



Виктор Гарсия

Единая платформа шкафов для электронного оборудования VARISTAR для любых применений

Описана технология использования единой платформы при проектировании шкафов семейства VARISTAR фирмы Schroff, подробно рассмотрены вопросы сейсмостойкости и электромагнитной защиты шкафов, а также методика их испытаний.

ВВЕДЕНИЕ

Каждая область применения предъявляет к шкафам для электронного оборудования свои требования. Например, для защиты чувствительного электронного оборудования в системах промышленной автоматизации требуются шкафы, стойкие к воздействию неблагоприятных внешних условий (удары, вибрация, электромагнитные помехи, проникновение пыли и воды) и имеющие огромное разнообразие конфигураций панелей, крышек и крепёжных элементов, а также надёжную систему заземления. Кроме того, происходит непрерывное совершенствование нормативной базы, регулирующей применение электронного оборудования и корпусов для его размещения, в частности, ужесточаются нормы по электромагнитной совместимости и защите окружающей среды. В таких постоянно изменяющихся условиях оптимальный выбор шкафа для конкретного приложения становится трудным — хотя на рынке представлены самые разнообразные решения, в случае изменения требований к шкафу может понадобиться переход на другой шкаф. При этом неизбежны издержки, связанные с несовместимостью принадлежностей и крепёжных элементов различных шкафов между собой, что в долгосрочной перспективе ведёт к увеличению совокуп-

ной стоимости владения системой. Один из вариантов решения проблемы уменьшения издержек при одновременном расширении модельного ряда давно применяется крупными производителями автомобилей (Volkswagen, Ford, GM) — это использование единых унифицированных платформ (двигатель, шасси) для производства различных автомобилей под разными торговыми марками и для разных рынков. Реализовать данную идею в области шкафов для электронного оборудования удалось при разработке новой платформы шкафов VARISTAR (рис. 1) компании Schroff (Германия).

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ И КОНЦЕПЦИЯ ПЛАТФОРМЫ

Исследование рынка и подробные консультации с представителями различных отраслей экономики позволили выделить несколько ключевых рынков, предъявляющих к шкафам для электронного оборудования специальные требования:

- 1) промышленная автоматизация;
- 2) транспорт и дорожное хозяйство;
- 3) атомная промышленность и энергетика;
- 4) контрольно-измерительное оборудование;
- 5) телекоммуникации и обработка данных;

б) военные применения.

При этом к шкафам предъявляются самые разнообразные технические требования, которые для различных рынков частично совпадают, а частично противостоят друг другу (табл. 1).

Итак, необходимо было создать семейство шкафов для электронного оборудования, имеющих общие принципы конструкции и полностью совместимые между собой крепёжные элементы и принадлежности, удовлетворяющих требованиям всех перечисленных ключевых рынков и при этом имеющих разумные цены. Наиболее рациональный и красивый способ решения этой сложной задачи — создание унифицированной платформы шкафов.



Рис. 1. Универсальный шкаф VARISTAR

Таблица 1

Требования к шкафам для электронного оборудования

Рынки	Промыш- ленная ав- томатизация	Транспорт и дорожное хозяйство	Атомная про- мышленность и энергетика	Контрольно- измеритель- ное оборудо- вание	Телекомму- никации и обработка данных	Военные приме- нения
Прочность (стабильность)	++	++	++	+	++	++
Высокая допустимая статическая нагрузка	+	-	++	+	++	+
Устойчивость к динамическим нагрузкам	+	++	+	-	-	++
Стойкость к вибрации и ударам	++	++	++	+	-	++
Электромагнитная защита	+	+	++	-	+	++
Сейсмостойкость	-	-	++	-	-	+
Защита IP (от проник- новения воды и пыли)	++	++	+	-	-	++
Широкий диапазон рабочих температур	+	+	-	-	-	++
Возможность климатизации оборудования	++	++	+	+	++	++
Легкость монтажа и обслуживания	+	+	+	++	++	-
Привлекательный дизайн	-	-	+	++	++	-
Разумная цена	++	++	++	++	++	++

Примечание.

- ++ — требуется;
- + — приветствуется;
- — не играет существенной роли.

КАРКАС ШКАФОВ VARISTAR

Каркас шкафов VARISTAR выполнен сварным (неразборным) и изготавливается из патентованного стального профиля замкнутого сечения, проваренного по всей длине. Этот профиль имеет максимальную жёсткость и сложную систему отверстий для удобного крепления в шкафу аксессуаров и оборудования. Профиль изготавливается в двух вариантах — стандартном и усиленном, имеющих одинаковую конструкцию внутренней (креплёжной) части и отличающихся мощностью передней (наружной) части (рис. 2 и 3).

Для удовлетворения требований максимального количества потребителей в рамках платформы VARISTAR существует два варианта конструкции каркаса шкафа — стандартная (Slim-Line) и усиленная (Heavy-Duty). У каркаса стандартного шкафа вертикальные и продольные рёбра изготовлены из стандартного профиля, а поперечные рёбра — из усиленного профиля. У каркаса усиленного шкафа все рёбра изготовлены из усиленного профиля.

Наружные грани рёбер каркаса, изготовленных как из стандартного, так и из усиленного профиля, идентичны по форме и образуют симметричную кон-

фигурацию (что позволяет использовать одни и те же двери, боковые стенки, верхние и нижние панели с разными каркасами), и скошены под углом 45°. Эти скошенные поверхности используются для размещения уплотнителей и проводящих экранирующих прокладок, что позволяет исключить сам каркас шкафа из числа элементов электромагнитной защиты и не наносить на него гальванических проводящих покрытий, существенно уменьшив тем самым стоимость решения.

Сложная система отверстий в крепёжной части профиля позволяет точно и надёжно крепить к нему аксессуары с шагом 25 мм, при этом работу по монтажу последних можно осуществлять как изнутри, так и снаружи шкафа. Кроме того, каркас стандартного шкафа соответствует требованиям телекоммуникационного стандарта ETSI и имеет спереди проём шириной 535 мм, что позволяет монтировать в шкаф оборудование метрического стандарта МЭК 60917, более широкое,

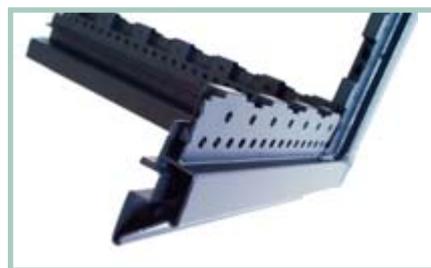


Рис. 2. Стандартный профиль

чем 19-дюймовое оборудование стандарта МЭК 60297.

Стандартные размеры каркасов, доступные для заказа, находятся в диапазоне:

- высота от 1200 до 2200 мм;
- ширина 600 или 800 мм;
- глубина от 300 до 1000 мм.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ШКАФА

При разработке конструкции шкафа в неё закладывалась возможность противостоять не только весовым статическим нагрузкам (это один из основных параметров для любых шкафов), но и динамическим нагрузкам, которые могут воздействовать на шкаф с оборудованием в процессе его нормальной работы (например при установке на подвижном объекте — корабле, автомобиле, самолете, или вблизи промышленного оборудования), а также в процессе его транспортировки к месту установки и, главное, во время непредвиденных катаклизмов (землетрясения, воздействие ударной волны). Последнее является наиболее важным, так как существуют такие отрасли, например атомная, где требования по сейсмостойкости оборудования являются определяющими.

Стандартный (Slim-Line) каркас рассчитан на допустимую статическую нагрузку 400 кг и воздействие динамической нагрузки (удары, вибрации) в пределах норм, определяемых стандартом МЭК 61587-1. Для испытания на воздействие динамических нагрузок шкаф с установленными в нём эквивалентами нагрузки общей массой 150 кг крепят к вибростолу (рис. 4) и затем подвергают серии ударных и вибрационных воздействий в соответствии с требованиями стандарта по группам DL5 и DL6. В соответствии с формулировкой стандарта изделия группы DL5 (удар — ускорение до 5g, длительность 11 мс; вибрации — ускорение до 0,5g в диапазоне частот от 5 до 100 Гц) допускается использовать на подвижном составе железных дорог, в системах управления дорожным дви-



Рис. 3. Усиленный профиль

Таблица 2

Обозначение степеней защиты оборудования от проникновения воды и пыли (IP)

Степень защиты	Защита от твёрдых тел	Защита от влаги
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от тел диаметром более 50 мм	Защита от вертикально падающих капель воды
2	Защита от тел диаметром более 12 мм	Защита от капель воды, падающих под углом до 15° от вертикали
3	Защита от тел диаметром более 2,5 мм	Защита от дождя, падающего под углом до 60° от вертикали
4	Защита от тел диаметром более 1 мм	Защита от брызг воды, падающих на оболочку с произвольного направления
5	Проникновение пыли не приводит к нарушению работоспособности изделия (системы)	Защита от струи воды, выбрасываемой с произвольного направления
6	Проникновение пыли полностью исключается	Защита от сильной струи воды, выбрасываемой с произвольного направления
7	Не предусмотрена	Защита от проникновения воды при погружении на глубину порядка 150 мм
8	Не предусмотрена	Защита от проникновения воды при погружении на глубину, определяемую изготовителем



Рис. 4. Испытания шкафа на воздействие динамических нагрузок в лаборатории Soremea (Париж)

жением, а также в непосредственной близости от вращающихся агрегатов промышленного оборудования. Изделия группы DL6 выдерживают более сильные динамические нагрузки (удар – ускорение до 5g, длительность 11 мс; вибрации – ускорение до 1g в диапазоне частот от 5 до 100 Гц) и могут использоваться на судах и кораблях, а также в некоторых военных областях.

В результате испытаний подтверждено соответствие шкафов VARISTAR указанным требованиям с заметным запасом.

Если в шкафу требуется установить оборудование общей массой более 400 кг или необходима сейсмостойкость, то используют шкаф с усиленным каркасом.

Усиленный (Heavy-Duty) каркас рассчитан на допустимую статическую нагрузку до 800 кг и является сейсмостойким в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61587-2. Для испытания на сейсмостойкость (рис. 5) шкафа с установленными в нём эквивалентами нагрузки общей массой 250 кг устанавливают на специальный стенд и затем подвергают ударно-вибрационным воздействиям особой формы и боль-



Рис. 5. Испытания шкафа на сейсмостойкость в лаборатории Soremea (Париж)

шой (до 35 с) длительности (рис. 6), имитирующим реальное землетрясение, соответствующее по параметрам условиям зоны 3 и зоны 4 по стандарту Bellcore.

Оценка результатов испытаний производится путём измерения максимального смещения верхней части шкафа относительно жёстко закреплённого основания – оно не должно превышать 50 мм. Кроме того, оборудование, размещённое в шкафу, не должно быть повреждено, двери шкафа должны свободно открываться, замки должны быть в работоспособном состоянии.

В результате испытаний подтверждено соответствие шкафов VARISTAR требованиям стандарта Bellcore зона 3, а с минимальным усилением (одна пара заглубляющих распорок) – Bellcore зона 4, что позволяет использовать шкафы в любой сейсмоопасной зоне после сертификации в соответствующей национальной сертификационной системе.

ЗАЩИТА ОТ ПРОНИКНОВЕНИЯ ВОДЫ И ПЫЛИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЗАЩИТА

Целый ряд приложений требует от шкафа высокой степени защиты от

проникновения воды и пыли (не ниже IP55, табл. 2) и/или электромагнитного экранирования.

С физической точки зрения защита от проникновения воды и пыли осуществляется при помощи установки мягких (чаще всего резиновых) упругих прокладок между каркасом и панелями шкафа, а электромагнитная защита достигается при помощи создания вокруг размещённого в шкафу оборудования замкнутого проводящего контура (так называемой клетки Фарадея). Традиционно для создания контура использовались проводящие гальванические покрытия (цинкование, желтое хромирование), которые необходимо было наносить на все наружные панели и сам каркас шкафа. Непрерывный (по периметру) электрический контакт между панелями и каркасом обеспечивался при помощи специальных многолепестковых пружин из нержавеющей стали. Данная технология была весьма дорогой и небезопасной с точки зрения загрязнения окружающей среды, поверхность металла (особенно каркаса шкафа) с нанесёнными проводящими покрытиями со временем теряла привлекательный внешний вид,

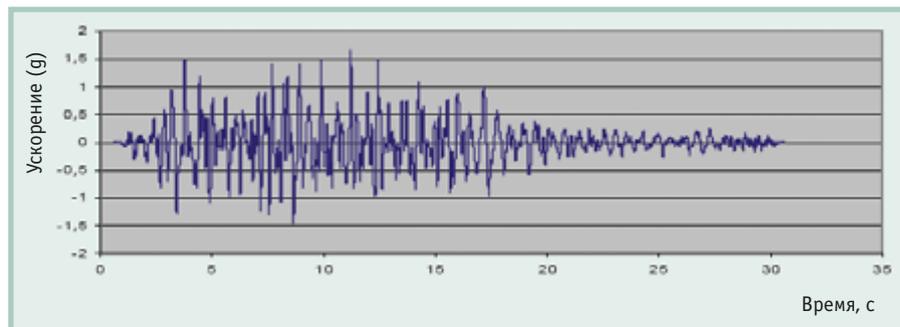
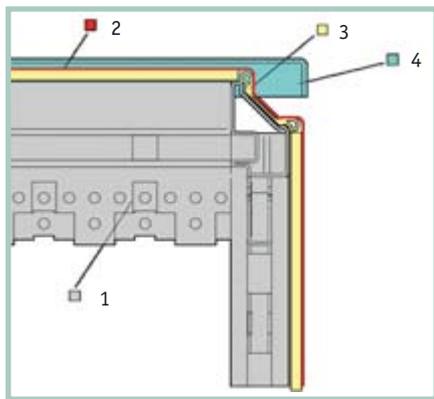


Рис. 6. Пример сейсмограммы испытательного воздействия при испытании шкафа на сейсмостойкость

пружины могли повреждаться при многократном открывании и закрывании дверей шкафов. Кроме того, большую сложность представляло совместное использование герметизирующих прокладок и контактных пружин в том случае, если в шкафу требовались оба вида защиты.

Поэтому для шкафов VARISTAR была разработана новая концепция герметизации и электромагнитной защиты, обеспечивающая высокий уровень экранирования в диапазоне частот до 3 ГГц и при этом не требующая нанесения гальванических проводящих покрытий (например жёлтого хромирования) на каркас шкафа, что с 2006 года запрещено Европейской директивой RoHS по защите окружающей среды. Основная идея этой новой концепции (рис. 7) – использование двух ви-



Условные обозначения:
1 — каркас шкафа; 2 — экранирующая прокладка из проводящей ткани;
3 — резиновая герметизирующая прокладка;
4 — задняя панель шкафа.

Рис. 7. Схема электромагнитной защиты шкафа VARISTAR



Рис. 8. Испытания шкафа VARISTAR в электромагнитной безэховой камере университета Карлсруэ

дов уплотнительных прокладок, которые наклеиваются на скошенные наружные поверхности каркаса и контактируют с наружными панелями шкафа.

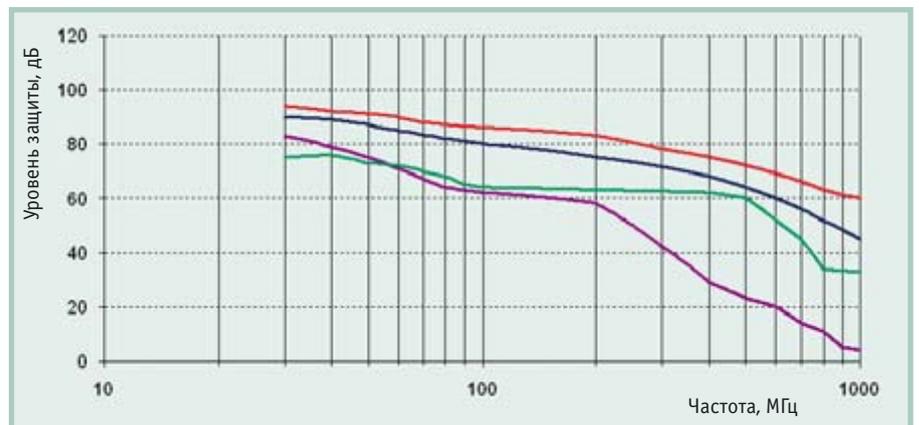
Таким образом, можно, используя один и тот же окрашенный обычной не проводящей электрический ток порошковой краской каркас, получить 3 различных шкафа:

- 1) если не устанавливать прокладок, то получим обычный офисный негерметичный шкаф со степенью защиты IP20;
- 2) если между каркасом и наружными панелями шкафа установить резиновую герметизирующую прокладку, то получим промышленный шкаф, защищённый от проникновения воды и пыли со степенью защиты IP55;
- 3) если поверх резиновой прокладки установить прокладку из проводящей ткани и при этом использовать наружные панели, имеющие по периметру специальную зону с проводящим покрытием (оцинковка), то мы получим герметичный шкаф с электромагнитной защитой.

Использование прокладок, наклеиваемых снаружи на каркас шкафа, также даёт выгоды при эксплуатации: во-первых, прокладки могут быть дополнительно установлены в уже имеющийся шкаф в том случае, если возникла необходимость увеличить его степень защиты; во-вторых, если прокладка по каким-то причинам повреждена, она может быть легко заменена новой. Испытания шкафа VARISTAR в электромагнитной безэховой камере университета Карлсруэ (рис. 8) показали высокую эффективность новой системы электромагнитной защиты.

Вместо требуемого стандартом МЭК 61587-3 ослабления электромагнитного излучения в 30 дБ на частоте 1 ГГц было достигнуто ослабление в 60 дБ (рис. 9).

Проведённые позднее совместно с фирмой Siemens дополнительные испытания в диапазоне более высоких частот показали, что даже на частоте в 3 ГГц достигается ослабление около 30 дБ (рис. 10).



Условные обозначения:
— VARISTAR — eurorack HF1 — PROLINE — eurorack HF2

Рис. 9. Сравнительный анализ уровня электромагнитной защиты шкафов производства фирмы Schroff

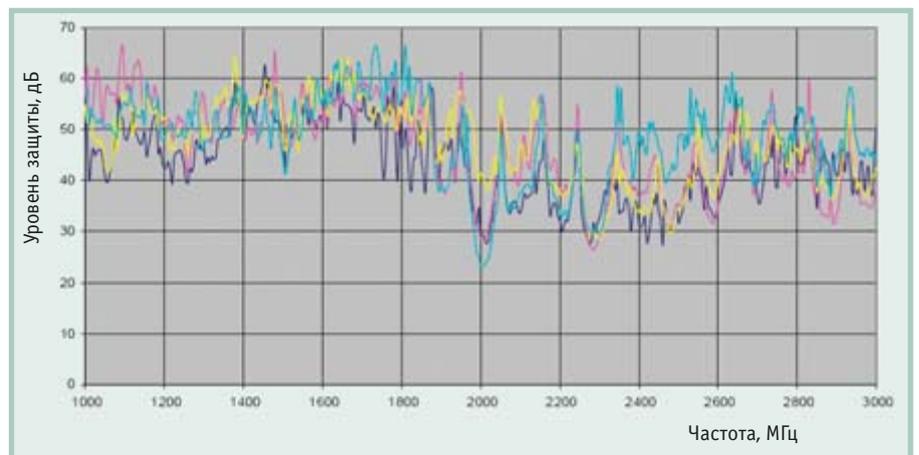


Рис. 10. Результаты измерения уровня электромагнитной защиты шкафа со сплошной дверью в диапазоне частот от 1 до 3 ГГц

При построении системы электромагнитной защиты шкафа необходимо также решить проблему кабельного ввода, так как любое отверстие в шкафу снижает уровень защиты. Использование индивидуальных экранированных кабельных сальников неудобно при большом числе кабелей, и для шкафа VARISTAR была разработана новая система экранированного группового кабельного ввода при помощи специального кабельного канала, уплотнённого вспененным проводящим материалом, контактирующим с экранами проложенных в канале кабелей (рис. 11).

Данная система кабельного ввода может размещаться в верхней или нижней панели шкафа и обеспечивает уровень защиты до 70 дБ на частоте 1 ГГц.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПЛАТФОРМ ШКАФОВ VARISTAR

Как уже говорилось в начале статьи, использование технологии единых унифицированных платформ при разработке шкафов позволяет достичь совместимости и удобства использования множества аксессуаров. Остановимся на конструктивных особенностях шкафа подробнее.

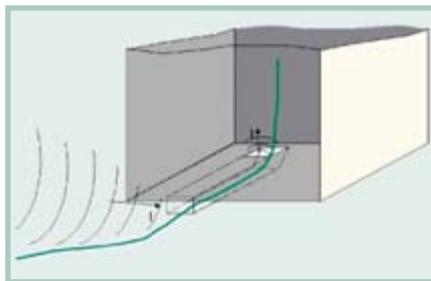


Рис. 11. Схема организации группового кабельного ввода с электромагнитной защитой для шкафов VARISTAR

Держатели 19" панелей

Система крепёжных отверстий в профиле, из которого изготовлен каркас шкафа, позволяет установить держатели 19" панелей в шкафу шириной 600 мм на любой глубине (с шагом 25 мм) без использования заглубляющих распорок (рис. 12). Сами держатели 19" панелей также имеют добавочные крепёжные отверстия для установки дополнительного оборудования, в том числе в вертикальном положении.

Крепление к каркасу любых аксессуаров осуществляется при помощи специальных передвижных гаек (рис. 13), которые одновременно обеспечивают заземление закрепляемого аксессуара.



Рис. 12. Держатели 19" панелей



Рис. 13. Передвижная гайка

Заглубляющие распорки

Заглубляющие распорки (рис. 14) увеличивают жёсткость шкафа, позволяют крепить различное оборудование в произвольном месте, необходимы для крепления держателей 19" панелей в шкафах шириной 800 мм. Кроме того, благодаря специальным выштамповкам, к ним удобно крепить кабели при помощи кабельных стяжек.

Двери и запорная система

Двери навешиваются на петли, обеспечивающие угол открывания дверей 180° даже для соединённых в ряд шкафов (рис. 15).

Двери оснащены новой запорной системой с встречным движением заставов (рис. 16), обеспечивающей надёжный и равномерный обжим прокладок между дверью и каркасом, что предотвращает повреждение прокладок при закрывании двери. Кроме того, система обеспечивает снижение усилия на поворотной ручке замка.

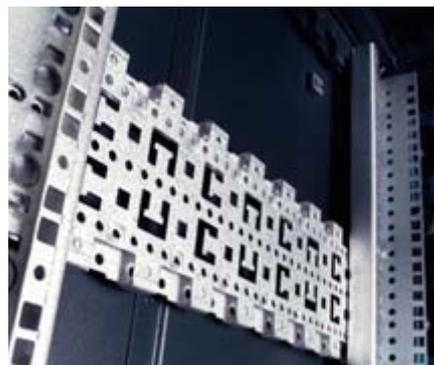


Рис. 14. Заглубляющие распорки



Рис. 15. Угол открывания дверей у соединённых в ряд шкафов 180°

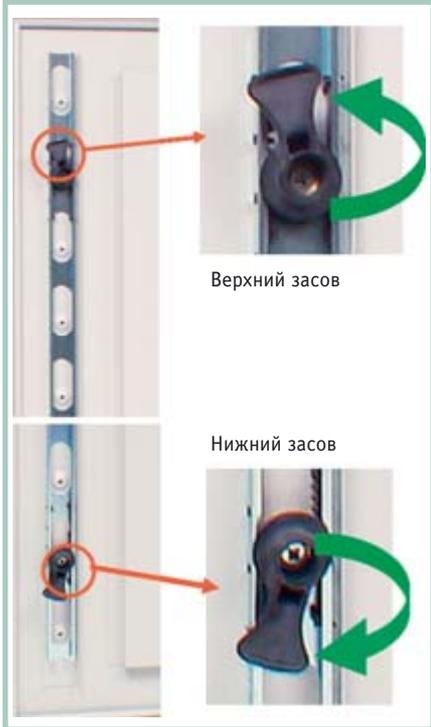


Рис. 16. Запорная система дверей шкафов VARISTAR

Боковые стенки с замками

У герметичных (IP55) шкафов и шкафов с электромагнитной защитой боковые стенки привинчиваются к каркасу в нескольких точках. Для обычных шкафов имеются также легкосъёмные боковые стенки с креплением на защёлках, которые могут оснащаться замками (рис. 17).

Полки и поддерживающие уголки

В шкаф могут устанавливаться полки нескольких видов: стационарные (допустимая нагрузка до 75 кг, высота 1U), телескопические (выдвижные, допустимая нагрузка до 30 кг, высота 1U) и усиленные телескопические (допустимая нагрузка до 70 кг, высота 2U).

Все полки имеют специальную перфорацию (рис. 18) для увеличения воздухопроницаемости и удобного крепления кабелей.

Для удобной установки 19" оборудования имеются также поддерживающие уголки (рис. 19) с широкой пол-



Рис. 17. Боковые стенки с замками

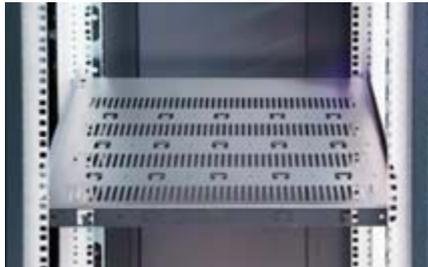


Рис. 18. Полка, установленная в шкаф VARISTAR



Рис. 19. Поддерживающие уголки

кой для предотвращения проскальзывания узких 19" блоков (например источников бесперебойного питания) между уголками. Допустимая нагрузочная способность одной пары уголков — до 100 кг.

Подвижные/регулируемые опоры

Для шкафа предлагаются также комбинированные опоры (рис. 20), представляющие собой сочетание регулируемой по высоте ножки, предназначенной для надёжной горизонтальной установки шкафа и компенсации неровности пола, и колесной опоры для лёгкого перемещения шкафа на новое место установки.

Система поддержания микроклимата

Существует много способов для контроля микроклимата в шкафу и отведения из него избытка тепла, но для герметичных шкафов с электромагнитной защитой подходят не все. Основной



Рис. 20. Подвижная/регулируемая опора

способ, применимый в большинстве случаев, когда температура снаружи герметичного шкафа ниже, чем допустимая температура внутри шкафа, — это принудительная нагнетательная вентиляция при помощи вентиляторов с фильтрами и отдельными окнами для выхлопа горячего воздуха в окружающую среду. Фильтры не уменьшают степень защиты шкафа ниже IP55 и могут снабжаться металлической сеткой для сохранения уровня экранирования шкафов с электромагнитной защитой. Если же температура снаружи шкафа выше, чем допустимая температура внутри шкафа, то необходимо

использовать холодильные агрегаты или жидкостные системы охлаждения. Все указанные системы могут устанавливаться в шкафы VARISTAR, например, на рис. 21 показан пример системы жидкостного охлаждения LHX20 с отводимой мощностью до 20 кВт на шкаф.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новая платформа шкафов VARISTAR компании Schroff (Германия), изначально разработанная для применения в отраслях экономики, предъявляющих специальные требования к шкафам для электронного оборудования, обречена иметь успех на российском рынке, где позиции этих отраслей традиционно сильны. В 2005 году шкаф VARISTAR получил одобрение Российского морского регистра для применения на судах и кораблях, а к моменту выхода данной статьи, после завершения испытаний шкафа на сейсмостойкость по российским методи-



Рис. 21. Система жидкостного охлаждения LHX20 шкафа VARISTAR

кам (они несколько отличаются от европейских и американских), должен быть получен сертификат Госатомнадзора России, разрешающий применение шкафов VARISTAR на объектах атомной промышленности и энергетики. Использование шкафов VARISTAR в ответственных приложениях, требующих применения высокотехнологичных качественных шкафов (стойки к воздействию динамических и сейсмических нагрузок, имеющих электромагнитную защиту), позволяет улучшить технические характеристики систем и снизить расходы

на их построение и техническое обслуживание. ●

**Автор — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
119313 Москва, а/я 81
Телефон: (495) 234-0636
Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru**