_{\ddot{n}\delta>(m)} = t_{\ddot{n}\delta>} + \Delta t . \quad (3)$$

Для дальнейших расчётов предварительно надо определить уставку по току срабатывания третьей степени защиты. Например, из условия обеспечения несрабатывания защиты при допустимой перегрузке, расчётный ток определяется [4]:

$$I_{\ddot{n}\delta>} = \frac{K_n \hat{E}_{\ddot{n}\zeta\ddot{i}}}{\hat{E}_a} I_{\delta\dot{a}\dot{a}.i \dot{a}\dot{e}\ddot{n}} , \quad (4)$$

где K_n – коэффициент надёжности, обеспечивающий надёжное несрабатывание (отстройку) защиты путём учёта погрешности реле с необходимым запасом;

$K_{сзн}$ – коэффициент самозапуска, определяемый конкретным видом нагрузки, получающей питание по защищаемой линии ($1,0 \leq K_{сзн} \leq 3,0$); $K_{в}$ – коэффициент возврата; $I_{раб. макс}$ – максимальный рабочий ток (ток нагрузки) защищаемого элемента.

Расчётную формулу для вычисления временного коэффициента k можно получить на основании выражения (1). С учётом применённых обозначений на рис. 1, б и в тексте получим:

$$k = \frac{t_{\tilde{n}\delta > (m)} \left[\left(\frac{I_{\tilde{n}\delta >>}}{I_{\tilde{n}\delta >}} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta}. \quad (5)$$

Эта формула пригодна в случае использования вышеназванных стандартных характеристик четырёх видов.

Если для третьей степени защиты использовать характеристику RI-типа, то временной коэффициент в соответствии с выражением (2) будет равен:

$$k = t_{\tilde{n}\delta > (m)} \left(0,339 - 0,236 \frac{I_{\tilde{n}\delta >}}{I_{\tilde{n}\delta >>}} \right). \quad (6)$$

После выполнения необходимых расчётов, выбора характеристик и уставок производится программирование микропроцессорного устройства защиты. Осуществляется это по специальной методике. На этом этапе также необходимо учитывать ряд особенностей современных цифровых устройств РЗА.

Литература

1. Басс Э. С., Дорогунцев В. Г. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Комплектное устройство защиты и автоматики линии 6–10 кВ SPAC 801–01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – г. Чебоксары «АББ Автоматизация», 2003.
3. Комплектное устройство защиты и автоматики линии 6–35 кВ SPAC 810-Л. Руководство по эксплуатации. – г. Чебоксары «АББ Автоматизация», 2004.
4. Шабад М. А. Выбор характеристик и уставок цифровых токовых защит серии SPACOM. – Москва: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 1999.