

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ФУНКЦИИ ТОКООГРАНИЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ УЧАСТКОВОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ В СОСТОЯНИИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Пибаев Д. А., магистрант; Ковалева И. В., доц., к.т.н.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Эксплуатация шахтной участковой электросети связана с опасностью пожара или взрыва метано-воздушной смеси в случае возникновения открытого воспламенения или дугообразования. С другой стороны, особенностью устройства электросети является широкое применение гибких кабелей для электроснабжения передвижных установок. Таким образом, именно гибкий кабель является наиболее незащищенным элементом электротехнического комплекса в отношении возникновения механических повреждений. В то же время, токоограничивающие свойства вторичных обмоток трансформатора комплектной подстанции и кабельной сети являются незначительными и токи к.з. достигают величин в несколько тысяч Ампер.

Кроме опасности воспламенения в месте возникновения к.з. в этом случае существует опасность повреждения силовой контактной группы автоматического выключателя в процессе отключения указанного аварийного состояния. Именно автоматический выключатель испытывает на себе всю силу воздействия энергетического потока подстанции при отключении тока к.з. При этом особенностью процесса, сопровождающего разьединение силовых его контактных групп, является возникновение электрической дуги между ними. В стволе этой дуги протекает высокий ток, приводящий к значительному росту температуры и, как следствию, термоионизации [1]. Интенсивная термоионизация поддерживает высокую проводимость плазмы, соответственно, падение напряжения по длине дуги невелико и эффект токоограничения отсутствует.

В электрической дуге непрерывно протекают два процесса: ионизация и деионизация атомов и молекул. Последняя происходит в основном путем диффузии и рекомбинации электронов и положительно заряженных ионов, которые воссоединяются в нейтральные частицы с отдачей энергии, затраченной на их распад. При этом происходит теплоотвод в окружающую среду, что создаёт дополнительную тепловую нагрузку в отношении силовых контактных групп автоматического выключателя. Поэтому обоснование технических средств токоограничения сети в процессе ее защитного отключения является актуальным.

Процесс к.з. в известных исследованиях представлен как результат действия совокупности встречно направленных энергетических потоков со стороны питающей трансформаторной подстанции и асинхронных двигателей потребителей [2, 3]. При этом детально рассмотрены свойства этого процесса как переходного. Технические средства максимальной токовой защиты представлены разработками [4, 5], действие которых основано на сравнении тока защищаемой сети или пропорционального параметра с параметром уставки срабатывания. Однако действие токовой защиты не сопровождается токоограничением сети и отличается наличием временной задержки, связанной с длительностью выявления аварийного процесса и длительностью разьединения силовой группы контактов исполнительного коммутационного аппарата. Измерительно-исполнительным устройством мгновенного действия является плавкий предохранитель, однако токовая защита питающей сети трехфазного асинхронного двигателя не допускает возможности применения плавкого предохранителя в каждой фазе из-за вероятности создания неполнофазного режима питания при срабатывании одного предохранителя из всей группы.

Целью является обоснование необходимости внедрения функции токоограничения процесса защитного отключения участковой электросети в состоянии короткого замыкания.

Характер переходных процессов в шахтном участковом электротехническом комплексе (ЭТК) при возникновении короткого замыкания в гибком питающем кабеле может быть установлен исследованием расчетной схемы (рис. 1) в которой предусмотрено одно силовое присоединение.

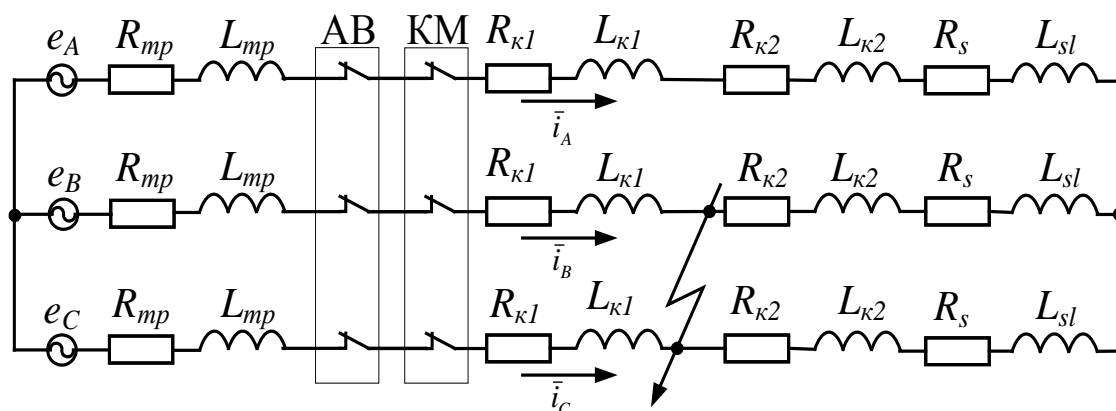


Рисунок 1 – Схема замещения ЭТК в состоянии двухфазного к.з.

На схеме представлено: e_A, e_B, e_C - мгновенные значения фазного напряжения на выходе трансформаторной подстанции; R_{mp}, L_{mp} - соответственно активное сопротивление и индуктивность вторичной обмотки питающего трансформатора; AB - групповой автоматический выключатель; KM - контактор магнитного пускателя потребителя; R_{k1}, L_{k1} - соответственно активное сопротивление и индуктивность первого условного участка гибкого кабеля; R_{k2}, L_{k2} - тоже самое для второго условного участка гибкого кабеля; i_A, i_B, i_C - мгновенные значения токов, обусловленных напряжением сети; R_s, L_{sl} - сопротивления асинхронного двигателя (АД) потребителя, представленные соответственно активным сопротивлением и индуктивностью статора. В силу незначительной длины магистрального кабеля можно не учитывать его комплексное сопротивление.

При исследовании компьютерной модели принимаем следующие допущения: в электросети действует трёхфазная система номинального напряжения промышленной частоты; короткое замыкание возникает в середине гибкого питающего кабеля; защитное отключение сети выполняется автоматическим выключателем через 0,1 с после возникновения аварийного режима. Для исследования принимаем возникновение режима двухфазного короткого замыкания, что является наиболее вероятным с учетом конструкции шахтных гибких экранированных кабелей, при применении которых одновременное повреждение всех трёх силовых жил не происходит.

С целью проведения моделирования обоснуем конкретные параметры системы. Номинальное напряжение питания – 660 В и 1140 В частоты 50 Гц; участковая трансформаторная подстанция серии КТПВ мощностью: 400 кВА, 630 кВА и 1000кВА; гибкий экранированный кабель (марки КГЭШ) питания АД длиной 200 м и сечением силовых жил 70 мм². Это является наиболее типовым для устройства современных шахтных участковых ЭТК.

Результаты моделирования для отдельных параметров ЭТК в состоянии двухфазного к.з. в питающем кабеле АД потребителя представлены на рис. 2 и характеризуют количественные показатели параметров (в частности, тока) указанного аварийного процесса.

Актуальность защитного токоограничения усиливается еще и тем, что при вероятном переходе из двухфазного к.з. к следующему состоянию – трёхфазного к.з., токи сети в несколько тысяч Ампер будут еще большими.

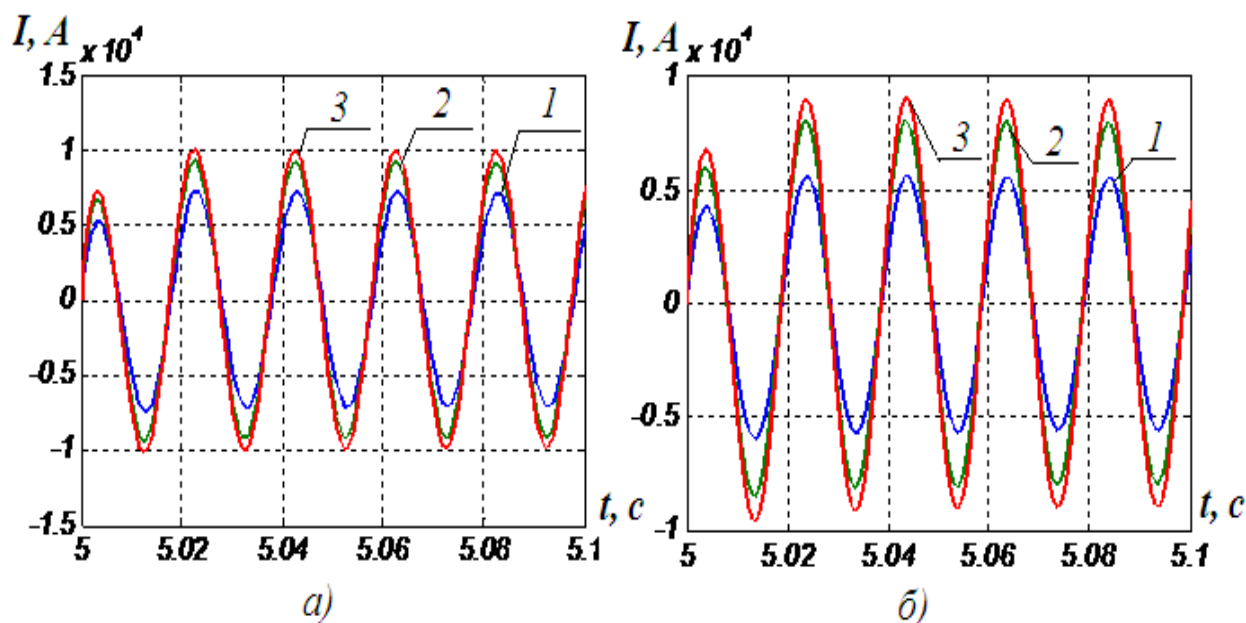


Рисунок 2 – Диаграммы величин тока двухфазного короткого замыкания:
 а) в сети 660 В; б) в сети 1140 В (1 – КТПВ-400; 2 – КТПВ-630; 3 – КТПВ-1000)

В настоящее время задача ограничения тока к.з. в шахтных низковольтных сетях не решена, поскольку применение токоограничивающих реакторов ограничивается их значительными габаритами и снижением качества напряжения. Применение автоматически коммутируемых дросселей в силовой цепи каждого энергопотребителя [6] также увеличивает как габариты, так и стоимость электрических установок участка. Поэтому практический интерес представляет обоснование технических решений токоограничения процесса защитного отключения короткого замыкания, адаптированных к использованию в шахтных участковых электрических сетях.

Перечень ссылок

1. Быков, Е. И. Электромагнитные выключатели ВЭМ-6 и ВЭМ-10 / Е. И. Быков, А. М. Колузаев. – Москва : Энергия, 1973. – 104 с.
2. Переходные процессы в системах электроснабжения : учеб. для вузов / Г. Г. Пивняк [и др.] ; под ред. Г. Г. Пивняка. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат ; Днепропетровск : НГУ, 2003. – 548 с.
3. Маренич, К. М. Наукові основи впровадження автоматичного захисного двобічного знеструмлення шахтної дільничної електромережі : монографія / К. М. Маренич, І. В. Ковальова. - Донецьк : ДВНЗ ДонНТУ, 2012. - 125 с.
4. Риман, Я. С. Защита шахтных участковых сетей от токов короткого замыкания / Я. С. Риман. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1985. – 88 с.
5. Справочник энергетика угольной шахты : в 2-х т. / В. С. Дзюбан [и др.] ; под ред. Б. Н. Ванеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк : Юго-Восток Лтд, 2001. – Т2. – С. 589 – 590.
6. Леухин, С. Г. Разработка устройства автоматического токоограничения рудничного электротехнического комплекса / С. Г. Леухин, И. В. Ковалёва // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных трудов XIV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 22-24 апреля 2014 г. - Донецк, ДонНТУ, 2014. – С. 83 – 86.