

Механическая прочность защитных конструкций систем электропитания



Промышленное оборудование должно обладать механической прочностью. Но что обеспечивает механическую прочность систем защиты электропитания?

Введение

При рассмотрении аспекта механической прочности во внимание принимаются различные виды воздействия: удары, толчки, вибрации, сейсмические среды, солевой туман, сероводород, нагрев и влажность.

Настоящий документ посвящен в основном прочности к ударам, вибрации и сейсмическому воздействию. Здесь приводится описание систем ИБП для эксплуатации в неблагоприятных условиях окружающей среды, поставляемых компанией Chloride.

Такое оборудование, как системы ИБП, подвергается механическим ударам и вибрациям в течение всего срока эксплуатации. Механическое воздействие, оказываемое во время транспортировки, установки и эксплуатации, не должно ухудшать рабочие характеристики оборудования.

Ожидания пользователя

Наиболее распространенными ожиданиями пользователей в отношении прочности систем ИБП, предназначенных для промышленного применения, являются следующие:

- жесткая рама; панели и дверцы обеспечивают прочность каркаса;
- жесткая конструкция; система не подвергается воздействию механических ударов во время транспортировки, установки и всего срока эксплуатации;
- расчетный срок службы не менее 20 лет; в течение этого срока качество механических деталей не ухудшится под воздействием условий окружающей среды и старения;
- эксплуатационная надежность кабельной проводки.

Главным вопросом является, каким образом производители могут добиваться соответствия перечисленным ожиданиям или даже превосходить их?

Системы промышленного класса прочности

Для обеспечения максимально надежного бесперебойного электропитания в любых условиях компания Chloride Industrial Systems предлагает системы ИБП, произведенные в соответствии с высокими требованиями к конструкции механического оборудования и прошедшие строгий контроль в отношении следующего:

- правил окраски;
- спецификации механической конструкции;
- механических испытаний;
- сейсмических испытаний.

Соблюдение строгих требований при производстве механических корпусов также позволяет устанавливать системы ИБП на удаленных объектах, как показано на следующем рисунке.



Поставки на удаленные объекты или как испытать оборудование до монтажа

Правила окраски (для оборудования Chloride Industrial Systems)

Все корпуса из листовой стали должны проходить строгую процедуру обработки, состоящую из следующих этапов:

- **подготовка поверхности**, предусматривающая обезжиривание, фосфатирование, промывку (струей распылителя с давлением 150 бар, 3 прохода) и пассивацию.
- **сушка** горячим воздухом при температуре 60 °С;
- **нанесение покрытия** путем напыления эпоксидного полиэстерного порошка (толщина покрытия 50 мкм, отверждается при 200°С, проверка толщины производится на отбираемом образце).

После сушки окрашенные металлические панели имеют следующие характеристики:

- ударная прочность: 400 г/50 см в соответствии со стандартом NFT 30039;
- Твердость по Персозу (испытание на маятниковую твердость по Персозу): 300 с в соответствии со стандартом NFT 30016;
- соленый туман: 500 ч. В соответствии со стандартом NFX 41002 (ISO 9227).

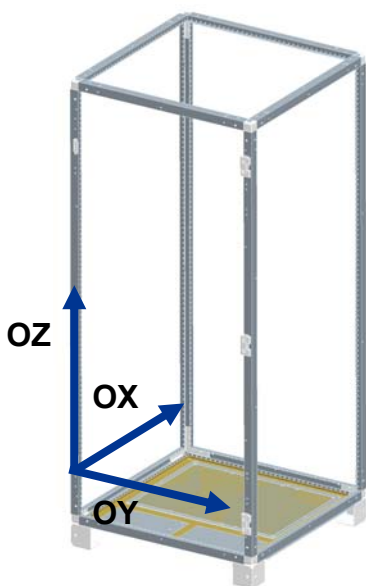


Рис. 1. Три оси корпуса

Спецификация конструкции (для оборудования Chloride Industrial Systems)

Механические конструкции компании Chloride производятся в соответствии со следующими спецификациями:

- каждый шкаф способен выдерживать ударную нагрузку ускорения не ниже 0,5 g (где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$) по трем осям, как показано на рис. 1;
- конструкция корпусов позволяет им выдерживать достаточно большую нагрузку, выраженную в Ньютонах (Н), при подъеме за верхнюю часть;
- корпуса оснащены специальными креплениями для фиксации к полу; рекомендуется использовать анкерные крепления M12;
- корпуса способны выдерживать ударную нагрузку типа IK 7 в соответствии с IEC 60529;
- конструкция корпусов имеет запас надежности 2;
- конструкция выполнена из оцинкованной стали 20/10;
- рама выполнена из стали 15/10;
- опоры выполнены из стали 30/10.

После подготовки спецификации и завершения проектирования механические конструкции проходят испытания по стандартам IEC (см. вторичные эталоны) для проверки соответствия предъявляемым требованиям и утверждения проекта.

Вибрационные испытания

Оборудование проходит полный цикл испытаний, проводимых независимой лабораторией (по требованию предоставляется отчет).

Оборудование для проведения вибрационных испытаний

Испытания проводятся на вибровибрационной установке, управляемой цифровым процессором, полученные результаты записываются на жесткий диск. В процессе

испытания используются импульсные и синусоидальные вибрации, определенной амплитуды и частоты.

Поиск резонансных частот (для каждой из трех осей, как показано на рис. 1) выполняются таким образом, чтобы на поверхности корпуса определялись сильные и слабые места.

Поиск и регистрация резонансных частот осуществляется при следующих условиях:

- увеличение частоты синусоидальной вибрации от 1 до 100 Гц при скорости одна октава в минуту;
- снижение частоты синусоидальной вибрации от 100 до 1 Гц при скорости 1 октава в минуту;

Выбирают несколько точек измерения, что позволяет получить полную картину резонанса корпуса.

Результаты вибрационных испытаний

На рис. 2 приведен пример результатов вибрационного испытания. Эти результаты получены при испытании зарядного устройства постоянного тока; обнаруженная точка на верхней части корпуса является областью максимальной чувствительности при воздействии вибрации. Отмеченная на рисунке ось — ось OY.

В соответствии с полученными результатами были зарегистрированы слабые резонансные частоты около 40 Гц, однако не было обнаружено никаких (даже незначительных) повреждений.

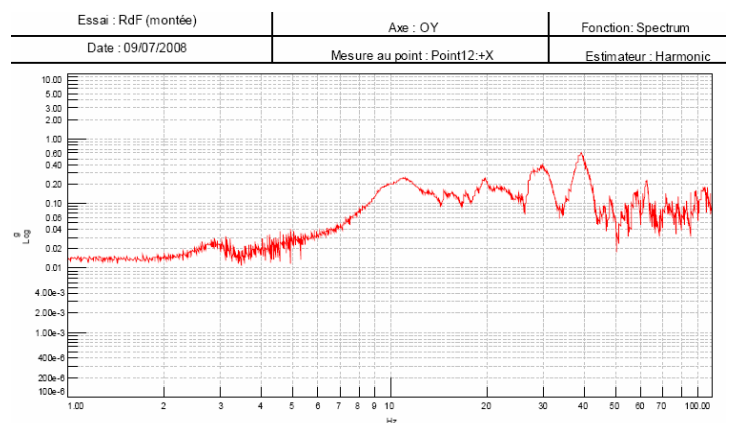


Рис. 1. Пример результатов теста на вибрации

Испытания на взвешивание

Компания Chloride Industrial Systems также проводит испытания на взвешивание в ячейке для определения максимально допустимого веса корпуса.

Эти испытания проводятся на объектах компании Chloride.

Оборудование для проведения испытаний на взвешивание

В распоряжении компании имеются соответствующие взвешивающие устройства и подвесной грузоподъемный кран. Перечисленное оборудование проходит регулярные проверки сторонними сертифицирующими организациями.

В процессе испытания корпус подвешивают до уровней расчетных пределов и проводят анализ механического влияния на конструкцию.

До и после взвешивания проводят визуальный осмотр объектов. По полученным результатам оформляют внутренний отчет по испытаниям на взвешивание.

Результаты испытаний на взвешивание



Рис 2. Тест на взвешивание

На рис. 3 показана ячейка шириной 1600 мм, подвешенная с грузом массой 1980 кг из дросселей и трансформаторов, и поднятая на высоту 100 мм. Вес не сбалансирован, поэтому максимальная масса приходится на нижнюю заднюю часть корпуса. Это делается для имитации условий, характерных для стандартного процесса производства систем ИБП. Это позволяет определить прочные и слабые области конструкции и, следовательно, исправить любые возможные деформации до запуска серийного производства испытываемой продукции.

Испытания на подъем

В процессе проектирования механического оборудования и технической спецификации корпусов также выполняют испытания на подъем. При разработке новой конструкции или новых структурных компонентов компания обращает особое внимание на прочность при подъеме ячеек. Это доказывает безопасность предлагаемого оборудования для клиента при установке на объекте.

Эти испытания также позволяют:

- проверить механическую прочность подъемных серег;
- проверить поведение конструкции при подъеме;
- проверить поведение конструкции при условиях подъема с различными углами грузовой цепи (0°, 30°, 45°, 60°);
- определить и зафиксировать предельные усилия, при превышении которых может произойти поломка механических деталей;
- проверить поведение конструкции корпуса при различных углах грузовой цепи.

Эти испытания проводятся независимой лабораторией (отчет предоставляется по требованию).

Оборудование для проведения испытаний на подъем

Испытания проводятся с помощью тягового стенда, обеспечивающего максимальную силу вертикального тягового усилия 1000 кН.

Система оснащена устройством управления измерениями с уровнем погрешности +/-1%.

Тяговый стенд позволяет регулировать тяговое усилие с шагом 1000 Н.

Тяговый стенд прошел проверку сторонней сертифицирующей организацией.

Для выполнения полной проверки корпусов на стандартной раме кабины предусмотрена специальная тумба, предназначенная для закрепления корпуса на тяговом стенде.

Результаты испытаний на подъем

На рис. 4 показано испытание на подъем в наихудшем случае при угле грузовой цепи 60°. Проведенное испытание показало, что конструкция способна выдерживать тяговое усилие до 40,2 кН (~4,1 т) без каких-либо механических повреждений. Тот же корпус при испытании на тяговое усилие при угле грузовой цепи 0° выдержал до 83,4 кН (~8,5 т).



Рис. 4. Тест на взвешивание. Усилие подъема 40,2 кН (4,1 т)

Принимая во внимание, что системы ИБП, поставляемые в корпусах данного типа, весят не более 2 т, оборудование имеет **запас надежности 2** при наихудших условиях механического подъема.

Пределы сопротивления разрушению

Другим важным результатом при проведении испытаний на подъем является определение пределов механической прочности. Такой вид испытаний аналогичен **краш-тестам** в автомобильной промышленности. На рис. 5 представлены предельные значения механической прочности для корпуса меньшего размера (стандартный корпус зарядного устройства).



Рис. 3. Предел прочности корпуса зарядного устройства

В процессе такого испытания тяговое усилие было установлено на уровне до 39 кН (~4 т). Поскольку компания всегда рассматривает наихудший вариант, на верхней части корпуса было установлено только две подъемные серьги.

При тяговом усилии 29 кН (~3 т) корпус начал наклоняться и скручиваться. Важно отметить, что при тяговом усилии 39 кН (~4 т) **подъемные серьги продолжали прочно держаться на корпусе**, несмотря на сильную деформацию.

Принимая во внимание тот факт, что системы ИБП, поставляемые в корпусах данного типа весят не более 1 т, оборудование имеет **запас надежности 4** при наихудших условиях механического подъема.

Особый случай: сейсмическое воздействие

Для некоторых географических регионов, а также для некоторых видов применения (например, для ядерной промышленности) для обеспечения постоянной надежности подачи электропитания необходимо выполнять испытания на сейсмическую устойчивость.

Предлагаемые промышленные системы ИБП прошли испытания на проверку надежности их работы в зонах с ускорением до 0,5 g.

Испытания на сейсмическую устойчивость проводятся сторонней независимой организацией (отчет предоставляется по требованию).

Оборудование для проведения испытаний на сейсмическую устойчивость

Испытания проводятся на вибрационной установке, управляемой цифровым процессором, полученные результаты записываются на жесткий диск.

Оборудование подвергается **землетрясениям** различных категорий:

- землетрясение категории 5 OBE (расчётное землетрясение при эксплуатации), диапазон частот колебаний 0,5–50 Гц. во время и после проведения такого испытания оборудование должно непрерывно работать;
- землетрясение категории 1 SSE (максимальное расчётное землетрясение), диапазон частот 0,5–100 Гц; для оборудования не допускается проявление «ракетного эффекта», то есть все внутренние детали должны оставаться внутри корпуса.

Различные категории землетрясений

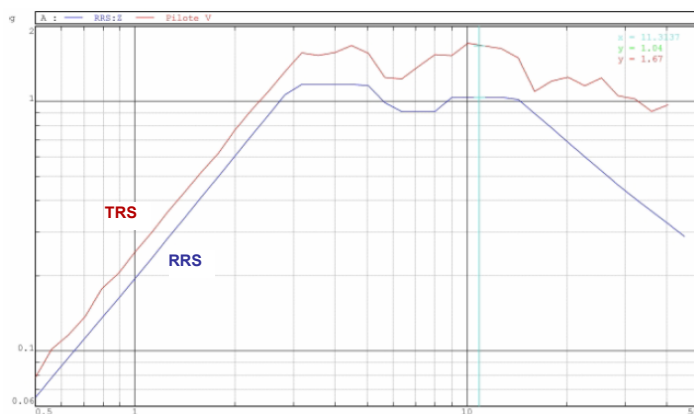


Рис. 4. Спектры землетрясения

сочетаются в режиме **двухосного возбуждения**.

1. Сочетание осей OX/OZ.
2. Сочетание осей OY/OZ.

По землетрясению каждой категории регистрируется акселерограмма в течение 30 с.

В отношении вибрационных испытаний **проверки на устойчивость землетрясениям** выполняются для нескольких важных точек на поверхности корпусов.

Категория землетрясения, использованная при испытаниях, также регистрируется, как показано на рис. 6. Кривая RRS (требуемый спектр отклика, синий цвет) представляет собой эталонный спектр, в то время как TRS (спектр отклика испытания, красный цвет) представляет собой фактически зарегистрированный спектр в ходе испытаний. Кривая, построенная на основе данных испытаний, показывает, что испытания были проведены для указанного ускорения 1,2 g и что фактическое зарегистрированное значение составляет приблизительно 1,9 g (где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

При выполнении испытаний на сейсмическую устойчивость оборудование подключается и запускается для проверки значений напряжения на выходе системы.

Результаты испытаний на сейсмическую устойчивость



Рис. 5. Зарядное устройство при проведении испытаний на сейсмическую устойчивость

Испытания на сейсмическую устойчивость, проведенные для корпусов промышленных систем ИБП и зарядных устройств, не обнаружили неполадок оборудования при силе землетрясения уровнем 1 g. В отчете сторонней организации указано: «Без замечаний». Таким образом, можно с полной ответственностью заявлять, что предлагаемое оборудование способно выдерживать землетрясения силой 0,5 g с **запасом надежности 2**.

Библиография

- IEC 62208: «Корпуса пустотелые для комплектной низковольтной аппаратуры распределения и управления».
- IEC 60068-2-31: «Испытания. Испытание Es». Поражение током в результате небрежного обращения в основном для образцов оборудования.
- IEC 60068-2-27: «Испытание Ea и руководство». Удар.
- IEC 60068-2-32: «Испытание Ed». Свободное падение.
- IEC 60068-2-6: «Испытание Fc». Вибрация (синусоидальная).
- IEC 60068-2-64: «Испытание Fh». Широкополосная случайная вибрация и руководство.
- IEC 60068-2-47: «Установка компонентов».
- NFT 30039: «Методы испытания сопротивления удару в соответствии с AFNOR».
- NFT 30016: «Испытание на твердость по Персозу в соответствии с AFNOR».
- NFX 41002 (или ISO 9227): «Испытания на коррозию в искусственной атмосфере. Испытания на устойчивость к солевому туману».

Вторичные эталоны для испытаний на сейсмическую устойчивость

- EN 60068-3-3, апрель 1993 г.: «Условия окружающей среды, руководство условия окружающей среды, разное». Руководство по методам испытания оборудования на сейсмическую устойчивость.
- IEEE std 344 – 1987: «IEEE рекомендованные практики сейсмической квалификации класса 1 E (оборудование для ядерных электростанций)».
- Техническая спецификация EDF HN 20 E 53, октябрь 1994 г., второе издание: Spécification d'essai de tenue aux séismes des matériels électriques classés de sûreté des centrales nucléaires : essai bi-axial par accélérogrammes.

О компании Chloride Industrial Systems

Chloride Industrial Systems является одним из ведущих мировых поставщиков систем ИБП, предназначенных для промышленного применения. Компания Chloride Industrial Systems обладает более чем 60-летним опытом поставки систем ИБП, предназначенных для эксплуатации в неблагоприятных условиях окружающей среды на нефтехимических и обрабатывающих заводах, морских нефтепромысловых платформах, атомных электростанциях и т.д.



CHLORIDE
INDUSTRIAL SYSTEMS

Полные контактные данные представлены на веб-сайте:

www.chloridepower.com

Компания Chloride является международным поставщиком решений для надежных систем электропитания, позволяющих обеспечить непрерывность бизнес-процессов клиентов во всем мире. Предлагаемые компанией инновационные услуги и решения обеспечивают защиту важных бизнес-систем и процессов от повреждения в результате перебоев электроснабжения и электропитания низкого качества.