

УДК 699.841

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УСТРОЙСТВ (НКУ)



SEISMIC RESISTANCE OF LOW VOLTAGE INTEGRATED DEVICES (NKU)

Сорокина Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
karpanina.elena@yandex.ru

Самаркина Елена Алексеевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
lenochka_samar@mail.ru

Тарасенко Полина Денисовна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
polina111mr@gmail.com

Аннотация. Чтобы избежать ущерба при землетрясении, здания и техническая инфраструктура должны быть по возможности выполнены в «сейсмостойком» исполнении. Что делать, если требуется, чтобы НКУ было выполнено в «сейсмостойком» исполнении? Именно этому вопросу посвящена данная статья.

Ключевые слова: низковольтные комплексные устройства, сейсмостойкость, землетрясения, интенсивность, магнитуда, сейсмоопасные зоны.

Sorokina Elena Nikolaevna

Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University of Technology
karpanina.elena@yandex.ru

Tarasenko Polina Denisovna

Student,
Kuban State University of Technology
polina111mr@gmail.com

Samarkina Elena Alekseevna

Student,
Kuban State University of Technology
lenochka_samar@mail.ru

Annotation. In order to avoid earthquake damage, buildings and technical infrastructures should, if possible, be made in a «earthquake-resistant» design. What should I do if it is required that the NKU be made in a «earthquake-resistant» design? This is the subject of this article

Keywords: low-voltage complete devices, earthquake resistance, earthquakes, intensity, magnitude, earthquake-prone zones.

Вызванным землетрясением ущербом являются как правило структурные повреждения зданий и транспортной инфраструктуры. Значительные повреждения могут также возникать в установках внутри зданий. В зависимости от силы землетрясения и заселенности рассматриваемой зоны возможны различные масштабы выше названных повреждений зданий и транспортной инфраструктуры. Кроме того, повреждения технической инфраструктуры могут привести к тому, что после землетрясения во многих случаях возникают перебои с электричеством, питьевой водой, газом и т.д. Непосредственно после землетрясения, когда важна быстрая помощь пострадавшим, разрушения транспортной и технической инфраструктуры препятствуют оказанию помощи. Во избежание вышеописанного ущерба при землетрясении здания, транспортная и техническая инфраструктура в сейсмоопасных зонах должны быть выполнены в «сейсмостойком» исполнении. Принимаемые меры сильно различаются не только в зависимости от области (здания, техническая инфраструктура), необходимо также рассматривать риск землетрясений. Таким образом, требования в особо сейсмоопасной зоне должны быть более высокими.

Под сейсмостойкостью часто подразумевается безопасность зданий. Это вполне очевидно, так как из-за разрушения зданий вследствие землетрясения как правило возникают человеческие жертвы, а также происходит материальный ущерб в этой области. Однако, устройства технической инфраструктуры, например, низковольтные комплектные устройства (НКУ) или центры обработки данных (ЦОД) необходимо также защитить от землетрясений. Это относится не только к критическим установкам, например, на электростанциях или производствах химической промышленности, но и играет большую роль также в общем электрораспределении.

С точки зрения физики землетрясение представляет собой ударную волну, исходящую из эпицентра землетрясения. Она приводит к колебаниям земной коры со сложным спектром частот и составляющими как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Это описывается с помощью соответствующих амплитуд и частот на поверхности земли. Так как высвобождаемая при землетрясении энергия не может быть измерена напрямую, для описания силы землетрясений используются различные шкалы. Различают шкалы интенсивности и шкалы амплитуд.

Шкалы интенсивности основаны на макроскопических воздействиях землетрясения, например, тяжести повреждений зданий, а также на субъективных ощущениях людей, чувствующих или слышащих землетрясение. Часто используемой шкалой интенсивности является шкала Меркалли, которая была разработана в 1902 г. и применяется по сей день (таб. 1). Шкалы интенсивности в малозаселенных зонах можно использовать лишь условно, так как в таком случае имеется мало зданий, подверженных повреждениям и также мало людей, которые могут сообщить о своих ощущениях [5].

Баллы	Ускорение земли			Наименование	Баллы
	гал	гал	g (9,81 м/с ²)		
0	< 0,8	< 1.0	< 0,001	не ощущается	I
1	0,8-2,5	1.0-2.1	0,001-0,002	очень слабое	II
2	2.5-8.0	2.1-5.0	0,002-0,005	слабое	III
3	8.0-25	5.0-10	0,005-0,01	интенсивное	IV
4	25-80	10-21	0,01-0,02	довольно сильное	V
5	80-250	21-44	0,02-0,05	сильное	VI
6	250-400	44-94	0,05-0,1	очень сильное	VII
7	400-1000	94-202	0,1-0,2	разрушительное	VIII
8	1000-2000	202-432	0,2-0,5	опустошительное	IX
9	2000-5000	более 432	0,5-1	уничтожающее	X
10	5000-10000		1-2	катастрофа	XI
11	10000-20000		> 2	сильная катастрофа	XII

Таблица 1 – Шкала Меркалли в сравнении с японской шкалой JMA

Чтобы оценить значение сейсмостойкости электроустановок, необходимо сначала создать обзор повреждений, которые могут произойти в результате землетрясения. При этом следует учитывать последующий ущерб, который может возникнуть при выходе электроустановки из строя. Чаще всего при землетрясениях основное внимание уделяется повреждениям зданий. В зависимости от вида здания, значения для размещенных в здании установок как правило выше значений, которые действуют для частей структуры здания. Поэтому при рассмотрении ущерба от землетрясений целесообразно полагаться только на сейсмостойкость здания, и установки также должны отвечать требованиям по сейсмостойкости [2].

Сохранение функций установок в том числе при землетрясениях большой магнитуды имеет большое значения для критичных, связанных с безопасностью инфраструктур, например, в атомной энергетике. В частности, в областях телекоммуникаций и IT также необходима высокая надежность систем и, соответственно, высокая сейсмостойкость. Одновременно с этим важно сохранение функций в течение определенного времени или быстрое восстановление функций после землетрясения.

Колебания, которые возникают в случае землетрясения, обычно находятся в диапазоне частот от 0,3 Гц до 50 Гц. Нагрузки, которые таким образом действуют на НКУ, могут привести как к нарушениям в работе, так и к структурным повреждениям всей установки. Нарушения в работе можно устранить с минимальными затратами, поэтому НКУ после землетрясения может быть относительно быстро возвращена в эксплуатацию. Типичным примером здесь может быть отсоединившийся контакт или временное короткое замыкание, которое прерывается с помощью имеющихся предохранительных устройств.

Примером других повреждений может быть отсоединение компонентов от несущей шины или монтажной панели в шкафу. Серьезные повреждения НКУ, как правило, приводят к длительным отключениям подачи питания. Они происходят, когда шкаф приходит в движение при землетрясении, отсоединяется его крепление или даже происходит опрокидывание шкафа.

Сюда же относятся структурные повреждения шкафа. Во всех случаях корпуса, например, распределительные шкафы, имеют решающее значение, так как если шкаф не выдерживает землетрясение, то вся установка в любом случае выходит из строя. Поэтому сейсмостойкость корпусов является важным пунктом во всех основных стандартах. Однако эта сейсмостойкость не может рассматриваться отдельно, рассматриваемое здание и все установленные компоненты должны отвечать соответствующим требованиям. Поэтому недостаточно только использовать подходящий шкаф, если необходимо обеспечить сохранение функциональности после или даже во время землетрясения. Для этого также установленные компоненты должны соответствовать требованиям соответствующего стандарта, а работоспособность системы в целом должна быть проверена в ходе испытания.

Для проверки сейсмостойкости шкафа во всех соответствующих стандартах предписываются испытания на вибростенде. Целью является лабораторное моделирование воздействий при землетрясении – вибраций и ударных нагрузок. Для этого испытуемый образец монтируется на вибростенде, где он должен выдержать испытания по предписанной программе. При этом на образце не должно возникнуть структурных повреждений. Это означает, что несущие конструкции не должны быть повреждены, изогнуты, сломаны и т.д. Кроме того, важнейшие соединения не должны разъединяться. Аналогичные требования действуют, например, также для дверей шкафов, шарниров и замков. Дополнительно имеются и функциональные испытания – это означает, что после нагрузки проверяется, чтобы установка выполняла свои функции.

Для создания устойчивых механических конструкций, способных выдерживать колебания, с незапамятных времен имеется проверенный способ: фахверковая конструкция. Эта конструкция состоит из балок, которые соединены между собой концами и образуют треугольники. При этом на балки действуют исключительно силы растяжения или сжатия, что делает конструкцию очень прочной, и одновременно минимизируется вес. Такой принцип конструкции успешно используется при строительстве домов, мостов и других несущих конструкций. Сегодня максимально возможной жесткости у зданий пытаются достичь массивными бетонными конструкциями. Еще одна альтернатива, которая применяется прежде всего в высотных зданиях – это установка маятника как активного элемента. При движениях вследствие землетрясения происходят колебания маятника, который почти полностью забирает на себя энергию, благодаря чему не возникает повреждений в структуре зданий. Третья возможность заключается в отделении защищаемого объекта от землетрясения. Для этого, например, здание или элемент оснащаются устанавливаемыми на демпферы большого размера, которые амортизируют и демпфируют нагрузки при землетрясении. При этом необходимо, чтобы устанавливаемый на демпферы вес был точно известен, и обеспечен достаточный ход при амортизации.

Фахверковый принцип также используется при устройстве распределительного шкафа. Система состоит из направляющих, которые монтируются по бокам каркаса шкафа и таким образом значительно повышают жесткость. Узловые панели в углах каркаса дополнительно повышают устойчивость. Монтажная панель также усиливается и дополнительно фиксируется с помощью направляющих [3].

При наличии конкретного запроса на сейсмостойкое НКУ прежде всего, необходимо уточнить географическое положение, то есть в какой стране и в какой сейсмоопасной зоне будет находиться НКУ. Затем необходимо определить требование лежащего в основе стандарта. Все требования, которые относятся к зданию или креплению НКУ в помещении, должны быть выполнены силами ответственных за строительство и строительные конструкции лиц.

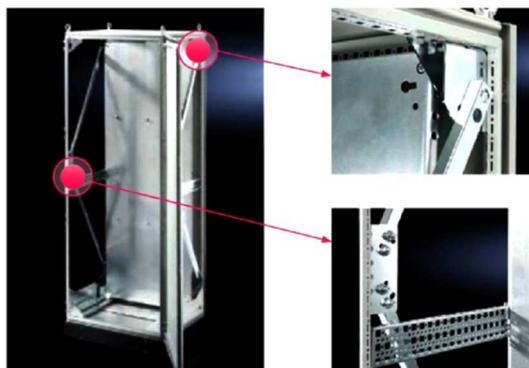


Рисунок 1 – Комплектующие для сейсмостойкого расширения

Если требуется структурная целостность, как правило бывает достаточным лишь использовать сертифицированный корпус, с соответствующими комплектующими для землетрясений.

Разумеется, сохранение функций установки, как иногда требуется, нельзя гарантировать с помощью корпуса или распределительного шкафа. Для этого необходимы обширные испытания. На начальном этапе могут быть проведены структурные расчеты с помощью метода конечных элементов. Распределение установленных компонентов и их вес могут иметь влияние на вибростойкость шкафа. Кроме того, вид монтажа – например, на монтажную панель или на шинные системы – может оказать влияние на свойства. Поэтому при таких требованиях рекомендуется испытывать сейсмостойкие шкафы для конкретного случая применения, то есть с реальными компонентами.

Литература

1. Савин С.Н., Данилов И.Л. Сейсмобезопасность зданий и территорий : учебное пособие. – СПб. : Лань, 2021. – 240 с. – ISBN 978-5-8114-1880-0.
2. Сейсмозащитные устройства: актуальные проблемы сейсмобезопасности : монография / Н.П. Абовский [и др.]. – Красноярск : СФУ, 2013. – 98 с. – ISBN 978-5-7638-2727-9.
3. Конструкции зданий и сооружений с элементами статики : учебник / под ред. Л.Р. Маиляна. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 687 с. (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-003508-6.
4. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий в сейсмических районах : учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 226 с. (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5
5. Потапов А.Д., Ревелис И.Л., Чернышев С.Н. Землетрясения. Причины, последствия и обеспечение безопасности : учебное пособие / под ред. С.Н. Чернышева. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 343 с. (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-011844-4

References

1. Savin S.N., Danilov I.L. Seismic safety of buildings and territories : a textbook. – SPb. : Lan, 2021. – 240 p. – ISBN 978-5-8114-1880-0.
2. Seismic protection devices: actual problems of seismic safety : monograph / N.P. Abovsky [et al.]. – Krasnoyarsk : SFU, 2013. – 98 p. – ISBN 978-5-7638-2727-9.
3. Constructions of buildings and structures with static elements : textbook / edited by L.R. Mailyan. – M. : INFRA-M, 2020. – 687 p. (Secondary vocational education). – ISBN 978-5-16-003508-6.
4. Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Design, construction and operation of buildings in seismic areas : textbook. – M. : INFRA-M, 2022. – 226 p. (Higher education: Bachelor's degree). – DOI 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5
5. Potapov A.D., Revelis I.L., Chernyshev S.N. Earthquakes. Causes, consequences and security : a textbook / edited by S.N. Chernyshev. – M. : INFRA-M, 2019. – 343 p. (Higher education: Bachelor's degree). – ISBN 978-5-16-011844-4.