

3. Сінчук І.О., Бойко С.М., Щербак М.А. Обґрунтування можливості використання ортогональної вітрової установки в умовах підземних гірничих виробок шахт //Технічна Електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність». Частина 4 – Харків, Інститут Електродинаміки НАН України, 2012. – С. 179-181.

4. Яворский Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф // – «Наука» М. – 1971. – С. 134 – 269.

5. Горбунов В.И. Вентиляция шахт. – Магнитогорск. – 2007. – С. 24–50.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.316.925.014.6

О.Н. СИНЧУК, д-р техн. наук, проф., А.Г. ЛИКАРЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
А.А. ПЕТРИЧЕНКО, аспирант, Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ОТ ТОКОВ УТЕЧКИ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Приведены результаты исследований защитных характеристик аппаратов защиты от токов утечки АЗАК и СА-ЗУ в условиях комбинированной электрической сети. Установлена бесперспективность направления создания новых аппаратов защиты на постоянном оперативном токе на базе существующих аппаратов защиты для комбинированных электрических сетей.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Эксплуатация электротехнических комплексов в особо опасных условиях, каковыми являются предприятия с подземными способами добычи полезных ископаемых, напрямую связана с необходимостью защиты горнорабочих от поражения электрическим током при случайном прикосновении их к токоведущим частям находящихся под напряжением.

Известные и пока еще применяемые на отечественных горных предприятиях аппараты защиты людей, такие как «реле утечки» в силу массового применения импульсных преобразователей для питания электрической энергией электротехнических комплексов, и связанные с этим факты искажения форм кривых тока и напряжения в сетях, являются не эффективными. Необходим поиск и разработка новых аппаратов защиты с новыми защитными характеристиками, позволяющим активно выполнять функции защиты людей в новых структурах электрических сетей – комбинированных, т.е. как с синусоидальными так и искаженными, в силу преобразования, формами тока и напряжения.

Постановка задания. Целью работы является исследование защитных характеристик аппаратов защиты от токов утечки АЗАК и САЗУ в условиях комбинированной электрической сети для оценки возможности использования в них постоянного тока для контроля сопротивлений изоляции и утечек.

Изложение материала и результаты. Для проведения исследования защитных характеристик АЗАК и САЗУ, аппаратов имеющих принципиально различные схемные решения, была создана физическая модель комбинированной сети. Она содержала промышленный выпрямитель и тиристорный преобразователь напряжения, а в качестве их нагрузки использовалась система “двигатель - генератор”. Генератор нагружался на балластные сопротивления. Параметры изоляции участков сети принимались сосредоточенными, а их имитация осуществлялась набором соответствующих сопротивлений (резисторов) и конденсаторов. Испытание аппаратов защиты осуществлялись методом активного эксперимента. Общие условия и методика испытаний аппаратов защиты соответствовала ГОСТ 22929 [1]. Защитные характеристики представлены в относительных единицах, при базовой величине уставки по отключающему сопротивлению утечки, $k_{уст} = U_{\phi} / I_{дел.д} = 220В / 25мА = 8,8$.

На рис. 1 представлены защитные характеристики аппаратов АЗУР (1,3,5) и САЗУ (2,4,6) в комбинированной сети, содержащей электропривод постоянного тока, питаемый через нерегулируемый выпрямитель.

Защитные характеристики являются зависимостями однофазной $r_{y(\approx)}^{1*}$ и однополюсной $r_{y(=)}^{1*}$ утечек от сопротивления изоляции на участках переменного $R_{u(\approx)}^*$ и постоянного $R_{u(=)}^*$ токов. Параметры изоляции на участках, где не создавалась утечка, принимались равными $R_{u(=)}^* = R_{u(\approx)}^* = 11,25$. При утечках на отрицательном полюсе отключающие сопротивление для обоих аппаратов значительно превышали требуемую защитную характеристику: САЗУ в (4,5-7) раз; АЗУР в (2-6,5) раз. При утечках на положительном полюсе выпрямителя АЗУР и САЗУ не срабатывали, т.е. $r_{y(+)}^{1*} = \infty$. Введение емкости в электрическую сеть, как до выпрямителя так и после него, практически никакого влияния на отключающие сопротивление утечки САЗУ-2 и АЗУР не оказывало. Напряжение выпрямителя даже при высоком симметричном сопротивлении изоляции (99 кОм) на участке выпрямленного напряжения существенно увеличивает отключающие сопротивление при однофазной утечке до выпрямителя как в аппарате АЗУР так и САЗУ, т.е. имеет место значительная “перезащита” сети.

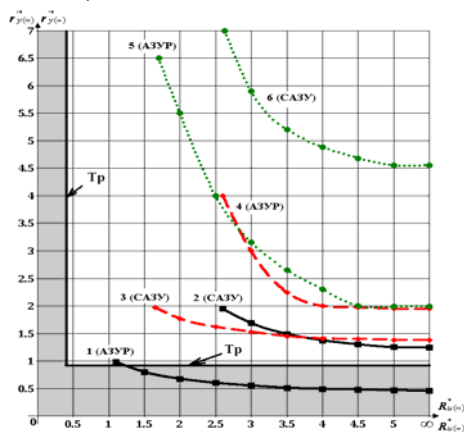


Рис. 1. Защитные характеристики аппаратов защиты АЗУР и САЗУ при работе в сети неуправляемого выпрямителя и утечках на стороне питания и выпрямленной стороне: 1,2 - $r_{y(\approx)}^{1*} = f(R_{u(\approx)}^*; R_{u(=)}^* = 11,25); C_u^{\approx} = C_u^{\bar{}} = 0$; 3,4 - $r_{y(\approx)}^{1*} = f(R_{u(=)}^*; R_{u(\approx)}^* = 11,25); C_u^{\approx} = C_u^{\bar{}} = 0$; 5,6 - $r_{y(=)}^{1*} = f(R_{u(\approx)}^*; R_{u(=)}^* = 11,25); C_u^{\approx} = C_u^{\bar{}} = 0$; $r_{y(+)}^{1*} = \infty$; T_p - требуемая защитная характеристика по электробезопасности $r_{уст} = U\phi / I_{дл.д}$; $R_{u(кр)} = 3,5 \text{ кОм}$.

Из сравнения защитных характеристик АЗУР и САЗУ можно сделать вывод, что они не обеспечивают минимальную безопасность при работе в сети неуправляемого выпрямителя, так как при утечках с положительного полюса имеют место их полные функциональные отказы. При утечках в других точках комбинированной сети аппараты срабатывают со значительным превышением требуемого по условиям электробезопасности значения (в 1,5-7 раз), т.е. создают не приемлемую по условиям эксплуатации “перезащиту” сети.

Защитные характеристики аппаратов САЗУ и АЗАК в комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения для регулируемого электропривода постоянного тока снимались для случаев возникновения однофазной утечки до и после выпрямителя $r_{y(\approx)}^{1*}, r_{y(=)}^{1*}$ в зависимости от сопротивления изоляции на участке где возникла утечка $R_{u(\approx)}^*$ или $R_{u(=)}^*$ и величины регулируемого напряжения $U_{np} = 0; 50; 100; 150; 250 \text{ В}$.

На участке, где не создавалась утечка сопротивление изоляции устанавливались равным 99 кОм.

На рис. 2а представлены защитные характеристики аппарата АЗАК при утечке тока до тиристорного регулятора, а на рис. 2б - для аппарата САЗУ в зависимости от регулируемого напряжения ($U_{np} = 0; 50; 100; 150; 250 \text{ В}$) и сопротивления изоляции участков сети переменного тока $R_{u(\approx)}^*$ и постоянного токов $R_{u(=)}^*$.

Сопротивление изоляции участка сети без утечки $R_{u(=)}^*$ или $R_{u(\approx)}^*$ принималось 11,25, а емкость изоляции до и после преобразователя - равной нулю.

Так как, защитные характеристики АЗАК и САЗУ при утечке на участке сети до выпрямителя, при включенном его состоянии, находятся существенно ниже характеристики требуемой по условиям минимальной безопасности (затененная область), то эти аппараты ее не обеспечивают.

Причем в аппарате САЗУ при критическом значении сопротивления изоляции имеет место его полный функциональный отказ, т.е. не срабатывание.

Таким образом, защитные характеристики аппаратов АЗАК и САЗУ (рис. 2а и рис. 2б) опровергают существующее мнение, что симметричное сопротивление изоляции на участке постоянного тока никакого влияния на их работу не оказывает.

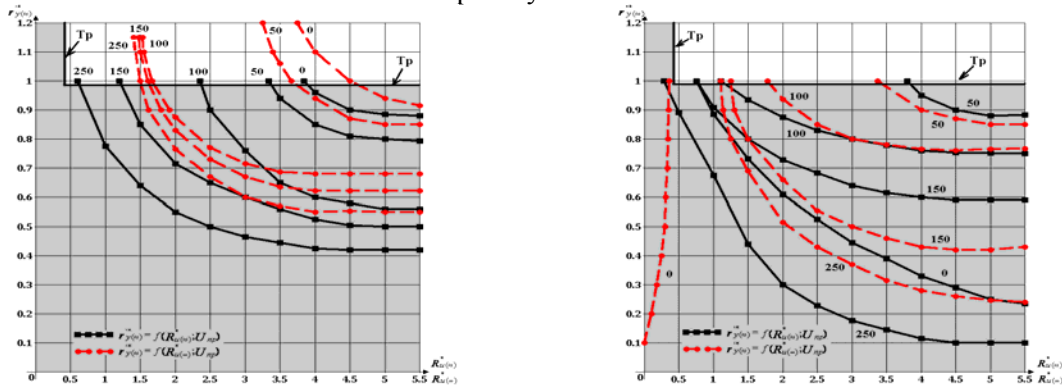


Рис. 2. Защитные характеристики аппаратов защиты при утечке до тиристорного регулятора напряжения: а - аппарат защиты АЗАК; б - аппарат защиты САЗУ

На рис. 3а и рис. 3б представлены защитные характеристики соответственно аппаратов АЗАК и САЗУ в комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения на участке сети постоянного тока. Эти защитные характеристики есть зависимости предельно отключающего сопротивления утечки с положительного (+) или отрицательного (-) полюса тиристорного регулятора в зависимости от: сопротивления изоляции участка промышленной частоты $R_{u(±)}^*$ и напряжения преобразователя $U_{np}=0;50;100;150;250$ В: $r_{y(+)}^* = f(R_{u(±)}^*); U_{np}$ и $r_{y(-)}^* = f(R_{u(±)}^*); U_{np}$; сопротивления изоляции участка постоянного тока $R_{u(±)}^*$ и тех же значений напряжения U_{np} преобразователя: $r_{y(+)}^* = f(R_{u(±)}^*); U_{np}$ и $r_{y(-)}^* = f(R_{u(±)}^*); U_{np}$.

Сопротивление изоляции участка без утечки: $R_{u(±)}^* = R_{u(±)}^* = 11,25$; емкость изоляции участков сети: $C_u=0$.

Из сравнений защитных характеристик АЗАК и САЗУ видно, что влияние однополюсных утечек тока на их защитные характеристики практически одинаково.

При утечке с положительного полюса защитные характеристики аппаратов располагаются значительно ниже требуемой, по условиям электробезопасности, а в зоне критического сопротивления изоляции они имеют разрыв, т.е. несрабатывание. При утечке с отрицательного полюса защитные характеристики АЗАК и САЗУ располагаются значительно выше требуемой, т.е. имеет место “перезашита” сети в 2-7 раз, что не приемлемо по условиям эксплуатации.

Таким образом, защитные характеристики аппаратов защиты на постоянном оперативном токе не удовлетворяют требованиям электробезопасности и условиям эксплуатации комбинированных сетей.

Поэтому направления создания аппаратуры защиты от утечек, для сетей с преобразователями энергии на базе существующих аппаратов от утечек в трехфазных электрических сетях, т.е. аппаратов на постоянном оперативном токе является *безперспективным*.

Необходимо вести разработку аппаратуры защиты для этих сетей на переменном оперативном токе, выделяя и контролируя его активную составляющую [3].

Выводы и направление дальнейших исследований. В комбинированной сети с неуправляемым выпрямителем защитные характеристики аппарата защиты на постоянном оперативном токе существенно отличаются от требуемой по условиям электробезопасности.

На участке промышленной частоты $r_{yo} = f(R_{u(±)})$, уже при симметричной изоляции 99 кОм на участке постоянного тока, у аппарата САЗУ они проходят значительно выше требуемой (2-5 раз), а АЗАК - в зоне значений меньших половины требуемых.

Зависимость отключающих сопротивлений однофазных сопротивлений изоляции на участке постоянного тока $r'_{yo} = f(R_{u(=)})$ отличается от требуемой в (2-7) раз.

В комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения защитные характеристики исследуемых аппаратов на участке промышленной частоты в зависимости от параметров симметричной изоляции на участке промышленной частоты $r'_{yo} = f(R_{u(\approx)})$ и постоянного тока $r'_{yo} = f(R_{u(=)})$ проходят существенно ниже требуемой, т.е. электробезопасность не обеспечивается.

Причем у аппарата САЗУ имеет место функциональный отказ при напряжении выпрямителя $U_{пр}=0$, вплоть до критического значения сопротивления изоляции.

В комбинированной сети с тиристорным регулятором напряжения защитные характеристики исследуемых аппаратов на участке постоянного тока с отрицательного и положительного полюса в зависимости от сопротивлений симметричной изоляции на участках промышленной частоты $r^+_{yo}; r^-_{yo} = f(R_{u(\approx)})$ и постоянного тока $r^+_{yo}; r^-_{yo} = f(R_{u(=)})$ имеют разрывы, а их участки проходят как выше, так и ниже требуемой защитной характеристики.

Направление создания аппаратуры защиты от утечек для сетей, с преобразователями энергии на базе существующих аппаратов защиты на постоянном оперативном токе, следует признать бесперспективным.

Альтернативой ему является разработка для этих сетей аппаратуры на переменном оперативном токе, при выделении и контроле его активной составляющей.

Список литературы

1. ГОСТ 22929. Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением до 1200 В. Введен 1979-01-01.
3. Лейбов Р. М. Утечки в шахтных электрических сетях. – М.: Углетехиздат, 1952, 363с.
4. Княмпо Е. М. Исследование и разработка аппаратуры защиты от утечек тока для тиристорного электропривода горных машин. Автореф. дис. канд. техн. наук / Восточный НИИ по безопасности работ в горной промышленности. – Кемерово, 1985. - 24с.

Рукопись поступила в редакцию 16.01.14

УДК 621.318.48:621.316

О.М. СІНЧУК, д-р техн. наук, проф.,

Т.М. БЕРІДЗЕ, І.О. СІНЧУК, кандидати техн. наук, доц.,

О.М. ЯЛОВА, аспірантка, Криворізький національний університет

ДО ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАЛІЗОРУДНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Наведено результати досліджень по аналізу споживання енергії вітчизняними залізорудними шахтами. Приведено структуру енергоспоживання, встановлено, що основним видом споживання енергії є електрична. Запропоновано обґрунтовану методику управління процесом електроспоживання залізорудних виробництв.

Проблема та її зв'язок з науковими та прикладними задачами. Конкурентоспроможність на світовому ринку видобуваної на вітчизняних гірничорудних підприємствах залізорудної сировини (ЗРС) значною мірою залежить від собівартості процесу її видобутку. Нажаль, з ряду в т.ч. об'єктивних причин, цей показник на всіх без винятку вітчизняних залізорудних підприємствах незалежно від способу видобутку ЗРС - кар'єрний (відкритий) чи підземний (шахтний) має стійку тенденцію до щорічного зростання [1].

Значно, поряд з іншими об'єктивними (хоча й не завжди об'єктивними) чинниками, «привина» в цій зростаючій прогресії - енерговитрати на 1 т руди, що видобувається, і, що важливо - електроенерговитрати, оскільки, наприклад для підземних комбінатів, вони, складають більше