

при снижении напряжения до 0,25 номинального значения. АВР по снижению давления питательной и циркуляционной воды могут оказаться неэффективными, если резервные насосы питаются с секций, имеющих напряжение пониженной частоты.

ВЫВОДЫ

1. На ТЭС с поперечными связями по пару и воде предусматривать автоматическое выделение отдельных генераторов действием делительной автоматики по частоте нецелесообразно, так как сохранение собственных нужд при этом не может быть гарантировано.

2. Сохранение собственных нужд станций в работе при снижении частоты в системе обеспечивается при выделении действием делительной автоматики всей станции с примерно сбалансированной нагрузкой*.

* Сборник директивных материалов по эксплуатации энергосистем. Раздел третий. — М.: Энергоиздат, 1981.

А. Ф. ПЕТЕРС, К. Б. ИСКАКОВ, И. П. ОСЕНМУК, инженеры
Казэнергонадзора



УДК 621.316.925

РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

Отечественной промышленностью освоены реле сопротивления по схеме сравнения абсолютных значений электрических величин, в которых в качестве нуль-индикаторов вместо магнитоэлектрических реле применены реагирующие элементы, выполненные по схеме, приведенной на рис. 1.

Реле сопротивления с новым реагирующим элементом выпускаются в составе панелей защит типов ЭПЗ1636-67, ДФЗ-201, ДФЗ-503, ДФЗ-504.

Входной каскад реагирующего элемента на операционном усилителе (ОУ) А1 выполняет функцию порогового элемента. Его чувствительность $U_{ср.п.э.}$ определяется делителем R3 и выбрана по условию обеспечения требуемых показателей помехозащищенности, стабильности, а также общей чувствительности реле сопротивления ($U_{ср.п.э.} \approx 60$ мВ). Срабатывание А1 происходит при условии

$$|E_p| - |E_r| \geq U_{ср.п.э.} \quad (1)$$

где $|E_p|$, $|E_r|$ — абсолютные значения соответственно рабочего и тормозного сигналов схемы сравнения.

В зависимости от того, сработал ли пороговый элемент или нет, изменяется полярность нормируемого по величине сигнала на его выходе. Время-измерительный элемент, состоящий из RC-цепи и триггера Шмидта, осуществляет сравнение длительностей существования положительной и отрицательной полярностей выходного сигнала порогового элемента. При принятом включении ОУ в условиях, предшествующих срабатыванию порогового элемента, его выходной сигнал имеет положительную полярность. Интегрирующий конденсатор C2 заряжен при этом до определенного уровня потенциала (положительного по отношению к нулю питающего напряжения).

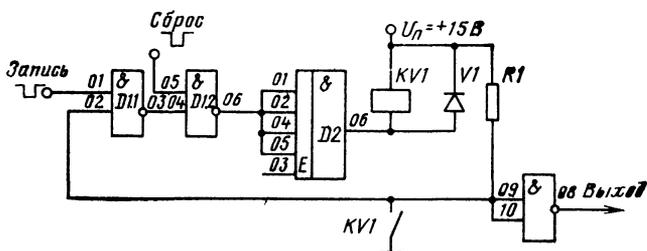


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная реагирующего элемента реле сопротивления.

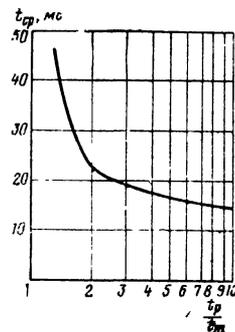


Рис. 2. Кривая зависимости $t_{ср} = f\left(\frac{t_p}{t_T}\right)$.

При срабатывании порогового элемента А1 осуществляется перезаряд конденсатора C2. В том случае, когда А1 срабатывает на время больше заданного или периодически срабатывает и возвращается, причем длительность пребывания его в состоянии срабатывания больше, чем длительность пребывания его в состоянии несрабатывания, амплитуда напряжения на конденсаторе C2 достигает с течением времени уровня, соответствующего порогу чувствительности триггера Шмидта, выполненного на ОУ (А2), и последний срабатывает.

$$U_{ср.т} = U_0^{(1)} + k \int_0^{t_{ср}} \left(S_p f C - \frac{1}{2} \right) dt, \quad (2)$$

где $U_{ср.т}$ — порог чувствительности триггера Шмидта при срабатывании; $U_0^{(1)}$ — начальный уровень напряжения на конденсаторе C2; C — сигнал на выходе порогового элемента при его срабатывании; k — коэффициент пропорциональности; $t_{ср}$ — время срабатывания реагирующего элемента.

Условие выбора минимального времени срабатывания реагирующего элемента определяется необходимостью исключения неправильной работы реле сопротивления из-за аperiodической слагающей в одной из сравниваемых величин, обусловленной переходными процессами в защищаемой сети или во вторичных цепях реле сопротивления [Л. 1]. Величина $t_{ор.мин}$ принята несколько превышающей T/2 [Л. 2] и соответствует минимальной длительности непрерывного пребывания А1 в состоянии срабатывания, обеспечивающей срабатывание реагирующего элемента в целом.

Для возврата триггера в исходное состояние необходимо, чтобы

$$U_{в.т} = U_0^{(2)} + k \int_0^{t_b} \left(\frac{1}{2} - S_p f C \right) dt, \quad (3)$$

где $U_{в.т}$ — порог чувствительности триггера Шмидта при возврате; $U_0^{(2)}$ — начальный уровень напряжения на конденсаторе; t_b — время возврата реагирующего элемента.

Диоды VD1, VD2 ограничивают уровень заряда конденсатора C2 и определяют тем самым величину $U_0^{(1)}$, $U_0^{(2)}$.

При срабатывании триггера формируется управляющий сигнал, который через диод VD3 подается на выходной усилительный каскад на транзисторе VT1.

Как следует из приведенного описания, принцип работы реагирующего элемента реле сопротивления основан на замере относительной длительности превышения рабочим сигналом тормозного. Благодаря тому, что заряд и перезаряд конденсатора C2 осуществляются через одно и то же сопротивление R2, реагирующий элемент мало критичен к разбросу и изменению параметров время-измерительной цепи.

Собственное время срабатывания реагирующего элемента, если пренебречь ввиду малости порога срабатывания его, зависит от отношения t_p/t_T (рис. 2), где t_p , t_T — соответственно длительность рабочего и тормозного сигналов схемы сравнения.

Свойства реагирующего элемента позволяют принципиально отказаться от использования в схеме реле сопротивления фильтра-пробки, настроенного на частоту 100 Гц.

При исключении фильтра несколько искажается характеристика срабатывания (из-за влияния высших гармонических в сравниваемых величинах) и ухудшается его быстродействие на углах, отличных от угла максимальной чувствительности, поэтому решено сохранить фильтр в схеме реле.

Включение в схему реагирующего элемента триггера Шмидта позволило обеспечить безвибрационную работу реле

в граничных условиях срабатывания. Чувствительность триггера определяется соотношением резисторов R_6 и R_5 .

Исполнительная часть — выходной усилительный каскад в реле KLI — является общей для реагирующих элементов трех реле сопротивления, подключаемых к трехфазной системе токов и напряжений. Шунтирование обмотки реле стабилизаторами VD_4 и VD_5 снимает перенапряжение на ней, обеспечивая защиту транзистора VTI , практически не влияя на время возврата реле.

Питание реагирующих элементов и исполнительной части осуществляется от встроенного блока питания, выполненного по схеме двухтактного преобразователя с самовозбуждением, содержащего выпрямители и сглаживающие фильтры и обеспечивающего уровни $+15$ В, -15 В с точностью $\pm 10\%$.

Ограничение напряжения на выходе схемы сравнения реле сопротивления обеспечивает защиту реагирующего элемента при исчезновении напряжения питания и наличии входного сигнала от схемы сравнения.

Конструктивно реагирующий элемент выполнен в виде съемного блока-платы с печатным монтажом, которая через разъем соединяется с основной частью реле сопротивления. Эта плата устанавливается на месте размещения магнитоэлектрического реле, благодаря чему переделка блока реле сопротивления оказалась незначительной.

Вместе с элементами нуль-индикатора на съемном блоке смонтированы выпрямительные мосты и защитные диоды схемы сравнения. Разъемы снабжены направляющими со специальным фиксирующим устройством. Представляется, что замена магнитоэлектрических реле реагирующими элементами на ОУ возможна и в панелях защиты, находящихся в эксплуатации. Сложность, вызванная необходимостью организации системы питания, может быть снята путем использования параметрического стабилизатора напряжения, общего для реагирующих элементов реле сопротивления отдельных фаз. Вместо исполнительной части, представленной на рис. 1, целесообразней в этом случае использовать реле на герконе КЭМ-2А, которое может быть включено в цепь нагрузки усилителя А2.

ВЫВОД

Применение в схеме реле сопротивления нового реагирующего элемента на операционных усилителях К-553УД2 обеспечило снижение нижнего предела тока 10% -ной точности практически в 2 раза, улучшило быстродействие ($t_{ср.р.с} \approx 0,4$ с при $I_{к.з} = 0,6I_{ном}$, $Z_{к.з} = 0,7Z_{уст}$), причем указанное время срабатывания реле сопротивления дано с учетом замедления, вносимого электромагнитным реле KLI , которое составляет около $0,02$ с; $t_{в.р.с} \approx 0,015$ с, а также повысило устойчивость реле к вибрационным и ударным нагрузкам. Замена реагирующего органа позволила исключить из схемы защиты специальный токовый орган, предотвращающий ложную работу при включении линии электропередачи в случае невозврата магнитоэлектрического реле после отключения к. з.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что в первых выпущенных образцах защиты выходы схемы сравнения реле сопротивления соединялись с инвертирующим и неинвертирующим входами А1. Принятое же в соответствии с рис. 1 включение, когда один из выходов схемы сравнения соединяется с нулевой шинкой питания, обеспечивает повышение помехоустойчивости реагирующего элемента и реле в целом.

Список литературы

1. Фабрикант В. Л. Основы теории построения измерительных органов релейной защиты и автоматики. — М.: Высшая школа, 1968.

2. Сушко В. А. Влияние электромагнитных переходных процессов на работу быстродействующих реле сопротивления: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. МЭИ, 1969.

Г. С. НУДЕЛЬМАН, инж.
ВНИИР

ОТКЛИКИ И ПИСЬМА

УДК 621.371:621.316.11

ПО ПОВОДУ СТАТЬИ А. П. КОРШУНОВА «ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЕТНОГО СРОКА РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ»¹

В обсуждаемой статье А. П. Коршунова [Л. 1] предложен упрощенный аналитический метод оптимизации расчетного срока реконструкции сельских электрических сетей t_p на основе аппроксимированных зависимостей приведенных затрат от мощности и показаны результаты оптимизации. Существующий расчетный срок 5 лет недостаточен, но чрезмерное его увеличение недопустимо, так как приводит к омертвлению оборудования и не позволяет использовать преимуществ реконструкции сети.

На современном этапе основным способом реконструкции сельских сетей является увеличение мощности трансформаторов на подстанциях и сечения проводов на воздушных линиях. В [Л. 1] справедливо отмечается, что реализация этих мероприятий часто затрудняется ограничениями в возможности использования строительной части ВЛ и подстанций.

Чтобы снять эти ограничения, предлагается строительную часть подстанций проектировать на оптимальную перспективу с установкой на первое время трансформаторов меньших мощностей, а в [Л. 2] подчеркивается целесообразность изучения вопроса о возможности перехода при проектировании и строительстве всех ВЛ 10 кВ в данном климатическом районе на единый унифицированный пролет.

¹ Электрические станции, 1979, № 6.

Автор статьи признает, что проблема оптимизации расчетного срока в деталях нуждается в дополнительных работах, поэтому по существу работы [Л. 1] считаем возможным сделать следующие замечания и предложения.

В работе принят единственный критерий оптимизации, заключающийся в том, что затраты на новую сеть в сумме с затратами на все последующие реконструкции с учетом приведения за весь срок службы сети должны быть минимальными. Учитывая дефицит не только капитальных затрат, но и проводов, трансформаторной мощности и другого оборудования, необходима многокритериальная оценка оптимального значения t_p . Этого требуют и условия неопределенности исходной информации.

Автором [Л. 1] выявлено влияние на t_p только неопределенности темпа роста нагрузок. Однако при большом сроке суммирования затрат следует учитывать изменение во времени не только нагрузки, но и других факторов, от которых зависит срок реконструкции сети (стоимостные показатели элементов сети, стоимость потерь электроэнергии, показатели надежности электроснабжения и качества электроэнергии), т. е. учитывать долю неопределенности и этих факторов, их влияние на оптимальный срок t_p .

Надежность электроснабжения учтена включением в целевую функцию приведенного ущерба от перерывов в электроснабжении, который определялся с использованием среднестатистических показателей по повреждаемости сетей и по удельному ущербу на 1 кВ·А передаваемой мощности по данному элементу сети. Между тем в [Л. 3] особо подчеркнута необоснованность применения для оптимизации электрических сетей укрупненных показателей ущерба, могущих привести к серьезным ошибкам. Кроме того, в динамической задаче необходимо также прогнозировать и изменение со временем показателей повреждаемости элементов сети и удель-