

## ВСЕ ДЕЛО В ВОЛШЕБНЫХ ПУЗЫРЬКАХ

Е.В. Егоров (ООО "ЭФО")

*Рассмотрены современные технологии исполнения клеммных соединителей, в том числе новаторские их конструкции. Приводятся примеры из ассортимента, предлагаемого на российском рынке Phoenix Contact.*

*Ключевые слова: клеммные соединения, электротехнические клеммы, винтовые и пружинные клеммы.*

Писать о простых вещах сложно. Техника электрических соединений — не тот предмет, который может стимулировать поэтическое воображение. Тем неожиданнее оказывается, что и в этой паханой-перепаханой области до сих пор возможны технические решения, вполне могущие послужить материалом для иллюстрации теории изобретательства. В этой статье рассказывается о некоторых из них с приведением примеров из ассортимента продукции Phoenix Contact, которая автору ближе прочих.

Итак, казалось бы, трудно представить себе вещь более незамысловатую, чем электрическая клемма. Тем не менее совершенствование этого узла, предназначенного для распределения потенциалов в электрических сетях путем механического соединения токонесущих проводников, непрерывно продолжается по следующим направлениям:

- оптимизация конструкции зажимного узла (клеммной клетки);
- оптимизация конструкции корпуса клеммы с точки зрения применяемых материалов, эргономики, удобства и скорости монтажа.

Самым простым вариантом зажимного узла является простой прижим проводника винтом к неподвижной токонесущей площадке. Недостатки такого способа хорошо известны: ослабление крепления со временем, ненадежное крепление многожильного провода из-за перетирания жил, а если такая конструкция используется в клеммниках, паяемых на плату, — передача усилия на пайку, приводящее к ее разрушению. Достоинство при этом одно — минимальная цена. Поэтому европейская традиция рекомендует использовать подобные изделия в основном в бытовой электроразводке. Именно европейская — в США и тяготеющей к ним технологически Японии эти решения до сих пор популярны. Посмотрите на новейший контроллер Panasonic серии FP-X (рис. 1) — он снабжен простейшими винтовыми клеммами под плоский оконцеватель.

Применение оконцевателя минимизирует недостатки простой винтовой клеммы, правда, усложняет монтаж. Зато крупная клемма хорошо просматривается, ослабление крепления, тем более сопровождаемое подгоранием, легко заметить при осмотре и своевременно устранить, легкодоступный контактный узел сильно облегчает приборную диагностику — в общем, японцев вполне можно понять. Но основной путь развития все-таки связан с усложнением узла.

Большинство современных винтовых клемм делается по технологии так называемой "лифтовой клетки" (немцы, которые изобрели эту конструкцию, называли ее Fahrstuhl Klemmen — отсюда и пошло). Суть ее в том, что в конструкции зажимного узла неподвижной частью является винт, а обжимной элемент в виде замкнутой ячейки с резьбовым отверстием с одной стороны движется вдоль оси винта при вращении головки. Такая конструкция обладает рядом преимуществ — усилие затяжки винта не деформирует токонесущую часть клеммы, обжим провода происходит равномерно со всех сторон (что особенно важно при использовании многожильного провода без оконцевателя), наконец, деформация обжимной ячейки вызывает эффект заклинивания резьбы, практически исключая ослабление затяжки со временем или в результате вибраций.

Токонесущую часть такой клеммы выполняют обычно из медного сплава, покрытого никелем или оловом. А вот с обжимной частью (винт и ячейка) возможны варианты (рис. 2 а, б). С точки зрения обеспечения наилучшего электрического режима функционирования зоны контакта их тоже нужно делать медными — это исключает возникновение контактной разности потенциалов с медным проводом и соответственно коррозию узла. Но сплавы меди — материал мягкий, и механическая надежность обжима в медном узле без специальных конструкторских ухищрений оказывается невысокой. Поэтому многие производители как бюджетные, так и не



Рис. 1. ПЛК Panasonic FP-X — новейшие технологии внутри и проверенные временем простейшие решения снаружи

очень делают обжимную клетку и винт из хромированной оцинкованной стали (это покрытие известно как "желтый цинк", желтый цвет ему придает пленка окислов хрома, которая наносится на обычное цинковое покрытие для заполнения имеющихся в нем микропор). Такая технология обеспечивает минимальную контактную разность потенциалов в паре "медь проводника – хромированный цинк клеммы", и соответственно приличную устойчивость к коррозии – но увы, только до тех пор, пока покрытие не нарушено. А затянуть винт без нарушения покрытия хотя бы в зоне резьбового узла невозможно. Таким образом, сам факт использования такой клеммы по назначению неизбежно приводит к возникновению повреждений, имеющих последствием существенное ухудшение потребительских свойств и сокращение срока службы. А нельзя ли как-то объединить механические свойства стальной ячейки и электрические – медной? Можно – отвечает Phoenix Contact. Решение оказывается на удивление простым – в изготавливаемой из цельного куска медного сплава обжимной ячейки со стороны резьбового узла делается небольшой пропил (рис. 3). Этот пропил, запатентованный под красивым фирменным названием ReakDyn, приводит к резкому усилению эффекта заклинивания резьбы при затяжке винта. По утверждению представителей фирмы такая конструкция обеспечивает отсутствие необходимости подтяжки резьбового соединения в течение аж 25 лет! Поистине, "все дело в волшебных пузырьках"...

Из медного сплава в клеммах Phoenix Contact изготавливается и винт. Винт у Phoenix – в отличие от некоторых "обычных стиральных порошков" – тоже "правильный". Резьба на нем выполняется не нарезкой, а накаткой, что существенно увеличивает ее прочность к срыву. А вот шлиц головки (но не сама головка!), наоборот, срывается при превышении штатного момента затяжки – так точно подобраны характеристики материала винта. Это сделано для того, чтобы при перетяжке винта не трескался корпус клеммы – чем иногда грешат "обычные стиральные

порошки". Надо отметить, что обо всем этом гораздо легче рассказать, чем воспроизвести – попыток копирования технологий Phoenix, особенно со стороны производителей из Юго-Восточной Азии предостаточно, но адекватно воспроизвести все перечисленные особенности пока никому не удалось – культура производства не та, так что "опасайтесь подделок"...

Не будет большим преувеличением сказать, что на сегодня винтовая клемма в исполнении Phoenix – один из наиболее совершенных образцов жанра. Однако винтовая клемма обладает одним существенным недостатком – ее надо затягивать, что долго, а если их много, то и физически тяжело. Для облегчения этой задачи Phoenix Contact предлагает в своем каталоге некоторый ассортимент электровинтовертов. Справедливость требует отметить, что они ничем не лучше аналогичных изделий, продаваемых под другими брэндами – впрочем, не Phoenix их и делает. Есть, однако, конструкции, которые требуют гораздо меньше возни при монтаже. Одна из них – фирменная разработка Phoenix Contact, так называемая технология Quiccon, но о ней позже. Для тех, кто не любит крутить винты, имеется широкий ассортимент пружинных клемм различных конструкций.

Принято считать, что пружинная клемма изобретена фирмой WAGO. Это не совсем так – WAGO является автором лишь одной, правда, наиболее совершенной разновидности пружинной контактной ячейки (рис. 4). Клеммная клетка WAGO для монтажа требует отвертки (причем специальной цилиндрической формы, обычная с расширением на конце не подойдет), с помощью которой отводится прижимная пружина – но при этом обеспечивается большее усилие прижима и соответственно большая надежность контакта, чем при прямом монтаже.

Пружинные клеммы прямого монтажа (рис. 5), когда электрический контакт осуществляется непосредственным "задвиганием с усилием" зачищенного жесткого провода между токнесущей шиной и пружинным прижимом, были известны и ранее (собст-

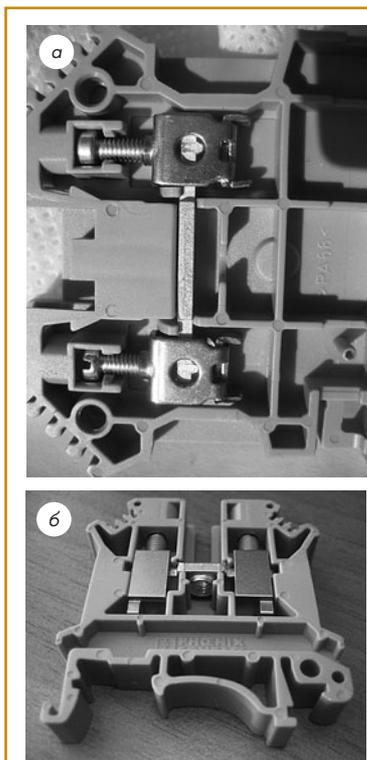


Рис. 2. Все части клеммного зажима изготовлены из медного сплава (а), токоведущая часть – медная, а клетки из хромированной оцинкованной стали (б)



Рис. 3. В верхней части клетки виден знаменитый пропил ReakDyn, гарантирующий стабильность затяжки узла. Также видно, что винт не точеный, а катаный

венно, один из вариантов такой клеммы – обычная электророзетка).

Технология WAGO достаточно долгое время была защищена патентом и приобрела исключительную популярность. Но всякий патент имеет конечный срок действия, и сегодня на рынке представлены пружинные клеммы от разных производителей. Считается, что пружинные клеммы имеют ряд больших преимуществ перед винтовыми. Кроме уже упоминавшегося преимущества в простоте и скорости монтажа, обычно называют:

- большую устойчивость к вибрациям (утверждение довольно спорное, особенно по сравнению с результатами, которые дает технология ReakDyn от Phoenix Contact);

- возможность фронтального монтажа проводников (это действительно очень полезная особенность, с большим трудом реализуемая в рамках винтовой технологии).

Есть, однако, и недостатки. К ним относятся:

- сомнительная (хотя и допускаемая производителями) возможность применения многожильного провода без оконцевателя (тонкие жилы перекусываются пружиной по одной, и контакт выходит из строя);

- отсутствие газонепроницаемости в зоне контакта, как следствие, уменьшение стойкости против коррозии и сомнительная возможность использования алюминиевого провода. Электрические свойства контакта в паре медь-алюминий быстро ухудшаются из-за окисления провода. Правильно затянутая винтовая клеммная клетка в отличие от пружинной обеспечивает газонепроницаемость в зоне контакта, поэтому там этот процесс не так сильно выражен. Впрочем, сегодня алюминиевый провод для целей внутренней электроразводки используется редко.

Наконец, для пружинной клеммы очень большое значение имеет качество материала корпуса клеммной колодки. Потому что внешне простой способ монтажа провода в ячейку на самом деле требует известной сноровки и при ее отсутствии может закончиться поломкой колодки, особенно при пониженной температуре воздуха.



Рис. 4. Пружинная клетка, изобретенная WAGO



Рис. 5. Клемма с пружиной для прямого монтажа

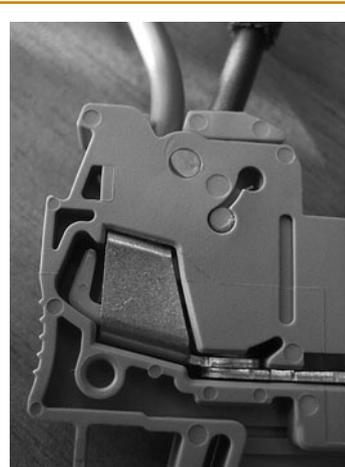


Рис. 6. Зажим QUICKON с прорезанием изоляции в рабочем положении. Если отклонить отвертку влево, то пластмассовый рычаг извлечет провод из ножевого зажима, и его можно будет вынуть, обрезать участок с поврежденной изоляцией, вставить обратно и зажать обратным движением рычага

Опять же, существен и материал клеммного зажима. У Phoenix Contact пружина бронзовая, что уменьшает вероятность коррозии при применении медных или луженых проводников до минимума.

Впрочем, все эти недостатки не критичны, поэтому нельзя сказать, какая из технологий предпочтительнее. В значительной мере выбор между винтом и пружиной является вопросом вкуса и традиций. Объем продаж соответствующих изделий практически одинаков – во всяком случае, в рамках опыта автора.

Помимо пружинного зажима для совсем ленивых – для тех, кто не любит не только крутить винты, но и зачищать провод – Phoenix Contact придумал технологию QUICKON (рис. 6). Эта технология представляет собой адаптацию хорошо известного в слаботочной электронике способа крепления сигнального кабеля в зажим с прорезанием изоляции (insulation displacement) для нагруженных клеммных узлов. Принцип тот же самый – обрезанный в размер, но не зачищенный провод задвигается с усилием в прорезь токонесущего элемента с ножевидными подпружиненными краями. Усилие рассчитано так, что острые кромки щели прорезают изоляцию провода и слегка врезаются в токонесущую жилу, не перекусывая ее совсем, таким образом обеспечивая надежный электрический контакт. Достоинства конструкции – действительно минимальное время монтажа. Недостатки – слабая токовая нагрузка (технология реализована для сечений не свыше 2,5 мм<sup>2</sup>), сложная дорогая механическая конструкция (клеммная колодка QUICKON снабжена сложной формы рычагом, служащим для плавной подачи провода в рабочую позицию и для извлечения провода из клеммы, рычаг приводится в движение отверткой). Активная рекламно-информационная политика фирмы в отношении этой технологии принесла хорошие результаты – в России клеммы QUICKON пользуются спросом со стороны организаций, занимающихся кабельной разводкой в боль-

ших зданиях, когда число точек соединения очень велико и аргумент сокращения времени на монтаж действительно становится одним из решающих.

Все перечисленные технологии клеммного соединения имеют свои достоинства и свои недостатки, что может доставить дополнительную головную боль конструктору. Проблема в том, что обычно клеммники разной системы, как правило, несовместимы между собой по дополнительному оборудованию. Между тем удобство пользования клеммными блоками в

значительной степени определяется именно выбором аксессуаров: коммутирующих мостиков, маркировочных шильд и т.п. Фирме Phoenix Contact удалось в этом смысле достичь прорывного результата — с 2006 г. все четыре технологии исполнения клеммных соединителей выполняются в едином форм-факторе клеммной колодки в системе Cliqueline Complete, благодаря чему удалось достичь полной унификации клемм различной системы по принадлежностям. Такая унификация значительно облегчает применение клемм разной системы в одном проекте, сокращая время на составление материальных списков (кому случалось составлять и обрабатывать спецификации на серийные распределительные системы — тот поймет), а также упрощает сборщикам задачу поддержания склада расходных материалов.

Обратим внимание еще на одну особенность линейки Cliqueline Complete — появление разъемных соединителей, когда ответная часть соединения в виде обычной клеммной колодки монтируется на рейку DIN, а прямая — на кабельную косу (рис. 7). Такая конструкция сильно облегчает, например, монтаж межшкафных соединений. Разъемные соединители разработаны для всех четырех технологий, более того, взаимозаменяемы по составным частям. Ранее подобную возможность предоставляло использование блоков MSTBVK семейства COMBICON, однако эти соединители Phoenix выпускал (и выпускает) только в технологии винтового зажима.

Важным фактором выбора клеммных соединителей является также материал, из которого изготовлена клеммная колодка. Все производители указывают в качестве материала стандартных клемм полиамид PA, и неискушенный потребитель думает, что у всех производителей материал одинаковый. Однако ничего подобного — полиамид полиамиду рознь! В зависимости от марки параметры материала могут различаться достаточно существенно. Причем сравнивать достаточно трудно, так как для разных марок разных производителей нормируются разные параметры, и даже в сильно

регламентированной с советских времен российской химии некоторые полиамиды делаются по ГОСТу, а некоторые — по отраслевым стандартам и ТУ, что уж говорить о зарубежных марках. Если посмотреть в каталог Phoenix Contact, то там в отношении материала указаны только электрические параметры и классы воспламеняемости — эти характеристики действительно примерно одинаковы для всех полиамидов. А вот такие характеристики, как прочность на разрыв и на изгиб, ударная стойкость, вязкость, да еще в зависимости от темпера-

туры могут различаться достаточно существенно. К сожалению, проиллюстрировать этот тезис документально достаточно трудно, поскольку производители (в том числе и Phoenix Contact) не очень охотно раскрывают данные о конкретных марках используемых материалов. Еще сложнее добыть конкретные характеристики этих материалов — не говоря уже о том, что вне зависимости от характеристик материала механические характеристики изделий могут сильно отличаться в зависимости от соблюдения технологических режимов при литье. Между тем, механические характеристики клеммника очень существенны при эксплуатации. Большинство современных промышленных клеммников подразумевают монтаж на T-образную рейку DIN, продукция для G-рейки практически не выпускается. Для удовлетворения, в том числе и этого спроса Phoenix Contact до сих пор держит на конвейере старую серию винтовых клемм UK

(рис. 2а), не входящую в систему Cliqueline Complete, но зато подходящую для обоих типов DIN-реек. При этом DIN-рейки разных производителей, даром что на бумаге стандартные, все равно ощутимо отличаются по посадочным размерам. Поэтому клемма, одевающаяся на одну рейку с натягом, на другой будет свободно болтаться. Соответственно, чем более пластичен и упруг материал клеммника — тем больший натяг в посадочном размере можно допустить и тем больший диапазон отклонений размеров рейки от стандарта перекрыть. Личный опыт автора показывает, что клеммы Phoenix справляются с проблемой "неуставных" DIN-реек безотказно.

С другим тактильно ощутимым преимуществом клемм Phoenix Contact специалистам ЭФО пришлось столкнуться в ситуации монтажа в экстремальных условиях. Сложилось так, что необходимо было внести изменение в схему электроразводки в уже установленном оборудовании. Оборудование было установлено в неотапливаемом цехе, дело было зимой, температура в помещении была чуть выше нуля. Строго говоря, заниматься монтажом полиамидных клемм на рейку при такой температуре не рекомендует ни один производи-

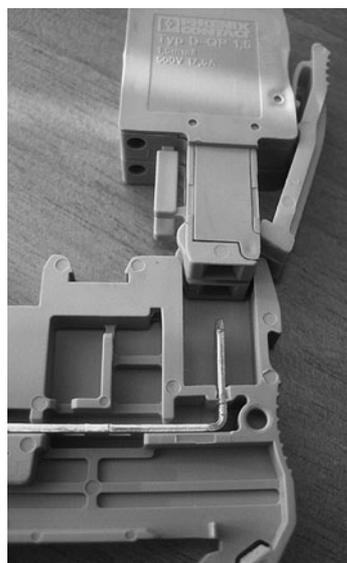


Рис. 7. Разъемная клеммная колодка — вставная гребенка сборная, можно сделать на любое число полюсов в разумных пределах

тель. Но пришлось. Результат: клеммы Phoenix с честью выдержали испытание, а вот из числа клемм другого (тоже европейского) производителя, которые пришлось докупить по принципу "что было на ближайшем складе", в отход ушло 10%. Таким образом, экономия времени и нервов, обеспечиваемая использованием высококачественных комплектующих, с лихвой перекрыла некоторый ценовой проигрыш сравнительно с менее утонченными изделиями.

В заключение отметим, что сегодня на рынке средств промышленного монтажа присутствуют различные технологии изготовления клемм и много достойных игроков, успешно эти технологии реализующие и развивающие. Все производители хороши по своему, но, как кажется автору, выбирать нужно по совокупному количеству "волшебных пузырьков", делающих использование продукции особенно приятным и удобным.

*Егоров Евгений Валентинович — канд. физ.-мат. наук, руководитель направления промышленной автоматизации ООО "ЭФО".*

*Контактный телефон (812) 331-09-64. E-mail: eve@efo.spb.ru*

## УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО МОНТАЖА SIMATIC TOP CONNECT и MTA

С.Ю. Кухаренко (ООО "Сименс")

*Представлены особенности и области применения систем модульных соединителей SIMATIC TOP Connect, гибких соединителей SIMATIC TOP Connect и терминальные устройства MTA, разработанные и выпускаемые компанией Siemens.*

*Ключевые слова: монтаж, модульные соединители, терминальные устройства.*

Безошибочное и надежное соединение между отдельными компонентами электронных систем является одним из основных условий их корректного функционирования. Обычное соединение, такое как соединение одножильным проводом терминальных элементов, зачастую дорого и не защищено от ошибок. Для больших установок это приводит к необходимости выполнять более сложные кабельные соединения. Значительно увеличивается и стоимость монтажных и дальнейших сервисных работ.

Для монтажа соединений контроллеров SIMATIC S7-300/400 и станций децентрализованной периферии ET200M SIEMENS предлагает систему соединителей SIMATIC TOP Connect и терминальные устройства MTA. В состав системы SIMATIC TOP Connect входят полностью модульные, основанные на типовых элементах, и гибкие соединители.

### Модульные соединители SIMATIC TOP Connect

Модульный соединитель SIMATIC TOP Connect (рис. 1) включает фронтальный соединитель специального исполнения, соединительный кабель, терминальные блоки. Подключение соединительного кабеля к фронтальному соединителю и терминальному блоку выполняется через специальные разъемы.

Фронтальный штекер устанавливается на дискретный или аналоговый модуль ввода/вывода контроллера вместо стандартного фронтального штекера. Каждый фронтальный штекер оснащен двумя (для 16-канальных модулей) или четырьмя (для 32-канальных модулей) разъемами для подключения ленточного соединительного кабеля, а также двумя или четырьмя контактными блоками для подключения цепей питания.

Ленточные соединительные кабели 1x16 жил (обычный или экранированный) или 2x16 жил (обычный) с одним или двумя плоскими соединителями на каждом конце используются для подключения фронтальных соединителей SIMATIC TOP Connect к тер-

минальным блокам. Ленточный кабель помещен в защитную оболочку, повышающую стойкость кабеля к внешним воздействиям. Конструкция плоского соединителя позволяет регулировать длину соединительного кабеля. Для подключения жил ленточного кабеля к контактам плоского соединителя используется метод прокалывания изоляции. Максимальная длина соединительного кабеля может достигать 60 м.

Терминальные блоки оснащены разъемом для подключения соединительного кабеля SIMATIC TOP Connect, а также набором клемм для подключения внешних цепей контроллера (цепей датчиков и исполнительных устройств). Каждый терминальный блок позволяет производить подключение до 8/16 сигнальных цепей.

В зависимости от модификации терминальные блоки могут иметь контакты с винтовыми зажимами или пружинные контакты-заселки. Большинство терминальных блоков имеет две модификации: с/без встроенных светодиодов. Все терминальные блоки монтируются на стандартную 35 мм профильную шину DIN. В соединителях SIMATIC TOP

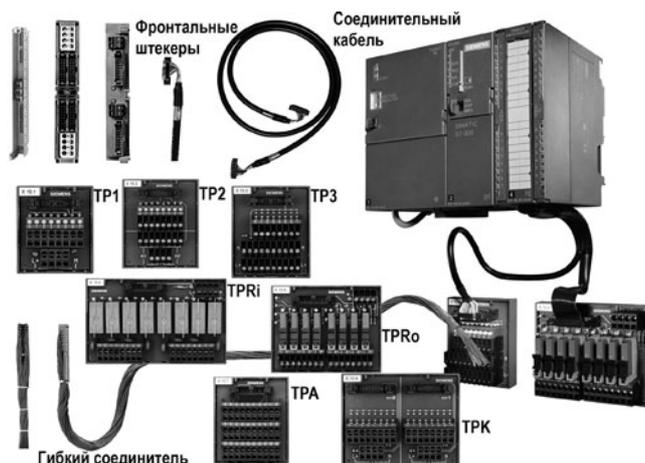


Рис. 1