

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică
Departamentul Energetică**

Admis la susținere

Șef departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.

„_____” _____ 2019

**Oportunitatea implementării tratării neutrului în rețele
de distribuție (6-35 kV) a ICS „RED Union Fenosa” SA
cu rezistor sau cu bobină de stingere cu rezistor**

Teză de master

Student: _____ **CECAN Anatolie,**
gr. EE-18M

Conducător: _____ **STRATAN Ion,**
prof. univ., dr.

Chișinău, 2019

АННОТАЦИЯ

В своей работе я, Чекан Анатолий, поставил перед собой цель доказать целесообразность применения новых типов заземления нейтрали, таких как резистивное и комбинированное (параллельное включение резистора и дугогасящего реактора), в отечественных распределительных сетях 6-35 кВ.

В данной работе было приведено описание всех существующих способов заземления, указаны их преимущества и недостатки, критерии их выбора и выбора заземляющих устройств. Были описаны причины возникновения перенапряжений в сетях среднего напряжения и переходные процессы, вызванные ими.

Исходными данными для осуществления поставленной задачи послужили схемы электрических подстанций, отчеты по аварийным отключениям, характеристики работы сети за последний период. Для наглядного обоснования применения резистивного заземления были выполнены все необходимые расчеты для ЦПП №9 Ботаника 110/10 кВ. Результаты этого расчета ясно указывают положительные моменты установки резистора заземления, особенно для разветвленной кабельной городской сети.

ADNOTARE

În munca mea, eu, Anatoly Chekan, mi-am propus obiectivul de a dovedi fezabilitatea utilizării de noi tipuri de împământare neutră, cum ar fi rezistiv și combinat (conexiune paralelă a unui rezistor și a unui reactor arcuitor), în rețele de distribuție internă de 6-35 kV.

În această lucrare, a fost făcută o descriere a tuturor metodelor de împământare existente, avantajele și dezavantajele acestora, sunt indicate criteriile de selecție și selectare a dispozitivelor de împământare. Au fost descrise cauzele supratensiunii în rețelele de tensiune medie și tranzitorii cauzate de acestea.

Datele sursă pentru implementarea sarcinii au fost schemele stațiilor electrice, rapoartele privind oprirea de urgență, caracteristicile rețelei pentru ultima perioadă. Pentru o justificare vizuală a utilizării împământării rezistive, toate calculele necesare au fost efectuate pentru tabloul central de distribuție nr. 9 Botanică 110/10 kV. Rezultatele acestui calcul indică clar aspectele pozitive ale instalării unui rezistor de împământare, în special pentru o rețea urbană de cablu ramificată.

ANNOTATION

In my work, I, Anatoly Chekan, set myself the goal of proving the feasibility of using new types of neutral grounding, such as resistive and combined (parallel connection of a resistor and an arcing reactor), in domestic distribution networks of 6-35 kV.

In this paper, a description was made of all existing grounding methods, their advantages and disadvantages, criteria for their selection and selection of grounding devices are indicated. The causes of overvoltage in medium voltage networks and the transients caused by them were described.

The source data for the implementation of the task were the schemes of electrical

substations, reports on emergency shutdowns, the characteristics of the network for the last period.

For a visual justification of the use of resistive grounding, all the necessary calculations were performed for the central distribution board No. 9 Botany 110/10 kV. The results of this calculation clearly indicate the positive aspects of installing a grounding resistor, especially for a branched cable urban network.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ RED “UNION FENOSA”	10
1.1. О предприятии.....	10
2. РЕЖИМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-35 КВ	15
2.1. Основные положения	15
2.2. Режим изолированной нейтрали	19
2.3. Режим заземления нейтрали в сети 6-35 кВ через дугогасящий реактор.....	20
2.4. Режим заземления нейтрали в сети 6-35 кВ через резистор (резистивное заземление нейтрали).....	23
2.5. Высокоомное резистивное заземление нейтрали	24
2.6. Низкоомное резистивное заземление нейтрали.....	25
2.8. Комбинированное заземление нейтрали.....	28
2.9. Рекомендуемые режимы заземления нейтрали сетей напряжением 6 и 10 кВ.....	30
3. УСЛОВИЯ ВЫБОРА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ	36
3.1. Выбор заземляющего высокоомного резистора	36
3.2. Выбор заземляющего низкоомного резистора.....	38
3.3. Выбор дугогасящих реакторов	41
3.4. Схемы включения дугогасящих реакторов	42
3.5. Настройка и эксплуатация дугогасящих реакторов	44
3.6. Комбинированное заземление нейтрали в сетях напряжением 6 и 10 кВ	47
4. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ В 1. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	48
4.1. Общие положения	48
4.2. Механизм возникновения дуговых перенапряжений	48
4.3. Переходные процессы при однофазных замыканиях в распределительных сетях с изолированной	

нейтралью	49
4.4. Режим устойчивого металлического замыкания на землю.	54
4.5. Режим устойчивого замыкания на землю через переходное сопротивление.....	58
4.6. Режим дугового замыкания на землю.....	61
4.7. Особенности режимов ОЗЗ в распределительных сетях с изолированной нейтралью	64
4.8. Распределительные сети напряжением 6–35 кВ с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор	66
4.9. Распределительные сети с резистивным заземлением нейтрали	76
4.10. Низкоомное резистивное заземление.....	80
5. ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА	
2.	ПОДС
ТАНЦИИ ЦРП-9 «БОТАНИКА» 110/10 КВ	81
5.1. Общее описание.....	81
5.2. Выбор высокоомного резистора.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
ЛИТЕРАТУРА	89

ВВЕДЕНИЕ

Опыт работы показывает, что подавляющее большинство нарушений нормальной работы сетей среднего напряжения связаны с повреждением изоляции относительно земли — с однофазным замыканием на землю. В распределительных сетях 6(10) кВ эти повреждения составляют не менее 75 % от общего числа повреждений. Около 80% случаев замыканий на землю развивались в междуфазные короткие замыкания, что снижает надежность систем электроснабжения вследствие существенного увеличения числа отключений с большим током короткого замыкания, с расходом ресурса выключателя, с глубокой посадкой напряжения, с возможностью отказа АВР. Статистическая обработка аварийных и неаварийных происшествий в этих распределительных сетях показывает, что развития замыканий на землю в междуфазные короткие замыкания от действия заземляющих дуг составляют приблизительно 35%, а от перенапряжений — 65 %.

Применение дугогасящих реакторов (ДГР) в сетях также должно гарантировать достаточно малый ток в месте повреждения. Однако не только ограничение величины тока в месте повреждения дает гарантию локализации и дальнейшего неразвития этого повреждения. Однофазным повреждениям в сети сопутствует большое разнообразие внутренних перенапряжений, делающих небезопасным длительное существование однофазного замыкания и приводящих к пробоям изоляции в других точках сети, т. е. к возникновению множественных повреждений.

Наиболее типичными перенапряжениями являются: дуговые, связанные с перемежающимся характером дуги; перенапряжения, вызываемые обрывом заземляющих дуг, возникающие при отключениях двойных и междуфазных к. з., при обрыве тока в ДГР; коммутационные перенапряжения, связанные с технологическими и аварийными переключениями; резонансные перенапряжения в сетях с ДГР; резонансные перенапряжения на высших гармониках; многообразные феррорезонансные явления и перенапряжения. Отсутствие каких-либо мер по ограничению многообразных перенапряжений в наших сетях приводит к тому, что повреждаемость оборудования остается весьма высокой и для сетей с токами замыкания меньше 5... 10 А. И, наконец, третьей стороной проблемы, призванной повысить надежную работу системы электроснабжения в условиях однофазного замыкания, должно стать требование повсеместного использования устройств релейной защиты от замыканий на землю, обеспечивающих быстрое обнаружение, сигнализацию и (или) отключение поврежденного присоединения.

Способ заземления нейтрали — исключительно важная проблема сетей этих классов напряжения. Она должна решаться индивидуально для каждой характерной электрической системы питания и потребления. Получение максимума преимуществ от выбранного способа заземления нейтрали увязывается со специфическими требованиями производственного процесса, основными из которых, как правило, являются надежность системы электроснабжения и стоимость обеспечения заданной надежности. Большое число факторов, которые должны быть учтены, тем не менее, не всегда могут быть проанализированы только с позиции стоимости. Поэтому наилучшее решение при выборе способа заземления нейтрали — одна из самых трудных задач проектирования системы электроснабжения.

В настоящее время аварийность городов является вопросом весьма актуальным, поскольку в других сферах электроэнергетики показатель аварийности ниже. Это может быть связано с огромным количеством факторов, таких как степень сосредоточения населения на стесненной территории. При большой концентрации людей в городах, качество их жизни напрямую зависит от надежности системы электроснабжения. Так аварийные ситуации в системах электроснабжения парализуют нормальную жизнедеятельность города в целом. Вследствие этого, важной задачей является повышение надежности работы электрических распределительных сетей 6 – 35кВ, так как это непосредственно влияет на увеличение надежности электроснабжения городских потребителей. Способ заземления нейтрали представляется исключительно важной проблемой распределительных сетей 6 – 35 кВ. Данную проблему необходимо решать индивидуально, беря во внимание особенности конкретной схемы электроснабжения. Преимущества от того или иного способа заземления нейтрали связаны с требованиями производственного процесса, из которых можно выделить два основных: это надежность системы электроснабжения и стоимость создания необходимой надежности. Анализ факторов, которые должны быть учтены, не всегда должен производиться только с позиции стоимости. Поэтому наилучшее решение при выборе способа заземления нейтрали — одна из самых трудных задач проектирования системы электроснабжения.