

## **О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ ШАХТЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ АППАРАТА АЗУР-4 ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ КАБЕЛЬНОГО ОТВЕТВЛЕНИЯ**

Маренич К.Н. канд. техн. наук, доцент, Руссиян С.А аспирант

Донецкий национальный технический университет

*Исследовано влияние процессов в электросети участка шахты при включении кабельного ответвления на параметры устойчивости функционирования аппарата защиты от токов утечки.*

*Processes which take place in the local mining electrical system if cable branch is switch on to this system, are considered, also their influence on stability of functioning of the device for protection against currents of out-flow is investigated.*

**Постановка задачи и её актуальность.** С целью обеспечения высокого уровня безопасности эксплуатации в шахтных участковых электрических сетях предусмотрен режим изолированной нейтрали трансформатора с обязательным применением защиты от утечек тока на землю [1]. Высокие мощности потребителей и их удалённость от низковольтного распределительного пункта участка, характерные для современного угольного предприятия, обуславливают необходимость применения разветвлённой сети протяжённых гибких кабелей большого сечения. Такая сеть характеризуется высоким уровнем ёмкостных проводимостей изоляции кабелей. Контактная коммутация электропотребителей сопровождается переходными процессами заряда и разряда ёмкостей изоляции кабелей. Параметры процессов определяются многообразием факторов и с увеличением ёмкостных проводимостей изоляции оказывают всё более определяющее влияние на эксплуатационные свойства участковых электросетей. Этим обусловлена актуальность исследования таких процессов.

**Анализ исследований и публикаций.** Выполненными ранее исследованиями в области обеспечения электробезопасности эксплуатации шахтной участковой электросети установлено, что переходные процессы, обусловленные контактной коммутацией электропотребителей, сопровождаются кратковременным повышением тока в оперативной цепи аппарата защиты от тока утечек (АЗ), что

способно вызвать ложное срабатывание последнего [2]. Ограниченность возможностей применённых методов в сравнении с современными методами компьютерного моделирования обуславливают актуальность уточнения, на современном этапе, выявленных тенденций. Это тем более актуально, что исследованные процессы касались аппаратов ныне устаревших, снятых с производства серий (РУВ, УАКИ, АЗАК). Практический интерес представляет исследование воздействия коммутационных процессов в участковой электросети на устойчивость работы аппарата защиты базовой серии, в частности, АЗУР-4 (разработка УкрНИИВЭ, г. Донецк).

**Постановка задачи.** Задачей исследований является уточнение особенности влияния факторов, обусловленных конфигурацией электросети участка шахты, на изменение оперативного параметра аппарата защиты от утечек тока на землю типа АЗУР-4 при включении кабельного ответвления.

**Основной материал и результаты исследования.** Составим расчётную модель системы электроснабжения участка шахты, адаптированную к средствам компьютерного моделирования (рис.1).

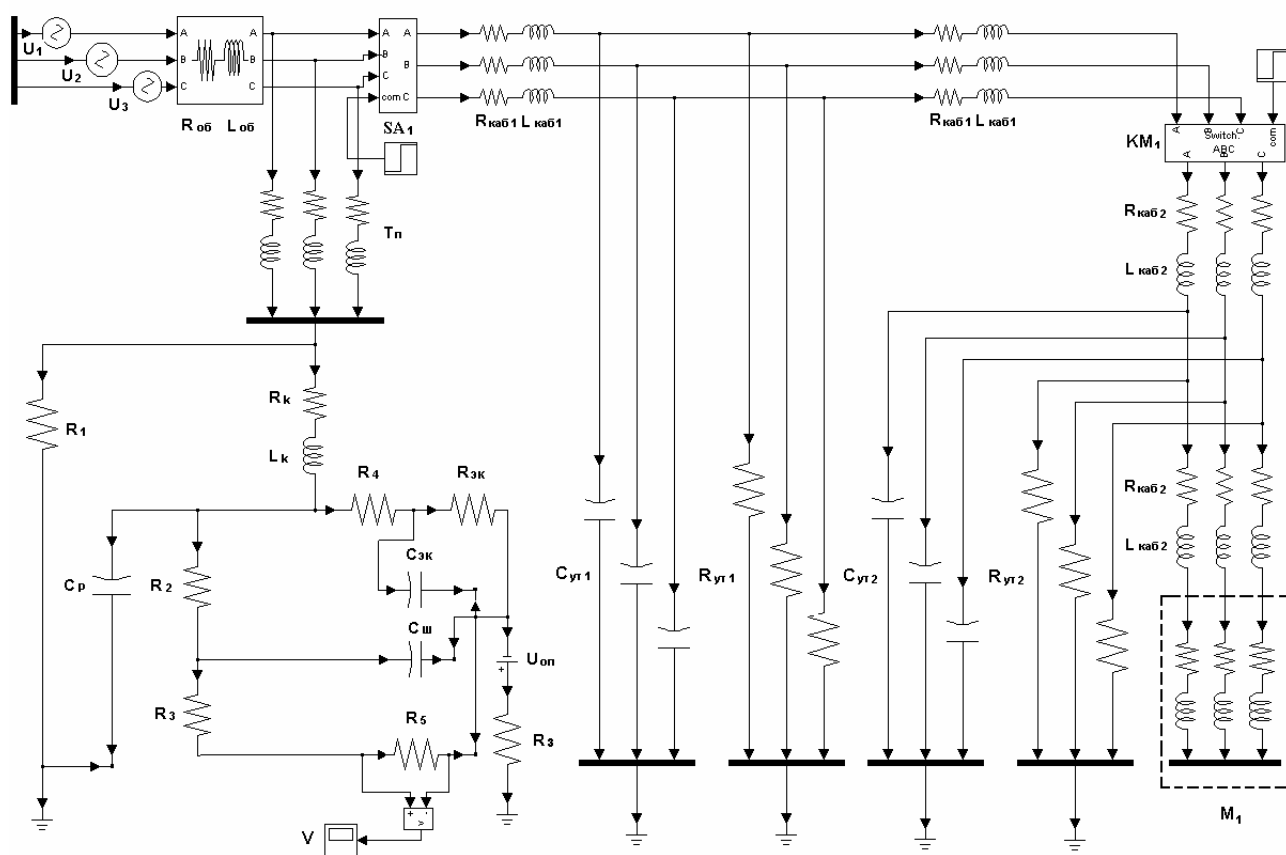


Рисунок 1 – Расчетная модель схемы электросети участка шахты

Эта схема учитывает распределение параметров утечки тока на землю в электросети участка с подключенными элементами цепи оперативного тока аппарата АЗУР-4:  $R_{OB}$ ,  $L_{OB}$  – вторичная обмотка трансформатора подстанции;  $SA_1$  – автоматический выключатель;  $KM_1$  – контактор пускателя;  $M_1$  – приведенные параметры двигателя;  $V$  – вольтметр.

Контакты  $SA_1$  постоянно замкнуты, а состояние контактора  $KM_1$  определяет подачу или отключение напряжения на ответвление сети. Формирование команды на защитное отключение сети происходит вследствие превышения напряжением на резисторе  $R_5$  величины  $U_{CP} = 2,4$  В, что выявляется компаратором.

Принятые допущения:

- в сети действует линейное трёхфазное номинальное напряжение 660 В частоты 50 Гц;
- суммарная ёмкость изоляции ранее включенной части сети (от подстанции до ввода контактора  $KM_1$ ) – от 0,4 (мкФ/фазу);
- включаемая часть сети (после  $KM_1$ ) представлена кабелем КГЭШЗх95 с удельной ёмкостью изоляции – 1,15 мкФ/фазу/км с возможными длинами от 10 м до 300 м;
- общее активное сопротивление изоляции всей кабельной сети принимаем в пределах от 35 кОм/фазу до 170 кОм/фазу;
- принимаем величину активного сопротивления изоляции включаемого кабеля ( $R_{из} \geq 70$  кОм/фазу) с соответствующим пересчётом активных сопротивлений изоляции ранее включенной части сети;
- ротор асинхронного короткозамкнутого двигателя нагрузки в момент включения сети не вращается, приведенные параметры двигателя –  $R = 0,2$  Ом;  $L = 0,02$  Гн;

Принимаем классическую структуру уравнения для исследования коммутационных переходных процессов в электросети с распределёнными параметрами:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

где  $L$  и  $C$  - параметры цепи на единицу длины;  $x$  - координата рассматриваемой точки.

В результате моделирования получена зависимость напряжения на резисторе  $R_5$  в цепи оперативного тока защитного аппарата от

сопротивления изоляции кабеля и её ёмкости, обусловленной длиной кабеля включаемого присоединения (рис. 2).

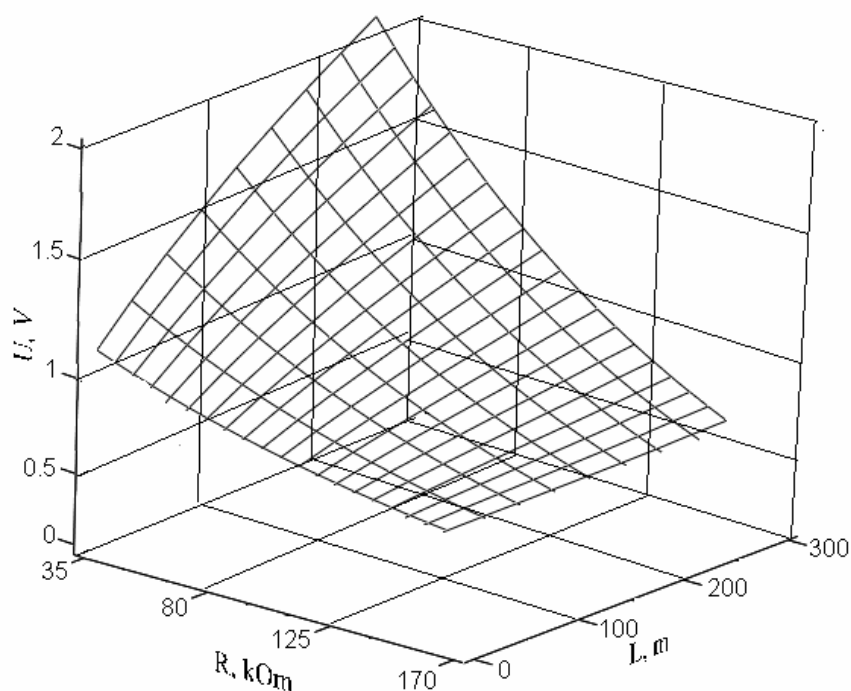


Рисунок 2 – Расчётная зависимость амплитуды напряжения на резисторе  $R_5$  АЗУР-4 от параметров изоляции кабеля включаемого ответвления сети при суммарной ёмкости изоляции ранее включенных кабелей – 0,4 мкФ/фазу

Средствами моделирования установлено, что рост напряжения на резисторе  $R_5$  обусловлен снижением сопротивления изоляции кабеля при увеличении длины включаемого ответвления сети. Условием устойчивой работы аппарата защиты при переходных процессах будет выполнение неравенства:

$$U_M < U_{CP} \quad (2)$$

В режиме включения данное неравенство выполняется, т.к. предельного значения параметра  $U_M$  составляет 2,15 В (при  $R_{ИЗ}=35$  кОм/фазу,  $l=300$  м).

Рассмотрим процесс включения ответвления сети для семейства кабелей КГЭШ сечением 3x35 ( $C_{ИЗ}=0,52$  мкФ/фазу), 3x50 ( $C_{ИЗ}=0,67$  мкФ/фазу), 3x70 ( $C_{ИЗ}=0,87$  мкФ/фазу), 3x95 ( $C_{ИЗ}=1.15$  мкФ/фазу), 3x120 ( $C_{ИЗ}=1.32$  мкФ/фазу), при длине включаемого присоединения от 10 до 300 м.

На рисунке 3 приведена зависимость напряжения на резисторе  $R_5$  от длины кабеля включаемого ответвления сети и сечения кабеля при предельно допустимом параметре изоляции –  $R_{из}=34$  кОм/фазу.

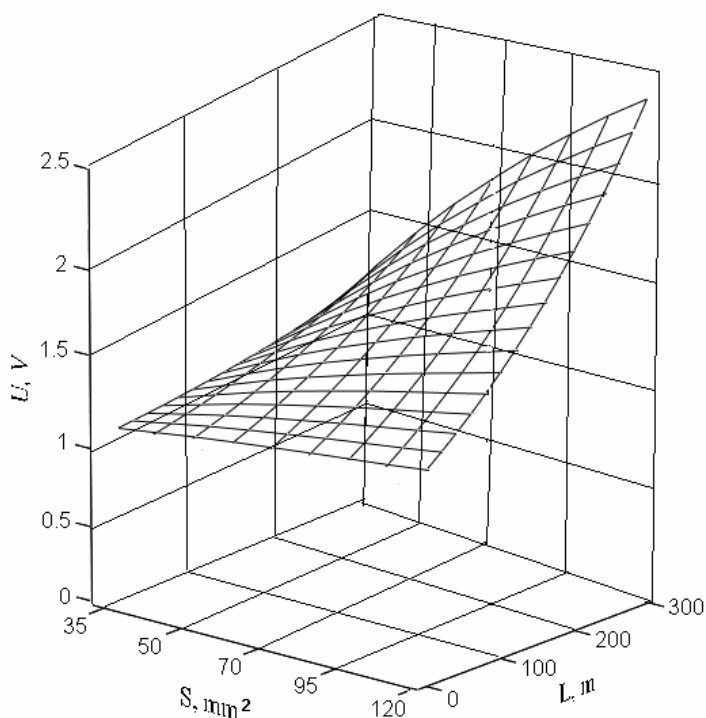


Рисунок 3 – Зависимость амплитуды напряжения на резисторе  $R_5$  АЗУР-4 от сечения кабеля включаемого ответвления сети при суммарной ёмкости изоляции ранее включенных кабелей –  $0,4$  мкФ/фазу,  $R_{из}=34$  кОм/фазу.

Рост напряжения на резисторе  $R_5$ , при данных параметрах сети, обусловлен увеличением сечения кабеля и длины включаемого ответвления сети. Максимальное значение параметра  $U_M$  составляет  $2.36$  В (при  $S=120$  мм<sup>2</sup>,  $l=300$  м). Таким образом, неравенство (2) выполняется.

Применительно к процессу включения ответвления сети при предельно допустимых параметрах изоляции электросети участка ( $C_{вт1} + C_{вт2} = 1$  мкФ/фазу,  $R_{из}=34$  кОм/фазу) получена осциллограмма (рис. 4), из которой следует, что амплитуда первого полупериода напряжения на резисторе  $R_5$  составит  $U_M=2.51$ В  $> U_{CP}$ . Этим может быть вызвано срабатывание АЗУР-4. Однако, данные условия – маловероятны.

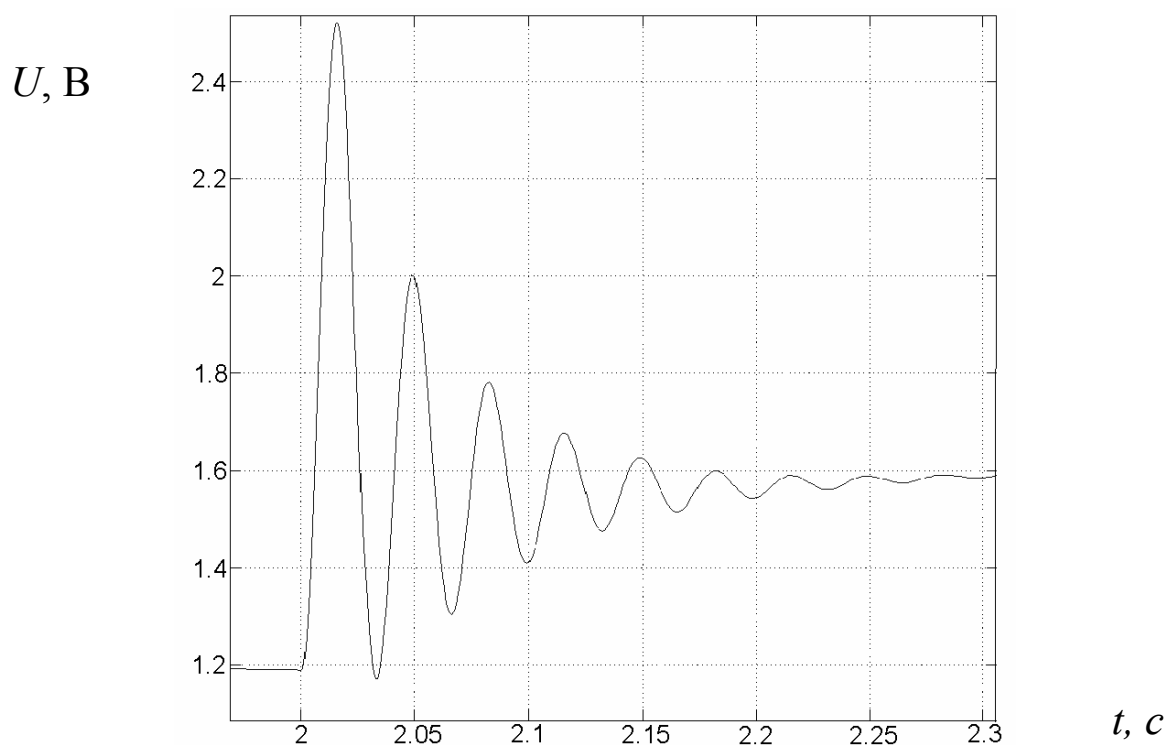


Рисунок 4 – Диаграмма напряжения на резисторе  $R_5$  АЗУР в сети с предельно допустимыми параметрами при включении ответвления

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Средствами компьютерного моделирования установлены особенности влияния совокупности параметров изоляции шахтной участковой электросети (при включении ответвления сети) на характер изменения напряжения на реагирующем органе аппарата АЗУР-4.

Разработанная расчетная схема и принятая методика исследования могут быть применены в дальнейшем для изучения характера влияния процессов при отключении кабельного присоединения и коммутации силовыми тиристорными аппаратами на устойчивость работы аппарата АЗУР-4.

### *Литература*

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.