

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОПРОМЫШЛЕННОСТИ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (ГУАС)
УЧРЕЖДЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОЕКТОВ, МАШИНОСТРОИТЕЛЬСКОЕ
И КОМПЬЮТЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

О проектировании электрической части подстанций, расположенных в сейсмических районах.

№ 8099ТМ-21

МОСКВА

1989г.

Министерство энергетики и электрификации СССР

ИППО "ЭНЕРГОПРОЕКТ"

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

О ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЧАСТИ ПОКСТАНЦИИ, РАСПОЛОЖЕННЫХ
В СЕИСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

№ 3099ТМ-77

Главный инженер



В.С. Лизенко

Начальник производственно-
технического отдела



А.С. Бурдаков

Главный специалист

Н.В. Мурашко

1989

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. О проектировании электрической части подстанций, расположенных в сейсмически районах	3
2. Список литературы	10
3. Приложение I. Материал Испанского землетрясения 13.10.85	12
4. Приложение 2. Материал землетрясения в Сев.Армении 07.12.88	19
5. Приложение 3. Чертеж проектирования трансформатора к фунда- менту	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 подстанцию (ПС) напряжением 35 кВ и выше, находившаяся 07.12.88 в зоне землетрясения в Сев.Армении.

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

2. Необходимость ~~рекомендаций~~ связана 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. Исключения составляет аппаратура, предназначенная для установки в зданиях и сооружениях атомных станций, которая для ПС практически не поставляется. Требования к этой аппаратуре изложены в ГОСТ 25904.3-89 и.т.д. (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 выдате технических требований на коммутационные аппараты и др. высоковольтное и низковольтное оборудование ПС, с учетом того, что эти требования были разработаны для установки аппаратуры в здании АЭС.

Основные понятия, характеризующие землетрясение, 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 ТалНИОЗ, Гидропроект - НИС и др.) проводили и проводят исследования, необходимость которых связана с разработкой приемлемой 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-1/100, ВГ-1/500, ВГ-6/500, выполненные НИИ Гидропроект (стр.141). Испытания показали, что конструкция этих вводов обеспечивает механическую прочность при гармонических нагрузках с амплитудой ускорений до 15 м/с^2 в диапазоне частот 2,5...30,0 Гц.

5. В связи с малой сейсмостойкостью различного типа разрядников напряжением 110 кВ и выше, повреждение которых наблюдалось уже

в 6-балльных зонах землетрясения, большой практический интерес представляет результаты проведенных исследований (9) ограниченной перенапряжений типа ОПН ИЮ-500 кВ при их установке в соответствии с типовыми решениями (таблица I). В выводах указывается, что предложенные варианты установок ОПН-ИЮ 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-ИЮ и ОПН-220

Тип опор	Тип стойки	Высота стойки, м	Тип заделки в грунт	Глубина заделки, м
ТО-ИЮ-30	УСО-1А	5,5	К-450-Б	2,8
ТО-ИЮ-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 является испытание с помощью взрывов. В (6) дается описание проведения такого экспериментального исследования ячейки 10 кВ серии КРН-Ш-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 (1), 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 микрозонированию 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, много

место обесточенные ИС и прекращение подачи электроэнергии потребителям. Восстановление и подача напряжения на ИС 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 ИС при Кайражумском землетрясении 13.10.85, в эпицентре которого оказались 7 ИС и одно ОРУ ГЭС.

В приложении I приведены таблица поврежденного оборудования на указанных выше ИС и характеристика разрушений на указанных выше объектах.

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

10. Выводы и рекомендации

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

10.1. Последствия землетрясений показали, что значительная часть электрооборудования ИС подвергается повреждению при сейсмич-

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.

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

10.3. 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 СА0 ЭСП - приложение 3).

10.4. Опилку ввода низкого напряжения и нейтрального ввода трансформатора следует выполнять гибкими связями.

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

10.6. Разрядники 220 и 110 кВ следует устанавливать ступенчато (двумя колонками в фазе), отдавая предпочтение наземной установке с ограждением.

10.7. Прочность узла установки реакторов батарей по типовому проекту конденсаторов (одни СНШ-35) должна быть усилена (407-3-247)

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

10.9. Вместо разрядников 110, 220 кВ целесообразно применять ограничители перенапряжения в тех случаях, когда их применение допустимо.

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

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

10.12. В качестве подстанционных зданий рекомендовать применение зданий из конструкций БСВ сейсмического назначения, рассчитанных и испытанных на 9 баллов.

10.13. При компоновке ЦУ целесообразно свести к минимуму количество опорной изоляции; целесообразно применять на ЦУ гибкую опилочку, либо жесткую, но с устройствами продольной и поперечной компенсации.

10.14. Для исключения повреждения аппаратов (в том числе сейсмостойких) РУ, соединенных гибкой связью, рекомендуется (10) выбирать ее стрелу провеса по одному из следующих значений:

- в 1,5 раза больше максимального теоретического отклонения аппаратов;

- 5% расстояния по прямой между выводами двух аппаратов.

11. После землетрясения в Сев. Армении в Жиркаверто СССР создана рабочая группа, которая готовит ряд мероприятий, направленных на повышение надежности ЦУ в сейсмических районах.

Среди таких мероприятий - разработка рекомендаций по увеличению числа параллельных ЦУ для этих районов, по увеличению нормативных запасов электрооборудования и др. По мере разработки этих нормативов институт будет информировать отделений.

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

Список литературы

1. СНиП П-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. ТаджНИОЭ. Душанба, 1984.
6. Научно-технический отчет по теме: "Исследование на сейсмостойкость электротехнического оборудования ПС 110 кВ. Оценка параметров колебаний швафа КНР-10У1 при воздействии землетрясения". ТаджНИОЭ. Душанба, 1984.
7. Отчет о научно-исследовательской работе "Исследование живучести электро-энергетических систем в экстремальных условиях и разработка инженерно-технических мероприятий". (II этап). ТаджНИОЭ. Душанба, 1985.
8. Отчет о НИР "Разработка руководства по проектированию и строительству ПС и РУ в сейсмически активных районах" (I этап) (промежуточный). ТаджНИОЭ. Душанба, 1986.
9. Отчет о научно-исследовательской работе "Разработка руководства по проектированию и строительству ПС и РУ в сейсмически активных районах".
Этап: "Разработка основных проектных решений и испытания сейсмостойкого оборудования ПС" (промежуточный). ТаджНИОЭ. Душанба, 1988.
10. Скада и др. Сеismicostойчивая конструкция обивки ОРУ. В книге: Наставления переменного тока. М. Энергетомашин. 1988.

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

Приложение IМатериалы Кайракумского землетрясения
13.10.85.

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

ОРУ 220/110/10 Кайракумской ГЭС,

ПС 220/110/10 Ходжент,

ПС 110/35/10 Новая,

ПС 110/35/6 Ленинадская,

ПС 220/110/10 Канибадам,

ПС 110/35/6 Ковровая,

ПС 110/6 Восточная,

ПС 35/10 Кайракумская,

ПС 110/10 Самгар.

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

На таблице ПИ-1 приведена устойчивость основного типа оборудования ПС, а на таблице ПИ-2 - количество и стоимость поврежденного оборудования.

Ниже дано описание устойчивости основных типов электро-технического оборудования в зависимости от сейсмической интенсивности.

Таблица П1-1
Устойчивость основных типов оборудования
ПС 110/35/10(6)
(обобщение данных по разруш. на п/ст)

Наименование оборудования	Типы оборудован.	Интенсивность колеба- ния				
		6	7	8	9	10
1. Трансформаторы силовые	ТДН-1200/110	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	РМДЗ-110 Л	БД	НД	НД	Р	Р
5. Отделители	ОТЗ-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.	НКО-110	БД	БД	БД	Р	Р
10. Ячейка РЦ-95/10(6) внутриустановочная		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 бата- реи постоянного тока		НД	Р	Р	Р	Р
14. Релевная и регистра- рующая 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 восста-
новить

Р - разрушения

Таблица П1-2

поврежденного электрооборудования на ПС Ленинград-
ской ПЭС (землетрясение 13.10.85 г в г.Кайракуме/

№ пп	Вид оборудо- вания ПС	Класс нап्रा- жения, кВ	Тип оборудования	Коли- чество повреж- денного оборудо- вания	Сумма, руб.	% от об- щей стои- мости поврежд. оборуд.
1.	Разрядники	35	РВС-35	2	290	20,5
		110	РВС-110м	11	2035	
		220	РВМП-220	3	2400	
		220	РВС-220	2	600	
2.	Разъедини- тели	110	РЛН-110	1	190	22,6
		154	РЛНВ-154	1	400	
		220	РЛНВ-220	7	5390	
3.	Опорная изоляция	110	ОНС-110/1000	9	5980	2,2
4.	Высоковольт- ные вводы	6	ВНТУ-20/8000-У1	6	2100	11,4
		110	ВБЛТ-110/630-У1	1	345	
		110	ЛТ-110/630	2	520	
5.	Трансформа- торы нап्राже- ния	110	НКФ-110	2	1900	28,5
			НКФ-220	3	5500	
				5	7400	
6.	Аккумулятор- ная батарея	пост. тск	СК-6	1	3840	14,8
Всего				55ед.	26095	100,0

Трансформаторы силовые

Наиболее тяжелое оборудование на КС ПЮ/35/10(6) установлено на мощном объемном фундаменте.

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

При перемещении трансформаторов в случае жесткой обшивки ломают вводные изоляторы 35 и 40 кВ из-за перегрузок при тягании, причем через места излома из-за нарушения герметизации происходит утечка масла, что создает пожарную ситуацию.

При воздействии землетрясения с интенсивностью более 9 баллов возможно опрокидывание трансформаторов 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 ^{до} 9 баллов.

При интенсивности начиная с 7 баллов, возможно появление волосных трещин с очень малым раскрытием в фарфоровых вводах на отжке с опорным фланцем на корпусе выключателя. В сухую погоду ввод работоспособен, но при увлажнении происходит намокание 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 осьювки смонтирована с тяганием, 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 массы 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 сейсмостойчивы при колебаниях поверхности земли 9 баллов, за исключением РЭС-35, РЭС3-35 и РЭС-16.

Стежн. батареи

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 должных срабатываний при интенсивности 9 баллов.

Аккумуляторная батарея

Абсолютно устойчивая конструкция.

Если стеллажи не закреплены в бетонные полы и не прикреплены к стенам, разрушение аккумуляторной батареи наступает при интенсивности 7 баллов. Если приняты в проекте меры по закреплению конструкции 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 заделанными в стены и полы стойками и

8039 ти -т ,

18

мероприятиями по фиксации стеклянных аккумуляторных банок из
положк от подложок и раскрепления кислотного раствора.

Материалы землетрясения в Сев.Армении
07.12.88.

Приведенные ниже материалы получены в результате обследования бригадой Минэнерго СССР в период со 2 по 12 января 1989 г. подстанций напряжением 35 кВ и выше, находящихся в зоне землетрясения.

I. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСЛЕДОВАННЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Подстанция 220/110/10 кВ Лепляки-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 Кировокаан-1

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 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 Кировокаан-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 "Электроцит". Трансформаторы: 2х25 МВА. ПС обслуживается по схеме ОББ. 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 Балдыра

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

Подстанция 110/35/6 кВ Думал

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 10 МВА каждый. ОРУ 110 кВ выполнено по схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической переключкой". ОРУ 35 кВ содержит два трансформатора и одно линейное присоединение. ПС обслуживается по схеме ОББ. 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 схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической переключкой". ОРУ 35 кВ - "Одна рабочая секционированная выключателем система шин". Подстанция обслуживается по схеме ОББ. Эксплуатация ПС осуществляется Северным предприятием электрических сетей.

Подстанция 35/10 кВ Елрак

ПС типа КТПБ с двумя трансформаторами мощностью 6,3 МВА каждый. ОРУ 35 кВ выполнено по схеме "Два блока с отделителями и неавтоматической переключкой". Подстанция обслуживается по схеме ОББ. 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 Сиверсованских разломов с эпицентральной областью в окрестностях города Спитак. Магнитуда в очаге оценивается в 7 баллов шкалы Рихтера, максимальная интенсивность 9-10 баллов шкалы МРК-64, координаты очага: $40^{\circ}8'$ северной широты, $44^{\circ}1'$ восточной долготы (данные ИФЗ АН СССР). После 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 Кировокане (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 категоричности грунтов, слагающих площадки ПС по сейсмическим свойствам (см. табл. 3.1).

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

в грунте, не учитываемых простым сложением макросейсмической
литенсивности и приращением за счет категории грунтов. Получен-
ные результаты сведены в табл. 3.1., приводимую ниже.

Таблица 3.1.

Интенсивность землетрясения на площадках подстанций

Подстанция	Грунты (последнее описание сверху вниз)	Категория грунта по сейсмичес- ким свой- ствам	Макроско- пическая интенсив- ность	Интенсивность на площадке подстан- ции		Приме- чанье
				по данным исследо- ваний грунта	на осно- вании ре- зультатов обследо- вания	
1	2	3	4	5	6	7
1. Мелкоячеяк I	I) 0,0...5,0 м - супесь с незначи- тельным включением щебня, гальки. $J_s = 0,22$; $\delta = 0,810-0,880$, глубина до 5,0 м не обнаруже- ны.	II	8	8	8	
2. Мелкоячеяк II	I) 0,7...2,0 м - песчаной грунт - супесь со сгр. муором. кв					

20997M-17

I	2	3	4	5	6	7
	<p>2) 0,3 м - почвенный слой - суглинок с корнями растений.</p> <p>3) 0,5...2,0 м - гравийно-гравелистый грунт с песчаным заполнителем до 20%.</p> <p>4) 1,0...1,5 м - глина тугопластичная с включением гальки, гравия 20% консистенция $J_e = 0,26-0,30$; коэффци. пористости $e = 0,81-0,88$.</p> <p>5) 3,0...5,0 м - глина мягкопластичная, местами песчанистая $J_e = 0,47-0,50$; $e = 0,852-0,990$. грунтовые воды на глубине 0,8-5,0 м.</p>	II	8	8	8	

8099 ГМ-Т-1

продолжение таблицы 3.1.

I	2	3	4	5	6	7
3. Полигон (в Ленинкане) КТББ ППО/35/10 кв	1) 0,8...1,0 м - суглинок с редким включением щебня, дресвы $\lambda_e = 0,25$; $e = 0,860$	II	8	8	8	
	2) 5,0 м - глина полутвердая и тугопластичная с прослойками галечников и гравия. $\lambda_e = 0,20-0,25$; $e = 0,850-0,900$ грунтовые воды до 5 м не обнаружены	II	8	8	8	
4. Шпрак 35/10 кв	1) 0,5...0,7 м - суглинок слабо влажный с обломками 20% 2) 0,7...5,0 м - супесчано-песчаный грунт малосернистый сильно влажный со щебнем, дресвой ~ 30% грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	III	8	9	9	

80937M-71

продолжение таблицы 3.1.

I	2	3	4	5	6	7
<p>5. Спитак I IIО/35/6 кВ</p>	<p>1) 5,0 м - песок среднезернистый с галькой, гравием 10-20%, сухой залегает в восточной части площадки.</p> <p>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</p>	<p>II</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>9</p>	
<p>6. Спитак 2 КПБ IIО/10 кВ</p>	<p>1) 3,0...3,5 м - суглинок влажный с включением щебня и дресвы до 30 %</p> <p>2) 3,0 м - дреовино-щебенистый грунт с мелкими глыбами, супесчаным заполнителем до 40%, грунтовые воды на глубине 1,2-1,8м</p>	<p>III</p>	<p>8</p>	<p>9</p>	<p>9</p>	<p>Данные по грунтам, привезены для площадки, находящейся на расстоянии 150 м от пл.ПС</p>

2099-110608

1. 20

продолжение таблицы 3.1.

1	2	3	4	5	6	7
7. Кировская 1 220/110/10кВ	1) 2,0 м - суглинок тугопластичный 2) 5,0 м - супесь с включением гравия и дресвы 30-35% $J_s=0,2$; $e = 0,71-0,74$ грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	II	7	7	7	
8. Кировская 2 220/110/35 кВ	1) 1,5...4,0 м - валунно-галечные отложения с песчаным заполнителем 20-40% 2) 5,0 м - валунно-галечные отложения с песчано-супесчаным заполнителем грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	II	7	7	8	
9. Дача (в Киро- ванске) КЭЩЕ 110/35/6 кВ	1) 4,0 ...7,0 м - суглинок тугопла- стичный и полутвердый с включением щебня и дресвы ~ 20% $J_s=0,2-0,3$; $e=0,85-0,90$	II	7	7	7	

8099 ТМ-11

I	2	3	4	5	6	7
IO. Базум КМБ ПД/35/10 кВ	2) 3,0 ... 5,0 м - порфирит-красный, частично олово-висмуталит, грунтовые воды ДУС м не обнаружены					
	I) 0,3 м - почвенный слой - суглинок с корнями растений.					
II. ОРГ 220 кВ Гадявской ГРЭС	2) 5,0 м - глины, суглинки тугопластич- ные, карбонатные $J_{сн} = 0,20-0,28$; $e = 0,82-0,89$, грунтовые воды до глубины 5 м не обнаружены	II	7	7	7	
	I) 0,0...0,5 м - почвенный слой - суг- ленок с корнями раст. 2) 0,7...5,0 м - суглинок от полутвер- дого до текучего с вкл. гравия,	III	6	7	7,5	

803974-1

продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7
	гальки ~ 10%, залегает в виде прослоев с галечно-гравелистым грунтом, грунтово-пески на глы- бине 2,3-3,5 м.					

80397M-11

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

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

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

Специальные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости электрооборудования 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 стальных 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 опорки, 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 землетрясении.

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-

зданий под КРУН 10 кВ на ПС "Спитак-2", оборудование внешнего портала 220 кВ на ПС "Денинакан-2"), а также о отдельных неудачных проектных решениях (установка трансформаторов тока 110 кВ на спаренных стойках УСО).

Подстанционные здания претерпели характерные повреждения и разрушения, большинство которых вызвано, по мнению комиссии, отсутствием антивсейсмических мероприятий и низким качеством строительства. На проектирование и строительство этих зданий будут распространяться указания, разработанные на основании письма Совета Министров от 21 декабря 1988 г. № 80-2024.

Результаты обследования указывают на существенное влияние резонансных эффектов уменьшения 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	Интен-сив-ность земле-трясе-ния	Степень повреж-дения		Примечание
		значи-тель-ные	незна-читель-ные	
I	2	3	4	5
1 Ленинакан-1 110/35/6 кВ	8	+		
2 Ленинакан-2 220/110/10 кВ	8	+		
3 Полигон (в Лени-накане) КПБ 110/35/10 кВ				
4 Ширак 35/10 кВ	9		+	Частично разрушено здание ЗРУ-10 кВ
5 Спитак-1 110/35/6 кВ	9	+		
6 Спитак-2 КПБ 110/10 кВ	9	+		
7 Кировакан-1 220/110/10 кВ	7		+	
8 Кировакан-2 220/110/35	8	+		
9 Дмяц (в Кировакане) КПБ 110/35/6 кВ	7	-	-	

I	2	3	4	5
IO Базум				
КТПБ 110/25/10 кВ	7	-	-	
II ОРУ 220 кВ				
Раздаточный ГРЭС	7,5	+		

Таблица № 2

Сводная таблица повреждения оборудования на подстанциях

8099ТМ-71

Наименование и тип оборудования	220 кВ		110 кВ		35 кВ		Характер повреждения
	установл.	повреж.	установл.	поврежд.	установл.	поврежд.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Трансформаторы	8	2	10	7	4 ^х	1 ^х	Сброс с рельс, повреждение вводов
Выключатели							
ВВГ	28	6	28	-	2	-	Трещины в изоляторах
ВВБ	6	1	-	-	-	-	Падение со стоек
ВВД	2	-	-	-	-	-	
МВГ	-	-	20	-	-	-	
С	-	-	-	-	13	-	
Регуляторы							
РКБ	17	-	-	-	-	-	
РКББ	-	-	91	-	35	-	
РКБВ-У	2	-	-	-	-	-	
РКБД-У	58	48	-	-	-	-	Иалом колонок изоляторов 6 ст 35

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

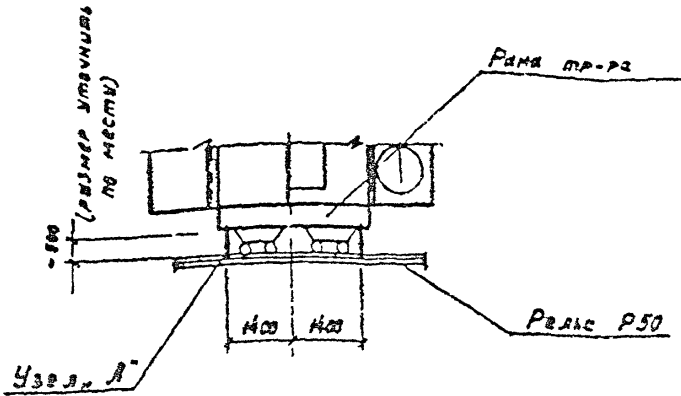
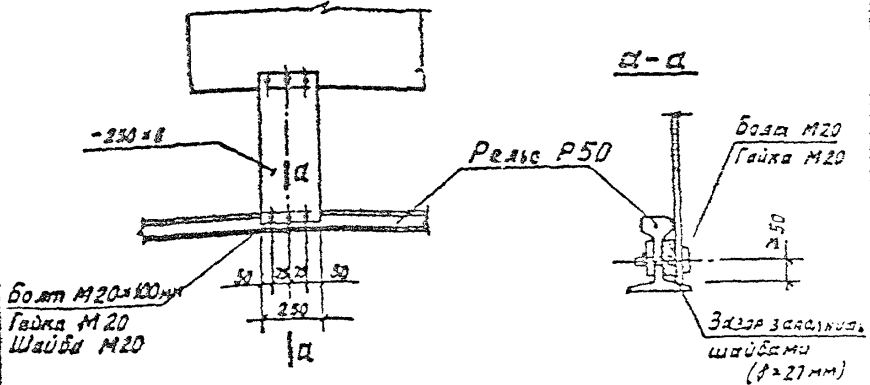
1	2	3	4	5	6	7	8
РЛЦД	28	26	72	-	2	-	Изом колонок изоляторов 4 с ИИД-35
Отделители ОД	-	-	II	-	-	-	
Трансформаторы тока ТТМ	5	2	-	-	-	-	
ТНЦД	42	-	57	-	5	-	
Трансформаторы напряжения НКФ	9	I	I	-	-	-	Подопье о опор
НОМ	-	-	-	-	3	-	
Разрядники							
РВС	4	I	24	5	8	-	Изом фарфора в нижней части
РВМГ	10	5	-	-	-	-	Изом фарфора в нижней части
Конденсаторы связи СЛР	19	-	25	2	2	-	Изом фарфора в нижней части
В.ч. заградители ВЗ	19	-	25	-	2	-	
Реакторы конденсаторной батареи ВЗ	-	-	3	-	3	-	Изом опорного изолятора

Э095ГМ-11

8099ТМ-11

Приложение 3

39

Узел „А“

Шиф. № 15000

Крепление выполнить не менее чем в 2^х точках на каждом поперечном рельсе, но не менее 8
Крепление к трансфу и стору должно совмещаться с заводом-изготовителем.

70ТМ-22-498

Подп. и дата

Шиф. №

Подп. и дата	Шиф. №	Исполн.	Провер.	Узел	Этадия	Лист	Листов
		Ниских	Лев	Трансформаторный узел КСР	Р		
		М.КОНТ. Ярилов	А.С.				
		Рук. гр. Ярилов	И.С.	Закрепление трансформатора 20000/220 (сейс. мика - 9 баллов)	ЭНЕРГОСЕТЬ ПРОЕКТИ		
		Провер. Ниских	Шиф.		Среднеазиатское отделение г. Ташкент 1993 г.		