

А.В. Акулов,
 (Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),
А.Г. Ликаренко, канд. техн. наук
 (Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОИСКА ПОВРЕЖДЕННОЙ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ ВЕНТИЛЬНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 КВ

В существующих устройствах для определения поврежденной фазы в основном используют такие параметры, как: снижение абсолютных значений напряжений поврежденной фазы, сумма (или разность) векторов опорных фазных напряжений и ННП, выпрямленное оперативное напряжения поврежденной фазы, угол сдвига между фазными напряжениями и ННП. Кроме того, существуют комбинированные устройства, использующие несколько указанных параметров.

Устройства, реагирующие на снижение выпрямленного оперативного напряжения поврежденной фазы, выполняются по принципу измерения выпрямленных фазных напряжений контролируемой сети.

Особенностью данных устройств является их работа по активной составляющей тока замыкания на землю и значительно меньшая зависимость уставок от емкости фаз сети.

Устройства с вентильными схемами имеют реагирующий элемент в виде системы вентиляей, выпрямляющих оперативный ток в цепи изоляции сети, – исполнительное реле. Устройства, построенные на данном принципе, широко применяются в шахтных электрических сетях до 1000 В (УАКИ, БЗП, БЗО и др.). С развитием полупроводниковой техники становится актуальной возможность применения данной схемы в сетях 6–10 кВ.

На рис. 1 рассмотрен один из упрощенных вариантов устройств данного типа — схема ЗВ (три вентиля), где R_{vda} , R_{vdb} , R_{vdc} — ограничительные сопротивления; R_a , R_b , R_c — сопротивления изоляции сети; C_a , C_b , C_c — емкости изоляции фаз сети; R_z — сопротивление утечки.

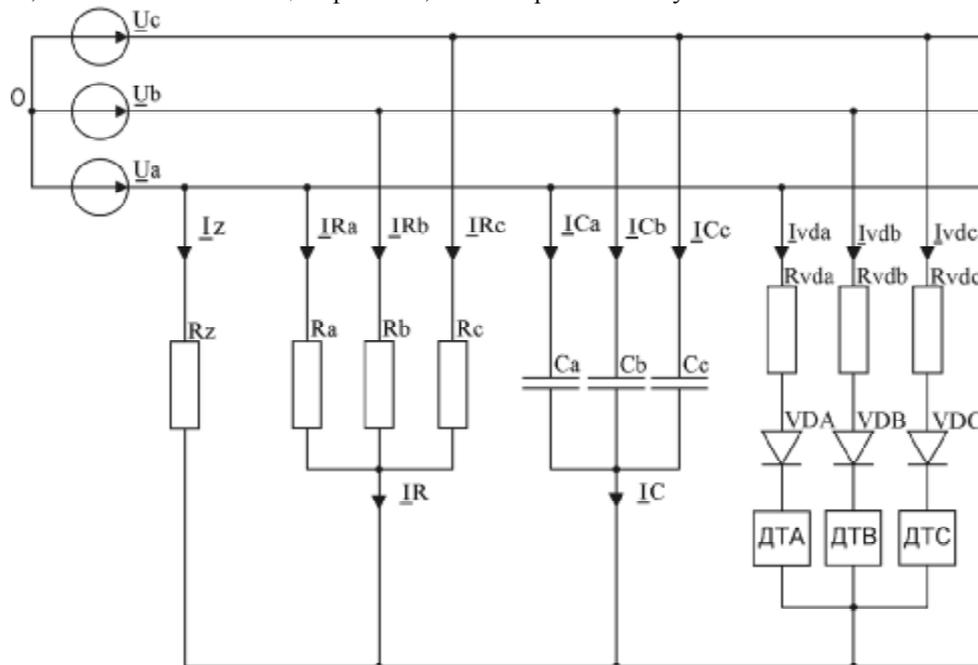


Рис. 1. Принципиальная схема устройства, реагирующего на снижение выпрямленного оперативного напряжения поврежденной фазы

При построении устройств на базе схемы ЗВ, не требующих высокого быстродействия, в качестве исполнительных органов обычно используют реле, реагирующие на среднее значение входного параметра, например тока. В быстродействующих устройствах исполнительные органы реагируют не на среднее значение входного параметра, а на мгновенное значение в момент возникновения утечки на землю.

Время срабатывания вентильной схемы можно определить, зная мгновенное значение напряжения на нагрузке и используя схему замещения для интервалов времени проводимости вентиляей.

В устройстве с трехфазным выпрямителем в любой момент работает вентиль той фазы, которая в данную часть периода имеет наибольший потенциал. Через каждый вентиль ток протекает в течение 1/3

части периода. Переход тока от одного вентиля к другому происходит в момент пересечения положительных полувольт синусоид фазных напряжений сети.

На рис. 2 приведены временные диаграммы, поясняющие принцип действия устройства определения токов утечки в сети с изолированной нейтралью. При симметричной работе сети средние значения токов, протекающих в цепи вентилях, равны между собой. В момент возникновения утечки в одной из фаз (фаза

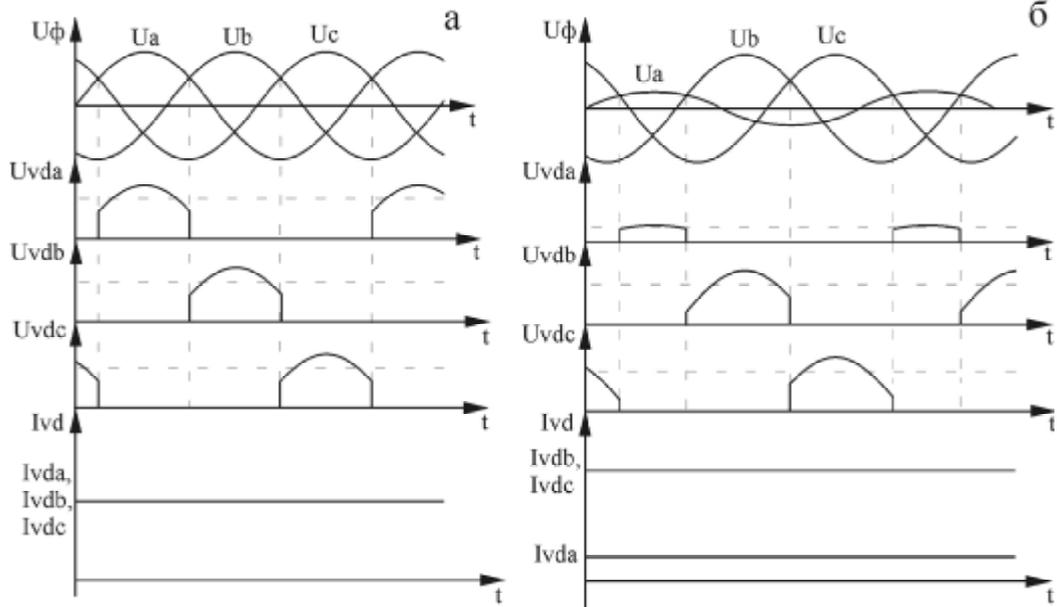


Рис. 2. Временные диаграммы при симметричной нагрузке в установившемся режиме (а) и при возникновении утечки в фазе А (б)

А на рис. 2, б) напряжение сети снижается на величину $I_z R_z$, следовательно, среднее значение тока в цепи вентиля поврежденной фазы уменьшается. Устройство, выполненное по схеме 3В, реагирует на это снижение тока и подает сигнал на исполнительный орган защиты.

Для оценки чувствительности данной схемы была исследована имитационная модель в программной среде Workbench с такими параметрами: напряжение сети 6 кВ, активное сопротивление изоляции 20 кОм, емкость сети 0,1–5 мкФ, сопротивление утечки 1–30 кОм, температура окружающей среды – 27° С. Характеристики диодов, представленных в схеме, близки к идеальным: прямое напряжение срабатывания – 1В, максимальное обратное напряжение – 10^{30} В, время перехода – 0 с, активное сопротивление – 0 Ом, коэффициент эмиссии – 1.

Зависимости средних значений тока в цепи вентилях от сопротивления утечки при постоянных сопротивлениях изоляции и емкости фаз в сети с изолированной нейтралью приведены на рис. 3.

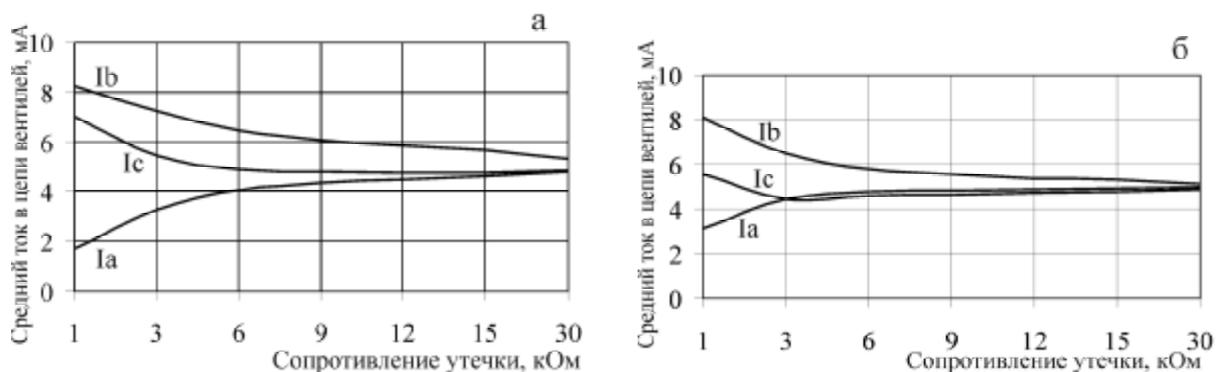


Рис. 3. Зависимости среднего значения тока в цепи вентилях от сопротивления утечки при $C_{\phi} = 0,4$ мкФ (а) и при $C_{\phi} = 1$ мкФ (б)

Как видно из графиков, чувствительность устройства резко ухудшается с увеличением емкости сети. Для сетей напряжением 6–10 кВ емкость фаз находится в пределах 1–10 мкФ, что ограничивает чувствительность сопротивлением утечки до 1 кОм.

Следует отметить, что вследствие высокой емкостной составляющей тока однофазной утечки в сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью работа устройства определения поврежденной фазы методом 3В является неэффективной.

В сетях с компенсированной нейтралью степень влияния емкостной составляющей снижается, пропорционально величине расстройки компенсации.

На рис. 4 приведены зависимости разности между минимальным средним значением тока в цепи вентиля неповрежденных фаз и тем же значением цепи фазы (ΔI) с утечкой от сопротивления утечки при постоянных сопротивлениях изоляции и ёмкости фаз. Кривая 1 обозначает ΔI при резонансной настройке компенсирующего устройства, кривая 2 – ΔI при недокомпенсации на 15%, кривая 3 – ΔI при перекомпенсации на 15%. Отрицательное значение ΔI на рис. 4, б означает, что ток в цепи вентиля поврежденной фазы больше, чем ток в одной из неповрежденных фаз.

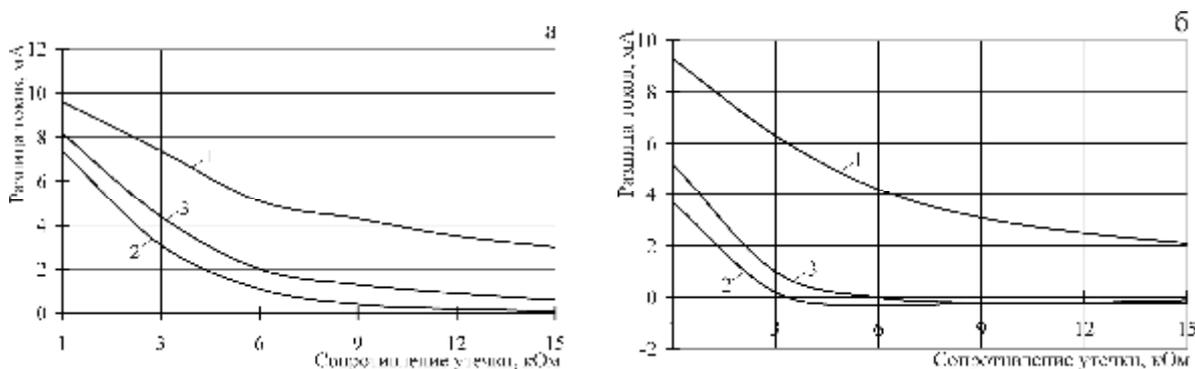


Рис. 4, а – Зависимости ΔI от сопротивления утечки при $C_{\phi} = 2$ мкФ (а) и при $C_{\phi} = 5$ мкФ (б)

Из вышеприведенных графиков следует, что устройство определения поврежденной фазы методом 3В при расстройке компенсации будет давать ошибочные данные поврежденной фазы. Это утверждение справедливо для сетей, с емкостью изоляции свыше 2 мкФ/фазу. Причём поврежденную фазу можно определить и в сетях 6–10 кВ даже при меньшем значении емкости изоляции и сопротивлении утечки до 30 кОм. Следовательно, данную схему определения поврежденной фазы сети необходимо использовать в совокупности с устройством автоматической подстройки компенсирующего реактора.

Выводы

- Устройства выбора поврежденной фазы методом 3В в сетях напряжением 6–10 кВ с изолированной нейтралью неэффективны и могут быть использованы лишь при емкости фаз относительно земли не больше 0,2 мкФ.
- В сетях с компенсированной нейтралью при условии резонансной настройки компенсирующего устройства, метод 3В будет эффективным при емкости сети до 10 мкФ.

Список литературы

1. Бухтояров, В. Ф. Защита от замыканий на землю электроустановок карьеров [Текст]/ В. Ф. Бухтояров, А. В. Маврицын – М. : Недра, 1986.– 184 с.
2. Самойлович, И.С. Режимы нейтрали электрических сетей карьеров [Текст]/ Самойлович И.С. – М.: Недра, 1976. – 175 с.
3. Ягодаев, Б.М. Защита от электропоражения в горной промышленности [Текст]/ Б.М. Ягодаев, Н.Ф. Шишкин, В.В. Назаров. – М. : Недра, 1982. – 152 с.

Рекомендовано до друку: проф. Шкрабцем Ф.П.