

Г.М. Петров, П.В. Ионов

**УСЛОВИЯ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО
ОТКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
С РАЗНЫМИ РЕЖИМАМИ НЕЙТРАЛИ**

Рассмотрены условия выбора устройств защитного отключения в электрических сетях напряжением до 1 кВ с разными режимами нейтрали источника питания.

Ключевые слова: электробезопасность, устройство защитного отключения, параметры электрических сетей.

В основе действия защитного отключения, как электрозащитного средства, лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренным прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением. Другим не менее важным свойством УЗО является его способность осуществлять защиту от возгораний и пожаров, возникающих на объектах вследствие возможных повреждений изоляции, неисправностей электропроводки и электрооборудования. По данным ФГУ ВНИИПО МЧС РФ более трети всех пожаров происходит по причине возгорания электропроводки в результате нагрева проводников по всей длине, искрения, горения электрической дуги на каком-либо элементе, вызванных токами КЗ.

Короткие замыкания, как правило, развиваются из дефектов изоляции, замыканий на землю, утечек тока на землю. УЗО, реагируя на ток утечки на землю или защитный проводник, заблаговременно, до развития в короткое замыкание, отключает электроустановку от источника питания, предотвращая тем самым недопустимый нагрев проводников, искрение, возникновение дуги и возможное последующее возгорание. В отдельных случаях энергии, выделяемой в месте повреждения изоляции при протекании токов утечки, достаточно для возникновения очага возгорания и, как следствие, пожара. По данным различных отечественных и зарубежных источников, локальное возгорание изоляции может быть вызвано довольно незначительной мощностью, выделяемой в месте утечки. В зависимости от материала и срока службы изоляции эта мощ-

ность составляет всего 40-60 Вт. Это означает, что своевременное срабатывание УЗО противопожарного назначения с уставкой 300 мА предупредит выделение указанной мощности, и, следовательно, не допустит возгорания.

В настоящее время сотни миллионов УЗО успешно, о чем свидетельствует официальная статистика, защищает жизнь и имущество граждан во всем мире от электропоражений и пожаров. УЗО давно стало привычным и обязательным элементом любой электроустановки промышленного или социально-бытового назначения. УЗО является обязательным элементом любого распределительного щита.

Однако до сего времени в нормативных документах по электробезопасности не совсем четко прописаны вопросы выбора устройств защитного отключения. Так в электрической сети с изолированной нейтралью устройство защитного отключения состоит из отключающего аппарата (автоматический выключатель, контактор и т.п.) и реле, реагирующего на снижение сопротивления изоляции (реле утечки). В данной сети выбор типа устройства защитного отключения зависит от места установки реле утечки и его исполнения. В последнее время в электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1140 В широкое распространение получило реле утечки типа АЗУР пяти модификаций, из которых АЗУР-1 и АЗУР-2 напряжением 380/660 В применяется внутри корпусов передвижных трансформаторных подстанций, АЗУР-3 того же напряжения используется в отдельном взрывозащищенном корпусе, АЗУР-4 напряжением 660/1140 В в тех же местах, что и аппараты АЗУР-1 – АЗУР-3, а аппарат АЗУР-4ПП напряжением 660/1140 В применяется в комбинированных электрических сетях, содержащих силовые полупроводниковые элементы.

Согласно 7-му изданию ПУЭ [1], при выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система TN, и заземлены, если применены системы IT или TT. При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в

Таблица 1

Техническая характеристика реле утечки типа АЗУР

Параметры	Данные аппарата
Сопротивление срабатывания (кОм) при симметричной трехфазной утечке (критическое сопротивление изоляции), емкости сети 0 – 1 мкФ/фазу и напряжении, В:	
380	10
660	30
1140	60
Сопротивление срабатывания (кОм) при однофазной утечке, емкости сети 0 – 1 мкФ/фазу и напряжении, В:	
380	12
660	20
1140	50
Собственное время срабатывания (с) при сопротивлении однофазной утечки 1 кОм, емкости сети 0 – 1 мкФ/фазу и напряжении, В:	
380	0,1
660	0,1
1140	0,07
Длительный ток утечки при изменении емкости сети от 0 до 1 мкФ/фазу, А	0,025

соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В табл. 1 приведены основные технические характеристики реле утечки типа АЗУР.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов. В системах TN и IT время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в табл. 2.

В соответствии с табл. 2 время отключения автоматического выключателя (или контактора) в электрической сети с изолированной нейтралью источника питания при срабатывании реле утечки типа АЗУР должно быть не более: при напряжении 380 В (0,4–0,1) = 0,3 с, при напряжении 660 В (0,2–0,1) = 0,1 с, а при напряжении 1140 В (0,1–0,07) = 0,03 с. В настоящее время в составе шахтного электрооборудования используются автоматические выключатели типа АЗ790У, у которых время срабатывания независимого расцепителя составляет 0,04 с, а нулевого расцепителя – 0,06 с.

Таблица 2

Наибольшие допустимые времена защитного автоматического

отключения для типов систем заземления TN и IT

Система TN		Система IT	
Номинальное фазное напряжение U_{ϕ} , В	Время отключения, с	Номинальное линейное напряжение U_L , В	Время отключения, с
127	0,8	220	0,8
220	0,4	380	0,4
380	0,2	660	0,2
более 380	0,1	более 660	0,1

Таблица 3
Значения номинального дифференциального отключающего тока

Условия работы УЗО	Рекомендованные значения дифференциального тока (мА) при номинальном токе автоматического выключателя в зоне защиты, А				
	16	25	40	63	80, 100
При работе в зоне защиты одиночного потребителя	10	30	30	30	100
При работе в зоне защиты группы электропотребителей	30	30	30 (100)	100	300
УЗО противопожарного назначения на ВРУ (ВРЩ)	300	300	300	300	500

В соответствии с вышесказанным, только при напряжении 380 В условия срабатывания устройств защитного отключения удовлетворяют требованиям действующего ПУЭ, при напряжении 660 В – на грани допустимого, а при 1140 В – не удовлетворяют.

В электрической сети с глухозаземленной нейтралью УЗО устанавливают как для защиты одиночных, так и для защиты группы электропотребителей. В табл. 3 приведены рекомендуемые значения номинального дифференциального отключающего тока для диапазона номинальных токов 16 – 100 А.

В последнее время широкое распространение получили дифференциальные автоматы, которые сочетают в себе устройство защиты по дифференциальному току и защиту от токов короткого замыкания, т.е. фактически в одном аппарате находятся два устройства: УЗО и автоматический выключатель

Таблица 4

Расчет параметров электрической сети системы TN напряжением до 1 кВ с учетом электробезопасности

Условия	Граничные значения параметров электрической
---------	---

электробезопасности	цепи при линейном напряжении			
	$U_{л} = 380 \text{ В}$		$U_{л} = 660 \text{ В}$	
	$\sum P, \text{ кВт}$	$L_{\text{каб}}, \text{ км}$	$\sum P, \text{ кВт}$	$\sum L_{\text{каб}}, \text{ км}$
Максимальная: 30 мА/3	16,435	1,0	28,545	1,732
Минимальная: 100 мА/3	54,783	3,333	95,150	5,733

с защитой от токов короткого замыкания. Применение дифференциальных автоматов согласно действующим ПУЭ [1] рекомендуется только для защиты одиночных потребителей.

При проектировании электроснабжения для промышленных и бытовых электроприемников Энергонадзор устанавливает определенные требования: при использовании в одной защищаемой цепи автоматического выключателя и УЗО следует принимать уставку УЗО по номинальному току на ступень выше, чем в автоматическом выключателе. В работе [2] сделаны попытки определения параметров электрической сети с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1 кВ с учетом электробезопасности. С учетом минимальной (100 мА) и максимальной электробезопасности (30 мА) были определены параметры электрической сети: $\sum I_{\text{нагр}}$ – суммарный ток нагрузки (А) и $\sum L$ – суммарная протяженность кабельной линии (км) защищаемой цепи. Аналогичным образом можно определить суммарную мощность защищаемой цепи с учетом минимальной и максимальной электробезопасности.

В табл. 4 приведены результаты расчетов, а на рис. 1 – зависимости определения суммарной мощности и суммарной протяженности кабельной линии с учетом минимальной и максимальной электробезопасности при различном напряжении сети.

Проверим выбранные параметры на соответствие ГОСТу 12.1.038-82 (1993) [3], где установлены предельно допустимые значения напряжений прикосновений и токов как при нормальном (неаварийном), так и при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1 кВ в зависимости от продолжительности воздействия электрического тока.

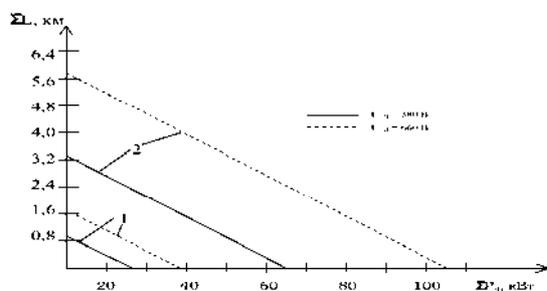


Рис. 1. Определение параметров электрической сети системы TN: 1 – максимальная электробезопасность ($I_{\Delta n} = 30$ мА); 2 – минимальная электробезопасность ($I_{\Delta n} = 100$ мА)

При токе величиной 100 мА продолжительность воздействия тока на организм человека не должна превышать 0,63 с. При наличии УЗО в данной сети оно обязательно должно отключить защищаемую сеть, так как время срабатывания УЗО составляет порядка 0,03-0,04 с.

Выводы

3. В электрической сети с изолированной нейтралью УЗО выбирается по исполнению и месту расположения реле утечки. В сети напряжением 1140 В для отключения защищаемой сети необходимо применять быстродействующие автоматические выключатели со временем срабатывания не более 0,02 с.

4. В электрической сети с глухозаземленной нейтралью выбор УЗО следует производить по условиям электробезопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила устройства электроустановок*. 7-е издание. – М.: ЗАО "Энергосервис", 2002. – 280 с.
2. *Петров Г.М.* К вопросу обеспечения электробезопасности в электрических сетях с различными режимами нейтрали. //В сборнике статей "Электрификация и энергосбережение". Отдельный выпуск Горного Информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Издательство "ГОРНАЯ КНИГА". с. 384 – 391.
3. ГОСТ 12.1.038-82 (1993). ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений и токов. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Петров Геннадий Михайлович – профессор кафедры "Электрификация и энергоэффективность горных предприятий", кандидат технических наук;
Ионов Павел Владимирович – аспирант кафедры "Электрификация и энергоэффективность горных предприятий", e-mail: mgggu.eegp@mail.ru;
 Московский государственный горный университет,
 Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru