МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
Главное управление капитального строительства (ГУКС)
ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

О проектировании электрической части подстанций, расположенных в сейсмических районах.

№ 8099тм-тI

МОСКВА

1989г.

gost.e-ecolog.ru

Министерство энергетики и электрификации СССР

ГПИО "ЭНЕРГОПРОЕКТ"

Ордена Октябрьской революции
Всесоюзный Государственный проектно-изыскательский
и научно-исследовательский институт энергетических
систем и электрических сетей
"ЭНЕРТОСЕТЬПРОЕКТ"

О ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПОДСТАНЦИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

№ 8099тм-т1

(Главный инженер) В.С.Лямешко

Начальник производственно-технического отдела А.С.Бурцев

Главный специалист Н.В.Муравко

1989

8099тм-т1

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I. О проектировании электрической части подстанций, расположенных в сейсмических районах 3

2. Список литературы 10

3. Приложение I. Материалы Кафрамидского землетрясения I3.I0.85 12

4. Приложение 2. Материалы землетрясения в Сев.Армении 07.I2.88 19

5. Приложение 3. Чертеж крепления трансформатора к фундаменту 39

О проектировании электрической части подстанций, расположенных в сейсмических районах

Приведенные ниже рекомендации составлены на основании анализа работ, приведенных в (5-9), а также отчета бригады, образованной в соответствии с приказом Минэнерго СССР от 29.12.88 № 303р и обследовавшей подстанции (ПС) напряжением 35 кВ и выше, находившиеся 07.12.88 в зоне землетрясения в Сев.Армении.

1. Рекомендации касаются электрической части ПС. Вопросы проектирования строительной части достаточно полно изложены в СНиП-II-7-81 (1), а в ПУЭ вопросы сейсмики отсутствуют.

2. Необходимость рекомендаций связаны с тем, что оборудование, выпускаемое промышленностью и устанавливаемое на ПС, практически не нормировано с точки зрения его сейсмостойкости и, по-видимому, в подавляющем большинстве - несейсмостойко. Исключение составляет аппаратура, предназначенная для установки в зданиях и сооружениях атомных станций, которая для ПС практически не поставляется. Требования к этой аппаратуре изложены в ГОСТ 25804.3-83 п.1.12 (2) и в обязательном приложении к этому ГОСТ'у. Приведенные в приложении к ГОСТу зависимости величины ускорения от интенсивности землетрясения и уровня установки аппаратуры над нулевой отметкой можно использовать при выдаче технических требований на коммутационные аппараты и др. высоковольтное и низковольтное оборудование ПС, с учетом того, что эти требования были разработаны для установки аппаратуры в зданиях АЭС.

Основные понятия, характеризующие землетрясения, здесь не рассматриваются и с ними можно ознакомиться в специальной литературе (например, 3,4).

3. В последние годы ряд организаций Минэнерго СССР (Энергосетьпроект - САО и ТадНИИЭ, Гидропроект - НИС и др.) проводили и проводят исследования, необходимость которых связана с разработкой применимой для нужд инженерной практики методики расчета и проектирования сейсмостойких конструкций электрооборудования ПС и ОРУ, включающей в себя, в частности, учет свойств основного материала изоляционных конструкций - электротехнического фарфора. Использование первых результатов этих исследований представляется целесообразным уже на данном этапе.

4. Отсутствие данных заводов-изготовителей о сейсмостойкости (собственных частотах и др.) выпускаемой ими продукции вынуждает в особо ответственных случаях проводить исследования, содержащие как правило математические расчеты и различные эксперименты применительно к отдельным видам оборудования ПС. При этом зачастую исследования проводятся не самого аппарата, а аппарата совместно с его строительной конструкцией, поскольку последняя оказывает существенное влияние на результирующую собственную частоту и следовательно на живучесть элемента" аппарат - его строительная конструкция".

В (5) можно найти много литературы, посвященной результатам испытаний различного электротехнического оборудования ПС. Например, испытания вводов герметических для силовых кабелей АЭС типа ВГ-I/I00, ВГ-I/500, ВГ-6/500, выполненные НИСГидропроекта (стр.I4I) Испытания показали, что конструкция этих вводов обеспечивает механическую прочность при гармонических нагрузках с амплитудой ускорений до I5 $м/с^2$ в диапазоне частот 2,5...30,0 Гц.

5. В связи с малой сейсмостойкостью различного типа разрядников напряжением II0 кВ и выше, повреждение которых наблюдалось уже

в 6-балльных зонах землетрясения, большой практический интерес представляет результаты проведенных исследований (9) ограничителей перенапряжений типа ОПН 110-500 кВ при их установке в соответствии с типовыми решениями (таблица I). В выводах указывается, что предложенные варианты установок ОПН-110 и ОПН-220 кВ обеспечивают сейсмостойкость аппаратов по критерию механической прочности при интенсивностях сейсмических воздействий до 8 баллов шкалы MSK-64. В связи с отсутствием типовых строительных конструкций (на момент выполнения работ) для ОПН-500 сейсмостойкость последних подтверждена расчетом до интенсивностей в 8 баллов шкалы MSK включительно. Однако для установки ОПН-500 в 8-балльных районах необходимо подтверждение данных расчета результатами натурных исследований динамических характеристик на смонтированном оборудовании на площадке.

Таблица I

Типы опор и условия заделки для ОПН-110 и ОПН-220

Тип опор	Тип стойки	Высота стойки, м	Тип заделки в грунт	Глубина заложения, м
ТО-110-30	УСО-1А	5,5	К-450-Б	2,8
ТО-110-31	УСО-4А	3,3	К-450-П	2,65
ТО-220-13	УСО-2А	4,7	К-450-Б	2,1
ТО-220-15	УСО-4А	3,3	К-450-П	2,65

6. Одним из наиболее эффективных и перспективных направлений экспериментальных методов исследования надежности сооружений в сейсмостойких районах являются испытания с помощью взрывов. В (6) дается описание проведения такого экспериментального исследования ячейки 10 кВ серии КРН-П-10 Мытищинского производства. При

проводимых экспериментах рассматриваемые конструкции испытывали нагрузки, соответствующие 8-9 балльной сейсмике; проведенные эксперименты показали устойчивость конструкций электрооборудования от опрокидывания. Проведенные профилактические испытания ячеек после испытания их на сейсмостойкость показали их пригодность к дальнейшей эксплуатации.

7. При проектировании ПС в районах с повышенной сейсмичностью следует особое внимание уделять выбору площадки ПС. Как известно (I), в области, определенной макросейсмической интенсивности землетрясения, в зависимости от грунтов площадка может характеризоваться интенсивностью землетрясения или на один балл больше, или той же балльностью, или баллом меньше, а по материалам рекомендаций по сейсмическому микрорайонированию института физики земли АН СССР - на 2 балла больше или меньше.

При этом в процессе сравнения вариантов площадок вариант с меньшей сейсмической интенсивностью может характеризоваться худшими показателями (например, с точки зрения земляных работ из-за наличия скальных выходов). Однако стремление уменьшить вероятное сейсмическое воздействие может быть в этом случае решающим.

8. Большой интерес представляет статистика повреждаемости электрооборудования на ПС, оказавшихся в зоне землетрясения различной интенсивности.

Анализ повреждения зданий и электротехнического оборудования ПС от воздействия землетрясений, происшедших в среднеазиатском регионе в период с 1971 по 1985 годы дан в (7,8). Указанные землетрясения характеризовались интенсивностью от 7 до 9 баллов и диапазоном эпицентральных ускорений от 0,25 до 1,0 g.

В целом можно сказать, что электротехническому оборудованию и в отдельных случаях зданиям нанесен значительный ущерб, имело

8099тм-т1

место обесточение ПС и прекращение подачи электроэнергии потребителям. Восстановление и подача напряжения на ПС по временной схеме занимало время от нескольких часов до нескольких суток, а по постоянной схеме – в отдельных случаях свыше 10 дней в зависимости от наличия запасного электрооборудования для замены.

Следует особо остановиться на проведенном анализе событий на ПС при Кайраккумском землетрясении 13.10.85, в эпицентре которого оказались 7 ПС и одно ОРУ ГЭС.

В приложении 1 приведены таблица поврежденного оборудования на указанных выше ПС и характеристика разрушений на указанных выше объектах.

9. Большой интерес также представляет анализ повреждения электротехнического оборудования ПС от воздействия землетрясения, происшедшего в Сев.Армении 7 декабря 1988 г. В числе анализируемых попали 10 ПС и ОРУ Раздanской ГРЭС, подвергшихся разной степени интенсивности землетрясения. В приложении 2 приведены краткая характеристика обследованных ПС, описание сейсмического воздействия, интенсивность землетрясения на площадках ПС, общая характеристика повреждений электрооборудования и сводная таблица повреждения оборудования на ПС.

10. Выводы и рекомендации

Из анализа рассмотренного выше материала можно сделать следующие выводы и рекомендации, которые следует использовать при проектировании ПС в настоящее время в районах с повышенной сейсмичностью.

10.1. Последствия землетрясений показали, что значительная часть электрооборудования ПС подвергается повреждению при сейсми-

ческих воздействиях, что приводит к прекращению его функционирования и нарушение электроснабжения потребителей.

В связи с этим при проектировании ПС необходимо обеспечивать противосейсмические мероприятия, в том числе с помощью сейсмостойкого электрооборудования.

I0.2. Разработка сейсмостойкого оборудования является наиболее актуальной для напряжения 220 кВ и выше.

I0.3. Установку трансформаторов следует предусматривать без кареток непосредственно на фундаментах (без рельс).

Можно также использовать крепление трансформатора к фундаменту с помощью пластины без снятия кареток (чертеж крепления разработан САО ЭСП - приложение 3).

I0.4. Ошиновку ввода низкого напряжения и нейтрального ввода трансформатора следует выполнять гибкими связями.

I0.5. Следует стремиться к снижению высоты конструкции, на которой установлено оборудование, в том числе отдавая предпочтение наземной установке с ограждением.

I0.6. Разрядники 220 и II0 кВ следует устанавливать ступенчато (двумя колонками в фазе), отдавая предпочтение наземной установке с ограждением.

I0.7. Прочность узла установки реакторов батарей по типовому проекту конденсаторов (один СШ-35) должна быть усилена (407-3-247)

I0.8. Высокочастотные заградители предпочтительно подвешивать, а не размещать на конденсаторах связи.

I0.9. Вместо разрядников II0, 220 кВ целесообразно применять ограничители перенапряжения в тех случаях, когда их применение допустимо.

I0.I0. При проектировании аккумуляторной батареи в проекте должны быть приняты меры по закреплению конструкций стеллажей, а также по фиксации аккумуляторных банок на стеллажах от подвижек. В целях предотвращения расплескивания электролита следует применять аккумуляторные батареи типа СН.

I0.II. При установке оборудования на нескольких стойках целесообразно выполнять жесткую связь стоек между собой.

I0.I2. В качестве подстанционных зданий рекомендовать применение зданий из конструкций БКЗ сейсмического исполнения, рассчитанных и испытанных на 9 баллов.

I0.I3. При компоновке ПС целесообразно свести к минимуму количество опорной изоляции; целесообразно применять на ПС гибкую ошиновку, либо жесткую, но с устройствами продольной и поперечной компенсации.

I0.I4. Для исключения повреждения аппаратов (в том числе сейсмостойких) РУ, соединенных гибкой связью, рекомендуется (I0) выбирать ее стрелу провеса по одному из следующих значений:

- в I,5 раза больше максимального теоретического отклонения аппаратов;

- 5% расстояния по прямой между выводами двух аппаратов.

II. После землетрясения в Сев.Армении в Минэнерго СССР создана рабочая группа, которая готовит ряд мероприятий, направленных на повышение живучести ПС в сейсмических районах.

Среди этих мероприятий - разработка нормативов по увеличению числа передвижных ПС для этих районов, по увеличению нормативных запасов электрооборудования и др. По мере разработки этих нормативов институт будет информировать отделения.

Кроме того институт направляет ряд поручений отделениям, разработчикам типовых проектов, о разработке дополнительных чертежей.

Список литературы

1. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах.
2. ГОСТ 25804.3-83
3. ГОСТ 6249-52.
4. А.М.Мартемьянов. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах. Москва. Стройиздат, 1985 г.
5. Отчет о патентных исследованиях по теме "Методы исследований сейсмостойкости электрооборудования и разработка антисейсмических мероприятий". Информационный обзор отечественной и зарубежной литературы за 1970-83 гг. ТаджНИИЭ. Душанбе. 1984.
6. Научно-технический отчет по теме: "Исследование на сейсмостойкость электротехнического оборудования ПС 110 кВ. Оценка параметров колебаний шкафа КНР-10У1 при воздействии землетрясения". ТаджНИИЭ. Душанбе. 1984.
7. Отчет о научно-исследовательской работе "Исследование живучести электро-энергетических систем в экстремальных условиях и разработка инженерно-технических мероприятий". (II этап). ТаджНИИЭ. Душанбе, 1985.
8. Отчет о НИР "Разработка руководства по проектированию и строительству ПС и РУ в сейсмически активных районах" (I этап) (промежуточный). Тадж.НИИЭ. Душанбе. 1986.
9. Отчет о научно-исследовательской работе "Разработка руководства по проектированию и строительству ПС и РУ в сейсмически активных районах".
   Этап: "Разработка эскизных проектных решений и испытания сейсмостойкого оборудования ПС" (промежуточный). ТаджНИИЭ. Душанбе. 1988.
10. Скада и др. Сейсмоустойчивая конструкция ошиновки ОРУ. В книге: Подстанции переменного тока. М. Энергоатомиздат. 1988.

8039тм-т1

II. А.А.Ведерников М.М. Нигулов М.М. Расчет электрооборудования подстанций на сейсмическое воздействие. - В об: Расчет зданий и сооружений на сейсмостойкость. Ташкент: ФАН, 1985, с.147-173.

Приложение I

Материалы Кайраккумского землетрясения
13.10.85.

Вследствие этого землетрясения произошли повреждения оборудования на следующих ПС и ОРУ ГЭС:

ОРУ 220/110/10 Кайраккумской ГЭС,

ПС 220/110/10 Ходжент,

ПС 110/35/10 Новая,

ПС 110/35/6 Ленинабадская,

ПС 220/110/10 Канибадам,

ПС 110/35/6 Ковровая,

ПС 110/6 Восточная,

ПС 35/10 Кайраккумская,

ПС 110/10 Самгар.

Интенсивность землетрясения колебалась в пределах 8-9 баллов по шкале MSK.

На таблице III-I приведена устойчивость основного типа оборудования ПС, а на таблице III-2 - количество и стоимость поврежденного оборудования.

Ниже дано описание устойчивости основных типов электротехнического оборудования в зависимости от сейсмической интенсивности.

8093тн-т1

Таблица III-I

Устойчивость основных типов оборудования

ПС 110/35/10(6)

(обобщение данных по разруш. на п/ст)

Наименование оборудования	Тип оборудован.	Интенсивность колеба-ний				
		6	7	8	9	10
1. Трансформаторы силовые	ТДН-16000/110	БД	БД	НД	ДВ	Р
2. Выключатели масляные	ВМК-110	БД	БД	НД	Р	Р
3. Проходные изоляторы	10, 35 и 110	БД	НД	Р	Р	Р
4. Разъединители	РНДЗ-110 Л	БД	НД	НД	Р	Р
5. Отделители	ОДЗ-110	БД	ДВ	Р	Р	Р
6. Короткозамыкатели	КЗ-110	БД	ДВ	Р	Р	Р
7. Разрядники	РВС-110	БД	Р	Р	Р	Р
	РВС-35	БД	ДВ	Р	Р	Р
	РВС-15	БД	ДВ	Р	Р	Р
8. Трансформаторы тока	ТФЗМ-110	БД	БД	БД	Р	Р
9. Трансформаторы напряж.	НКФ-110	БД	БД	БД	Р	Р
10. Ячейка РЦ-35/10(6) наружной установки		БД	БД	БД	БД	НД
11. Шкафы, панели	КРУН-10(6)	БД	БД	БД	БД	ДВ
12. Конденсаторы	СМК-110	БД	БД	БД	БД	НД
13. Аккумуляторные батареи постоянного тока		НД	Р	Р	Р	Р
14. Релейная и регистрирующая аппаратура		БД	БД	БД	НД	ДВ
15. Силовые кабели	6÷35÷110	БД	БД	БД	НД	ДВ

Условные обозначения: БД – без деформаций,

НД – начальные деформации

ДВ – деформации, которые можно восстановить

Р – разрушения

Таблица II-2

поврежденного электрооборудования на ПС Ленинабадской ПЭС (землетрясение 13.10.85 г в г.Кайраккум/

№ пп	Вид оборудования ПС	Класс напряжения, кВ	Тип оборудования	Количество поврежденного оборудования	Сумма, руб.	% от общей стоимости поврежд. оборуд.
I.	Разрядники	35	РВС-35	2	290	
		110	РВС-110м	11	2035	
		220	РВМГ-220	3	2400	
		220	РВС-220	2	600	
				18	5325	20,5
2.	Разъединители	110	РДН-110	1	190	
		154	РДЗ-154	1	400	
		220	РОНЗ-220	7	5390	
				9	5980	22,6
3.	Опорная изоляция	110	ОНС-110/1000	13	583	2,2
4.	Высоковольтные вводы	6	ПНТУ-20/8000-УI	6	2100	
		110	ГБМТ-110/630-УI	1	345	
		110	МТ-110/630	2	520	
				9	2965	11,4
5.	Трансформаторы напряжения	110	НКФ-110	2	1900	
			НКФ-220	3	5500	
				5	7400	28,5
6.	Аккумуляторная батарея	пост. ток	СК-6	1	3840	14,8
			Всего	55ед.	26095	100,0

Трансформаторы силовые

Наиболее тяжелое оборудование на ПС 110/35/10(6) установлено на мощном объемном фундаменте.

Как правило трансформаторы не закрепляются на рельсах путей перекатки, а стопорятся небольшими подкладками из уголкового профиля, приваренные электродуговой сваркой к головке рельса.

При перемещении трансформаторы в случае жесткой сцепки ломают вводные изоляторы 35 и 40 кВ из-за перегрузок при тяжении, причем через места излома из-за нарушения герметизации начинается утечка масла, что создает пожарную ситуацию.

При воздействии землетрясения с интенсивностью более 9 баллов возможно опрокидывание трансформатора и вывод его из строя с последующим значительным ремонтом в заводских условиях.

Выключатели масляные

Широкобазовые тяжелые конструкции с установкой на фундаментные плиты близко к поверхности земли. При тщательном закреплении к фундаментным плитам устойчивы на опрокидывание при 9 баллах.

При интенсивности начиная с 7 баллов, возможно появление волосяных трещин с очень мягким раскрытием в фарфоровых вводах на отпке с опорным фланцем на корпусе выключателя. В сухую погоду ввод работоспособен, но при увлажнении происходит перекрытие и разрушение фарфоровой изоляции.

При интенсивности землетрясения 8 баллов и выше отмечены случаи излома фарфоровых вводов.

Проходные изоляторы

Не устойчивы к сейсмическим воздействиям, в случае, если опорная конструкция смонтирована с тяжением, начиная с 8 баллов происходит излом фарфоровых конструкций изоляторов.

Ячейки КРУ-35/10(6)

Устойчивая пространственная конструкция, площадь основания значительна по сравнению с высотой, распределение масс оборудования в ней относительно равномерное, каркас изготовлен из сталей с высоким пределом упругости.

Статистические данные и результаты вибрационных испытаний показали, что ячейки КРУ-35/10 сейсмоустойчивы при колебаниях поверхности земли 9 баллов, за исключением РЗС-35, РНОЗ-35 и РЗС-15.

Щиты, панели

КРУ-10, распределительные ящики, шкафы с реле и измерительными приборами устойчивы к сейсмическому воздействию с интенсивностью 9 баллов при условии тщательного закрепления к бетонным фундаментам на болтовых или сварных соединениях.

Результаты вибрационных испытаний, проводимых на платформе, показали устойчивую работу системы без отказов и ложных срабатываний при интенсивности 9 баллов.

Аккумуляторные батареи

Абсолютно неустойчивая конструкция.

Если стеллажи не закреплены в бетонные полы и не раскреплены к стенам, разрушение аккумуляторной батареи наступает при интенсивности 7 баллов. Если приняты в проекте меры по закреплению конструкций стеллажей, но не закреплены аккумуляторные элементы, то при интенсивности 8 баллов банки опрокидываются со стеллажей.

Необходимо в проектах предусматривать конструкцию стеллажей не более 1-2 ярусов с закрепленными в стены и полы стойками и

мероприятиями по фиксации стеклянных аккумуляторных банок на полках от подвижек и расплескивания кислотного раствора.

Приложение 2

Материалы землетрясения в Сев.Армении
07.I2.88.

Приведенные ниже материалы получены в результате обследования бригадой Минэнерго СССР в период со 2 по I2 января 1989 г. повреждений напряжением 35 кВ и выше, находящихся в зоне землетрясения.

I. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДОВАННЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Подстанция 220/110/10 кВ Дентюкан-2

Узловая ПС, ОРУ 110 и 220 кВ выполнено по схеме "Две рабочие и обходная системы шин". ЗРУ 10 кВ имеет две секции. Два трансформатора по 125 МВА. Одноэтажное ОПУ, компрессорная. ПС с постоянным дежурным персоналом. Эксплуатация ПС осуществляется Западным предприятием электрических сетей.

Подстанция 220/110/6-10 кВ Кировокан-I

ОРУ 220 кВ выполнено по схеме "Два блока линия-трансформатор" с трансформатором мощностью 63 МВА. ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Две рабочие системы шин", и с двумя линиями и 4-мя трансформаторами мощностью 40 МВА. ЗРУ 6 кВ имеет 10 секций, а в ЗРУ 10 кВ - 2 секции. Трехэтажное здание ЗРУ и ОПУ с новой пристройкой, компрессорная, башня ТМХ. Эксплуатация осуществляется Северным предприятием электрических сетей. ПС с постоянным дежурным персоналом.

Подстанция 220/110/35 кВ Кировакан-2

Узловая ПС, ОРУ 220 кВ выполнено по схеме "Одна рабочая секционированная выключателем система шин с обходной", а ОРУ 110 кВ - по схеме "Две рабочие и обходная системы шин", ОРУ 35кВ- "Одна секционированная выключателем система шин". На ПС установлены два трансформатора каждый мощностью 125 МВА. ОПУ одноэтажное, компрессорная. ПС с постоянным дежурным персоналом. Эксплуатация ПС осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

ОРУ 220кВ Разданской ГРЭС

Выносное ОРУ станции выполнено по схеме "Две рабочие и обходная системы шин". ОРУ имеет 7 линейных и 6 трансформаторных присоединений, из которых - четыре осуществляют связь с блочными трансформаторами станции. Имеются здания компрессорной и ОПУ.

Подстанция 110/35/6 кВ Спитак-1

Узловая ПС, ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Две рабочие системы шин", ОРУ 35 кВ - "Одна секционированная выключателем система шин", ЗРУ 6 кВ - две секции из КРУН. Два трансформатора мощностью 25 МВА и 20 МВА. Трехэтажное ОПУ полностью разрушено. ПС с постоянным дежурным персоналом. Эксплуатация осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

Подстанция 110/10 кВ Спитак-2

ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Два блока с неавтоматической перемычкой". ПС типа КПБ изготовления Куйбышевского завода "Электрощит". Трансформаторы: 2х25 МВА. ПС обслуживается по схеме ОВБ. Эксплуатация ПС осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

Подстанция 110/35/6 кВ Ленинакан-1

Узловая ПС, ОРУ 110 кВ и 35 кВ выполнено по схеме "Две рабочие системы шин", ЗРУ 6 кВ имеет четыре секции. На ПС установлено три трансформатора, каждый мощностью 31,5 МВА. ОПУ и ЗРУ - в двухэтажном здании.

ПС с постоянным дежурным персоналом. Эксплуатация осуществляется Западным предприятием электрических сетей.

Подстанция 110/35/10 кВ Палитан

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 16 МВА каждый. ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой". ОРУ 35 кВ - "Одна рабочая секционированная выключателем система шин". ПС обслуживается по схеме ОВБ. Эксплуатация ПС осуществляется Западным предприятием электрических сетей.

Подстанция 110/35/6 кВ Дунга

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 10 МВА каждый. ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой". ОРУ 35 кВ содержит два трансформаторных и одно линейное присоединения. ПС обслуживается по схеме ОВБ. Эксплуатация ПС осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

Подстанция 110/35/10 кВ Базум

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 16 МВА каждый. ОРУ 110 кВ выполнено по схема "Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой". ОРУ 35 кВ - "Одна рабочая секционированная выключателем система шин". Подстанция обслуживается по схеме ОВБ. Эксплуатация ПС осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

Подстанция 35/10 кВ Кирак

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 6,3 МВА каждый. ОРУ 35 кВ выполнено по схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой". Подстанция обслуживается по схеме ОВБ. Эксплуатация ПС осуществляется Западным предприятием электрических сетей.

2. ОПИСАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОБСЛЕДУЕМЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Землетрясение произошло в 10.41 московского времени 07.12.88 г, в условиях нормального режима работы обследуемых подстанций. По предварительным данным очаговая область землетрясения приурочена к системе Северокавказских разломов с эпицентральной областью в окрестностях города Спитак. Магнитуда в очаге оценивается в 7 баллов шкалы Рихтера, максимальная интенсивность 9-10 баллов шкалы МСК-64 , координаты очага: 40°8/ северной широты, 44°1/ восточной долготы (данные ИФЗ АН СССР). Вслед за основным толчком на 09.01.89 г отмечена серия повторных толчков - афтершоков с магнитудами от 3 до 5.5 баллов по шкале Рихтера, с интенсивностями на поверхности до 6-5 баллов шкалы MSK.

Обследуемые подстанции находятся в основном в пределах 8-ми бальной изосейсты , за исключением подстанции в Кировакане (7-ми бальная область макросейсмической интенсивности) и ОРУ Разданской ГРЭС (макросейсмическая интенсивность 6 баллов шкалы MSK).

Интенсивность на площадках ПС определена ниже согласно СНиП-2-7-81 - "Строительство в сейсмических районах", поскольку для обследуемых объектов отсутствуют карты сейсмического микрорайонирования, приращение балльности определялось на основании категорийности грунтов, слагающих площадки ПС по сейсмическим свойствам (см. табл. 3.1).

Полученные данные уточнялись далее по материалам обследований, дающим возможность оценить вклад резонансных эффектов

в грунте, не учитываемых простым сложением макросейсмической интенсивности и приращением за счет категории грунтов. Полученные результаты сведены в табл. 3.1., приводимую ниже.

Таблица 3.I.

Интенсивность землетрясения на площадках подстанций

Подстанция	Грунты (послойное описание сверху вниз)	Категория грунта по сейсмическим свойствам	Макроскопическая интенсивность	Интенсивность на площадке подстанций		Примечание
				по данным категории грунта	на основании результатов обследования	
I	2	3	4	5	6	7
I. Ленинская I ПО/35/10кВ.	I) 0,0...5,0 м – суглинки с незначительным включением щебня, гальки. J_e =0,22 ; ℓ = 0,810-0,880, грунтовые воды до 3,0 м по обследованию.	II	8	8	8	
2. Ленинская 2 ПО/110/10 кВ	I) 0,7...2,0 м – насыпной грунт – суглинок со стр. мусором.					

I	2	3	4	5	6	7
	2) 0,3 м – почвенный слой – суглинок с корнями растений. 3) 0,5...2,0 м – галечно-гравелистый грунт с песчаным заполнителем до 30%. 4) I,0...I,5 м – глина тугопластичная с включением гальки, гравия 20% консистенция J_L =0,26-0,30 ; коэффиц. пористости e = 0,8I-0,88. 5) 3,0...5,0 м – глина мягкопластичная, местами песчанистая J_L=0,47-0,50 ; e = 0,852-0,990. грунтовые воды на глубине 0,8-5,0 м.	II	8	8	8	

I	2	3	4	5	6	7
3. Полигон (в Ленинакане) КТПБ 110/35/10 кВ	I)0,8...I,0 м – суглинок с редким включением щебня, дресвы J_e =0,25; e = 0,860	II	8	8	8	
	2) 5,0 м – глина полутвердая и тугопластичная с прослоями галечников и гравия. J_k =0,20-0,25; ϵ = 0,850-0,900 грунтовые воды до 5 м не обнаружены	II	8	8	8	
4. Ширак 35/10 кВ	I) 0,6...0,7 м – суглинок слабо влажный с обломками 20%					
	2) 0,7...5,0 м – супесчано-песчаный грунт мелкозернистый сильно влажный со щебнем, дресвой ~ 30% грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	III	8	9	9	

продолжение таблицы 3.I.

I	2	3	4	5	6	7
5. Спитак I II0/35/6 кВ	I) 5,0 м – песок среднезернистый с галькой, гравием I0-20%, сухой залегает в восточной части площадки. 2) 5,0 м – галечно-гравелистый грунт с супесчаным заполнителем 30-40%, сухой залегает в западной части площадки, грунтовые воды до 5 м не обнаружены	II	8	9	9	
6. Спитак 2 КТПБ II0/I0 кВ	I) 3,0...3,5 м – суглинок влажный с включением щебня и дресвы до 30 % 2) 3,0 м – дресвяно-щебеночный грунт с мелкими глыбами, супесчаным заполнителем до 40%, грунтовые воды на глубине I,2-I,8м	III	8	9	9	Данные по грунтам, приведены для площадки, находящейся на расстоянии I50 м от пл.ПС

продолжение таблицы 3.I.

I	2	3	4	5	6	7
7. Кировакан I 220/II0/I0кВ	I) 2,0 м- суглинок тугопластичный 2) 5,0 м - супись с включением гравия и дресвы 30-35% J_e=0,2 ; e = 0,7I-0,74 грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	II	7	7	7	
8. Кировакан 2 220/II0/35 кВ	I) I,5...4,0 м- валунно-галечные отложения с песчаным заполнителем 20-40% 2) 5,0 м - валунно-галечные отложения с песчано-супесчаным заполнителем 20-40% [illegible] воды до глубины 5м не обнаружены	II	7	7	8	
9. Димац (в Кировакане) КТЦБ II0/35/6 кВ	I) 4,0 ...7,0 м - суглинок тугопластичный и полутвердый с включением щебня и дресвы ~ 20% J_e=0,2-0,3 ; e =0,85-0,90	II	7	7	7	

продолжение таблицы 3.I

I	2	3	4	5	6	7
	2) 3,0 ...5,0 м – порфирит крепкий, частично слабо выветрелый, грунтовые воды глубины до 5 м не обнаружены					
I0. Базум КТПБ II0/35/I0 кВ	I) 0,3 м – почвенный слой – суглинок с корнями растений.					
	2) 5,0 м – глины, суглинки тугопластичные, карбонатные J_e= 0,20-0,28; e= 0,82-0,89, грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	II	7	7	7	
II. ОРУ 220 кВ Газдинской ГРЭС	I) 0,0...0,5 м – почвенный слой – суглинок с корнями раст.					
	2) 0,7...5,0 м – суглинок от полутвердого до текучего с включ. гравия,	III	6	7	7,5	

продолжение таблицы 3.I

I	2	3	4	5	6	7
	галькой ~ 10%, залегает в виде прослоев с галечно-гравелистым грунтом, грунтовые воды на глубине 2,3-3,5 м.					

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Обследованы подстанции, получившие повреждения в результате землетрясения в районах Северной Армении.

Повреждения имели место на 8 ПС с высшим напряжением 35, 110 и 220 кВ, значительные - на 5 ПС и ОРУ Разданской ГЭС (см. табл. 1.). Более высокой сейсмостойкостью отмечаются РУ блочных ПС типа КТПБ на незаглубленных фундаментах.

Специальные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости электроснабжения на обследованных ПС не предусматривались.

Объемы повреждения электрооборудования характеризует табл.2. Наиболее характерными являются следующие повреждения:

- перемещение установленных на ж.д. рельсах трансформаторов вдоль рельсов (до 1 м) или поперек (до 25 см), поломка вводов;

- повреждение воздушных выключателей с поломкой фарфора (современные маломасляные выключатели на обследованных ПС отсутствовали);

- повреждение разъединителей 220 кВ с разрушениями опорных колонок;

- разрушение разрядников 110 и 220 кВ;

- обрушение высокочастотного заградителя при установке его на опорный изолятор или конденсатор связи;

- разрушение шинных опор 220 кВ;

- разрушение аккумуляторных батарей типа СК.

Неповрежденным оборудованием являются: всё оборудование 35 кВ, всё оборудование 110 кВ, кроме разрядников и конденсаторов связи, высокочастотные заградители, аппаратура КРУ и КРУН.

а также панели релейной защиты, автоматики, связи и управления.

Поврежденные силовые трансформаторы после замены поврежденных вводов включены в работу.

Пожаров, связанных с землетрясением, на обследованных ПС не было.

Все повреждения можно разделить на три типа в зависимости от причин, их вызывающих:

первый – вследствие действия инерционных сил (силовые трансформаторы, аккумуляторные батареи);

второй – повреждение фарфора вследствие увеличения нагрузок, вызванных резонансными свойствами как самого аппарата, так и опорной конструкции;
(разрядники, разъединители 220 кВ, выключатели);

третий – повреждение из-за увеличения тяжения ошиновки, вызванного смещением оборудования
(вводы трансформаторов, шинные опоры, выключатели).

Данную классификацию следует использовать при разработке антисейсмических мероприятий, которые должны быть направлены на ликвидацию указанных выше причин повреждения оборудования при землетрясениях.

По мнению Армэнерго при проведении реконструкции и технического перевооружения подстанций, находящихся в зоне землетрясения, необходимо провести замену электротехнического оборудования.

В строительных конструкциях ОРУ подстанций и станций, как правило, отсутствовали существенные повреждения, вызванные сейсмическими воздействиями землетрясения.

Наблюдались деформации и повреждения, связанные с грубыми нарушениями строительных норм (разрушение железобетонной пло-

вадки под КРУН 10 кВ на ПС "Спитак-2", обрушение шинного портала 220 кВ на ПС "Ленинакан-2"), а также с отдельными неудачными проектными решениями (установка трансформаторов тока 110 кВ на спаренных стойках УСО).

Подстанционные здания претерпели характерные повреждения и разрушения, большинство которых вызвано, по общему мнению, отсутствием антисейсмических мероприятий и низким качеством строительства. На проектирование и строительство этих зданий будут распространяться указания, разрабатываемые на основании письма Совета Министров от 21 декабря 1988 г № ВС-2024.

Результаты обследований указывают на существенное влияние резонансных эффектов усиления колебаний в зависимости от свойств грунтового разреза на повреждения оборудования подстанции.

Показательно в этом отношении сравнение фактически неповрежденного оборудования 110 и 220 кВ на ПС Кировакан-1 с многочисленными случаями повреждений аналогичного оборудования на ПС Кировакан-2. Будучи расположенными в зоне 7-балльной интенсивности землетрясения, эти две подстанции оказались в различных сейсмогеологических условиях, что и обусловило наблюдаемую разницу повреждений.

Таблица № 1

Подстанция	Интенсивность землетрясения	Степень повреждения		Примечание
		значительные	незначительные	
I	2	3	4	5
I Ленинакан-I 110/35/6 кВ	8	+		
2 Ленинакан-2 220/110/10 кВ	8	+		
3 Полигон (в Ленинакане) КТПБ 110/35/10 кВ				
4 Ширак 35/10 кВ	9		+	Частично разрушено здание ЗРУ-10 кВ
5 Спитак-I 110/35/6 кВ	9	+		
6 Спитак-2 КТПБ 110/10 кВ	9	+		
7 Кировакан-I 220/110/10 кВ	7		+	
8 Кировакан-2 220/110/35	8	+		
9 Дзмац (в Кировакане) КТПБ 110/35/6 кВ	7	—	—	

I	2	3	4	5
I0 Базум				
КТПБ II0/35/I0 кВ	7	–	–	
II ОРУ 220 кВ				
Раздаточная ГРЭС	7,5	+		

Таблица № 2

Сводная таблица повреждения оборудования на подстанциях

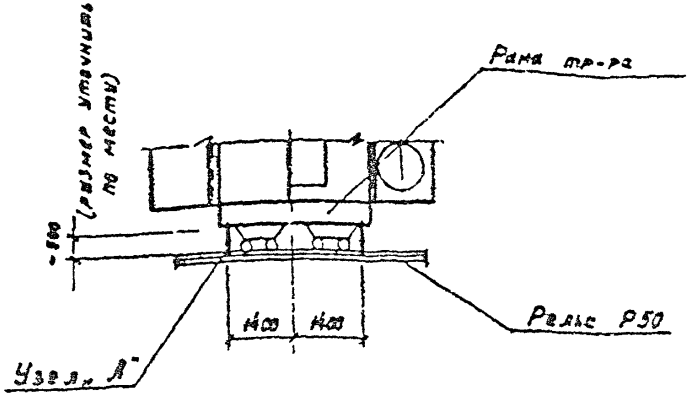
Наименование и тип оборудования	220кВ		110 кВ		35 кВ		Характер повреждения
	установл.	поврежд.	установл.	поврежд.	установл.	поврежд.	
I	2	3	4	5	6	7	8
Трансформаторы	8	2	10	7	4[x]	1[x]	Сброс с рельс, повреждение вводов
Выключатели							
ВВЧ	28	6	28	-	2	-	Трещины в изоляторах
ВВБ	6	1	-	-	-	-	Падение со стоек
ВВД	2	-	-	-	-	-	
МКП	-	-	20	-	-	-	
С	-	-	-	-	13	-	
Разъединители							
РДЗ	17	-	-	-	-	-	
РНДЗ	-	-	91	-	35	-	
РНДЗ-У	2	-	-	-	-	-	
РНДД-У	58	48	-	-	-	-	Излом колонок изоляторов 6 ст 35

х/ в том числе 2 линейно-регулировочных тр-ра, один из которых поврежден.

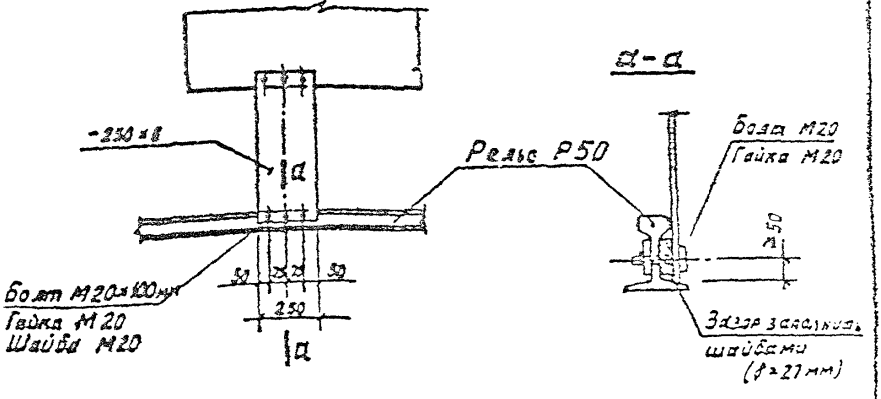
8099-ТМ-Т1

I	2	3	4	5	6	7	8
РЛНД	28	26	72	-	2	-	Излом колонок изоляторов 4 х ИНД-35
Отделители ОД	-	-	II	-	-	-	
Трансформаторы тока							
ТФСМ	5	2	-	-	-	-	Падение с опор
ТФНД	42	-	57	-	5	-	
Трансформаторы напряжения НКФ	9	I	I	-	-	-	
НОМ	-	-	-	-	3	-	
Разрядники							
РВС	4	I	24	5	8	-	Излом фарфора в нижней части
РВМГ	I0	5	-	-	-	-	Излом фарфора в нижней части
Конденсаторы связи СМР	I9	-	25	2	2	-	Излом фарфора в нижней части
В.ч. заградители ВЗ	I9	-	25	-	2	-	
Реакторы конденсаторной батареи ВЗ	-	-	3	-	3	-	Излом опорного изолятора

Приложение 3



Узел „А"



Крепление выполнить не менее чем в 2х точках на каждом поперечном рельсе, но не менее 8
Крепление к трансформатору должно согласовываться с заводом-изготовителем.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

			70тм-22-498			
Гл. спец.	Нискин		Трансформаторный узел КСР	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.	Арилов			Р		
Рук. гр.	Арилов		Закрепление трансформатора 2500кВ/220 (сейсмика - 9 баллов)	ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ Средневолжское отделение г. Тольятти 1999 г.		
	Нискин					

gost.e-ecolog.ru