

УДК 621. 316. 3

О ВЛИЯНИИ КОММУТАЦИИ ОТВЕТВЛЕНИЯ ШАХТНОЙ УЧАСТКОВОЙ СЕТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ АППАРАТА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

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

Исследованы процессы изменения параметров в реагирующем элементе аппарата защитного отключения электросети участка шахты, обусловленные восстановлением номинального уровня напряжения после отключения застопоренного электродвигателя.

The authors have studied parameter changes in a responding element of a protecting cut-out device conditioned by the recovery of rated voltage in the electric system after switching-off the electric motors.

Постановка задачи и её актуальность. Электробезопасность эксплуатации силового электрооборудования в шахте обеспечивается обязательным применением аппаратов защиты от утечек тока на землю (АЗ) в составе электротехнических комплексов. Однако эксплуатация самих АЗ сопряжена с проблематикой обеспечения их устойчивости к ложным срабатываниям в связи с возникающими коммутационными переходными процессами. Одним из таких процессов является автоматическое отключение асинхронного двигателя, ротор которого прекратил вращение в силу появления повышенного момента сопротивления. Связанный с этим нагрев обмоток двигателя пусковым током вызывает срабатывание датчика температурной (как правило, терморезисторной) защиты (рис.1) и последующее отключение двигателя от сети [1].

Результатом этого является резкое снижение потерь напряжения в питающей подстанции, обусловленных пусковым током двигателя с застопоренным ротором и, как следствие, восстановление номинального (или близкого к нему) уровня напряжения в участковой электросети. Последнее ведёт к броску оперативного напряжения в АЗ и тока на его измерительном элементе, что может спровоцировать ложное срабатывание защитного аппарата с отключением сети. Поэтому исследование особенностей влияния коммутационных переходных процессов в электротехническом комплексе технологического участка

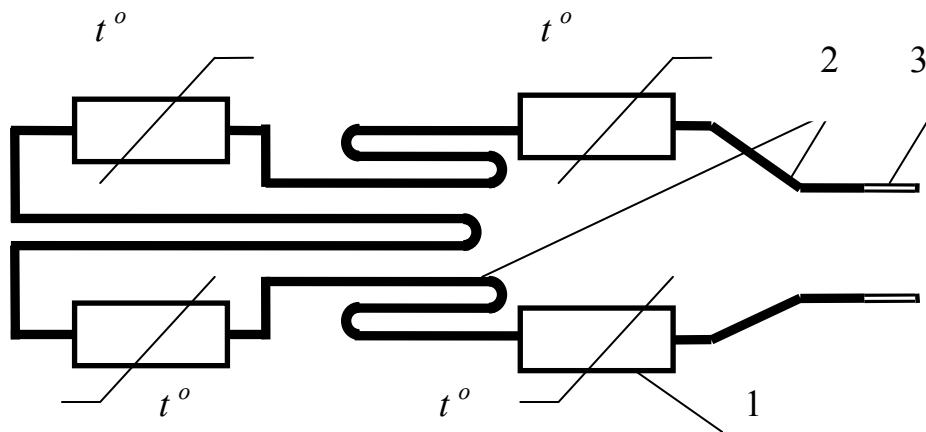


Рисунок 1 – Схема терморезисторного датчика теплової захисти асинхронного двигателя: 1- терморезистор; 2 – провідник; 3 – контактний вивод

шахты на параметри устойчивости функционирования аппаратов защиты от утечки тока на землю является актуальным.

Анализ исследований и публикаций. Общая проблематика построения функционирования аппаратов защиты от утечек тока на землю раскрыта в исследовании [2]. В нём обоснован рациональный принцип выявления утечек тока на землю и подход к построению схемы реагирующего элемента АЗ. Исследование влияния на устойчивость АЗ переходных процессов, обусловленных зарядом – разрядом ёмкостей сети при включении – отключении отдельных присоединений электротехнического комплекса [3] выявило ряд существенных факторов воздействия подобной силовой коммутации электрооборудования на характер изменения информационного сигнала на реагирующем элементе защитного аппарата. Однако, в известных работах особенность влияния переходного процесса восстановления напряжения сети (после отключения застопоренного асинхронного двигателя) на устойчивость работы АЗ не исследовалась.

Постановка задачи. Задачей исследования является установление характера изменения электрических параметров реагирующего элемента аппарата защиты от утечек тока на землю, обусловленного переходным процессом восстановления уровня шахтной напряжения участковой электросети после защитного отключения застопоренного мощного асинхронного двигателя.

Основной материал и результаты исследования. Поставленная задача может быть решена на основе компьютерного моделирования процессов в электротехническом комплексе технологического участка шахты. При этом уместны следующие допущения:

- в сети действует линейное трёхфазное номинальное напряжение 660 В частоты 50 Гц;
- остаточное напряжение на шинах подстанции при пуске двигателя потребителя составляет 80% от номинального напряжения;
- короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя в момент отключения сети застопорен и не вращается;
- величину активного сопротивления изоляции кабелей сети соответствует нижнему допустимому уровню и составляет 35 кОм/фазу;
- в составе электротехнического комплекса технологического участка шахты функционирует аппарат защиты от утечек тока на землю типа АЗУР-1 [4].

С учётом указанных допущений и структуры схемы аппарата АЗУР-1 схема замещения электротехнического комплекса участка шахты имеет следующий вид (рис. 2).

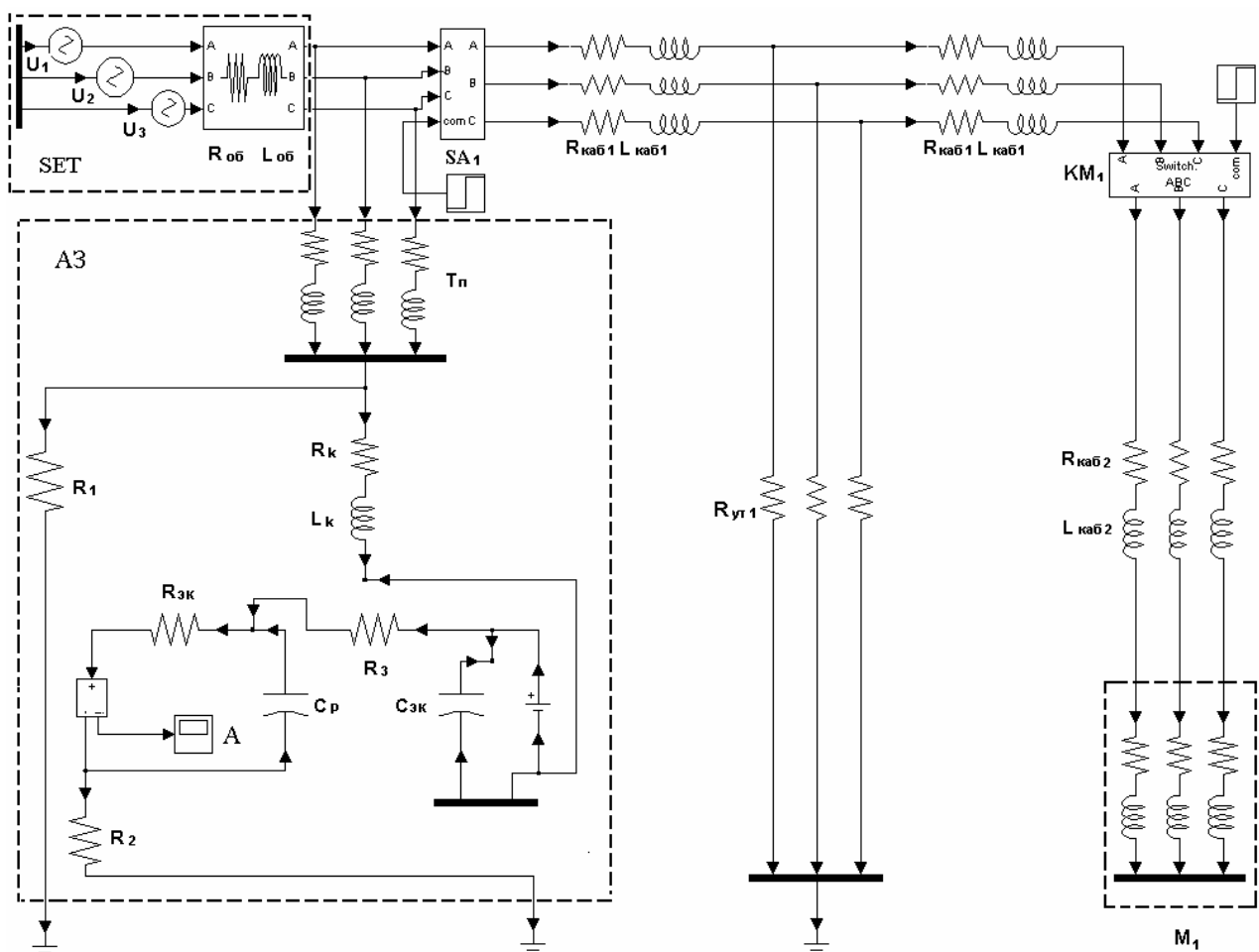


Рисунок 2 – Расчетная модель схемы электросети участка шахты с элементами цепи оперативного тока аппарата АЗУР-1: R_{OB} , L_{OB} – вторичная обмотка трансформатора подстанции; SA_1 – автоматический выключатель; KM_1 – контактор пускателя; M_1 – АД с заторможенным ротором; A – амперметр

Результаты компьютерного моделирования позволили получить зависимость тока на реагирующем элементе АЗ, обусловленного коммутационным переходным процессом (рис. 3). Рост тока на реагирующем элементе обусловлен, восстановлением напряжения на шинах подстанции после отключения АД с застопоренным ротором. Однако, как следует из результатов моделирования, максимальное значение тока на реагирующем элементе не превышает величины тока срабатывания АЗ.

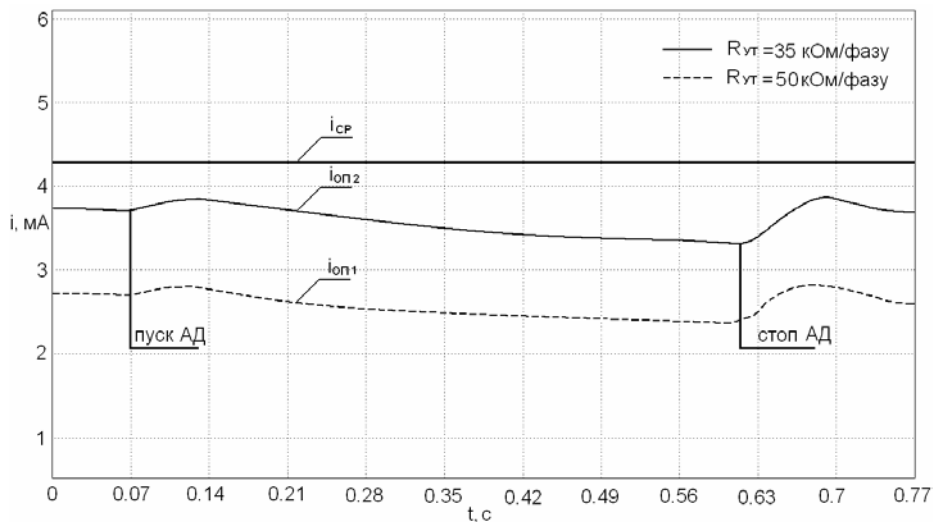


Рисунок 3 – Зависимость тока через измерительный элемент АЗУР-1 при отключении АД с застопоренным ротором

Причиной ложных срабатываний АЗ может стать разряд ёмкости неотключаемой части сети через реагирующий элемент защитного аппарата при отключении ответвления сети. Этот процесс может быть исследован с использованием расчётной схемы (рис.4)

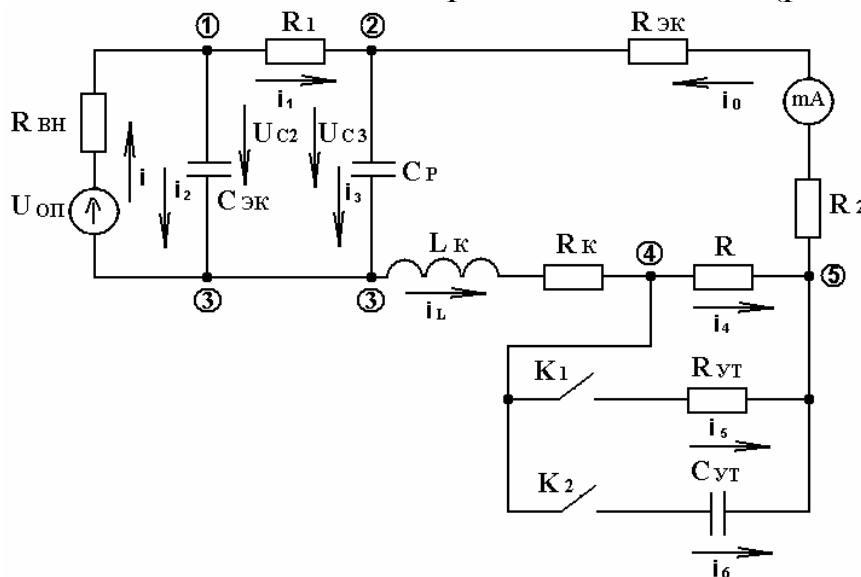


Рисунок 4 – Схема замещения электротехнического комплекса участка шахты с элементами цепи оперативного тока аппарата АЗУР-1

С целью определения тока на реагирующем элементе (при разряде ёмкости неотключаемой части сети) для данной схемы замещения составлена система дифференциальных уравнений, согласно законов Кирхгофа:

$$\begin{cases} \frac{dU_{C1}}{dt} = \frac{i_L}{C_{YT}} - a_1 U_{C2}; \\ \frac{dU_{C2}}{dt} = a_2 U_{C3} + a_3 U_{OP} - a_4 U_{C2}; \\ \frac{dU_{C3}}{dt} = a_5 U_{C2} - a_5 U_{C3} + \frac{i_L}{C_P}; \\ \frac{di_L}{dt} = a_6 i_L - \frac{U_{C3}}{L_K} - \frac{U_{C1}}{L_K}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } a_1 = \frac{R + R_{YT}}{C_{YT} R R_{YT}}; \quad a_2 = \frac{1}{C_{ЭК} R_1}; \quad a_3 = \frac{1}{R_{BH} C_{ЭК}}; \quad a_4 = \frac{R_{BH} + R_1}{C_{ЭК} R_1 R_{BH}}; \quad a_5 = \frac{1}{C_P R_1};$$

$$a_6 = -\frac{R_{ЭК} + R_2 + R_K}{L_K}.$$

Начальные условия системы (1) имеют вид:

$$i_L(0_+) = \frac{-U_{OP}}{R_{BH} + R_1 + R_{ЭК} + R_2 + R_K + R}; \quad U_{C1}(0_+) = U_{C_{YT}}; \quad U_{C2}(0_+) = i R_{BH} - U_{OP};$$

$$U_{C3}(0_+) = i R_1 + i R_{BH} - U_{OP}.$$

Решение системы (1) позволило получить графики зависимости амплитуды тока в измерительном элементе АЗ при тех же параметрах схемы, что и при отключении двигателя с застопоренным ротором (рис. 5).

Указанные причины ложных срабатываний АЗ в большинстве случаев действуют совместно, так как одновременно с восстановлением оперативного напряжения в АЗ (после отключения застопоренного АД) идёт процесс разряда ёмкости неотключаемой части сети, рис. 6.

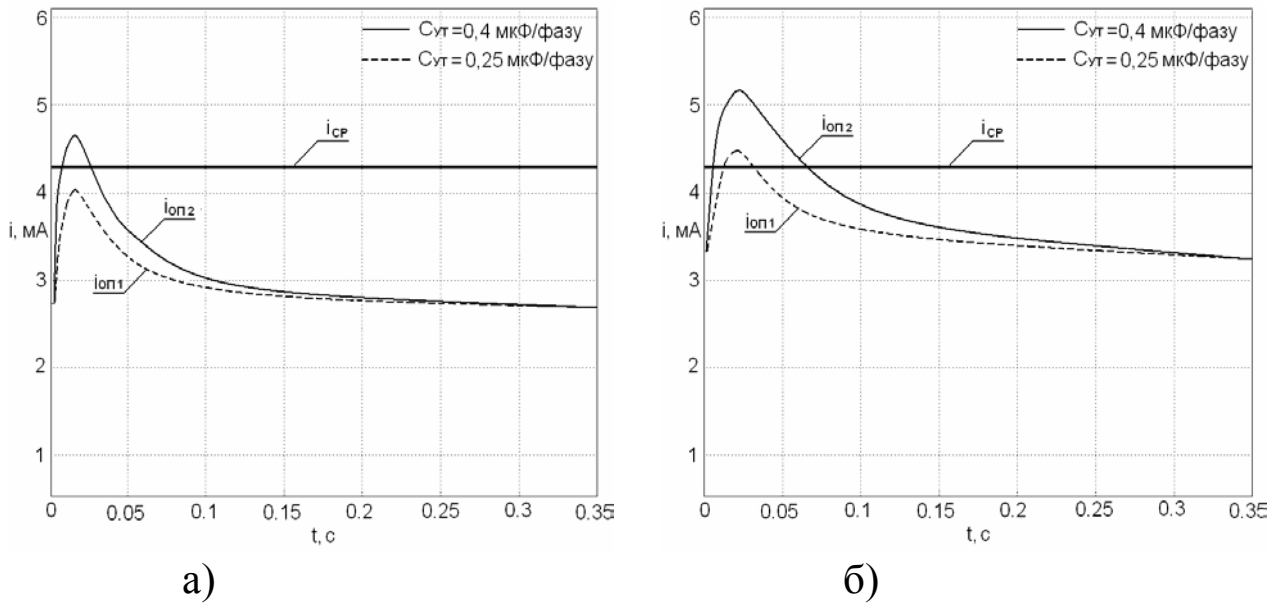


Рисунок 5 – Зависимость амплитуды тока на реагирующем органе АЗУР-1 при $R_{VT} = 50$ кОм/фазу (а), $R_{VT} = 35$ кОм/фазу (б)

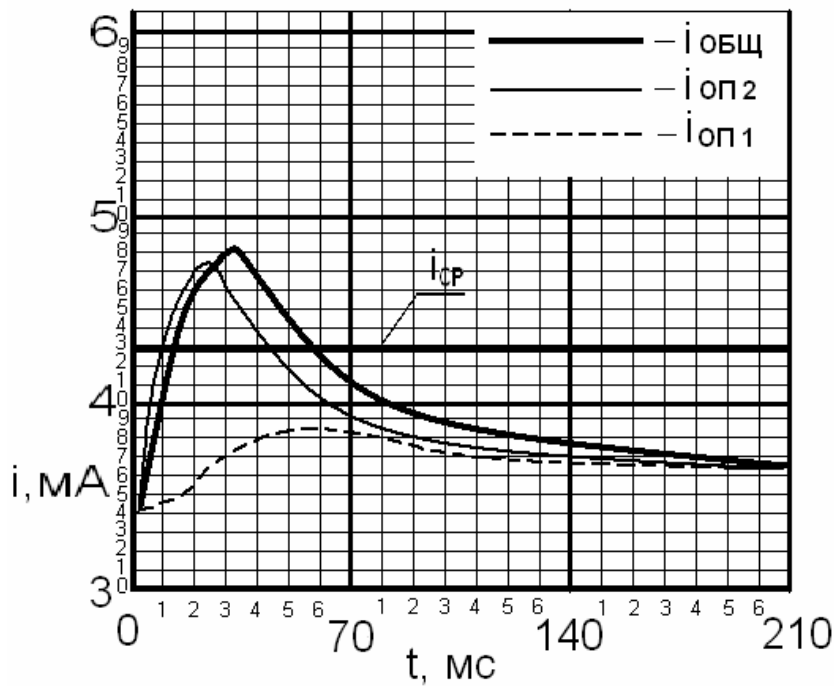


Рисунок 6 – Результаты моделирования амплитуды тока на реагирующем органе АЗУР-1 при восстановлении оперативного напряжения после отключения заторможенного АД ($i_{оп1}$), разряд ёмкости неотключаемой части сети ($i_{оп2}$), совместное влияние восстановления оперативного напряжения и разряда ёмкости неотключаемой части ($i_{общ}$), $R_{VT} = 35$ кОм/фазу

Выводы и направление дальнейших исследований. В результате исследования процессов при отключении застопоренного асинхронного двигателя установлены кратковременные превышения тока в реагирующем элементе АЗ, способные вызвать его ложное срабатывание. Принятый способ исследования позволяет установить характер протекания коммутационных процессов в электросети участка шахты при отключении ответвления, с учётом одновременного влияния разряда ёмкости (относительно земли) неотключаемой части сети и восстановления оперативного напряжения после отключения мощного заторможенного электродвигателя. Направлением дальнейших исследований является обоснование схемных решений в области стабилизации параметров АЗ при резких колебаниях напряжения сети.

Список источников.

1. Справочник энергетика угольной шахты / [Дзюбан В.С., Ширнин И.Г., Ванеев Б.Н., Гостищев В.М.]; под общ. ред. Ванеева Б.Н. – [2-е изд.] – Донецк, ООО «Юго-Восток Ltd.», 2001 – Т1. - 447с.
2. Дзюбан В.С. Взрывозащищенные аппараты низкого напряжения / Дзюбан В.С. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 240 с.
3. Маренич К.Н. О влиянии параметров участковой электросети шахты на устойчивость работы аппарата АЗУР-4 при включении кабельного ответвления / Маренич К.Н., Руссиян С.А. – Донецк, УкрНИИВЭ 2005.- С.84-88. – (Взрывозащищённое электрооборудование) (Сб. науч. тр. УкрНИИВЭ, Донецк: ООО «Юго-Восток, Ltd.»)
4. Справочник энергетика угольной шахты / [Дзюбан В.С., Ширнин И.Г., Ванеев Б.Н., Гостищев В.М.]; под общ. ред. Ванеева Б.Н. – [2-е изд.] – Донецк, ООО «Юго-Восток Ltd.», 2001 – Т2. - 440с

Дата поступления статьи в редакцию: 5.11.08