

УТЕЧКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ДУГОВЫХ ПЛАЗМОТРОНОВ

Наведено дослідження електромагнітних процесів в комбінованих мережах, що живлять електродугові плазмотрони установок плазменного розширення свердловин з метою виявлення аварійних втрат на землю.

Эксплуатация технологических установок с дугowymi плазмотронами в горной промышленности возможна только при условии решения всех проблем, связанных с обеспечением безопасности работ на таких установках. Одной из наиболее сложных является проблема электробезопасности, поскольку энерго-снабжение установки осуществляется от промышленных (шахтных) сетей переменного тока с использованием встроенного в нее силового полупроводникового преобразователя и, следовательно, речь идет о комбинированной электрической сети [1]. Кроме того, цепи постоянного тока, питающие плазмотрон, имеют нестабильную технологическую утечку на землю, которая раскладываясь на аварийные утечки существенно усложняет идентификацию последних.

Настоящая работа посвящена исследованию электромагнитных процессов в комбинированных сетях, питающих дуговые плазмотроны шахтных технологических установок, с целью обнаружения аварийных утечек на землю в этих сетях при наличии в них нестабильных технологических утечек на землю.

Питание электрооборудования в горной промышленности обычно осуществляется по трехпроводной схеме, т. е. без нулевого провода. При питании по такой схеме технологических установок, содержащих дуговой плазмотрон, например, установок плазменного расширения скважин, эквивалентную электрическую схему для исследования токов утечек на землю в таких установках можно представить в виде рис.1.

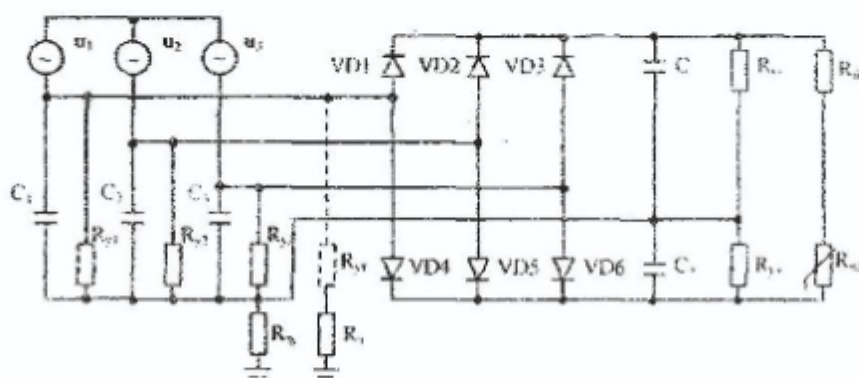


Рис.1. - Упрощенная эквивалентная схема электрической системы установки для плазменного расширения скважин.

На рис.1 питающая трансформаторная подстанция, моделируемая тремя источниками синусоидальной переменной ЭДС u_1 , u_2 , u_3 , емкости C_1 , C_2 , C_3 эквивалентные суммарным емкостям по отношению к земле вторичных обмоток трансформатора подстанции (1^я, 2^я и 3^я фазы, соответственно) и фазных жил

кабеля, соединяющего подстанцию и полупроводниковый преобразователь технологической установки; R_{y1}, R_{y2}, R_{y3} – активные сопротивления изоляции фаз для токов утечек на землю; $VD1...VD5$ – силовые полупроводниковые вентили преобразователя установки; C_+, C_- – эквивалентные емкости по отношению к земле (корпусу установки) положительного и отрицательного, соответственно, полюсов цепи постоянного тока установки с учетом емкостей жил кабеля, питающего плазмотрон; R_{y+}, R_{y-} – активные сопротивления утечек на землю с вышеупомянутых полюсов; R_0 – балластное сопротивление установки; R_{nl} – эквивалентное (нелинейное) сопротивление плазмотрона.

Пренебрегая внутренним сопротивлением трансформатора подстанции и активными сопротивлениями жил кабелей можно внутреннее сопротивление трехфазной системы для токов однофазных утечек на землю (корпус) определить соотношением:

$$\dot{Z}_0 = \frac{(R_{y1}R_{y2} + R_{y2}R_{y3} + R_{y3}R_{y1}) \cdot \prod_{i=1}^3 R_{yi} - j \cdot 2\pi \cdot f \cdot \sum_{i=1}^3 C_i}{4\pi^2 \cdot f^2 \left(\sum_{i=1}^3 C_i \right) \cdot \prod_{i=1}^3 R_{yi}^2 + (R_{y1}R_{y2} + R_{y2}R_{y3} + R_{y3}R_{y1})^2}, \quad (1)$$

где f – частота питающей сети, Гц.

Ток однофазной утечки на землю через сопротивление R_{ym} (рис.1):

$$\dot{I}_{y-} = \frac{\dot{U}_\Phi}{\dot{Z}_0 + R_{zy} + R_z + R_{ym}}, \quad (2)$$

где R_{zy}, R_z – сопротивления заземлений установки и второго вывода резистора утечки R_{ym} (рис.1), соответственно; $\dot{U}_\Phi$ – комплекс фазного напряжения фазы в которой возникла однофазная утечка через R_{ym} .

При однополюсной утечке ток течет под действием пульсирующего напряжения, создаваемого группой вентилях $VD1...VD3$ (рис.1) для отрицательного полюса и группой вентилях $VD4...VD6$ – для положительного. Если величины емкостей C_+, C_- в схеме рис.1 пренебрежимо мала, то двойная амплитуда пульсаций напряжений достигает $0.5U_{\Phi m}$, а частота $3f$. Постоянная составляющая такого напряжения определяется известным соотношением [2]:

$$U_{cp} = \frac{m \cdot U_m}{2\pi} \int_{\frac{\pi(m-2)}{2m}}^{\frac{\pi(m+2)}{2m}} \sin \alpha \, d\alpha, \quad (3)$$

где U_m — амплитудное значение фазного напряжения; m — число фаз источника, питающего вентили $VD1...VD3$ или $VD4...VD6$ преобразователя; α — фазовый угол, отсчитываемый от точки перехода анодного напряжения через нуль в положительную сторону.

Учитывая, что в нашем случае (рис. 1) $m=3$, легко вычислить (3):

$$U_{cp} = 0.827 \cdot U_m \quad (4)$$

Среднее значение тока однополюсной утечки на землю через сопротивление R_{yt} с любого из двух полюсов, пренебрегая влиянием C_+ , C_- , R_{y-} , R_{y+} можно, по аналогии с (2), определить соотношением:

$$I_{ncp} = \frac{U_{cp}}{R_0 + R_{y1} + R_{y2} + R_{ym}}, \quad (5)$$

где

$$R_0 = \frac{R_{y1} \cdot R_{y2} \cdot R_{y3}}{R_{y1} \cdot R_{y2} + R_{y2} \cdot R_{y3} + R_{y3} \cdot R_{y1}} \quad (6)$$

определяем из (1) при $f=0$.

В установках плазменного расширения скважин длина кабель-шланга, соединяющего плазмотрон с полупроводниковым преобразователем, достигает 40-50 метров и утечки через изоляцию жил этого кабеля существенно влияют на величину напряжения U_{cp} и внутреннее сопротивление R_0 , поэтому среднее значение тока утечки с любого из полюсов:

$$I_{ncp} = \frac{R_y \cdot U_{cp}}{R_0 R_y + (R_0 + R_y) \cdot (R_{y1} + R_{y2} + R_{ym})}, \quad (7)$$

где R_y соответствует R_{y-} для отрицательного полюса и R_{y+} для положительного.

Емкости токоведущих частей жил кабель-шланга C_- и C_+ создают дополнительные цепи для переменных составляющих токов однополюсных утечек на землю. Для определения величин переменных составляющих этих токов, протекающих через R_{ym} и C_- , C_+ разложим зависимости мгновенных значений напряжений полюсов от времени $u_+(t)$ и $u_-(t)$ в ряд Фурье [2]. Ввиду симметрии этих графиков относительно оси ординат разложение будет содержать лишь косинусоидальные составляющие с амплитудами:

$$U_{mv} = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \cdot \frac{m}{v^2 m^2 - 1} \cdot U_m. \quad (8)$$

Первая гармоника разложения имеет частоту $3f$ и амплитуду $U_{m1}=0.2067$ для схемы преобразователя рис.1. В практических расчетах целесообразен учет второй гармоники $U_{m2}=0.04726$ и третьей $U_{m3}=0.02068$. Все гармоники более высоких порядков малы и при обработке сигнала измерительной информации могут быть сравнительно легко подавлены ввиду относительно высоких частот.

При внезапных изменениях величин сопротивлений однополюсных утечек R_{ym} постоянные составляющие токов однополюсных утечек на землю изменяются по экспоненциальным законам с постоянной времени C_1, C_2, C_3 , а также C_+ и C_- , и активными сопротивлениями цепей заряда – разряда этих емкостей. В установках плазменного расширения скважин при работе на железистых кварцитах постоянные времени цепей заряда-разряда имеют значения порядка единиц секунд, что обусловлено большим удельным сопротивлением указанных минералов, а также относительно большой длиной питающих кабелей (до 100 м).

Анализ токов утечек на землю в электрических цепях установок, содержащих дуговые плазмотроны с помощью приведенных выше соотношений позволяет сформулировать исходные технические требования к аппаратуре контроля этих токов и обеспечить с ее помощью электробезопасность применения дуговых плазмотронов в горной промышленности.

Экспериментальные исследования электромагнитных процессов в установках плазменного расширения скважин в лабораторных и промышленных условиях (на железорудных шахтах Кривбасса) показали, что допущения, принятые при выводе вышеприведенных количественных соотношений, позволяют рассчитывать величины токов утечек на землю с достаточной для разработки аппаратуры их контроля точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Колосюк В.П. Защитное отключение рудничных электроустановок. - М.: Недра, 1980. - 334 с.
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники; В2-х т. Том.1. - Л.: Энергоатомиздат, 1981. - 536с.: ил.

УДК 622.23.085.3:622.243.955

С. А. Курносков

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАТОРА ДЛЯ ВИБРАЦИОННО-БУРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ ШПУРОВ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Досліджена ефективність застосування сили удару, статичного навантаження та частоти коливань на швидкість заглиблення індентора з неоднаковими вібраційними джерелами при утворенні шпурів у привибійної частині вугільних пластів різної міцності.

Отработка режимов внедрения индентора и выбор рациональных параметров виброисточника для вибрационно-бурового способа образования шпуров в призабойной части угольных пластов проведена на специально оборудованном стенде [1]. В последнем система индентор-вибратор выполнена в масштабе 1:10. Устройство двухбалансного вибромолота ВМ общей массой 9,6 кг (масса дебалансов $m_{deb.}=2 \times 0,05$ кг) позволяет в определенных пределах изменять массу и число обо-