

Жабборов Тулкин Камолович, доцент,
Аскарова Фотима Араббой кизи, магистрант,
Ботиров Улугбек Бахтиер угли, магистрант,
Каримов Азиз Аваз угли, магистрант,
Ферганский политехнический институт
E-mail: tulkin_jabborov@mail.ru ,t.jabborov@ferpi.uz

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОГАСЯЩИХ РЕАКТОРОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

В статье рассмотрены вопросы характеристика дугогасящих реакторов применяемых для компенсации емкостных токов замыкания в промышленных предприятиях, основные типы и технические данные дугогасящих реакторов, о реакторах ступенчатым регулированием, даны принципиальные схемы реакторов ступенчатым регулированием.

Ключевые слова: Дугогасящий реактор, компенсированный и изолированный нейтраль, надежность, бесперебойность, гашение дуги, режимы нейтрали, ступенчатая регулирования, принципиальная схема.

Zhabborov Tulkin Kamolovich, docent,
Askarova Fotima Arabboy kyzy, graduate student,
Botirov Ulugbek Bakhtiyor ugli, graduate student,
Karimov Aziz Avaz ugli, graduate student,
Fergana Polytechnic Institute

RESEARCH OF THE CHARACTERISTICS OF ARC EXTINGUISHING REACTORS APPLIED FOR COMPENSATION OF CAPACITIVE CURRENTS TO EARTH

The article deals with the characteristics of arc-suppressing reactors used to compensate for capacitive fault currents in industrial enterprises, the main types and technical data of arc-suppressing reactors, step-controlled reactors, schematic diagrams of step-controlled reactors are given.

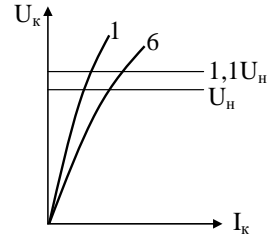
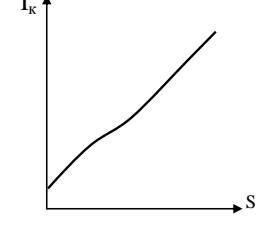
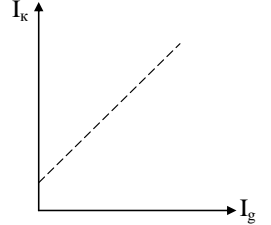
Key words: Arc suppression reactor, compensated and isolated neutral, reliability, uninterrupted operation, arc extinction, neutral modes, step regulation, schematic diagram.

Дугогасящий реактор имеет большое индуктивное и незначительное активное сопротивление. Индуктивность ДГР может регулироваться путем изменения числа включенных витков, изменением величины воздушного зазора сердечника или его подмагничиванием.

Катушка индуктивности как средство гашения заземляющих электрических дуг впервые была предложена В. Петерсеном в Германии в 1916 г. по результатам проведенных им исследований процессов при однофазных замыканиях в электрических сетях [1].

Термин “катушка Петерсена” длительное время был у нас официальным названием ДГР и лишь в последнем стандарте на электрические реакторы (ГОСТ 18624–2003), он не рекомендуется к применению.

Основные характеристики ДГР

Зависимость тока компенсации от фактора регулирования	Содержание в/г в токе %	Отношение предельных токов	Магнитная индукция, Гс	Способ регулирования тока
	0	1/2	14000	Ручное переключение с отключением катушки от сети: переключатель пяти ответвлений на крышке
	1–1,5	1/2,5	16000	Ручное переключение с отключением катушки от сети: переключатель со штурвальным приводом для шесть или девяти ответвлений
	1–1,5	1/10 (1/20)	12000–14000	Плавная настройка электродвигателем без отключения от сети
	5–7	1/5–1/10	12000–14000	Настройка поперечным подмагничиванием без отключения от сети
	5–7	1/5–1/10	14000	Настройка продольным подмагничиванием без отключения от сети

Существует несколько групп ДГР принципиально мало отличающихся друг от друга: а) пофазно заземляющие реакторы; б) трехфазные ДГР; в) ДГР, включаемые в нейтраль сети. Пофазно заземляющие и трехфазные ДГР тока в практике эксплуатации, как правило не встречаются. Наибольшее распространение получили ДГР, включаемые в нейтраль сети.

Основные характеристики ДГР (табл. 11), подключаемых к нейтрали сети и различающихся по способам регулирования индуктивности, приведены в [2, 3, 4, 6].

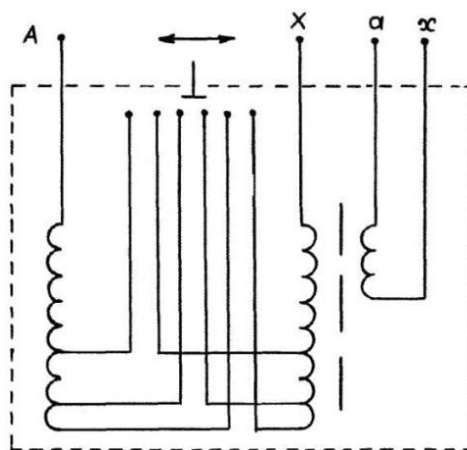


Рис. 1. Принципиальная схема реактора ЗРОМ (РЗДСОМ).

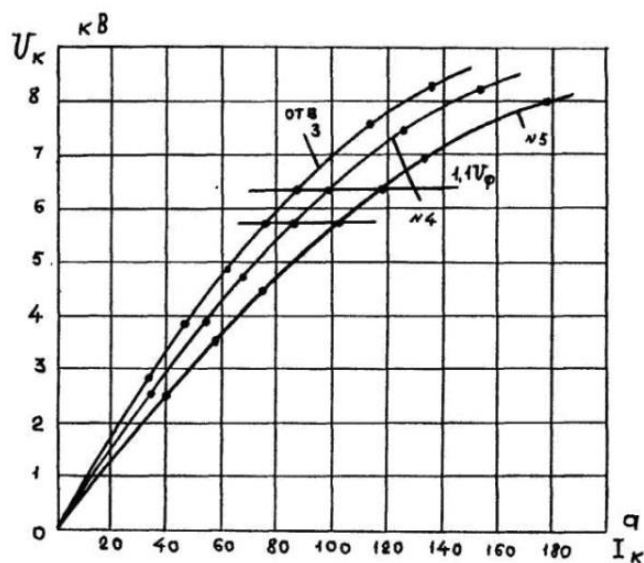


Рис 2. Характеристики $I_k = f(U_k)$ для ЗРОМ–600/10, для ответвлений 3,4,5.

Общими конструктивными элементами различных типов ДГР являются основная обмотка и магнитная система стержневого или бронестержневого типа с зазорами. Наличие зазоров в магнитопроводе обеспечивает практическую линейность вольтамперной характеристики реактора при увеличении систем реакторов посвящен ряд работ [4].

Как в нашей стране, так и заземление рубежом, в качестве компенсирующих устройств получили широкое распространение ДГР стержневой конструкции с распределенными зазорами в стержнях и со ступенчатым регулированием индуктивности путем ручного переключения ответвлений рабочей обмотки, т.е. переключателем вида ПБВ. В основном это реакторы серии соединения. Они обеспечивают достаточно высокую эффективность компенсации при правильной их настройке и незначительных изменениях проводимостей фаз сети [7,8]. Под эффективностью компенсации понимается отношение количества самоликвидировавшихся и отключенных персоналом замыканий на землю к общему количеству замыканий. Однако анализ статистики показывает сильную зависимость эффективности компенсации от степени расстройки компенсации. Например, при расстройках сети 0,6; 0,238; 0,1–0,15; 0; коэффициенты эффективности равны соответственно 0,5; 0,7; 0,85; 0,95.

Опыт эксплуатации во многих энергосистемах в нашей стране сетей с компенсацией емкостных токов с применением ДГР серии ЗРОМ показывают, что уровень компенсации не удовлетворяет требованию надежности электроснабжения потребителей из-за неточности настройки [7,8]. В табл. 1.2 приведены основные технические данные реактора типа ЗРОМ Московского ПО “Электрозавод”.

В условиях динамического развития распределительных электрических сетей у ДГР со ступенчатым регулированием выявила ряд недостатков, которые обусловлены следующими причинами:

- 1) при ступенчатом регулировании невозможно обеспечить резонансные режимы;
- 2) для перестройки режима компенсации требуется отключение реактора от сети;
- 3) при оперативных переключениях в сети персоналу необходимо провести специальные расчеты для выбора оптимальных положений переключателя ДГР;
- 4) диспетчерский персонал не имеет полной информации о величине емкостной проводимости сети в связи с переключениями в абонентских сетях, электрически связанных с питающими подстанциями;
- 5) в условиях аварийных переключений дежурный персонал не всегда успевает перестроить режим компенсации, что в ряде случаев усугубляет аварийные повреждения [5].

В условиях динамического развития распределительных электрических сетей у ДГР со ступенчатым регулированием выявила ряд недостатков, которые обусловлены следующими причинами:

- 1). При ступенчатом регулировании невозможно обеспечить резонансные режимы;
- 2). Для перестройки режима компенсации требуется отключение реактора от сети;
- 3). При оперативных переключениях в сети персоналу необходимо провести специальные расчеты для выбора оптимальных положений переключателя ДГР;
- 4). Диспетчерский персонал не имеет полной информации о величине емкостной проводимости сети в связи с переключениями в абонентских сетях, электрически связанных с питающими подстанциями;
- 5). В условиях аварийных переключений дежурный персонал не всегда успевает перестроить режим компенсации, что в ряде случаев усугубляет аварийные повреждения [5].

Перечисленные недостатки этих реакторов не позволяют использовать их в режиме однофазного замыкания, так как возможно заклинивание плунжера и поломка механических частей из-за возникновения значительных электродинамических усилий, а малая скорость отработки расстройки снижает эффективность компенсации в условиях устойчивого и перемежающегося дугового замыкания.

ДГР с подмагничиванием в зависимости от ориентации в сердечнике магнитных потоков рабочей обмотки и обмотки управления подразделяются на два вида: с поперечным и продольным подмагничиванием. Характеристики единичных образцов реакторов с поперечным подмагничиванием приведены [4].

Производство ступенчато регулируемых реакторов с РПН полностью соответствует традиционной технологии реакторостроения. Эксплуатационные и технические характеристики этих реакторов, полностью соответствуют предъявляемым требованиям.

Выпускаемые производством реакторы типа ЗРОМ и РЗДСОМ, электромеханическим переключателем ответвлений, имеющим ручной или моторный привод для регулирования только в нормальном режиме работы сети. Далее, не изменяя обмотку реактора, можно перейти на тиристорные переключатели, обеспечивающие высокую скорость настройки компенсации в режиме однофазного замыкания на землю, с управлением от микропроцессоров.

Реакторы типа ЗРОМ и РЗДСОМ, являются распространенными типами ДГР в энергосистемах, позволяют наиболее экономическим путем повысить эффективность компенсации ёмкостных токов при однофазных замыканиях на землю и обеспечить высокую надежность электроснабжения потребителей.

Выводы:

1. Режимы нейтрали в сетях 6–35 кВ влияют на целый ряд показателей их работы. Они должны быть приведены в соответствие с общими высокими требованиями, предъявляемыми к современному уровню эксплуатации энергетических установок.

2. Этим требованиям уже не удовлетворяет работа сетей с полностью изолированной нейтралью. При дуговых замыканиях на землю возможны 3–4 кратные перенапряжения, опасные для сети. Кратность и возможность длительности существования дуговых замыканий определяется величиной тока замыкания на землю.

3. При небольших емкостных токах замыкания на землю должно широко применяться, заземление нейтрали через высокоомное сопротивление, причем создаваемый таким путем активный ток замыкания на землю должен составлять 50–100% емкостного тока.

4. Подавляющее распространение в электрических сетях 6–35 кВ получили реакторы со ступенчатым регулированием типа ЗРОМ и РЗДСОМ, составляющие 80–90% всех ДГР, находящихся в эксплуатации.

5. Повышение эффективности эксплуатации ДГР со ступенчатым может быть достигнута заземление счет постоянного автоматического контроля степени расстройки реактора и автоматических измерений проводимости КНП сети.

6. Применение современной микропроцессорной техники для измерения проводимостей фаз на землю и при настройке ДГР со ступенчатым регулированием индуктивности, имеет большое народнохозяйственное значение.

Литература:

1. **Беляков, Н.Н.** Исследования перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью – Электричество, [Текст] // Фрунзе, 1957, №5, с.31–37.
2. **Гамазин, С.И.,** Экономическая эффективность применения микро-ЭВМ для настройки ДГР в системах электроснабжения.–Тезисы докл.респ.науч.техн.конф. [Текст] / Т.К.Жобборов // Фрунзе, 1989, с.46–47.
3. **Головчан, В.Д.** Заземляющие дугогасящие реакторы с плавным регулированием индуктивности– Бурак Н.В. Электротехника, 1980, № 7, с. 21–24.
4. **Дорожко, А.И.** Реакторы с поперечным подмагничиванием – [Текст] / М.С. Липкинд // М.: Энергия, 1977–63 с.
5. **Жобборов, Т.К.** Разработка устройства автоматического управления ДГР с применением микропроцессорной техники.–Тез. респ. науч. техн. конф. Ташкент, 1989, с.78–79.
6. ГОСТ 19470–74. Реакторы масляные заземляющие дугогасящие – Переиздат, 1979.
7. Режимы нейтрали в электрических распределительных сетях напряжением до 35 кВ: Тез. докл. научно–техн. конф.–Киев, 1980.–103с.
8. Petersen W., Erdschlusstromе in Hochspannungslagen, ETZ, 1916.