

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГООТДАЧИ ИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД

Викладається теоретичне (безкамерне) дослідження електричних характеристик ланцюгів мобільних інформаційно-вимірювальних систем технологічних процесів шахтних піднімальних комплексів з метою оцінки їх іскробезпеки

THE STUDY TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY FROM ELECTRIC CIRCUITS MOBILE INFORMATION-MEASURING SYSTEMS IN ELECTRIC CATEGORY

Is stated theoretical (tubeless) of the study of the electric features of the circuit's mobile information-measuring systems of the technological processes mine lifting complex for estimation their of equipment

Создание условий, исключая образование взрывоопасных концентраций метана, разработка и внедрение современных средств его контроля и своевременного удаления из шахт были и остаются актуальными задачами, которыми занимается Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ). Хотя существующие способы и средства проветривания шахт, дегазация угольных пластов, контроль параметров рудничной атмосферы позволили значительно повысить безопасность труда горняков, однако воспламенения метано-воздушной смеси все еще имеют место и причиняют ощутимый социальный и экономический ущерб народному хозяйству Украины [1]. Поэтому вопрос присутствия метана в рудничной атмосфере шахтного ствола при любой газовой обстановке вызывает необходимость разработки практических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ [2], а также решения ряда теоретических вопросов, связанных с разработкой аппаратуры измерения в шахтном стволе с помощью мобильных информационно-измерительных систем шахтных подъемных комплексов (МИИС). Одной из таких важных задач является моделирование возможной энергоотдачи из измерительных цепей МИИС: простой омической цепи и омической цепи с подключенным фидером (кабельной линией связи).

Моделирование омической цепи мобильных информационно-измерительных систем. Для определения энергоотдачи из омической цепи мобильных информационно-измерительных систем (МИИС) в электрический разряд воспользуемся его математической моделью линейного роста напряжения [3]. В нашем случае ток электрического разряда в омической цепи МИИС будет равен

$$i_{разр} = (E - U_{разр})/R = (E - U_{разр})/R - pEt/(TR) \quad (1)$$

где E - э.д.с. источника питания МИИС, $U_{разр}$ – напряжение разряда омической цепи МИИС, R – сопротивление омической цепи МИИС, p – коэффициент пропорциональности, показывающий во сколько раз в сравнении с э.д.с. источника питания возрастает напряжение разряда за время его существования T .

Энергия электрического разряда способного воспламенить ВШС с учетом вычета электрических потерь в контактах за время его существования будет равна

$$A_{воспл} = \int_0^T U_{разр} i_{разр} dt - \int_0^T U_{заж} i_{разр} dt = IET \left(\frac{p(n-1)}{2n} - \frac{p^2}{3} \right) = IE\varphi\beta \left(\frac{p(n-1)}{2n} - \frac{p^2}{3} \right) \quad (2)$$

где $n = E/U_{заж}$, а $T = \psi\beta$, ψ – время формирования минимального ядра пламени ВШС.

Вычислим значение коэффициента P , при котором энергия электрического разряда омической цепи максимальна:

$$dA_{воспл}/dp = (n-1)/2n - 2n/3 = 0$$

Тогда

$$p_{max} = 3(n-1)/4n$$

Подставив p_{max} в (2), получим:

$$A_{воспл max} = 3/16 \{ IE\psi\beta [(n-1)/n] \}^2$$

Моделирование омической цепи миис с отключенным фидером. Фидер (кабельная линия связи) МИИС представляет собой индуктивно-емкостную электрическую цепь с распределенными параметрами. Фидер МИИС в зависимости от параметров электрической цепи при испытаниях на искробезопасность проявляет себя как чистая индуктивность, как чистая емкость или как индуктивно-емкостная цепь. Наихудший случай с точки зрения искробезопасности МИИС когда фидер проявляет себя как чистая индуктивность. Поэтому при анализе энергоотдачи мы заменяем фидер индуктивностью. Так как анализ влияния фидера необходимо делать в зависимости от его длины, введем обозначение:

$$\zeta = L_{ног} / R_{ног}$$

где $L_{ног}$ – погонная индуктивность фидера (индуктивность на километр его длины), $R_{ног}$ – погонное сопротивление фидера (омическое сопротивление жил кабеля на километр его длины).

Понятно, что постоянная времени ς характеризует тип примененного кабеля и не зависит от его длины. Чтобы эта величина была безразмерной, отнесем ее ко времени формирования минимального ядра пламени ВШС β :

$$\phi = \varsigma / \beta$$

Смоделируем энергоотдачу из омического источника питания МИИС (с линейной нагрузочной характеристикой), к которому подключен фидер. Электрическая энергия разряда, определенная по рассмотренной выше линейной токовой модели для омического источника питания МИИС [1] за время разряда T , будет равна:

$$A_{\text{омич}} = I_{\text{ком}} ET/6 \quad (3)$$

где $I_{\text{ком}}$ – комутрующий ток омического источника питания МИИС до подключения фидера, E – э.д.с. омического источника питания МИИС.

После подключения фидера энергия электрического разряда электрической цепи МИИС, определенная по той же модели [1], с учетом индуктивности и за тоже время будет равна:

$$A_{\text{индук}} = I_1 ET/6 + L_{\text{ноз}} (I_1^2/2) = I_{\text{ком}} ET/6 \{ I_1/I_{\text{ком}} + I_1/I_{\text{ком}} [3L_{\text{ноз}}/(R + R_{\text{ноз}})T] \} \quad (4)$$

где R –ограничительное сопротивление омического источника питания электрической цепи МИИС без фидера, $I_1 = E/(R + R_{\text{ноз}})$; $I_{\text{ком}} = E/R$, $I_1/I_{\text{ком}} = R/(R + R_{\text{ноз}})$.

Введем обозначение:

$$k = R_{\text{ноз}}/(R + R_{\text{ноз}}) \quad (5)$$

Коэффициент k будет характеризовать длину фидера, и изменяться от 0 (фидер отсутствует) и до 1 (ограничительное сопротивление омического источника питания R будет пренебрежимо мало по сравнению с омическим сопротивлением фидера). Предлагаемая модель позволяет, изменяя k от 0 до 1 смоделировать все случаи различной длины фидера. Выражение (4) при подстановке в него выражения (3) и (5) примет вид:

$$A_{\text{индук}} = A_{\text{омич}} (1-k)(1+3k\phi) \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что полученная электрическая цепь МИИС будет характеризоваться коэффициентом l который равен:

$$l = (I_1 ET/6)/(I_1^2 L_{\text{ноз}}/2)$$

Тогда

$$A_{\text{индук}} = (I_1 ET/6)[(1+l)/l] = (I_{\text{ком}} ET/6)(I_1/I_{\text{ком}})[(1+l)/l] = A_{\text{омич}}(1-\phi)[(1+l)/l] \quad (7)$$

Сопоставляя (6) и (7) получим

$$[(1+l)/l] = 1 + 3\kappa\phi$$

Откуда

$$l = 1/3\kappa\phi, \text{ а } \kappa = 1/3l\phi \quad (8)$$

Из выражения (8) видно, что задаваясь коэффициентом l , можно определить значение коэффициента ϕ – косвенную характеристику длины фидера МИИС.

Отношение максимумов энергии электрического разряда за время его существования после подключения фидера МИИС будет равно:

$$A_{\text{подкл. max2}}/A_{\text{подкл. max1}} = (1-\kappa)\{[(1+3\kappa\phi)A_{\text{подкл. max2}}/A_{\text{индук}}]\}/(A_{\text{подкл}}/A_{\text{омич}}) \quad (9)$$

Отношение (9) позволяет сделать анализ влияния длины фидера МИИС на воспламеняющую способность коммутационных разрядов. Характеризуя фидер МИИС коэффициентом ϕ задаем коэффициент l (характеризующий электрическую цепь МИИС с фидером по величине доли энергии разряда от источника питания и кабеля) от ∞ до $l_{\text{критич}}$. Понятно, что при $l = \infty$ моделируется ситуация омической цепи МИИС или подсоединения фидера с нулевой длиной. В этом случае коэффициент κ равен нулю. При $\kappa = 1$ мы получаем $l_{\text{критич}} = 1/(3\phi)$.

Так как максимум электрической энергии разряда за критериальное время определяет его воспламеняющую способность, то изменение этих величин позволяет судить об изменении воспламеняющей способности МИИС при подключении фидера различной длины.

Анализ показывает, что при $\phi \leq 0,7$ воспламеняющая способность разрядов размыкания омической цепи МИИС с фидером при любой его длине всегда меньше, чем этой же электрической цепи МИИС без подключения фидера. При $\phi > 0,7$ наибольшая воспламеняющая способность электрических разрядов имеет место при равенстве ограничительного сопротивления источника питания МИИС и сопротивления жил фидера МИИС.

К сожалению, отсутствие финансирования и взрывной камеры не позволяет провести экспериментальную проверку моделирования влияния подсоединения фидера к МИИС в метано-воздушных ВШС. Однако проведенный анализ математического моделирования позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольшую опасность (увеличение электрической энергии разряда) от подсоединения фидера к МИИС имеет место в низковольтных цепях (мал коэффициент $n = E/U_{\text{зак}}$).

2. Наибольшая опасность подключения фидера при $\phi > 0,7$ к омической цепи МИИС (в зависимости от его длины) имеет место при равенстве ограничитель-

ного сопротивления источника питания и омического сопротивления жил фидера.

3. Так как коэффициент ϕ определяется параметрами фидера и ВШС, то один и тот же фидер в зависимости от ВШС может быть как элементом, не ограничивающим искробезопасную мощность в нагрузке, так и значительно ее снижающим.

4. Подключение фидера к омической цепи МИИС снижает искробезопасную мощность электрического разряда дополнительно к потерям на омическом сопротивлении фидера при его характеристике $\phi > 0,7$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Програма підвищення безпеки праці на вугільних шахтах. Сучасний стан і проблеми охорони праці. Затв. пост. Кабінету Міністрів України. – К. : Укр. – інформ. прав. Центр. – 2002. – С. 45-77.

2. Брюханов А.М., Кудинов Ю.В. О состоянии научных исследований по „Программе повышения безопасности труда на угольных шахтах” //Сб. научн. тр. МакНИ, - 2003. – С. 11-16.

3. Лопатин, В.В. Моделирование электрических разрядов, возникающих в электрических цепях и влияющих на взрывобезопасность аппаратуры мобильных информационно-измерительных системных комплексов / В.В. Лопатин// Геотехническая механика: Межвед. науч.-техн. сб./ ИГТМ НАН Украины.- Днепропетровск, 2008.- Вып.74 –С. 230-235.

УДК 622.7:741.6:532.5

В.П. Надутый, д-р техн. наук,
В.И. Елисеев, канд. физ.-мат. Наук,
В.И. Луценко, канд. техн. наук,
И.П. Хмеленко, аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПУСКАНИЯ ЖИДКОСТИ В ПОРОВОМ КАНАЛЕ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ СЛОЯ ГОРНОЙ МАССЫ

Запропоновано модель опускання рідини у поровому каналі перемінного перетину в шарі гірської маси і показано вплив гістерезисних втрат на пульсацію рідини в каналі

DEVELOPMENT OF MODEL OF LOWERING OF A LIQUID IN THE PORE CHANNEL OF VARIABLE SECTION AT DEHYDRATION OF ROCK LAYER

The model of lowering of a liquid in the pore channel of variable section in a layer of rock is offered and the influence hysteresis of losses on a pulsation of a liquid in the channel is shown

Одной из распространенных операций по обезвоживанию горной массы является виброгрохочение. Отличается в этом процессе обезвоживание слоя горной массы, лежащей на сетке. При этом интенсивность обезвоживания неравномерна по толщине слоя. В верхних слоях обезвоживание происходит интенсивно. При достижении нижних слоев, находящихся возле сетки, интенсивность обезвоживания резко замедляется. Для выяснения причин замедления и определения возможности управления этим процессом были выполнены экспе-