

УДК 621.647.1:621.316.1

ПРОЦЕСС ОТКЛЮЧЕНИЯ ОТВЕТВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТИ УЧАСТКА ШАХТЫ ПРИ НЕОДНОВРЕМЕННОСТИ ПОФАЗНОЙ КОММУТАЦИИ КОНТАКТОРА

Маренич К.Н., канд. техн. наук, доц., Руссиян С.А., аспирант
Донецкий национальный технический университет

Исследованы параметры процессов в электросети участка шахты при отключении кабельного ответвления, сопровождаемые неодновременной пофазной коммутацией

The parameters of processes in the local mining power system which take during switching off the part of cable and accompany by an simultaneously commutation of phases were analysed.

Постановка задачи и её актуальность. Применение аппарата защиты от утечек тока на землю (АЗ) – обязательное условие эксплуатации низковольтной электросети шахты [1]. Будучи включённым со стороны питающей трансформаторной подстанции, он контролирует состояние изоляции электросети участка, производя сравнение величины оперативного тока с контрольной величиной тока собственного измерительного контура.

Эксплуатация низковольтной электросети сопряжена с многочисленными переходными процессами, обусловленными контакторной коммутацией асинхронных двигателей (АД) потребителей. Такие процессы сопровождаются кратковременным повышением контролируемого параметра в АЗ и способны вызвать ложное срабатывание защиты при наличии определённых параметров сети, обусловленных её конфигурацией [2].

Основным коммутационным узлом низковольтной электросети участка шахты является контактор пускателя. Неодновременность гашения дуги между его силовыми контактами приводит к появлению разности потенциалов между нейтралью сети и землёй, что, в принципе, способно вызвать кратковременное увеличение контролируемого параметра в аппарате защиты и срабатывание последнего. С переводом участков электросетей шахт на более высокую ступень линейного номинального напряжения (1140 В) амплитуды электрических параметров рассматриваемого переходного процесса повышаются, и вероятность ложного срабатывания АЗ – увеличивается.

Анализ исследований и публикаций. Общие тенденции изменения параметров коммутационного переходного процесса в участковой электросети шахты установлены в исследованиях [2; 3]. Однако полученные результаты требуют уточнения, т.к. ранее не учитывалось влияние мощности участковой трансформаторной подстанции, а в исследовании [3] применённый метод математического описания процесса обусловил ряд ограничений в выдвинутых допущениях, что снизило точность результата. В частности, громоздкость изображения напряжения на ёмкости неотключаемой части сети, воспрепятствовала воспользоваться теоремой разложения при переходе к оригиналу. Поэтому представляется актуальным уточнение параметров объекта исследования (учёт особенностей дугогашения в контакторе; параметров участковой трансформаторной подстанции) и совершенствование подхода к его аналитическому описанию.

Постановка задачи. Задачей исследований является установление характера протекания коммутационных переходных процессов связанных с возникновением напряжения на неотключаемой части шахтной участковой электросети в процессе отключения её ответвления с учетом неодновременности пофазной коммутации, вызванной спецификой дугогашения в контакторе пускателя.

Основной материал и результаты исследования. Объектом исследования является электротехнический комплекс (ЭТК) технологического участка шахты в состоянии контакторного отключения ответвления, содержащего АД потребителя. Его расчётная схема приведена на рис. 1. Параметры трансформаторной подстанции участка, асинхронного двигателя потребителя, ёмкости изоляции неотключаемой и отключаемой частей электросети относительно земли представлены соответствующими элементами схемы.

Аналитическое описание процессов в данной схеме состоит в следующем:

а) состояние "до коммутации" (рис. 1.а):

$$I_{10m} = \frac{E_{1m}}{r_m + j\omega L_m + r + j\omega L}; \quad (1)$$

$$\varphi_{am} = I_{10m} (r + j\omega L); \quad (2)$$

$$\varphi_a(t) = \text{Im} \varphi_{am} e^{j\omega t}, \quad (3)$$

где r_m, L_m, r, L - активные сопротивления и индуктивности трансформатора и асинхронного двигателя;

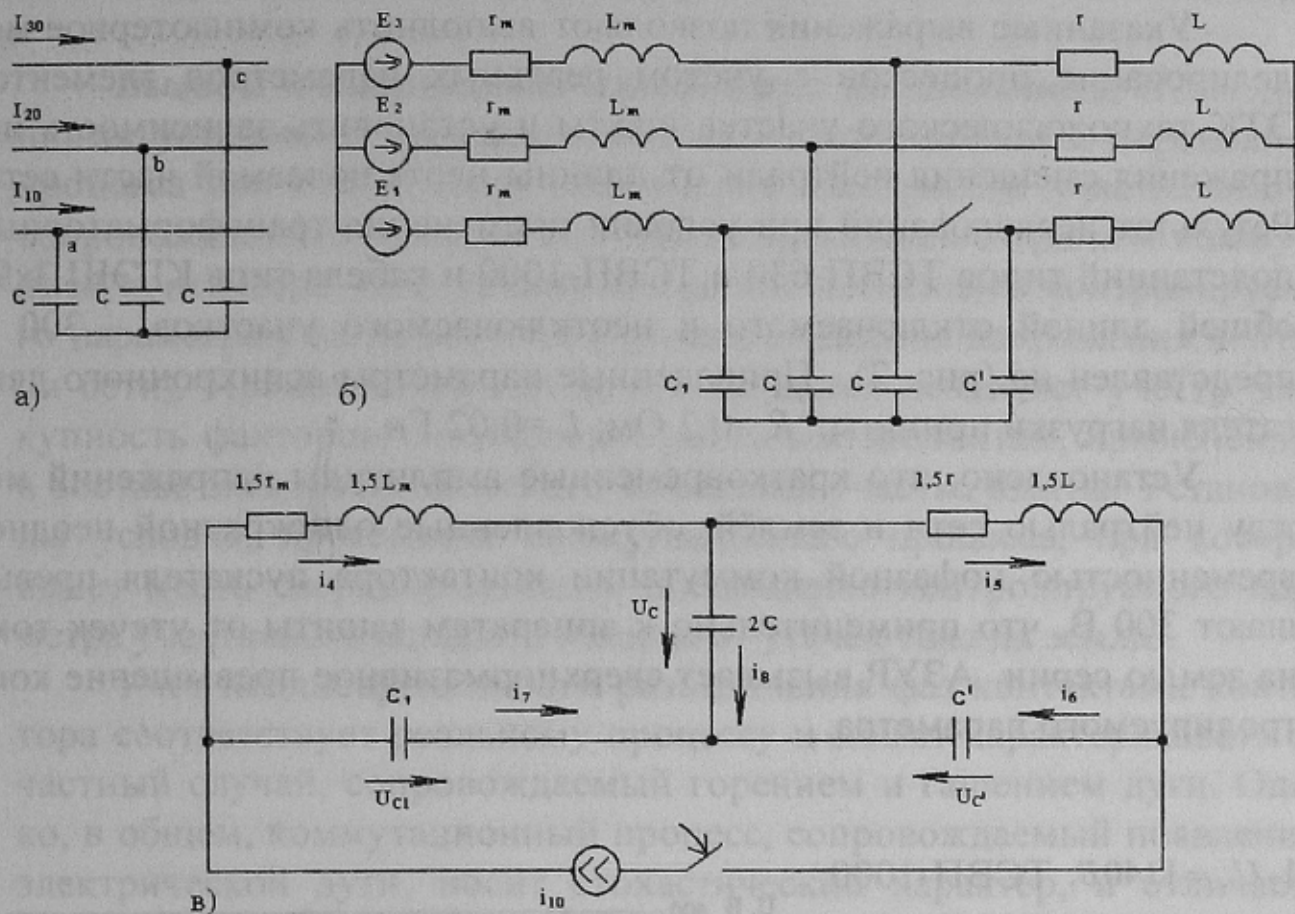


Рисунок 1 – Расчётная схема до коммутации (а), после начала отключения электродвигателя (б) и эквивалентная схема замещения (в)

б) в состоянии “после коммутации”, - согласно 1-му закону Кирхгофа, применительно к схеме замещения (рис. 1.в), математическая модель процесса описывается следующими уравнениями:

$$\left. \begin{cases} i_5 = i_6 - i_{10} \\ i_{10} = i_7 + i_4 \\ i_4 = i_8 + i_5 \end{cases} \right\} \text{— уравнения по узлам}$$

$$\left. \begin{cases} U_c - U_{c1} + 1,5i_4 r_m + 1,5L_m \frac{di_4}{dt} = 0 \\ 1,5ri_5 + 1,5L \frac{di_5}{dt} + U_{c'} - U_c = 0 \end{cases} \right\} \text{— уравнения по контурам} \quad (4)$$

где $i_6 = C \frac{dU_{c'}}{dt}$; $i_7 = C_1 \frac{dU_{c1}}{dt}$; $i_8 = 2C \frac{dU_c}{dt}$,

$i_4(0_+) = 0$; $i_5(0_+) = 0$; $U_c(0_+) = 0$; $U_{c1}(0_+) = 0$; $U_{c'}(0_+) = 0$.

Тогда напряжение на ёмкости неотключаемой части сети принимает значение:

$$U_{c1np} = \varphi_a + U_{c1}. \quad (5)$$

Указанные выражения позволяют выполнить компьютерное моделирование процессов с учётом реальных параметров элементов ЭТК технологического участка шахты и установить зависимость напряжения смещения нейтрали от длины неотключаемой части сети. Результат исследований при условии применения трансформаторных подстанций типов ТСВП-630 и ТСВП-1000 и кабеля типа КГЭШ 3x95 общей длиной отключаемого и неотключаемого участков – 300 м представлен на (рис. 2). Приведенные параметры асинхронного двигателя нагрузки приняты: $R=0,2$ Ом; $L=0,02$ Гн.

Установлено, что кратковременные амплитуды напряжений между нейтралью сети и землёй, обусловленные однократной неодновременностью пофазной коммутации контактора пускателя превышают 300 В, что применительно к аппаратам защиты от утечек тока на землю серии АЗУР вызывает сверхнормативное превышение контролируемого параметра.

- 1- $U_n = 1140$ В, ТСВП-1000;
- 2- $U_n = 1140$ В, ТСВП-630;
- 3- $U_n = 660$ В, ТСВП-1000;
- 4- $U_n = 660$ В, ТСВП-630

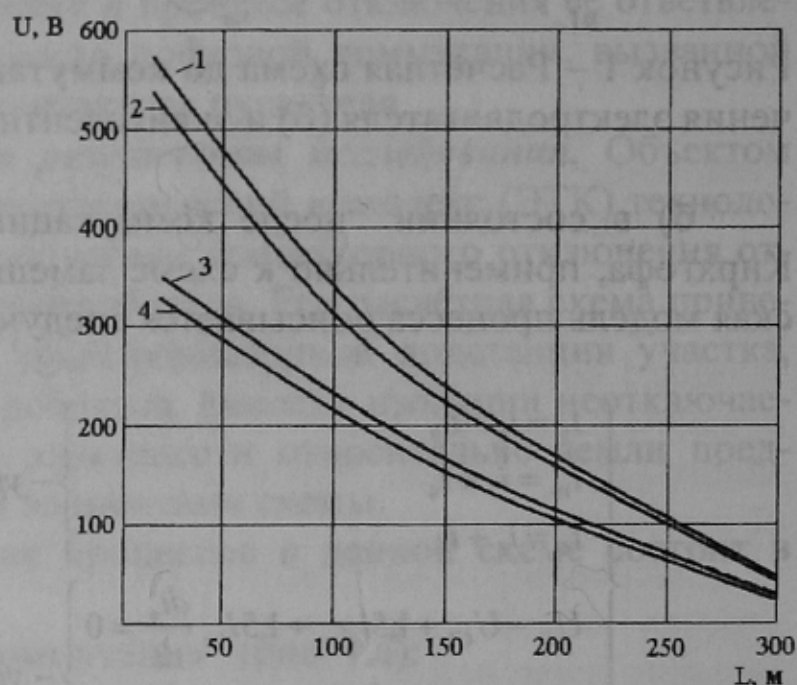


Рисунок 2 – Изменение амплитуды напряжения смещения нейтрали в процессе отключения от ветвления при неодновременности пофазной коммутации в зависимости от протяженности неотключаемого участка сети

Из графика следует, что с ростом мощности трансформаторных подстанций от 630 кВА до 1000 кВА напряжение между нейтралью сети и землей будет увеличиваться, в частности, при 660 В на 3,9%, а при 1140 В на 5,3%, оказывая негативное влияние на устойчивость работы АЗ.

Выводы и направление дальнейших исследований. Исследованиями установлен характер влияния коммутационного переходного процесса при отключении ответвления электросети участка шахты, сопровождаемого однократной неодновременной пофазной коммутацией контактора, на величину изменения косвенного контролируемого параметра участкового АЗ (уровень смещения напряжения нейтрали сети). Применённый метод исследования позволяет учесть совокупность факторов, отвечающих реальным элементам, применённым в составе электротехнического комплекса участка шахты. Установлены условия, протекания коммутационного процесса, при которых имеет место сверхнормативное превышение контролируемого параметра участкового аппарата защиты от утечек тока на землю.

Учет неодновременности разъединения фаз контактами контактора соответствует реальному процессу и может характеризовать его частный случай, сопровождаемый горением и гашением дуги. Однако, в общем, коммутационный процесс, сопровождаемый появлением электрической дуги, носит стохастический характер, и отличается множественностью неодновременных коммутаций разных пар фаз трёхфазной сети, чередованием зарядов - разрядов ёмкостей изоляции кабелей и перераспределением перекосов фазных напряжений. Исследование такого процесса, на основе представленного аналитического материала и обоснованных допущений является логическим развитием данной работы.

Список источников.

1. ГОСТ 22929-78. Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением до 1200 В. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 16 с.
2. Дзюбан В.С. Аппараты защиты от токов утечки в шахтных электрических сетях. – М.: Недра. 1982. с. 87-106.
3. Шкрабец Ф.П., Шидловская Н.А., Дзюбан В.С., Вареник Е.А. Анализ параметров и процессов в шахтных электрических сетях. Днепропетровск, 2003.