

Это даст возможность осуществлять селективность и иметь вспомогательную вторичную обмотку нормально разомкнутой. При исследовании э. д. с. между разомкнутыми концами дополнительной обмотки трансформатора тока типа ТП не получалась больше 40—50 в. Такой трансформатор тока при срабатывании защиты (замыкании цепи оперативного тока)

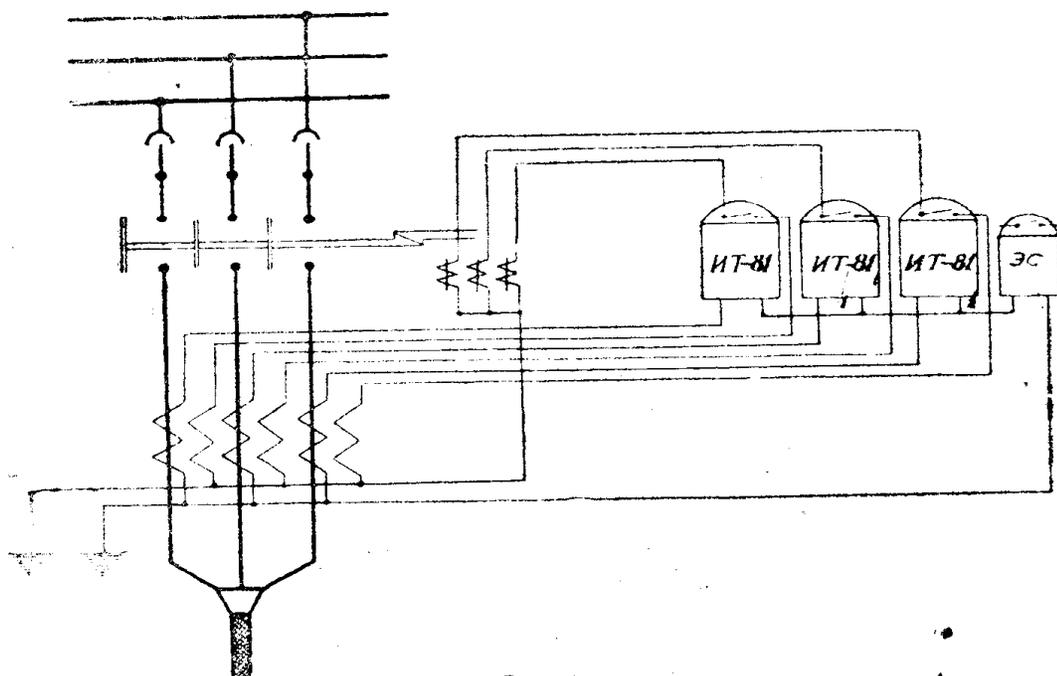


Рис. 1

переходит на режим трехобмоточного трансформатора тока. Обе вторичные обмотки, как сидящие на одном сердечнике, оказывают друг на друга влияние через свои поля рассеяния, вследствие чего внутренние сопротивления и падения напряжения в них увеличиваются.

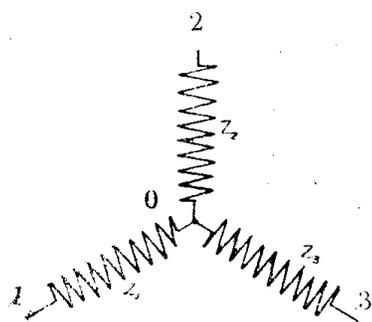


Рис. 2

Эквивалентная схема трехобмоточного трансформатора тока может быть выражена тремя полными сопротивлениями z_1 , z_2 и z_3 , соединенными в звезду в точке 0 (рис. 2). Такая схема должна пониматься не как векторная диаграмма с местом электрического соединения в точке 0, а как однопроводная схема соединения, у которой точки 1, 2 и 3 принадлежат одной фазе. Сопротивления z_1 , z_2 и z_3 могут быть определены экспериментально при попарном исследовании обмоток. При этом

$$\dot{z}_{12} = \dot{z}_1 + \dot{z}_2,$$

$$\dot{z}_{23} = \dot{z}_2 + \dot{z}_3,$$

$$\dot{z}_{31} = \dot{z}_3 + \dot{z}_1,$$

откуда

$$\dot{z}_1 = \frac{1}{2} (\dot{z}_{12} + \dot{z}_{31} - \dot{z}_{23}), \quad \dot{z}_2 = \frac{1}{2} (\dot{z}_{12} + \dot{z}_{23} - \dot{z}_{31}),$$

$$\dot{z}_3 = \frac{1}{2} (\dot{z}_{23} + \dot{z}_{31} - \dot{z}_{12}),$$

Полная схема замещения приведена на рис. 3.

При применении трансформаторов тока с двумя вторичными обмотками ток в обмотке реле, после срабатывания последнего, не должен быть меньше тока возврата, так как в противном случае масляный выключатель может не отключаться. Последнее требует применения катушек отключения МВ малой мощности.

Существующие максимальные реле автоматических коробок КАМ (ВМ-14) потребляют мощность отключения 50 *ва*. В результате исследо-

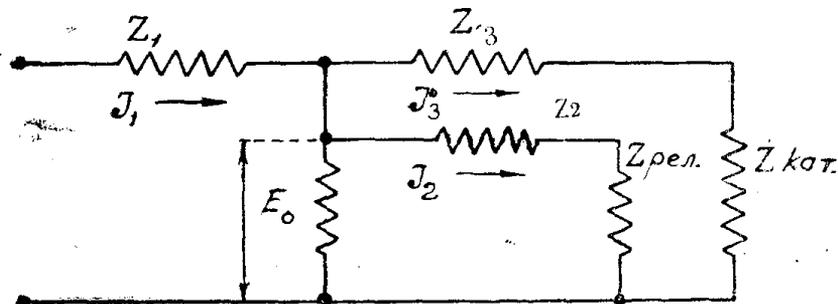


Рис. 3

ваний и изменения параметров выключающего устройства удалось мощность отключения МВ понизить до 5,7 *ва* ($u = 9$ в, $I = 0,63$ А). Это дало возможность (проверено экспериментально) одновременно питать максимальное реле и отключающую катушку от одного трансформатора тока.

Для выключающей катушки связь между током и напряжением, как известно, выражается следующей формулой:

$$I = \frac{u}{\sqrt{R^2 + \left[\frac{0,4 \cdot \pi \omega s \omega 10^{-8}}{l \left(\frac{2}{k} + \frac{s}{l \left(g_e + \frac{g \cdot l}{3} \right)} \right)} \right]^2}},$$

где: R — активное сопротивление катушки, ω — число витков в катушке, s — площадь сечения сердечника в $см^2$, ω — угловая частота, l — длина катушки, $k = \frac{B}{H}$, g_e — магнитная проводимость рабочего потока воздушного промежутка, g — проводимость потоков утечки на 1 см. длины магнитопровода.

Зная I , можно найти величину магнитной индукции

$$B = \frac{0,4 \cdot \pi \omega I}{l \left[\frac{2}{k} + \frac{s}{l \left(g_e + \frac{g l}{3} \right)} \right]}$$

и напряженность магнитного поля

$$H = \frac{B}{\left(g_e + \frac{g l}{3} \right) \frac{l}{s}}.$$

Тяговые усилия

$$P = \frac{(Hl)^2}{8\pi} \cdot \frac{dg_x}{d\delta} \cdot \frac{1}{981} \text{ грамм.}$$

Значения производной от проводимости по ходу якоря и параметры катушки можно определить по способу доц. Б. С. Сотскова, опубликованному в журнале „Автоматика и телемеханика“ № 2, 1940 г.

Определим силу тока, протекающую через выключающую катушку. Из схемы замещения, приведенной на рис. 3 следует, что

$$E_0 = I_2(z_2 + z_{\text{реле}})$$

и

$$E_0 = I_3(z_3 + z_{\text{катушки}});$$

приравняем эти два уравнения

$$I_2(z_2 + z_{\text{реле}}) = I_3(z_3 + z_{\text{катушки}}), \quad (a)$$

где I_3 является геометрической разностью токов первичной обмотки и обмотки, к которой подключено реле

$$I_3 = I_1 - I_2;$$

это соотношение перепишем в следующем виде:

$$I_2 = I_1 - I_3$$

и подставим в уравнение (a)

$$(I_1 - I_3) \cdot (z_2 + z_{\text{реле}}) = I_3(z_3 + z_{\text{катушки}}). \quad (b)$$

Как указано выше,

$$z_{\text{катушки}} = R + j \left[l \left(\frac{2}{k} + \frac{s}{l} \frac{1}{g_c + \frac{g \cdot l}{3}} \right) \right]$$

$z_{\text{реле}}$, z_2 и z_3 могут быть определены по известным способам.

Введем обозначения

$$z_2 + z_{\text{реле}} = z_2'$$

$$z_3 + z_{\text{катушки}} = z_3'$$

и подставим в уравнение (b)

$$(I_1 - I_3) \cdot z_2' = I_3 \cdot z_3'$$

или

$$I_1 \cdot z_2' = I_3(z_2' + z_3'),$$

откуда определится ток, протекающий через выключающую катушку

$$I_3 = I_1 \frac{z_2'}{z_2' + z_3'}$$

Трансформаторы тока при переходе на режим трехобмоточного трансформатора получают дополнительные погрешности. Для уяснения этого вопроса построим диаграмму ампервитков (рис. 4). Ампервитки AW_2 обмотки трансформатора тока, питающей релейную защиту, после ее срабатывания уменьшаются и могут получить дополнительный сдвиг фаз относительно э.д.с. E_2 . Это скажет влияние на ошибки трансформатора тока.

К известным формулам определения погрешностей для двух обмоточных трансформаторов тока можно добавить, что ошибки трехобмоточных трансформаторов тока прямо пропорциональны вторичным ампервиткам обмотки 3 и \cos (для погрешностей по току) или \sin (для погрешностей по углу) угла между векторами ампервитков вторичных обмоток 2 и 3.

Эти ошибки придется учитывать, особенно в схемах дифференциальных и земляных защит.

Для определения электродинамической устойчивости трехобмоточных трансформаторов тока можно воспользоваться известными методами определения сил взаимодействия между обмотками трехобмоточных трансформаторов. Эти методы подсчета здесь не приводятся. Но из них известно, что у трехобмоточных трансформаторов механические силы между обмотками бывают в 2 или 4 раза меньше, чем у двухобмоточных. Это же справедливо и для трехобмоточных трансформаторов тока.

Термическая устойчивость не представляет особого интереса, так как при переходе на режим трехобмоточного трансформатора тока ток во вторичной обмотке, питающей реле, снижается и быстро вообще исчезает, в связи с отключением МВ. По этой причине термическая устойчивость не рассматривается.

Заключение

1. Трехобмоточные трансформаторы тока не потребуют повышения динамической и термической устойчивости.

2. Для целей питания защиты и выключающих устройств масляных выключателей мощность трехобмоточных трансформаторов тока будет меньше, чем двухобмоточных с дополнительными трансформаторами тока типа ТКБ-1.

3. При трехобмоточных трансформаторах тока упрощается схема электрических соединений, уменьшаются размеры и вес измерительных трансформаторов, что даст возможность применять их и в высоковольтных ящиках.

4. Перемотка трансформаторов тока и изменение параметров выключающих устройств осуществимы собственными силами на местах, путем подсчета на основе выведенных выше соотношений.

5. В дальнейшем необходимо исследовать возможность работы трехобмоточных трансформаторов тока и в других защитах.