

**ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ТОКОВОЙ
ЗАЩИТЫ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ПАНЕЛИ ЭПЗ-1636**

Будовский В.П. , канд.техн.наук ,

Иванова С.И. , Сулименко А.О. , инженеры.

РП "Южэнерготехнадзор" - АО "Карачаево-Черкесскэнерго"

Усложнение схем электрических сетей и большое разнообразие режимов их работы обуславливают повышение требований к устройствам релейной защиты и автоматики (РЗА) .

Следует отметить, что наилучшим способом защиты линий электропередачи (ЛЭП) от однофазных коротких замыканий (КЗ) по прежнему остается направленная или ненаправленная ступенчатая токовая защита нулевой последовательности [1] .

Для обеспечения согласования характеристик указанных защит и повышения их чувствительности следует стабилизировать режим заземления нейтралей трансформаторов электрической сети, при этом чувствительность защиты проверяется для случая включения реально возможного наибольшего числа трансформаторов, имеющих глухозаземленные нейтрали [2] .

Однако в действительности изменение числа включенных трансформаторов в электрической сети может привести к такому изменению тока КЗ на землю, что это приведет к недопустимому снижению чувствительности защиты и увеличению времени ликвидации повреждения .

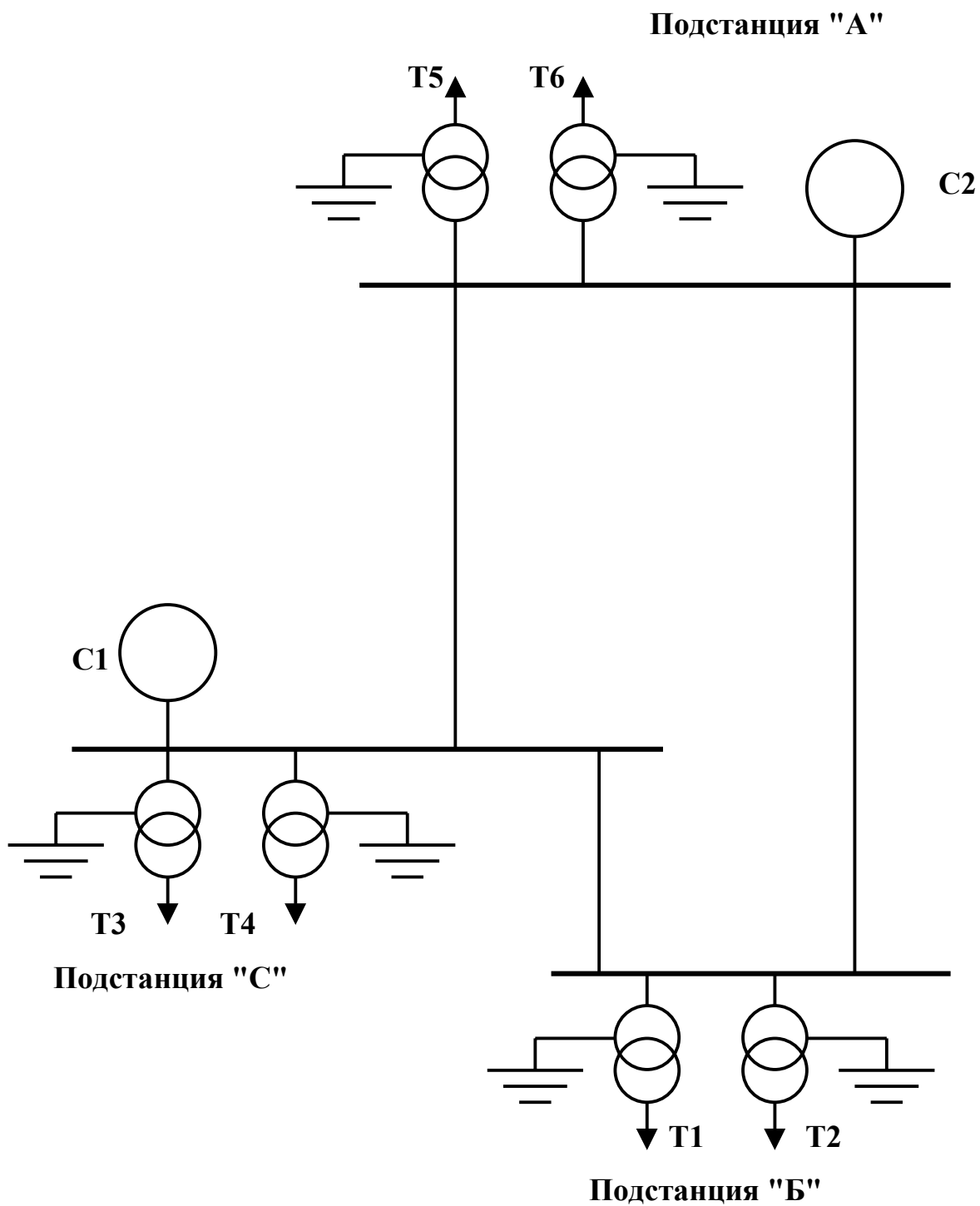


Рис.1. Схема участка сети

Рассмотрим реальную ситуацию, возникшую в сетях 110 кВ АО "Карачаево-Черкесскэнерго", изображенную на рис.1. На подстанции "Б" трансформатор Т1 имеет мощность 16 МВА, а Т2 - 63 МВА (используется для плавки гололеда ЛЭП 500 кВ, на схеме не показана). В связи со значительным спадом нагрузки на подстанции "Б" коэффициент загрузки трансформатора Т2 составляет несколько процентов, поэтому достаточно часто он выводится в резерв с целью снижения потерь электрической энергии. В результате указанной операции ток однофазного КЗ на линиях 110 кВ, отходящих от шин подстанции "Б", значительно уменьшается, что приводит к резкому снижению чувствительности первой ступени защиты от КЗ на землю.

На рис.2 приведены кривые изменения тока $3I_0$ в зависимости от точки однофазного КЗ на линии "Б - С". Кривая 1 соответствует включенному состоянию обоих трансформаторов на подстанции "Б". Кривая 2 соответствует включенному состоянию Т1 и отключенному состоянию Т2. $I_{с.з.1}$ - ток срабатывания первой ступени токовой защиты от КЗ на землю линии "Б - С", $I_{с.з.2}$ - ток срабатывания второй ступени указанной линии, $I_{с.з.3}$ - ток срабатывания третьей ступени.

Видно, что при отключении трансформатора Т2 на подстанции "Б" первая ступень защиты от КЗ на землю оказывается нечувствительной к однофазным КЗ практически на всем протяжении линии "Б - С", зона

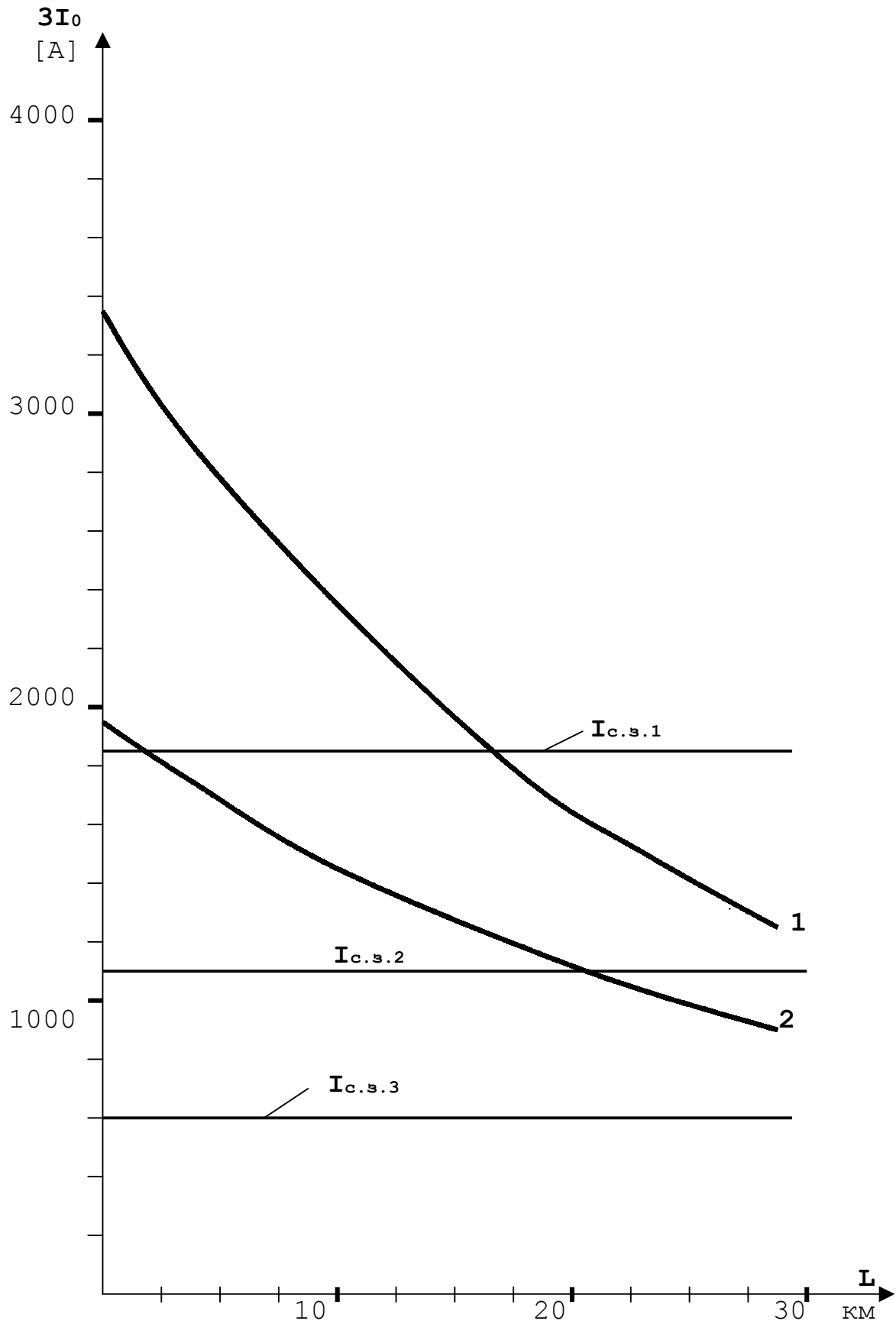


Рис. 2. Кривые токов $3I_0$ при однофазных КЗ на линии "Б-С"

действия второй ступени значительно сокращается и она не защищает конец линии и только третья ступень защиты, имеющая значительную выдержку времени, оказывается достаточно чувствительной для защиты линии на всем ее протяжении.

Указанное приводит к необходимости выполнять защиту от КЗ на землю адаптивной с переменными уставками. В [3] определены основные условия при которых целесообразно предусматривать адаптацию уставок защит, если хотя бы в одном наихудшем режиме:

не обеспечивается коэффициент чувствительности в соответствии с Правилами устройства электроустановок;

выдержка времени больше, чем во всех остальных режимах;

значительно меньше зона (на 10% и более), охватываемая первой ступенью токовой направленной защитой нулевой последовательности от замыканий на землю, чем во всех остальных режимах.

Однако предложенные в [3] технические решения по созданию адаптивных защит основаны на использовании ЭВМ и микроэлектронной техники, что не позволяет использовать их для модернизации широко распространенных в России панелей релейной защиты типа ЭПЗ-1636.

На рис.3 наряду с кривыми тока $3I_0$ при однофазных КЗ на линии "Б-С" (1 - включены трансформаторы Т1 и Т2, 2 - включен только трансформатор Т1), приведены кривые изменения напряжения $3U_0$ на шинах подстанции "Б" при КЗ

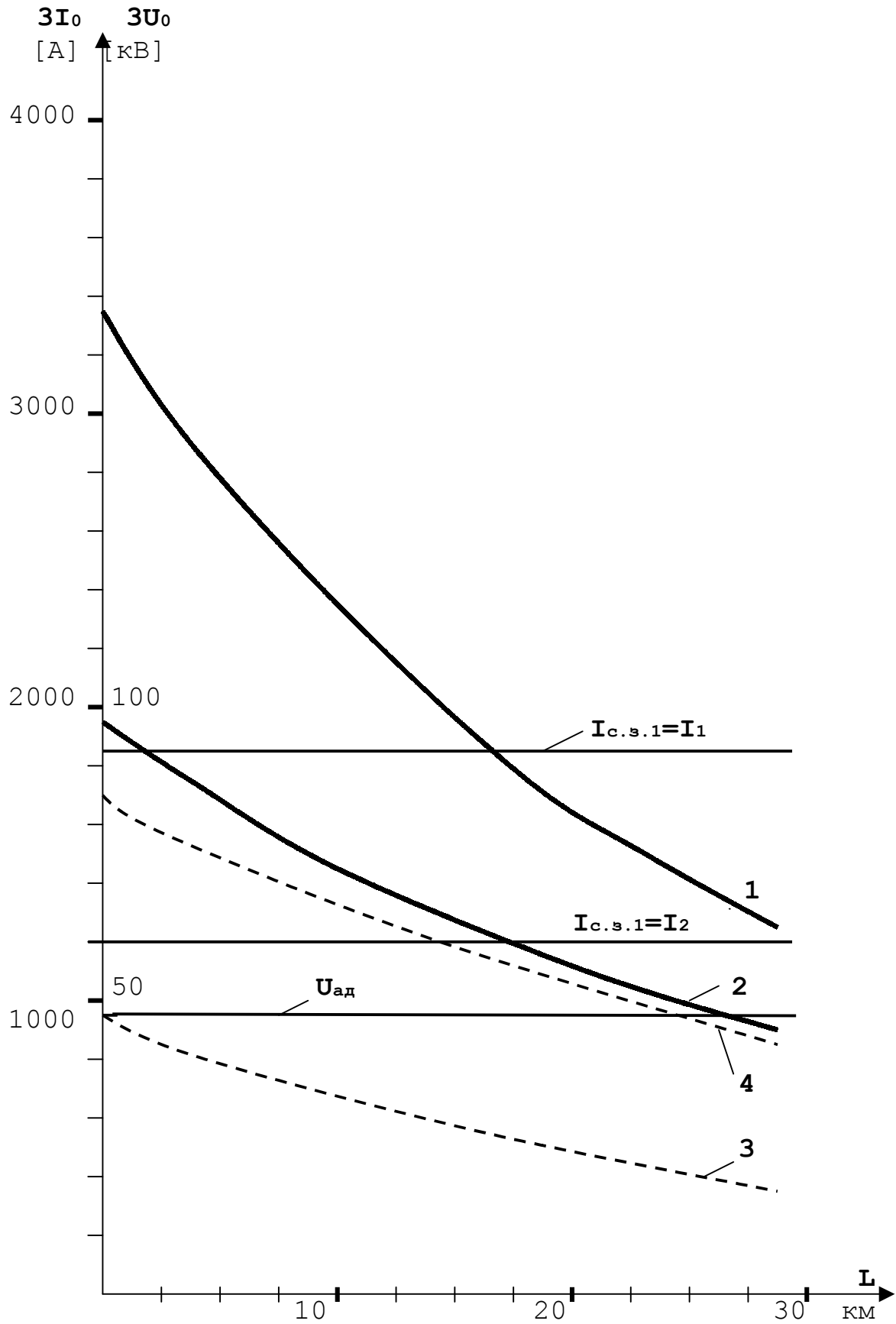


Рис.3. Адаптация первой ступени токовой защиты нулевой последовательности

на отходящей линии "Б-С" (3 - включены трансформаторы Т1 и Т2, 4 - включен только трансформатор Т1).

Анализ напряжения $3U_0$ на шинах подстанции "Б" при КЗ на отходящей линии "Б-С" показывает, что возможна адаптация уставок первой ступени защиты от КЗ на землю в соответствии с выражением

$$I_{с.з.1} = \begin{cases} I_1, & \text{при } 3U_0 < 3U_{0\text{макс.откл.Т2}}, \\ I_2, & \text{при } 3U_0 > 3U_{0\text{макс.откл.Т2}}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } I_1 = K_{отс.} \cdot 3I_{0\text{макс.}}; \quad (2)$$

$$I_2 = K_{отс.} \cdot 3I_{0\text{макс.откл.Т2}}; \quad (3)$$

$3U_{0\text{макс.откл.Т2}}$ - максимальное утроенное напряжение нулевой последовательности на шинах подстанции "Б" при отключении трансформатора Т2 и КЗ на шинах подстанции "Б"; $3I_{0\text{макс.}}$ - максимальный утроенный ток нулевой последовательности в месте установки защиты при включении трансформатора Т2 на подстанции "Б" и КЗ на шинах подстанции "С"; $3I_{0\text{макс.откл.Т2}}$ - то же при отключении Т2 на подстанции "Б"; $K_{отс.}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчета, влияние апериодической составляющей и необходимый запас.

При включении трансформатора Т2 на подстанции "Б" (кривые 1 и 3 на рис.3)

$$3U_0 < U_{ад.} = 3U_{0\text{макс.откл.Т2}} , \quad (4)$$

и зона действия первой ступени защиты от КЗ на землю определится точкой пересечения прямой $I_{с.з.1}=I_1$ с кривой 1

При отключении трансформатора Т2 (кривые 2 и 4 на рис.3)

$$3U_0 > U_{ад.} = 3U_{0\text{макс.откл.Т2}} , \quad (5)$$

и зона действия первой ступени защиты от КЗ на землю определится точкой пересечения прямой $I_{с.з.1}=I_1$ с кривой 2

Видно, что зона действия защиты практически не изменяется, что обеспечивает высокую чувствительность в обеих режимах.

Реализация описанного принципа действия защиты возможно с использованием гибридного полупроводниково-электромагнитного реле [4,5].

На рис.4 изображена принципиальная схема адаптивного реле. Реле содержит основной магнитопровод 1, ферромагнитный экран 2 с обмоткой, якорь 3, электронный ключ 4 и два резистора **R1, R2**. На схеме изображены **ТТНП** - трансформатор тока нулевой последовательности и **ТННП** - трансформатор напряжения нулевой последовательности.

Управление магнитными потоками и, следовательно, срабатыванием реле осуществляется путем изменения сопротивления цепи обмотки ферромагнитного экрана. При разомкнутой цепи поток Φ свободно замыкается по экрану

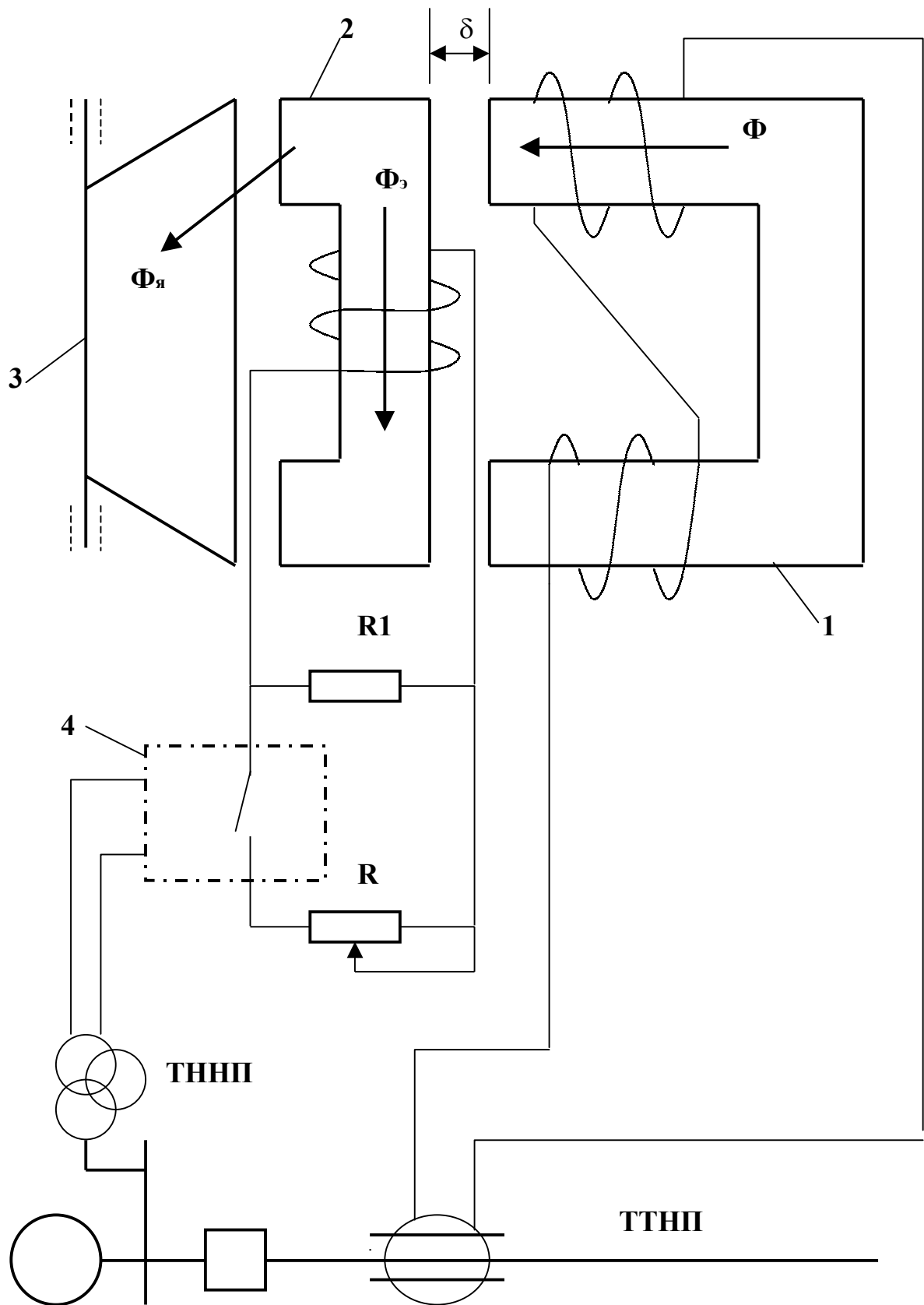


Рис.4. Адаптивное реле защиты

($\Phi_{\text{э}}$ Φ), создавая значительное падение магнитного потенциала в зазорах δ . Поток якоря $\Phi_{\text{я}}$ мал вследствие небольшой разности магнитного потенциала между полюсами экрана. При закорачивании обмотки экрана магнитное сопротивление между полюсами возрастает, поток якоря увеличивается. Изменяя сопротивление в цепи обмотки экрана, меняем долю магнитного потока в якоре реле, а следовательно, ток его срабатывания.

При $3U_0 < U_{\text{ад}}$. (определяется напряжением срабатывания электронного ключа) ключ закрыт и ток срабатывания реле определяется только сопротивлением резистора R1.

При $3U_0 > U_{\text{ад}}$. ключ открывается и ток срабатывания реле будет определяться сопротивлением параллельно соединенных резисторов R1 и R2, что приведет к снижению тока срабатывания до величины определяемой положением движка **R2**.

Описанное адаптивное токовое реле позволяет достаточно легко модернизировать токовую защиту от КЗ на землю панели ЭПЗ-1636. С этой целью токовое реле РТ1 типа РТ-40 комплекта КЗ-10 необходимо заменить на адаптивное реле, которое имеет те же габаритные размеры и конструктивное исполнение, а вход электронного ключа 4 (рис.4) необходимо подключить к клеммам 40 и 59 комплекта.

Экспериментальный образец описанного адаптивного реле установлен в комплекте КЗ-10 панели ЭПЗ-1636 на одной из линий 110 кВ АО "Карачаево-Черкесскэнерго"

(соответствует ВЛ "Б-С" на рис.1). Опыт эксплуатации реле (с июня 1999 года) подтвердил изложенные в статье теоретические положения.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Семенов В.А. Мировая практика осуществления релейной защиты ВЛ и перспективы ее совершенствования. -Энергетик, 1997, №5, с.19-20.
2. Руководящие указания по релейной защите. Вып.12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. -М.: Энергия, 1980.-88с.
3. Адаптивная релейная защита/А.А.Рудман, О.А.Юркова.- Релейная защита и линейная автоматика электрических сетей 110-750 кВ. Сборник научных трудов/ Энергосетьпроект, 1986, с.80-86.
4. Зинченко В.Ф., Будовский В.П., Кудин В.Г., Мойжес В.М. Гибридное полупроводниково-электромагнитное реле.- Электрические станции, 1983, №8, с.63-65.
5. Будовский В.П., Зинченко В.Ф. Гибридное ПП-ЭМ реле с торможением для защиты ВЛ распределительных сетей. - Электрические станции, 1986, №9, с.61-63.