

УДК 621.311:551.516.4

С.В.Кузнецов (6 курс, каф. ИЭиТВН), Н.И.Гумерова, к.т.н., доц.

## АНАЛИЗ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТАХ ОРУ 330 КВ

Современная подстанция или открытое распределительное устройство станции – это сложное сооружение, состоящее из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных конструкций. Она играет исключительно важную роль в обеспечении качественного и бесперебойного электроснабжения потребителей. Отключение подстанции или ее части грозит погашением целого района, может привести к крупной системной аварии и, как следствие, к большим экономическим потерям.

В качестве защитных аппаратов в давно действующих энергосистемах используются вентильные разрядники (ВР) [1], которые последнее время начинают интенсивно заменять нелинейными ограничителями перенапряжений (ОПН). Поскольку ОПН имеют лучшие защитные характеристики по сравнению с ВР, появляется возможность, несмотря на изношенность оборудования, не только сохранить грозоупорность ОРУ и энергосистемы в целом, но и дополнительно оптимизировать весь комплекс защитных мероприятий.

В настоящем исследовании проанализировано поведение наиболее ответственного оборудования ОРУ 330 кВ подстанции ПС-204 Колэнерго и определены пути оптимизации грозозащитных мероприятий. Анализ выполняется с помощью программного комплекса, базирующегося на разработанной авторами методике численного моделирования грозовых перенапряжений в системе "молния – ВЛ – подстанция" [3]. Методика и соответствующая программа рекомендованы к применению РУ [2]. Величины перенапряжений определяются схемой ОРУ, и в первую очередь соотношением количества входящих ВЛ и защитных аппаратов и удаленностью последних от защищаемого оборудования.

ОРУ подстанции ПС-204 системы Колэнерго выполнено по схеме "укрупненный блок", т. е. содержит одну воздушную линию (ВЛ) и 2 автотрансформатора (АТ) с ОПН, подсоединенными на расстоянии 12 метров. Кроме того, схема содержит два трансформатора тока (ТТ) на расстоянии 104 метра от ОПН. Также схема содержит один трансформатор напряжения (ТН), включенный на шинах непосредственно на входе подстанции и расположенный на расстоянии 123 метра от ближайшего ОПН.

Особенностью Кольского полуострова и расположенной здесь энергосистемы являются экстремально большие сопротивления грунта. Соответственно и сопротивления заземления опор согласно указаниям ПУЭ [1] допускаются больше обычных по величине. Для более широкого анализа защищенности исследуемых аппаратов взяты значения сопротивления заземления опор 30, 60, 120 Ом. Нужно отметить, что, к сожалению, в реальности сопротивления заземления опор оказываются еще больше (известны случаи и 0,5 кОм).

В таблице, представленной ниже, приведен коэффициент успешности грозозащиты  $k$ , рассчитанный как отношение расчетных показателей грозоупорности  $M$  к допустимому [2], минимальная необходимая длина защищенного подхода  $L$ , а также суммарный показатель грозоупорности  $M$ . Защита успешна при  $k \geq 1$ . В расчетах допустимая величина  $M$  принята равной 600 лет (согласно РУ [2] показатель грозоупорности  $M = 600 \dots 800$  лет).

Таблица. Уровень грозоупорности высоковольтных аппаратов ОРУ 330 кВ подстанции ПС-204 системы Колэнерго

Высоковольтный аппарат	Сопротивление заземления опор ВЛ, Ом	Стандартная схема			Схема с дополнительным ОПН		
		$k$	$L$ , км	$M^*$ , лет	$k$	$L$ , км	$M^*$ , лет
Автотрансформатор АТ-1	30	12	0,55	7280	830	0,55	500000
	60	1,2	1	727	70	0,55	42000
	120	0,93	1	556	24	0,55	14400
Автотрансформатор АТ-2	30	8,6	1	5180	360	0,1	217000
	60	1,70	1	1020	15	0,55	8990
	120	0,78	1	469	4,9	1	2970
Трансформатор тока ТТ-1	30	0,73	1,5	435	69	0,55	41700
	60	0,19	>1,9	112	11	0,55	6580
	120	0,11	>1,9	64	3,0	1	1800
Трансформатор тока ТТ-2	30	0,72	1	434	270	0,55	161300
	60	0,19	1	111	8,4	0,55	5020
	120	0,08	1	49	1,1	1	670
Трансформатор напряжения ТН	30	0,35	>1,9	210	58	0,55	34600
	60	0,13	>1,9	76	27	0,55	16500
	120	0,06	>1,9	36	1,2	1	738

Рассмотрена работа схемы во всех возможных режимах: нормальном режиме, ремонтном и аварийном. При переходе от схемы нормальной работы с одной ВЛ и двумя АТ и, соответственно, с двумя ОПН, грозоупорность АТ является вполне достаточной, но при переходе к схеме с одной ВЛ и одним защитным аппаратом, ситуация резко ухудшается. В данном случае спасает положение то, что ремонтный режим длится ограниченный период, только по 10 дней на один АТ, однако эта ситуация может снизить суммарный показатель грозоупорности, что и показали результаты расчетов (курсив – недостаточная грозоупорность).

Если для автотрансформаторов грозоупорность становится недостаточной только при сопротивлении заземления опор 120 Ом, то для измерительных трансформаторов такое положение имеет место уже при 30 Омах. Увеличить грозозащищенность более чем на порядок и при этом снизить минимально необходимую длину защитного подхода примерно в два раза позволяет установка дополнительного защитного устройства на входе подстанции. Это значительно снижает требования к сопротивлениям заземления там, где эти сопротивления выполнить чрезвычайно трудно.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила устройства электроустановок / Под ред. Королева С.Г.- М: Энергоатомиздат, 1985.
2. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / Под научн. ред. Н.Н Тиходеева.- СПб: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.
3. Костенко М.В., Ефимов Б.В., Зархи И.М., Гумерова Н.И. Анализ надежности грозозащиты подстанций.- Л.: Наука, 1981.