

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДУКТИВНОГО ПАРАМЕТРОНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

А. Х. МУСИН, А. В. ШМОЙЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедры электрических станций)

В существующих в настоящее время защитах от замыкания на землю используются трансформаторы тока нулевой последовательности (ТНП). Мощность во вторичной цепи, получаемая от ТНП, иногда оказывается недостаточной. При использовании направленных защит приходится считаться с угловой погрешностью ТНП. Для увеличения мощности во вторичной цепи применяют ТНП с подмагничиванием. Получаемая при этом мощность зависит от величины тока нулевой последовательности и фазы подмагничивания.

Применение индуктивного параметрона позволяет получить мощность во вторичной цепи, не зависящую от величины тока нулевой последовательности.

На рис. 1 приведено распределение полного тока нулевой последовательности при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью. На каждой линии установлен параметрон П, при помощи которого фиксируется направление этого тока и определяется поврежденная линия.

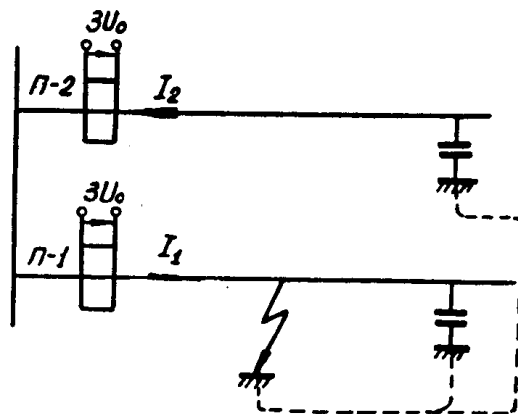


Рис. 1. Распределение тока нулевой последовательности при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.

настроенный на частоту 50 Гц. В цепь питания обмоток подмагничивания включены управляемый контакт К и соединенное с ним параллельно сопротивление Z.

Возникающее при замыкании на землю напряжение нулевой последовательности U_0 прикладывается к обмоткам подмагничивания через

Принцип устройства параметрона показан на рис. 2. Оба кольцевых магнитопровода А и Б охватывают три фазы защищаемой электроустановки, например кабель. Обмотки подмагничивания ω_{1A} и ω_{1B} соединены между собой последовательно встречно. Ко вторичной обмотке ω_2 подключен конденсатор С, образующий с индуктивностью вторичной обмотки параметрически возбуждаемый колебательный контур,

сопротивление z (контакт K разомкнут). Существующий при этом ток замыкания на землю I_0 наводит во вторичной обмотке э.д.с., зависящую от величины тока I_0 . Через некоторое время контакт K замыкается, например после срабатывания реле контроля изоляции, шунтируя сопротивление z , и к обмоткам подмагничивания прикладывается полное напряжение U_0 . При этом в колебательном контуре всегда возникают стационарные параметрические колебания с амплитудой, не зависящей от величины тока I_0 . Это обстоятельство дает возможность получить выходную мощность, не зависящую от величины тока I_0 . Амплитуда возникших колебаний может регулироваться при неизменной величине

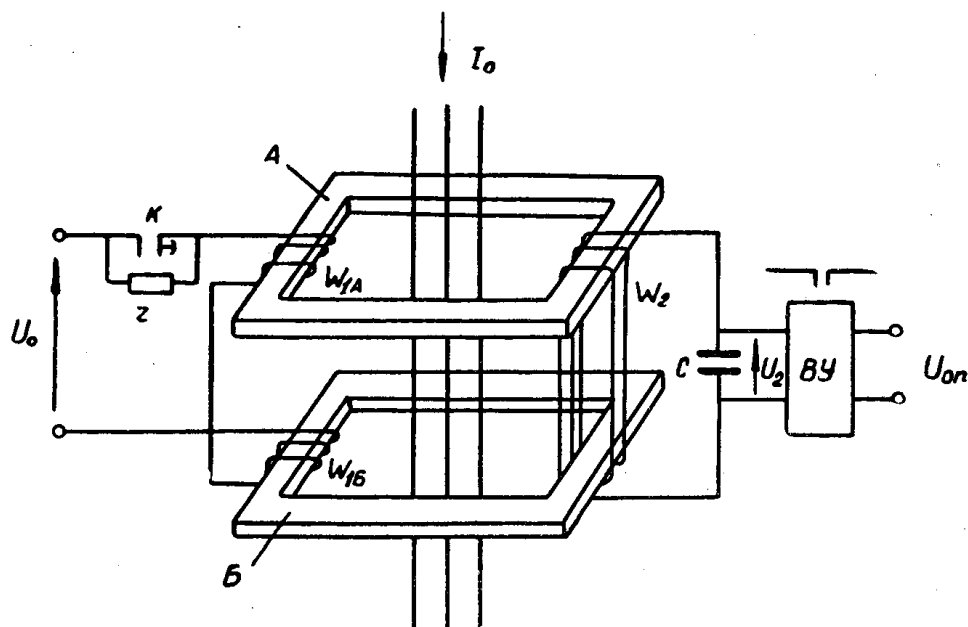


Рис. 2. Принцип устройства параметрона. А и Б — два одинаковых замкнутых магнитопровода; w_{1A} и w_{1B} — обмотки подмагничивания с одинаковым количеством витков; w_2 — вторичная обмотка; C — конденсатор; K — управляемый контакт; z — сопротивление; U_0 — напряжение подмагничивания; I_0 — ток замыкания на землю; ВУ — выходное устройство, представляющее собой орган фазовой селекции; $U_{он}$ — опорное напряжение.

напряжения подмагничивания U_0 путем изменения конструктивных параметров параметрона. Причем фаза стационарных колебаний жестко связана с фазой напряжения подмагничивания U_0 и может иметь только одно из двух возможных значений: $+90^\circ$ или -90° . Управление этой фазой осуществляется фазой тока замыкания на землю I_0 . На рис. 3 приведены характеристики управляемости фазой колебаний параметрона. Как видно из рисунка (кривая 1), теоретически в области $45^\circ < \varphi < 225^\circ$ возникающие параметрические колебания имеют фазу $+90^\circ$; в области $225^\circ < \varphi < 45^\circ$ — фазу -90° .

Практически (кривые 2 и 3) фазовые области однозначного возбуждения меньше 180° . Увеличение значения тока I_0 приводит к приближению фазовых областей к 180° . Центры фазовых областей имеют значение $\varphi_0 = -45^\circ$ и $\varphi_0 = 135^\circ$. Чем больше отличается значение φ от φ_0 , тем большее значение I_0 необходимо для надежного управления фазой параметрических колебаний. Минимальное значение I_0 для надежного управления получается при $\varphi = \varphi_0$. Для обеспечения этого необходимо (рис. 4) параметроны подмагничивать напряжением U_0^1 , повернутым относительно U_0 на угол -45° . Тогда фаза полного тока замыка-

ния на землю будет отличаться от φ_0 на угол δ , обусловленный наличием активной составляющей I_a в токе замыкания на землю. Однако величина I_a составляет не более 2—3% от полного тока замыкания на землю [1]. Поэтому величиной δ можно пренебречь.

Введение в цепь подмагничивания параметрона управляемого контакта K и сопротивления z позволяет исключить влияние остаточной намагниченности сердечников на управляемость фазой параметрических колебаний, повышая тем самым чувствительность устройства к величине тока замыкания на землю I_0 . Величина сопротивления z должна быть выбрана такой, чтобы величина напряжения, прикладываемого непосредственно к обмоткам подмагничивания при разомкнутом контакте K , была недостаточной для возбуждения параметрических колебаний.

Влияние высших гармоник в токе I_0 сказывается на управляемости фазой параметрона со значений: третья гармоника — при превышении

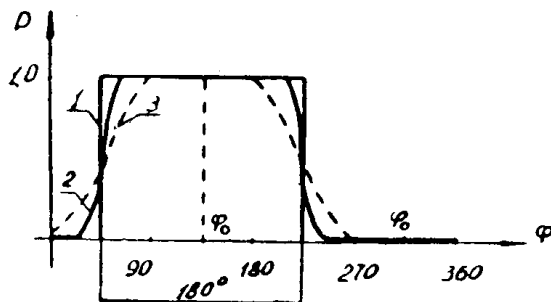


Рис. 3. Характеристики управляемости фазой колебаний параметрона. P — вероятность возникновения параметрических колебаний с фазой $+90^\circ$; φ — угол сдвига фаз между напряжением подмагничивания и током замыкания; 1 — теоретическая кривая; 2, 3 — экспериментальные кривые соответственно при $I_{02} > I_{03}$.

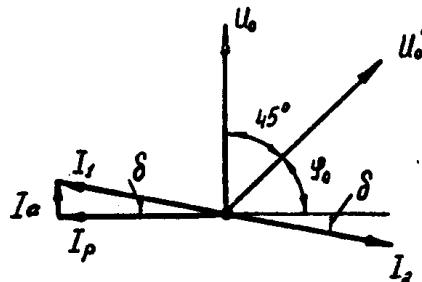


Рис. 4. Векторная диаграмма токов и напряжений при замыкании на землю в сети рис. 1.

тока I_0 в пять раз; пятая — в восемь раз, и т. д. В существующих сетях такого уровня высших гармоник в токе замыкания на землю не встречается [2].

Возникающие в колебательном контуре параметрические колебания несут в себе информацию как о факте появления замыкания на землю, так и о фазе замыкания. Возникновение параметрических колебаний свидетельствует о наличии замыкания на землю, а фаза возникающих колебаний дает возможность судить о фазе (направлении) тока замыкания. Последнее позволяет выявить поврежденный фидер.

В качестве выходного органа фазовой селекции может быть использован усилитель среднего значения тока с фазовым управлением, нагрузкой которого является реле РЭС-9.

Выше предполагалось питание параметронов осуществлять от дополнительной обмотки трансформатора напряжения НТМИ. В случае установки большого количества параметронов мощность НТМИ может оказаться недостаточной для питания всех параметронов. Тогда возможно осуществить питание параметронов однополярными импульсами тока с частотой 100 Гц, формируемыми от постороннего источника постоянного тока. Формирование может быть осуществлено при помощи тиристора. Подмагничивание параметрона импульсами с частотой 100 Гц позволяет исключить влияние небаланса, обусловленного неидентичностью сердечника А и Б, на управляемость фазой параметров. Управля-

ющие импульсы формируются из напряжения нулевой последовательности U_0 .

Результаты экспериментальной проверки параметрона как реагирующего органа защиты от замыканий на земле приведены в приложении.

Выводы

1. Показана возможность применения индуктивного параметрона как реагирующего органа в защитах от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.

2. Экспериментальная проверка предложенного устройства показала, что защита с параметроном является селективной и обладает чувствительностью 0,3А к току нулевой последовательности.

3. Выходное напряжение параметрона не зависит от тока нулевой последовательности, т. е. защита является равночувствительной. Это позволяет просто выполнить логическую часть защиты, используя мало чувствительные реле.

Приложение

В лабораторных условиях был испытан индуктивный параметрон (рис. 1). Магнитопроводы А, Б набраны из трансформаторной стали Э41 типа Г—25. Толщина набора каждого магнитопровода 8 мм. Параметры обмоток $w_{1A} = w_{1B} = 1100$ витков, провод ПЭЛØ0,51; $w_2 = 1900$ витков, провод ПЭЛØ0,41. Окно в чистоте 75×75 мм.

Величина емкости $C = 2$ мкФ (МБГЧ—1; 2 мкФ±10%, $U_n = 250$ В).

В качестве сопротивления z включено сопротивление активное. Ток I_0 пропусклся по проводнику, проходящему внутри окна параметрона. Напряжение подмагничивания равнялось 92 В (50 Гц). Величина z принята такой, что величина напряжения, прикладываемого непосредственно к обмоткам подмагничивания при разомкнутом контакте К, равнялась 32 В.

Напряжение U_2 возникающих параметрических колебаний равнялось 180 В (50 Гц). Минимальная величина тока I_0 , надежно управляющая фазой напряжения U_2 , равнялась 0,3 А.

Потребляемая цепью подмагничивания мощность 30 ВА, отбираемая от выходной цепи — 3 ВА.

В качестве выходного устройства использовалось реле напряжения РН с двумя обмотками. К одной обмотке прикладывалось опорное напряжение $U_{оп}$ в фазе с U_0 такой величины, чтобы реле не срабатывало. Другая обмотка подключалась к выходу параметрона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. А. Лихачев. Выбор, установка и эксплуатация дугогасящих катушек. М., ГЭИ, 1955.

2. А. А. Грикманис, Я. К. Розенкронс. Отыскание однофазных замыканий на землю. «Электрические станции», № 7, 1965.