

УДК 621.311

ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ЧЕРЕЗ РЕЗИСТОР

Дерюга В.С.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Короткевич М.А.

Выбор режима заземления нейтрали в сети напряжением 6-35 кВ является исключительно важным вопросом при проектировании и эксплуатации. Режим заземления нейтрали в сети напряжением 6-35 кВ определяет: ток в месте повреждения и перенапряжения на неповрежденных фазах при однофазном замыкании; схему построения релейной защиты; выбор ограничителей перенапряжений для защиты от перенапряжений; бесперебойность электроснабжения; безопасность персонала и электрооборудования при однофазных замыканиях.

Таким образом, очевидно, что режим заземления нейтрали в сети напряжением 6-35 кВ влияет на значительное число технических решений, которые реализуются в конкретной сети.

В сетях среднего напряжения (с номинальным напряжением до 69 кВ по зарубежной классификации) применяются четыре режима заземления нейтрали:

- изолированная (незаземленная);
- заземленная через дугогасящий реактор;
- заземленная через резистор (низкоомный или высокоомный);
- глухозаземленная.

Кроме указанных четырех режимов заземления нейтрали в мире применяется также комбинация (параллельное включение) дугогасящего реактора и резистора.

На сегодняшний день применяются три варианта заземления нейтрали сетей напряжением 6-35 кВ через резистор: низкоомное, высокоомное и комбинированное.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали применяется в случаях, когда однофазное замыкание на землю должно быть селективно отключено в течение минимально возможного времени. При этом ток в нейтрали должен быть достаточным для работы релейной защиты на отключение.

Высокоомное резистивное заземление нейтрали целесообразно применять в случаях, когда сеть должна иметь возможность длительной работы в режиме однофазного замыкания на землю до обнаружения места однофазного замыкания. При этом ток в нейтрали должен быть такой величины, чтобы исключить появление опасных дуговых перенапряжений и снижение электробезопасности, но быть достаточным для определения поврежденного присоединения и работы релейной защиты на сигнал.

Комбинированное заземление нейтрали осуществляется путем присоединения высокоомного резистора параллельно дугогасящему реактору и позволяет снижать уровень перенапряжений при неточной настройке дугогасящего реактора, а также способствует работе на сигнал релейных защит.

В сетях напряжением 6-35 кВ обычно используются трансформаторы со схемой соединения обмоток "Y /Δ". Для определения токов замыкания на землю в сетях с резистивным заземлением нейтрали примем две схемы включения резистора (рисунок 1.1): между нулевой точкой обмотки высокого напряжения трансформатора и контуром заземления (рисунок 1.1а) и во вторичную обмотку трансформатора (в разомкнутый треугольник) (рисунок 1.1б).

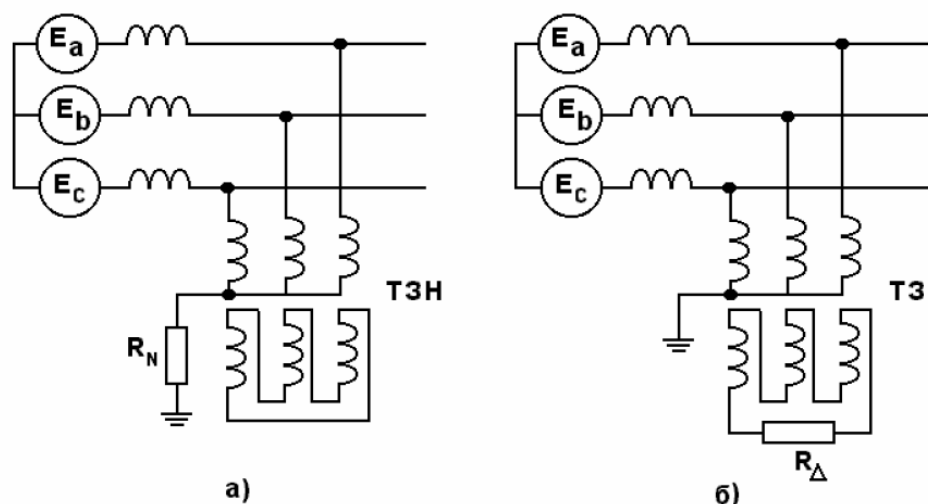


Рисунок 1.1 - Схемы подключения резистора к нейтрали сети

Выбор типа резистора для заземления нейтрали производится по трем основным критериям:

- резистор должен обеспечивать снижение уровня дуговых перенапряжений;
- сопротивление резистора в нейтрали должно гарантировать протекание активного тока в поврежденном присоединении, достаточного для действия релейных защит на сигнал или на отключение поврежденного присоединения;
- при заземлении нейтрали через резистор должны соблюдаться условия электробезопасности для людей при однофазных замыканиях на землю на подстанциях и распределительных пунктах с учетом существующего нормирования величины допустимого напряжения прикосновения.

Основной параметр резистора – его активное сопротивление R_N , величина которого выбирается по критерию снижения уровня перенапряжений и затем может корректироваться по условиям работы релейной защиты и условию электробезопасности.

При резистивном заземлении нейтрали ограничение перенапряжений при дуговых замыканиях осуществляется за счет обеспечения стекания заряда нулевой последовательности за время $t = 0,01$ с и снижения напряжения на нейтрали до значений, исключающих последующие пробои ослабленной изоляции аварийной фазы. Одновременно с этим заземляющие резисторы эффективно подавляют всевозможные резонансные и феррорезонансные перенапряжения. Они способствуют ликвидации сверхтоков, обусловленных насыщением магнитопроводов измерительных трансформаторов и трансформаторов контроля изоляции и исключают, тем самым, термическое разрушение их обмоток и повышают надежность и селективность работы простейших защит от однофазных замыканий на землю. Важной особенностью применения высокоомного резистивного заземления нейтрали является то, что при снижении ёмкости сети постоянная времени стекания заряда нулевой последовательности через выбранный резистор уменьшится, и, следовательно, стекание заряда будет проходить еще быстрее.

Многу были проведены исследования стоимости переоборудования сети на режим изолированной, компенсированной или резистивной нейтрали. Исследования показали, что первоначальные капитальные затраты самые большие при устройстве компенсированной нейтрали, однако годовые эксплуатационные расходы и приведенные затраты оказались самыми низкими, для той же компенсированной нейтрали, за счет низкого показателя удельной повреждаемости кабельных линий напряжением 10 кВ на 100 километров. Далее многу были проведены дополнительные исследования с использованием метода многоцелевой оптимизации. Задача была сформулирована следующим образом: при минимуме капитальных затрат K , максимуме срока службы изоляции t и максимуме электробезопасности сети B_* , необходимо выбрать целесообразный режим нейтрали.

Результаты полученных исследований по методу многоцелевой оптимизации сведены в таблицы 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Значения относительной эффективности целей

Цель	K_*, t_*, B_* для нейтрали			e_i для нейтрали		
	изолир.	компенсир.	резистивной	изолир.	компенсир.	резистивной
$\min K$	1,00	3,00	1,50	1,00	0,33	0,67
		4,00	2,50	1,00	0,25	0,40
		5,00	3,00	1,00	0,20	0,33
		6,00	4,00	1,00	0,17	0,25
$\max B$	1,00	1,00	1,25	0,80	1,00	1,00
			5,00	0,20	0,20	1,00
$\max t$	1,00	1,50	2,00	0,50	0,75	1,00

Таблица 1.2 - Значение критерия оптимизации E для сети с кабельными линиями

Значение показателей для заземленной через резистор нейтрали			Значения критерия оптимизации		
K_{*j}	t_{*j}	B_{*j}	изолированная нейтраль	компенсированная нейтраль	резистивная нейтраль
1,50	2,00	1,25	0,74	0,54	0,86
2,50			0,74	0,46	0,67
3,00			0,74	0,39	0,59
4,00			0,74	0,35	0,49
1,50	2,00	5,00	0,38	0,29	0,86
2,50			0,38	0,26	0,67
3,00			0,38	0,25	0,59
4,00			0,38	0,23	0,49

Из данных таблиц 1.1 и 1.2 видно, что капитальные затраты на перевод сети на режим заземленной через резистор нейтрали не должны превышать более чем в 1,5 раза капитальные затраты на создание изолированной нейтрали. При этом срок службы изоляции увеличивается в 2 раза, а электробезопасность повышается в 1,25 раза.

Однако, при повышении электробезопасности в 5 раз, критерий капитальных затрат на перевод сети с изолированной нейтрали на режим резистивного заземления нейтрали не является определяющим для сетей с кабельными линиями электропередачи.

По всем показателям создание компенсированной нейтрали нецелесообразно в виду высоких капитальных затрат. При этом срок службы изоляции увеличивается в 1,5 раза, а электробезопасность остается на том же уровне, что и при изолированной нейтрали.

Основываясь на изложенном выше, можно сделать вывод о том, что в сетях напряжением 6-35 кВ наиболее благоприятными с точки зрения эксплуатации является режим заземления нейтрали через резистор (высокоомный или низкоомный). Режим изолированной нейтрали должен быть полностью исключен из практики эксплуатации.

Литература

1. Дипломный проект на тему "Заземление нейтрали электрической сети напряжением 6-10 кВ через резистор". Исполнитель: студент группы 106221 Дерюга В.С., 2016.
2. Короткевич, М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей / М.А – Короткевич. – Минск: ЗАО "Техноперспектива", 2003.
3. Короткевич, М.А. Эксплуатация электрических сетей / М.А – Короткевич. – Минск: Высшая школа, 2014.

4. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / под ред. Ф.Х. Халилова, Г.А. Евдокунина, А.И. Таджибаева. – Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 2002.