Открытое акционерное общество

Проектно-изыскательский и научно-исследовательский
институт по проектированию энергетических систем и
электрических сетей
ОАО "Институт "Энергосетьпроект"

КРИТЕРИИ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДСТАНЦИЙ И ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДСТАНЦИЙ И ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ 110-500 кВ

№ 13 тм-т3

Главный инженер В.С.Ляшенко

Начальник ПТО А.М.Кулаков

Главный специалист Н.В.Мурашко

Главный специалист Е.В.Панкрушин

Москва, 1997 г.

gost.e-ecolog.ru

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. Общая часть 4

2. Критерии оценки сейсмостойкости 6

3. Антисейсмические мероприятия на подстанциях различных категорий сейсмостойкости 9

3.I. Сейсмостойкая ПС 9

3.2. Частично-сейсмостойкая ПС I3

4. Особенности сейсмостойкости ПС 330-500 кВ .. I4

Приложения:

I. Перечень сейсмостойкого оборудования I5

2. Список литературы I7

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе кратко рассматриваются вопросы оценки сейсмостойкости подстанций и линий электропередач напряжением II0-500 кВ на основе анализа поведения электрооборудования, сооружений и конструкций при землетрясениях интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64, имевших место в России и бывшем СССР в 1976 - - 95 годы.

Предложены критерии оценки сейсмостойкости зданий подстанций, сооружений строительных конструкций, электротехнического оборудования и линий электропередач напряжением II0-500 кВ и антисейсмические мероприятия, которые являются обязательными условиями для обеспечения этих критериев и должны учитываться при проектировании электросетевых объектов.

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.

Анализ состояния подстанций напряжением 35-220 кВ, оказавшихся в зоне воздействий землетрясений с интенсивностью 7, 8 и 9 баллов на территории России и бывшего СССР, свидетельствует, что при интенсивности землетрясения 7 баллов повреждается до I0% установленного электротехнического оборудования, при интенсивности 8 баллов - до 20%, а при интенсивности 9 баллов - более 40% электрооборудования.

Практически до начала 90-х годов проектирование и строительство подстанций и линий электропередач осуществлялось без учета возможных сейсмических воздействий.

Имевшие место повреждения подстанций II0-220 кВ, оказавшихся в зоне землетрясений и сопровождавшиеся массовым выходом из строя и разрушением электротехнического оборудования, разрушением зданий и сооружений и, как следствие, длительным перерывом электроснабжения потребителей, делает актуальным вопрос разработки, проектирования и строительства сейсмостойких подстанций и линий электропередач.

Для этого необходимо прежде всего определиться с понятием "сейсмостойкая подстанция" и"сейсмостойкая линия электропередач". До настоящего времени таких терминов в нормативно-технической документации нет и также отсутствуют критерии оценки сейсмостойкости электросетевых объектов.

Сейсмостойкость ПС и ВЛ должна обеспечиваться при воздействии максимальной интенсивности землетрясения (7-9 баллов по шкале MSK-64) с повторяемостью один раз в I00 лет на выбранной площадке ПС или трассе ВЛ для данного региона в соответствии с новой картой сейсмического районирования (СНиП II-7-8I*. Строительство в сейсмических районах).

При этом требования к непрерывности технологических функций, выполняемых ПС и ВЛ, а также безопасность людей, обусловленная как постоянством электроснабжения, так и стойкостью зданий, сооружений и оборудования, должны соответствовать единой классификации категорий сейсмостойкости энергетических объектов.

В соответствии со СНиП II-7-8I*(табл. 5) здания и сооружения

не относятся к особо ответственным.

Здания и сооружения, функционирование которых необходимо при ликвидации последствий землетрясений (системы энерго- и водоснабжения, пожарные депо, системы пожаротушения, некоторые сооружения связи и т.п.) относятся ко 2-ой категории сейсмостойкости и должны выполнять свои функции по обеспечению безопасности людей и передаче электроэнергии во время и после прохождения землетрясения с расчетной интенсивностью.

Здания и сооружения электросетевых объектов 2-ой категории сейсмостойкости рассчитываются на нагрузки, соответствующие расчетной сейсмичности, умноженные на коэффициент I,2.

Здания и сооружения, разрушение которых не связано с гибелью людей, порчей ценного оборудования не вызывает прекращения непрерывных производственных процессов (склады, мастерские и др.), а также временные и вспомогательные здания и сооружения относятся к 3-ей категории сейсмостойкости и могут проектироваться без учета сейсмических воздействий.

Сейсмичность площадки строительства подстанции или трассы ВЛ, в зависимости от категории грунта, устанавливается в соответствии с требованиями СНиП II-7-8I* (таблица I).

При этом в районах с сейсмичностью 6 баллов на грунтах III категории сейсмичность площадки ПС или трассы ВЛ следует принимать равной 7 баллам.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

Сейсмостойкость всех подстанций и линий электропередач напряжением II0-500 кВ следует разделить на три категории:

I. Сейсмостойкая ПС или ВЛ.

2. Частично сейсмостойкая ПС или ВЛ.

3. Несейсмостойкая ПС или ВЛ.

Указанные категории характеризуются следующим:

I. Сейсмостойкая ПС или ВЛ характеризуются тем, что выполнение ими своих технологических функций (передача электроэнергии) не прерывается на период воздействия землетрясения с расчетной интенсивностью и продолжает иметь место после прекращения землетрясения.

При этом на подстанции отсутствуют:

- разрушения или повреждения зданий, сооружений или строительных конструкций;

- повреждения электротехнического оборудования и аппаратуры;

- неправильные, даже кратковременные, действия аппаратов, например, кратковременное замыкание контактов выходных реле защит, автоматики и пр.;

- отключения каких-либо присоединений;

- какие-либо вмешательства оперативного персонала в управление режимом передачи электроэнергии.

На линии электропередач отсутствуют:

- разрушения или повреждения строительных конструкций, проводов, тросов, арматуры, изоляторов;

- отключение, даже кратковременное, линии.

После прекращения землетрясения должен быть произведен осмотр зданий, сооружений, конструкций и оборудования подстанции, а также осмотр линии по всей трассе.

Таким образом, критерием сейсмостойкости ПС или ВЛ является непрерывность электроснабжения и отсутствие повреждений при воздействии землетрясения с расчетной интенсивностью.

2. Частично сейсмостойкая ПС или ВЛ характеризуется тем, что выполнение ими своих технологических функций (передача электроэнергии) может прерываться на время воздействия землетрясения с

расчетной интенсивностью и восстанавливается после прекращения землетрясения.

При этом на подстанции отсутствуют:

- разрушения или повреждения зданий, сооружений или строительных конструкций;

- повреждения основного электротехнического оборудования.

Но во время землетрясения могут иметь место:

- неправильные действия аппаратов, обусловленные кратковременными замыканиями выходных реле, реле защит, автоматики и пр.;

- отключение выключателей ряда присоединений;

- незначительные (менее 5%) повреждения некоторых типов электротехнического оборудования;

- вмешательство оперативного персонала после прохождения землетрясения для восстановления предыдущей схемы включения аппаратов.

На линии электропередач отсутствуют разрушения или повреждения строительных конструкций, проводов, тросов, арматуры, изоляторов, но может иметь место отключение линии на период воздействия землетрясения.

После прохождения землетрясения линия включается в работу.

Производится осмотр зданий, сооружений, конструкций и оборудования подстанции, а также осмотр линий по всей трассе и затем, при необходимости, ремонт или замену поврежденного оборудования.

Таким образом, критерием частично-сейсмостойкой подстанции и ВЛ является возобновление электроснабжения непосредственно сразу после окончания землетрясения и минимальные (менее 5%) повреждения электрооборудования на подстанции при воздействии землетрясения с расчетной интенсивностью.

3. Несейсмостойкая подстанция или ВЛ.

Несейсмостойкая подстанция или ВЛ характеризуется тем, что они не обеспечивают выполнения своих технологических функций при воздействии землетрясения с интенсивностью более 6 баллов, как во время землетрясения, так и после него.

На таких подстанциях, построенных до начала 90гг. в сейсмичес-

ких районах без учета воздействия землетрясения, при сейсмических воздействиях интенсивностью 7-9 баллов имеют место значительные разрушения строительных конструкций, зданий, оборудования и пр.

Критерием несейсмостойкости ПС и ВЛ является невозможность выполнения ими своих технологических функций как во время землетрясения, так и после его прохождения до полного выполнения объема аварийно-восстановительных работ.

3. АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ПОДСТАНЦИЯХ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ.

3.I. Сейсмостойкая ПС.

3.I.I. Здания, сооружения и строительные конструкции.

Проектирование и строительство зданий, сооружений и строительных конструкций должно осуществляться в соответствии со СНиП II-7-8I* "Строительство в сейсмических районах".

3.I.I.2. При проектировании ПС особое внимание должно быть обращено на выбор площадки строительства:

а) Надо по возможности избегать площадок строительства с крутизной склонов более $I5^{\circ}$, близостью плоскостей сбросов, сильной нарушенностью плоскости сбросов, сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами, просадочностью грунтов, осыпями, обвалами, плывунами, оползнями, карстом, горными выработками, селями; все эти факторы являются неблагоприятными в сейсмическом отношении.

б) На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить здания и сооружения, как правило, не допускается.

3.I.I.3. При проектировании зданий и сооружений необходимо:

а) Применить материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие наименьшее значение сейсмических нагрузок;

б) Принимать, как правило, симметрические конструктивные схемы, равномерное распределение жесткостей конструкций и их масс, а также нагрузок на перекрытия.

в) В зданиях и сооружениях из сборных элементов располагать стыки вне зоны максимальных усилий, обеспечивать монолитность и однородность конструкций с применением укрупненных сборных элементов.

г) Предусматривать условия, облегчающие развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций, обеспечивающие при этом устойчивость сооружения.

3.I.I.4. Здания, сооружения, функционирование которых необ-

ходимо при ликвидации последствий землетрясений (системы энерго- и водоснабжения, пожарные депо, системы пожаротушения, сооружения связи и т.п.) рассчитываются на нагрузку, соответствующую расчетной сейсмичности, умноженную на дополнительный коэффициент I,2.

3.I.I.5. Анализ разрушений зданий и сооружений в результате землетрясений в Армении и других местах показал, что одной из важнейших причин разрушений было низкое качество строительных материалов, строительных конструкций заводского изготовления и низкое качество строительных работ при возведении сооружений, грубое нарушение строительных норм и правил.

Поэтому одним из важнейших условий обеспечения сейсмостойкости возводимых объектов должно быть строгое соблюдение строительных норм и правил строительства в сейсмических районах на всех стадиях изысканий, проектирования, изготовления конструкций и строительства энергетического объекта. Очень важную роль должен иметь технический и авторский надзор при возведении объекта, контроль качества на всех этапах строительства сооружений и приемки объекта в эксплуатацию.

В условиях эксплуатации объекта также должен вестись тщательный контроль за состоянием строительных сооружений и конструкций и своевременно принимать меры по усилению конструкций при возникновении такой необходимости.

3.I.2. Электротехническое оборудование.

3.I.2.I. Электротехническое высоковольтное оборудование, аппаратура управления, защиты, автоматики и связи должны применяться сейсмостойкого исполнения на уровень интенсивности сейсмических воздействий не ниже расчетного уровня сейсмичности для соответствующего района по новой карте сейсмического районирования.

3.I.2.2. При установке сейсмостойкого электрооборудования должны выполняться антисейсмичные проектные технические решения, в частности:

а) установка трансформаторов напряжением 35-500 кВ должны устанавливаться непосредственно днищем на фундаменты без кареток и рельс с креплением бака трансформатора к закладным элементам фундамента для предотвращения смещений в горизонтальных и вертикальных направлениях при расчетных сейсмических воздействиях.

Для различных типов трансформаторов могут быть различные способы его крепления к фундаменту. Способы крепления должны быть согласованы проектной организацией с заводом-изготовителем сейсмостойкого трансформатора.

Для сейсмостойких трансформаторов мощностью I6, 25 и 40 МВА напряжением II0 кВ, изготавливаемых Тольяттинским электротехническим заводом, разработаны специальные фундаменты (л. 4);

б) компановка ПС должна быть по возможности распластанной, поскольку величина сейсмического воздействия на оборудование возрастает с высотой его установки.

Следует стремиться к снижению центра тяжести оборудования посредством снижения высоты строительной конструкции, на которой оно устанавливается, а в обоснованных случаях отдавая предпочтение наземной установке с ограждением;

в) применение гибкой ошиновки предпочтительнее жесткой.

Гибкая ошиновка ОРУ должна иметь стрелы провеса, исключающие поломку аппаратов при их максимально-возможном отклонении.

Жесткая ошиновка должна присоединяться к аппаратам через гибкие вставки (элементы компенсации);

г) высокочастотные заградители должны предусматривать подвесной способ установки;

д) при установке оборудования на нескольких стойках следует выполнять жесткие связи между верхними, а при высоте более 3 метров и средними частями этих стоек.

3.I.2.3. Установка аккумуляторной батареи должна предусматривать меры по закреплению конструкций стеллажей, а также по фиксации аккумуляторов на стеллажах от подвижек (л. 5). Для предотвращения расплескивания электролита рекомендуется применять аккумуляторные батареи типа СН или другие аккумуляторы закрытого типа и сейсмостойкого исполнения.

3.I.2.4. При использовании типовых проектов, разработанных для несейсмических районов, следует осуществлять проверку стойкости оборудования, конструкций и сооружений при соответствующих данному району уровню сейсмических воздействий и, при необходимости, выполнять мероприятия по повышению их стойкости.

3.I.2.5. Проектирование подстанций II0 кВ должно выполняться с использованием типовой работы по проектным техническим решениям ПС II0 кВ, содержащей конструктивно-строительные решения ОПУ, ЗРУ, установки оборудования и прокладки инженерных сетей для районов с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов (л. 6).

3.2. Частично-сейсмостойкая ПС.

3.2.I. Здания, сооружения и строительные конструкции должны соответствовать требованиям, изложенным в разделе 3.I.I. для сейсмостойкой ПС.

3.2.2. Электротехническое оборудование должно применяться сейсмостойкого исполнения.

При отсутствии отдельных видов сейсмостойкого оборудования может применяться электрооборудование общепромышленного исполнения при условии выполнения антисейсмических проектных технических решений, обеспечивающих повышение сейсмостойкости устанавливаемого оборудования, изложенных в разделе 3.I.2 для сейсмостойкой ПС.

3.2.3. При разработке проекта частично сейсмостойкой ПС следует предусматривать аварийный запас оборудования, в объеме соответствующих нормативов, обеспечивающих замену повреждаемого оборудования в сжатые сроки.

4. ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДСТАНЦИЙ 330-500 кВ

4.I. ОРУ подстанций напряжением 330 и 500 кВ характеризуются высокостоечной фарфоровой изоляцией электрооборудования (автотрансформаторы, выключатели, разъединители, измерительные трансформаторы, шунтирующие реакторы (500 кВ) разрядники и шинные опоры), которая является самым слабым звеном в цепи всего оборудования при сейсмических воздействиях.

Анализ состояния фарфоровой изоляции 220 кВ при землетрясениях с интенсивностью 7 баллов и более позволяет сделать вывод, что фарфоровая изоляция,выполненная в классе 330 и 500 кВ с нормальной длиной пути утечки,является сейсмически неустойчивой.

4.2. Сейсмостойкость таких подстанций может быть обеспечена только при разработке и освоении в производстве соответствующей полимерной изоляции.

4.3. Для предотвращения разрушений подстанций 330-500 кВ от сейсмических воздействий необходимо:

а) избегать проектирования и строительства таких подстанций в районах с уровнем сейсмичности выше 6 баллов;

б) в случае проектирования таких подстанций в регионах с сейсмичностью 7 баллов и более должны предусматриваться антисейсмические мероприятия, изложенные в разделе 3.I для сейсмостойкой ПС;

в) ускорить работы по разработке и освоению высоковольтных аппаратов напряжением 330 и 500 кВ с использованием полимерной изоляции.

Приложение I

П Е Р Е Ч Е Н Ь высоковольтного сейсмостойкого оборудования, освоенного промышленностью для ПС II0 и 220 кВ

№ пп	Наименование оборудования	Расчетный уровень сейсмостойкости, баллов	Завод-изготовитель
I	2	3	4
I.	Трансформаторы:		
	ТДН-I6000/II0	9	Тольяттинский электрозавод
	ТДТН-I6000/II0	9	
	ТРДН-2500/II0	9	
	ТДТН-2500/II0	9	
	ТРДН-40000/II0		
	напряжения обмоток СН и НН и другие параметры по ГОСТ I2965-85		
2.	Выключатели:		
	ВВС-II0Б-3I,5/2000-УI(ХЛI)	8	АО "Электроаппарат", г.С.-Петербург
	ВВКС-II0Б-50/3I50-УI	8	
	ВВС-220Б-40/2000-УХЛI	8	
	ВВКС-220Б-56/3I50-УI(ХЛI)	8	
3.	Трансформаторы напряжения:		
	НКФ-II0	9	Запорожский завод высоковольтной аппаратуры
	НКФ-220	9	
4.	Трансформаторы тока:		Запорожский завод высоковольтной аппаратуры
	ТФЗМ-II0 БУI	9	
	ТФЗМ-220 БУI	9	

I	2	3	4
5. Ограничители перенапряжений:			Корниловский фарфоровый завод, г. С.-Петербур
ОПН-II0		9	
ОПН-220		9	
6. Шинные опоры:			АО "ЭЛВО",
ШОС-330-УХЛI (на базе полимерной изоляции)		8	г. Великие Лук

Приложение 2

Список литературы

I. Нормы технологического проектирования ПС переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ, № I3865тм-тI, Энергосетьпроект, I99I г.

2. СНиП II-7-8I* "Строительство в сейсмических районах", Госстрой, I995 г.

3. ГОСТ I75I6.I-90 "Изделия электротехнические, Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам".

4. Фундаменты под сейсмостойкие трансформаторы напряжением 35-500 кВ, № I35I7тм-тI, ДальЭСП, ЭСП, I993 г.

5. Рекомендации по установке аккумуляторных батарей в условиях сейсмики, № I3I69тм-тI, СевзапЭСП, I989 г.

6. Сборник технических решений для проектирования электросетевых объектов с учетом повышения их сейсмостойкости. Технические решения ПС II0 кВ, № I3522тм-т.т.I÷6, ДальЭСП,ЭСП, I997 г.

gost.e-ecolog.ru