

Техническое приложение

Техническое приложение	Материалы	W.2
	Кривая ухудшения параметров	W.5
	Воздушные зазоры и длины путей утечки токов согласно стандартам IEC	W.6
	Рекомендации по проектированию для применений 600 В согласно нормам UL	W.10
	Воздушные зазоры и длины путей утечки токов согласно стандартам UL	W.11
	Рекомендации по проектированию SMT	W.12
	Проводники	W.18

Изоляционные материалы

Компания Weidmüller использует различные изоляционные материалы из-за разных требований к нашей продукции. Эти изоляционные материалы не содержат вредных веществ. Особенно важно, что в них не содержится кадмий. Кроме того, в них не содержится красящих веществ на основе тяжелых металлов и веществ, выделяющих диоксины или фуран.

		Термопласты		
Краткое обозначение пластика		Wemid PA66	Wemid GF	Полиамид PA
		Wemid – модифицированный термопласт, параметры которого специально ориентированы на применение в наших кабельных соединителях. По отношению к полиамиду этот материал обладает улучшенной пожароустойчивостью и повышенной максимальной температурой эксплуатации. WEMID отвечает строгим требованиям по использованию на железнодорожном транспорте согласно NF F 16-101.	WEMID, армированный стекловолокном, обладает высокой стабильностью размеров и отличными механическими свойствами, поэтому он применяется для изготовления концевых стопоров. Материал относится к классу горючести V-0 согласно UL 94.	Polyamide (PA) – один из наиболее часто применяемых технических пластиков. Его преимуществами являются хорошие электрические и механические свойства, гибкость и пластичность. Кроме того, химическая структура PA обеспечивает хорошую огнеупорность даже без применения огнестойких добавок.
Описание		более высокая температура непрерывной работы улучшенная огнеупорность не содержит галогенов и фосфора; не распространяет горение с пониженным дымовыделением при горении допуск к использованию на железнодорожном транспорте по NF F 16-101	отличная стабильность размеров очень хорошие механические характеристики не содержит галогенов, не распространяет горение	гибкость, сопротивление разрушению хорошие электрические и механические характеристики самогасящийся не содержит галогенов, не распространяет горение
Свойства				
Удельное объемное сопротивление по IEC 60093	Ом x см	10 ¹²	10 ¹⁵	10 ¹²
Электрическая прочность по IEC 60243-1	кВ / мм	25	35	30
Трекингостойкость (А) по IEC 60112	CTI	600	550	600
Верхний предел допустимой температуры	°C	120	120	100
Нижний предел допустимой температуры, статический	°C	–50	–40	–50
Класс горючести по UL 94		V-0	V-0	V-2
Огнестойкость по железнодорож. стандарту		I2 / F2 *)	–	

Термопласты

Полиамид PAGF	Полибутилен- терефталат PBT	Полибутилен- терефталат PBT (GF)	Поликарбонат PC	Жидкокристаллический полимер LCP (GF)
Полиамид, усиленный стекловолокном (PAGF), имеет исключительную стабильность размеров и очень хорошие механические свойства, поэтому он применяется для изготовления концевых стопоров. По сравнению с неармированным РА этот материал обладает уровнем горючести HB согласно UL 94.	Полибутилентерефталат (PBT) обладает исключительной стабильностью размеров (вследствие чего он применяется в разъемах) и высокой рабочей температурой. По сравнению с другими изоляционными материалами устойчивость PBT к поверхностным токам утечки ниже.	Полибутилентерефталат (PBT/армированный стекловолокном) обладает исключительной стабильностью размеров (вследствие чего он применяется в разъемах) и высокой рабочей температурой. По сравнению с другими изоляционными материалами устойчивость PBT к поверхностным токам утечки ниже.	Поликарбонат (PC) – ударостойкий (нераз- рушающийся), прозрачный материал, на который трудно нанести царапины. Он особенно подходит для изготовления прозрачных крышек.	Жидкокристаллический полимер LCP (армированный стекловолокном) имеет отличную стабильность размеров, особенно при высоких температурах. Поскольку этот материал аналогичен материалу печатных плат и имеет очень низкий коэффициент теплового расширения, он особенно пригоден для компонентов, которые проходят пайку в печи.
отличная стабильность размеров	высокая стабильность размеров	высокая стабильность размеров	высокая стабильность размеров	отличная стабильность размеров
очень хорошие механические характеристики	хорошие электрические и механические характеристики	хорошие электрические и механические характеристики	высокая температура непрерывной работы	высокая температура непрерывной работы
не содержит галогенов, не распространяет горение	не распространяет горение, не содержит веществ, выделяющих диоксины или фуран	не распространяет горение, не содержит веществ, выделяющих диоксины или фуран	высокая электрическая изолирующая способность	минимальное влагопоглощение
			не содержит галогенов, не распространяет горение	низкий коэффициент теплового расширения
10 ¹²	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹⁶	10 ¹⁵
30	28	29	≥ 30	35
500	200	200	≥ 175	175
100	115	130	115 / 125	240
-50	-50	-50	-50	-50
HB	V-0	V-0	V-2 / V-0	V-0
			I2 / F2	-

Металлы

Металлы

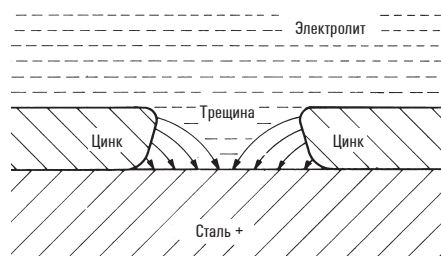
Все применяемые Weidmüller материалы выбираются, перерабатываются и подвергаются поверхностной обработке согласно самым последним техническим достижениям

Стали

На стальные детали наносится гальваническое покрытие и дополнительная пассивация по методу WInQ® компании Weidmüller. Такая защита поверхности отвечает очень строгим стандартам, соответствует специальным требованиям к применяемым соединительным системам и совместима с правилами ограничения содержания вредных веществ RoHS (Restriction of Hazardous Substances). При разработке защиты поверхности был учтен опыт, полученный при хранении устройств на наружных испытательных стендах в различных местах (промышленная, морская, тропическая и нормальная атмосфера). Коррозионная устойчивость цинка остается высокой даже после многолетней эксплуатации и мелких повреждений покрытия в виде царапин или пор. В электролитическом растворе цинк по отношению к стали действует в качестве катода (т.е. отрицательного полюса). Ионы цинка движутся к стали, создавая защитный слой на ее поверхности.

Токопроводящие материалы

Токопроводящие материалы – медь, латунь и бронза – являются не только хорошими проводниками тока, но и обладают высокой механической прочностью. Эти металлы обычно покрываются оловом, обеспечивающим в клемме очень «мягкий» контакт с проводом, что способствует низкому контактному сопротивлению. Кроме своих высоких электрических свойств, лужение обеспечивает высокую устойчивость к коррозии. Соединения для пайки также покрываются оловом. Для сохранения долговременной способности к пайке (хранение на складе) латунные детали дополнительно покрываются слоем никеля, предотвращающим диффузию. Никелевое покрытие эффективно защищает латунь от потери атомов цинка.



Кривая ухудшения параметров (кривая допустимой токовой нагрузки)

Кривая ухудшения параметров

показывает, какой ток может одновременно и непрерывно протекать через все возможные соединения при воздействии на компонент различных температур окружающей среды, не превышающих верхнего предела температуры.

Верхний предел температуры

компонента – это номинальное значение, зависящее от материала, из которого он изготовлен. Сумма температуры окружающей среды и перегрева в результате токовой нагрузки (потери энергии на объемном сопротивлении) не должна превышать верхний предел температуры компонента, чтобы не вызвать его повреждение или разрушение.

Поэтому допустимая токовая нагрузка выражается не постоянным значением, а снижается при увеличении температуры окружающей среды компонента. Кроме того, на допустимую токовую нагрузку влияют геометрия компонента, число контактов и подсоединенный проводник.

Допустимая токовая нагрузка эмпирически определяется в соответствии с DIN IEC 60512-3. Для этой цели проводится измерение температуры компонента t_{b1} , t_{b2} ... и температуры окружающей среды t_{u1} , t_{u2} для трех различных токов нагрузки I_1 , I_2 , I_3

Эти значения вводятся в диаграмму с системой линейных координат и показывают отношения между токами нагрузки, температурой окружающей среды и перегревом компонента.

Токи нагрузки откладываются по оси y, температура окружающей среды – по оси x.

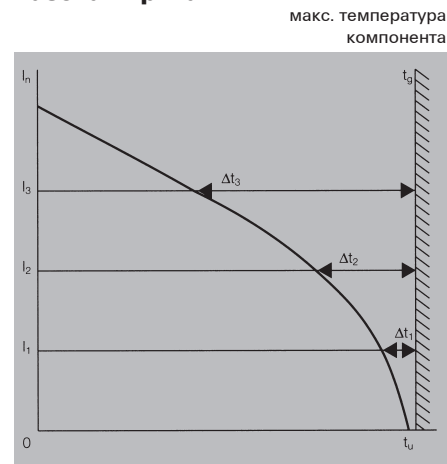
Перпендикулярная линия к оси x в точке верхнего предела температуры компонента t_g компонента завершает систему координат.

Соответствующие средние значения перегрева компонента, $\Delta t_1 = t_{b1} - t_{u1}$, $\Delta t_2 = t_{b2} - t_{u2}$, ... вводятся для каждого тока I_1 , I_2 , ... влево от перпендикулярной линии. Точки, найденные таким образом, соединяются и образуют квази-параболическую кривую.

Учитывая тот факт, что в целях измерения невозможно выбрать компонент с максимально допустимым объемным сопротивлением, уровень базовой кривой должен быть снижен.

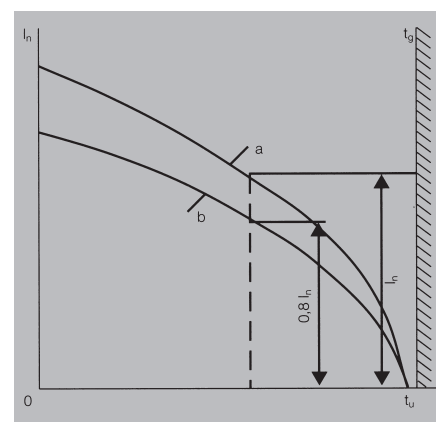
Снижение токов нагрузки до 80 % дает «кривую ухудшения параметров», в которой учтены допущения относительно максимального объемного сопротивления и неточностей при измерении температуры, чтобы кривые могли адекватно применяться на практике. Если в диапазоне низких температур окружающей среды кривая ухудшения параметров приборов превышает допустимый ток, вычисленный в соответствии с допустимой токовой нагрузкой сечения подключаемого проводника, то кривая ухудшения параметров в этом температурном диапазоне ограничивается меньшим током.

Базовая кривая



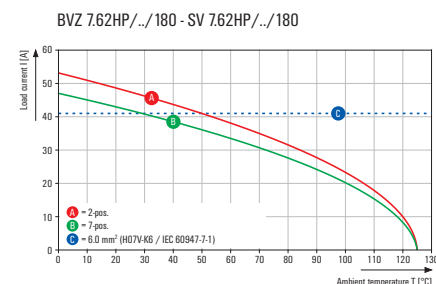
t_g = верхний предел температуры компонента
 t_u = температура окружающей среды
 I_n = ток

Кривая ухудшения параметров



t_g = верхний предел температуры компонента
 t_u = температура окружающей среды
 I_n = ток
a = базовая кривая
b = приведенная базовая кривая (кривая ухудшения параметров)

Пример: кривая ухудшения параметров для минимального и максимального числа полюсов



Определение воздушных зазоров и длин путей утечки токов в электрооборудовании

Общие сведения:
Начиная с апреля 1997 года, воздушные зазоры и длины пути утечки тока определяются в соответствии с указаниями стандарта DIN VDE 0110-1, «Координация изоляции для электрического оборудования в низковольтных системах».

DIN VDE 0110-1 представляет собой доработанный вариант стандарта IEC 664-1 (см. IEC 664-1/октябрь 1992). Конструктивные параметры из этих стандартов, по возможности, указаны в данном каталоге для каждого изделия.

Определение воздушных зазоров и длин пути утечки токов согласно VDE 0110/апрель 1997 (IEC Report 664-1), «Координация изоляции для электрического оборудования в низковольтных системах»

Положения о координации изоляции приводят к следующим взаимозависимостям при определении воздушных зазоров и длин путей утечки:

- **Воздушные зазоры** определяются в соответствии с ожидаемым **перенапряжением** с учетом параметров используемых **мер защиты от перенапряжения** и в соответствии с ожидаемыми условиями окружающей среды с учетом мер защиты от **загрязнения**.
- **Длины путей утечки** определяются в соответствии с **рабочим напряжением** и с ожидаемыми условиями окружающей среды с учетом применяемых **изоляционных материалов** и мер защиты от **загрязнения**.

Определение воздушных зазоров

Решающее значение для определения воздушных зазоров имеет максимально **допустимое импульсное напряжение**, указанное в Таблице 1, которое выводится из **категории перенапряжения** и **напряжения проводник-земля** в зависимости от номинального напряжения сети (с учетом всех типов систем электроснабжения).

Минимальные воздушные зазоры (при расположении объектов на высоте до 2000 м над уровнем моря) определяются из Таблицы 2а на основе максимально **допустимого импульсного напряжения** и **категории загрязнения**.

Примечание: Воздушные зазоры, не соответствующие случаю А, должны пройти испытания воздействием максимально допустимого импульсного напряжения (см. Таблицу 2а, сноска 1).

Таблица 1: Максимально допустимое импульсное напряжение для электрооборудования

Номинальное напряжение источника питания*), В		Максимально допустимое импульсное напряжение, кВ			
Трёхфазные системы	Однофазные системы со средней точкой	Электрооборудование источника питания электроустановки (Категория перенапряжения IV)	Электрооборудование в составе постоянно работающей электроустановки (Категория перенапряжения III)	Электрооборудование для подключения к постоянно работающей электроустановке (Категория перенапряжения II)	Специально защищенное электрооборудование (Категория перенапряжения I)
	от 120 до 240	4,00	2,50	1,50	0,80
230/400		6,00	4,00	2,50	1,50
277/480		8,00	6,00	4,00	2,50
400/690		Значения зависят от конкретного проекта. Если значения не указаны, можно использовать вышеприведенные значения для 400/690 В.			
1000					

*) в соответствии с IEC 38
Категория I действительна для оборудования со специальными параметрами.
Категория II действительна для технических комитетов, ответственных за электрооборудование, подключаемое к электросети.
Категория III действительна для технических комитетов, ответственных за монтажные материалы, и для некоторых конкретных технических комитетов.
Категория IV действительна для энергоснабжающих компаний и конкретных проектов.

Таблица 2а: Минимальные воздушные зазоры по VDE 0110-1/апрель 1997

Мак. доп. импульсное напряже- ние, кВ	Минимальные воздушные зазоры в мм для объектов, расположенных на высоте до 2000 м выше уровня моря									
	Случай А (неоднородное поле)					Случай В (однородное поле)				
	Степень загрязнения					Степень загрязнения				
	1	2	1)	3	4	1	2	1)	3	4
0,33	0,01			0,80	1,60	0,01	0,20		0,80	1,60
0,40	0,02		0,10			0,02		0,10		
0,50	0,04	0,20				0,04				
0,60	0,06		0,12			0,06		0,12		
0,80	0,10					0,10		0,20		
1,00	0,15		0,20			0,15				
1,20	0,25	0,25		1,00	2,00	0,20	0,30		1,20	
1,50	0,50	0,25				0,30				
2,00	1,00	1,00				0,45		0,45		
2,50	1,50	1,50				0,60		0,60		
3,00	2,00	2,00				0,80		0,80		
4,00	3,00	3,00		3,00	3,00	1,20	1,20		1,20	
5,00	4,00	4,00		4,00	4,00	1,50	1,50		1,50	
6,00	5,50	5,50		5,50	5,50	2,00	2,00		2,00	2,00
8,00	8,00	8,00		8,00	8,00	3,00	3,00		3,00	3,00
10,00	11,00	11,00		11,00	11,00	3,50	3,50		3,50	3,50
12,00	14,00	14,00		14,00	14,00	4,50	4,50		4,50	4,50
15,00	18,00	18,00		18,00	18,00	5,50	5,50		5,50	5,50

1) Степень загрязнения 2 разделена для импульсных напряжений до 1,00 кВ (случай А) или 1,20 кВ (случай В). Эти значения относятся к печатным платам, но отклоняются от значений, указанных в документе IEC Report 664.

Существуют следующие **категории степени загрязнения**:

Степень загрязнения 1:
Загрязнение отсутствует или имеется лишь сухое непроводящее загрязнение.

Степень загрязнения 2:
Только непроводящее загрязнение. Изредка может возникать временная проводимость как следствие конденсации.

Степень загрязнения 3:
Проводящее загрязнение или сухое непроводящее загрязнение, которое может превращаться в проводящее из-за конденсации.

Степень загрязнения 4:
Загрязнение приводит к постоянной проводимости вследствие, например, проводящей пыли, дождя или снега.

Следующие аспекты относятся к **категориям перенапряжения** – в соответствии с немецким стандартом DIN VDE 0110-1:

Электрооборудование, питающееся непосредственно от низковольтной сети
Конкретная категория перенапряжения определяется на основе следующих параметров:

- Оборудование по *категории перенапряжения I*
- это устройства для подключения к стационарной электроустановке здания.
- Меры по ограничению перенапряжений до определенного уровня принимаются за пределами оборудования - либо в стационарной установке, либо между стационарной установкой и оборудованием.
- Оборудование по *категории перенапряжения II*
- это устройства для подключения к стационарной электроустановке здания.

Примечание: Примеры такого оборудования: бытовые электроприборы, портативные инструменты и другие подобные нагрузки.

- Оборудование по *категории перенапряжения III*
- это устройства, являющиеся неотъемлемой частью стационарной электроустановки, а также другие устройства, от которых требуется повышенная доступность.

Примечание: Например: распределительные щиты, автоматические выключатели,

системы электропроводки (согласно IEC 826-06-01, включая кабели, шины, распределительные коробки, переключатели, розетки), входящие в состав стационарной электроустановки, промышленные устройства, а также другие устройства, такие как стационарные двигатели с постоянным подключением к стационарной электроустановке.

- Оборудование по *категории перенапряжения IV*
- это устройства, предназначенные для использования на или в непосредственной

Таблица 3а: Однофазные 2- или 3-проводные сети переменного или постоянного тока

Номинальное напряжение источника питания (сети) ¹⁾	Напряжения для Таблицы 4	
	Для изоляции проводник-проводник ¹⁾	Для изоляции проводник-земля ¹⁾
	Все системы	3-проводниковые системы, с заземлением на средней точке
V	V	V
12,5	12,5	-
24	25	-
25		
30	32	-
42		
48	50	-
50**)		
60	63	-
30-60	63	32
100**)	100	-
110	125	-
120		
150**)	160	-
220	250	-
110-220	250	125
120-240		
300**)	320	-
220-440	500	250
600**)	630	-
480-960	1000	500
1000**)	1000	-

1) Уровни изоляции «проводник-земля» для незаземленных или импедансно заземленных систем совпадают с уровнями «проводник-проводник», так как фактически рабочее напряжение любого проводника на землю может соответствовать напряжению «проводник-проводник». Причина этого заключается в том, что фактическое напряжение на землю определяется сопротивлением изоляции и емкостным сопротивлением каждого проводника на землю. Это означает, что низкое (но допустимое) сопротивление изоляции проводника может его эффективно заземлить и увеличить два других до величины напряжения «проводник-проводник» относительно земли.

*) Предполагается, что расчетное напряжение электрооборудования не ниже номинального напряжения системы электропитания.

**) Вследствие общих изменений значение символа ** не используется в Таблице 1; т.е. символ / относится к трехфазным 4-проводниковым распределительным системам. Нижнее значение – это напряжение между «внешним и нейтральным» проводниками, верхнее значение – напряжение между «внешним и внешним» проводниками. Если указано только одно значение, оно относится к трехфазным 3-проводниковым системам и обозначает напряжение между «внешним и внешним» проводниками. Ссылки на Таблицу 1 в Таблицах 3а и 3b указаны значком **.

Таблица 3б: 3-фазные 3- или 4-проводные сети переменного тока

Номинальное напряжение источника питания (сети) ¹⁾	Напряжения для Таблицы 4		
	Для изоляции проводник-проводник ¹⁾	Для изоляции проводник-земля ¹⁾	
	Все системы	Трехфазный 4-проводный системы, с заземленной нейтралью ²⁾	Трехфазные 3-проводные системы без заземления ¹⁾ или с заземлением фазы
V	V	V	V
60	63	32	63
110/120/127	125	80	125
150**)	160	-	160
208	200	125	200
220/230/240	250	160	250
300**)	320	-	320
380/400/415	400	250	400
440	500	250	500
480/500	500	320	500
575	630	400	630
600**)	630	-	630
660/690	630	400	630
720/830	800	500	800
960	1000	630	1000
1000**)	1000	-	1000

1) Уровни изоляции «проводник-земля» для незаземленных или импедансно заземленных систем совпадают с уровнями «проводник-проводник», так как фактически рабочее напряжение любого проводника на землю может соответствовать напряжению «проводник-проводник». Причина этого заключается в том, что фактическое напряжение на землю определяется сопротивлением изоляции и емкостным сопротивлением каждого проводника на землю. Это означает, что низкое (но допустимое) сопротивление изоляции проводника может его эффективно заземлить и увеличить два других до величины напряжения «проводник-проводник» относительно земли.

2) Для электрооборудования, предназначенного для использования как в трехфазных 4-проводниковых, так и в трехфазных 3-проводниковых системах (как заземленных, так и незаземленных), применяются только значения для 3-проводниковых систем.

*) Предполагается, что расчетное напряжение электрооборудования не ниже номинального напряжения системы электропитания.

**) Вследствие общих изменений значение символа ** не используется в Таблице 1; т.е. символ / относится к трехфазным 4-проводниковым распределительным системам. Нижнее значение – это напряжение между «внешним и нейтральным» проводниками, верхнее значение – напряжение между «внешним и внешним» проводниками. Если указано только одно значение, оно относится к трехфазным 3-проводниковым системам и обозначает напряжение между «внешним и внешним» проводниками. Ссылки на Таблицу 1 в Таблицах 3а и 3b указаны значком **.

близости от электрических установок зданий перед главным распределительным щитом.

Примечание: например, электросчетчики, автоматические выключатели и устройства централизованного управления.

Замечание по применению категорий степени загрязнения и перенапряжения

Степень загрязнения и максимально допустимое импульсное напряжение, которые выводятся из категории перенапряжения, указаны в данном каталоге в отношении определенного изделия. В основном, определение значений воздушных зазоров и длин путей утечки

токов, а также соответствующих расчетных параметров для электромеханических изделий (клеммы, клеммные колодки, клеммы и разъемы для печатных плат), основывается на степени загрязнения 3 и категории перенапряжения III в отношении всех типов систем.

Определение длин пути утечки тока

Решающим фактором для определения длины пути утечки токов являются номинальные напряжения, получаемые из системных напряжений источника питания для соответствующего типа системы питания, в сочетании со степенью загрязнения(классификация,

см. «Воздушные зазоры») и используемым изоляционным материалом.

Минимальные длины пути утечки токов определяются по Таблице 4, с учетом Таблиц 3a и 3b и сравнительного индекса трекинговости CTI (Comparative Tracking Index - Сравнительный индекс трекинговости) изоляционного материала.

Изоляционные материалы подразделяются на четыре группы в соответствии с их сравнительным индексом трекинговости CTI (Comparative Tracking Index):

Таблица 4: Минимальная длина пути утечки

Номинальное напряжение U _{эфф} или U _в в В	Длина пути утечки, мм												
	Печатные платы		Другое элек- трическое оборудование										
	Степень загрязнения			Степень загрязнения									
	1	2		1	2			3			4		
	Изоляционный мат. 2)	Изоляционный мат. 3)		Изоляционный мат. 2)	Группа изоляционных материалов			Группа изоляционных материалов			Группа изоляционных материалов		
			I	II	III	I	II	III ⁴⁾	I	II	III ⁴⁾		
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40	1,00	1,00	1,00	1,60	1,60	1,60	
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05	1,60	1,60	1,60	
16	0,025	0,04	0,10	0,45	0,45	0,45	1,10	1,10	1,10	1,60	1,60	1,60	
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50	1,25	1,25	1,25	1,70	1,70	1,70	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,30	1,30	1,30	1,80	1,80	1,80	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,10	1,40	1,60	1,80	1,90	2,40	3,00	
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90	2,00	2,50	3,20	
63	0,040	0,63	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00	2,10	2,60	3,40	
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,30	1,70	1,90	2,10	2,20	2,80	3,60	
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,00	1,40	1,80	2,00	2,20	2,40	3,00	3,80	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,50	1,90	2,10	2,40	2,50	3,20	4,00	
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,10	1,60	2,00	2,20	2,50	3,20	4,00	5,00	
200	0,40	0,63	0,42	1,00	1,40	2,00	2,50	2,80	3,20	4,00	5,00	6,30	
250	0,56	1,00	0,56	1,25	1,80	2,50	3,20	3,60	4,00	5,00	6,30	8,00	
320	0,75	1,60	0,75	1,60	2,20	3,20	4,00	4,50	5,00	6,30	8,00	10,00	
400	1,00	2,00	1,00	2,00	2,80	4,00	5,00	5,60	6,30	8,00	10,00	12,50	
500	1,30	2,50	1,30	2,50	3,60	5,00	6,30	7,10	8,00	10,00	12,50	16,00	
630	1,80	3,20	1,80	3,20	4,50	6,30	8,00	9,00	10,00	12,50	16,00	20,00	
800	2,40	4,00	2,40	4,00	5,60	8,00	10,00	11,00	12,50	16,00	20,00	25,00	
1000	3,20	5,00	3,20	5,00	7,10	10,00	12,50	14,00	16,00	20,00	25,00	32,00	

2) Изоляционные материалы I, II, IIIa, IIIb
3) Изоляционные материалы I, II, IIIa
4) Длина пути утечки токов в этом диапазоне не определяются.
Группа изоляции IIIb, как правило, не рекомендуется для категории загрязнения 3 с напряжениями > 630 В, и никогда не рекомендуется для категории загрязнения 4.

Изоляционный материал

I	$600 \leq CTI$
II	$400 \leq CTI < 600$
III a	$175 \leq CTI < 400$
III b	$100 \leq CTI < 175$

Сравнительный индекс трекинговости должен определяться согласно DIN IEC 112/VDE 0303 часть 1 на специально подготовленных образцах с использованием раствора А.

Пазы учитываются при измерении длин пути утечки токов, если их минимальная ширина x имеет размеры, указанные в нижеследующей таблице:

Степень загрязнения	Минимальная ширина x , мм
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

Если соответствующий воздушный зазор составляет менее 3 мм, минимальную ширину паза можно сократить до $1/3$ этого воздушного зазора.

Рекомендации по проектированию: применения для 600 В в соответствии с требованиями UL

Краткое описание наиболее важных требований UL:

- Компоненты печатных плат сертифицируются в соответствии со стандартом UL 1059 и проходят испытания без использования печатной платы или создания условий эксплуатации.
- Сертификация в условиях применения проводится в соответствии со стандартом

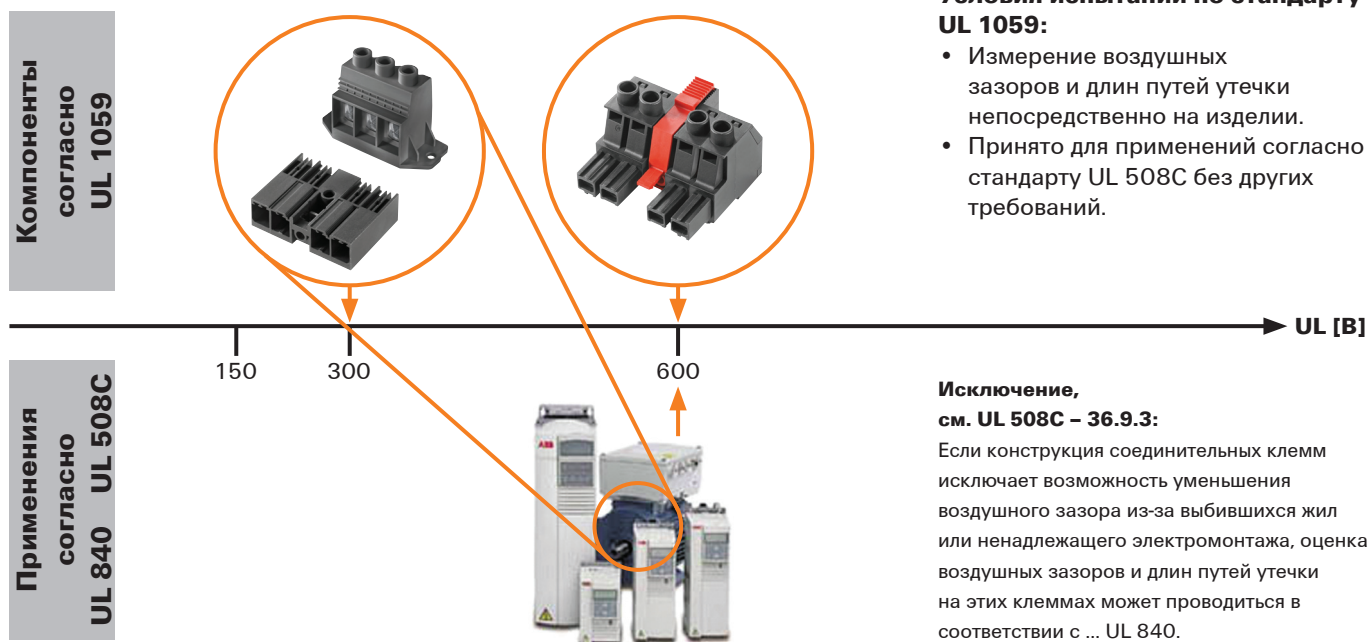
UL 508 (или UL 508C Оборудование преобразования электроэнергии, например, частотные преобразователи).

- Конструктор систем для конкретной области применения должен обращаться к стандартам UL, относящимся к условиям применения оборудования, но не к стандарту UL 1059.
- Стандарт UL 508C регулирует использование соединительных клемм,

сертифицированных по стандарту UL 1059 для 300 В, в применениях с уровнем 600 В в определенных условиях.

- Силовые разъемы и силовые клеммы Weidmüller серии Powermate соответствуют этим условиям и могут использоваться для применений 600 В согласно UL 508C.
- Более подробная информация приводится на рисунке ниже.

Аттестация на более высокие напряжения согласно стандартам UL 508C / UL 840:



Выдержка из стандарта UL 508C: (36.9 Воздушные зазоры для приводов, прошедшие оценку в соответствии со стандартом UL 840)

36.9.1 Кроме случаев, упомянутых в разделах 36.9.2 и 36.9.3, воздушные зазоры и длины путей утечки могут быть оценены в соответствии с требованиями стандарта по согласованию изоляции включая воздушные зазоры и длины путей утечки токов для электрооборудования, UL 840. Более подробное описание использования стандарта UL 840 приведено в разделе 36.9.4.

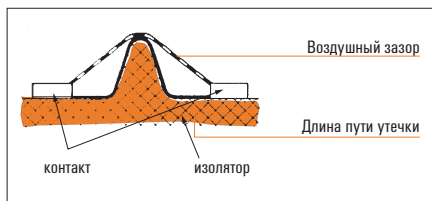
36.9.2 Воздушные зазоры между не изолированной токоведущей частью и стенками металлического кожуха,

включая арматуру для прокладки кабеля или его защиту, должны соответствовать требованиям раздела 36.2.2. Воздушные зазоры должны определяться путем физических измерений.

36.9.3 Воздушный зазор и длина пути утечки на соединительных клеммах должны соответствовать требованиям раздела 36.3.1. Исключение: Если конструкция соединительных клемм не допускает возможность уменьшения воздушного зазора из-за выбившихся жил или

ненадлежащего электромонтажа, оценка воздушных зазоров утечки токов на этих клеммах может проводиться в соответствии с требованиями стандарта по согласованию изоляции, включая воздушные зазоры и длины путей утечки для электрооборудования, UL 840.

Максимальное напряжение, прилагаемое к разъему, зависит от расстояния между двумя соединениями.



Необходимо учитывать два расстояния:

- Воздушный зазор = минимальное расстояние между двумя токопроводящими частями (по воздуху)
- Длина пути утечки токов = расстояние по поверхности

Сравнение воздушных зазоров и длин путей утечки согласно требованиям UL для 300 вольт

			мин. воздушный промежуток	
UL 1059	минимальное расстояние (Таблица 8.1)	151 - 300 В	6,4 мм	9,5 мм
UL 508C	минимальное расстояние (Таблица 36.1)	151 - 300 В	6,4 мм	9,5 мм
UL 508C	минимальное расстояние для изделий с известным и контролируемым перенапряжением (Таблица 36.3)	Пиковое рабочее напряжение: 226 - 450 В / > 10 кВА	3,81 мм	5,08 мм
		Пиковое рабочее напряжение: 226 - 400 В / 500 ВА - 10 кВА	2,54 мм	2,54 мм

Определение длин пути утечки токов в соответствии с UL 840

	Рабочее напряжение	Длина пути утечки токов для группы материалов (СТ1)*		
		I	II	IIIa и IIIb
UL 840 Таблица 9.1	320 В	4,0 мм	4,5 мм	5,0 мм
Степень загрязнения 3 (вариант 36.9.3 UL 508C)	400 В	5,0 мм	5,6 мм	6,3 мм
UL 840 идентичен IEC 664-1	500 В	6,3 мм	7,1 мм	8,0 мм
UL 840 Таблица 9.1	320 В	1,6 мм	2,2 мм	3,2 мм
Степень загрязнения 2 (вариант 36.9.3 UL 508C)	400 В	2,0 мм	2,8 мм	4,0 мм
	500 В	2,5 мм	3,6 мм	5,0 мм

Определение длин пути утечки токов в соответствии с UL 840 для 300 вольт

	Категория перенапряжения	Допустимое пиковое импульсное напряжение	Минимальный воздушный зазор (600 В)
UL 840 Таблица 8.1	II	2,5 кВ	1,5 мм
Степень загрязнения 3 (вариант 36.9.3 UL 508C)	III	4,0 кВ	3,0 мм
UL 840 идентичен IEC 664-1	IV	6,0 кВ	5,5 мм
UL 840 Таблица 8.1	II	2,5 кВ	1,5 мм
Степень загрязнения 2 (вариант 36.9.3 UL 508C)	III	4,0 кВ	3,0 мм
	IV	6,0 кВ	5,5 мм

Сравнение воздушных зазоров и длин путей утечки согласно требованиям UL для 600 вольт

			мин. воздушный промежуток	
UL 1059	минимальное расстояние (Таблица 8.1)	301 - 600 В	9,5 мм	12,7 мм
UL 508C	минимальное расстояние (Таблица 36.1)	151 - 300 В	9,5 мм	12,7 мм
UL 508C	минимальное расстояние для изделий с известным и контролируемым перенапряжением (Таблица 36.3)	Пиковое рабочее напряжение: 451 - 900 В / > 10 кВА	7,62 мм	10,16 мм
		Пиковое рабочее напряжение: 451 - 900 В / 500 ВА - 10 кВА	5,08 мм	5,08 мм

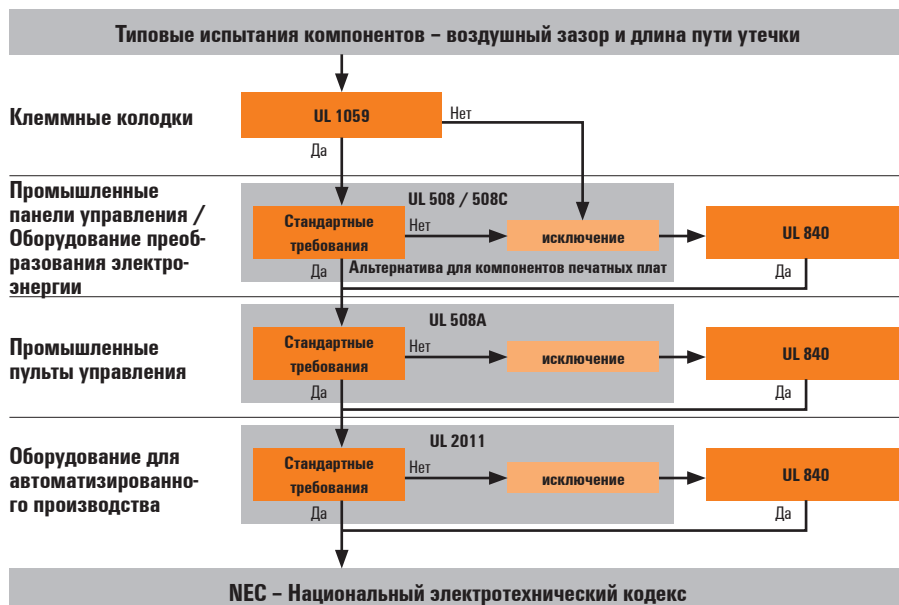
Определение длин пути утечки токов в соответствии с UL 840

	Рабочее напряжение	Длина пути утечки токов для группы материалов (СТ1)*		
		I	II	IIIa и IIIb
UL 840 Таблица 9.1	630 В	8,0 мм	9,0 мм	10,0 мм
Степень загрязнения 3 (вариант 36.9.3 UL 508C)	800 В	10,0 мм	11,0 мм	12,5 мм
UL 840 идентичен IEC 664-1	1000 В	12,5 мм	14,0 мм	16,0 мм
UL 840 Таблица 9.1	630 В	3,2 мм	4,5 мм	6,3 мм
Степень загрязнения 2 (вариант 36.9.3 UL 508C)	800 В	4,0 мм	5,6 мм	8,0 мм
	1000 В	5,0 мм	7,1 мм	10,0 мм

Определение длин пути утечки токов в соответствии с UL 840 для 600 вольт

	Категория перенапряжения	Допустимое пиковое импульсное напряжение	Минимальный воздушный зазор (600 В)
UL 840 Таблица 8.1	II	4,0 кВ	3,0 мм
Степень загрязнения 3 (вариант 36.9.3 UL 508C)	III	6,0 кВ	5,5 мм
UL 840 идентичен IEC 664-1	IV	8,0 кВ	8,0 мм
UL 840 Таблица 8.1	II	4,0 кВ	3,0 мм
Степень загрязнения 2 (вариант 36.9.3 UL 508C)	III	6,0 кВ	5,5 мм
	IV	8,0 кВ	8,0 мм

Рекомендация: соотношение между сертификатами



Разъемы Weidmüller, пригодные для технологии пайки оплавлением припоя

В последние годы процесс сборки печатных плат претерпел существенные изменения. Традиционная технология монтажа через сквозные отверстия (THT) в значительной степени была заменена технологией поверхностного монтажа (SMT). Причина этого заключалась в возросших требованиях к миниатюризации, повышению функциональной плотности и снижению производственных расходов. Прогресс в разработке устройств для поверхностного монтажа (SMD), который, в первую очередь, дал возможность развития производственного процесса SMT, также сыграл свою роль. Процесс SMT теперь принят в качестве стандарта для производства печатных плат. Однако имеются некоторые компоненты (в основном это электромеханические компоненты, такие как разъемы или реле), которые не существуют в варианте SMD. Эти компоненты устанавливаются на печатной плате после процесса SMT с помощью классической сборки THT. Компания Weidmüller разработала серию изделий для процесса пайки оплавлением сквозных отверстий (THR), который дает возможность использования выводных компонентов в процессе поверхностного монтажа SMT и допускает 100 % обработку на производственной линии SMT.

Пайка оплавлением сквозных отверстий представляет собой процесс соединения компонентов THT с процессом пайки оплавлением припоя при поверхностном монтаже SMT. В дополнение к простой сборке устройств SMD, компоненты SMD технологии THR могут размещаться на печатную плату поверхностного монтажа SMT вместе с выводными компонентами и припаиваться в процессе пайки оплавлением припоя. Процесс THR был разработан исходя из понимания того, что для тяжелых компонентов, таких как катушки и трансформаторы, все же требуются стабильные паяные соединения, а также для случаев, когда на печатные платы воздействуют механические нагрузки (как это происходит с соединительными клеммами, штепсельными разъемами или релейными разъемами). Паяные соединения SMD в меньшей степени подходят для тяжелых компонентов в условиях значительных механических нагрузок.

Изделие, совместимое с технологией SMT, объединяет в себе технологичность SMT и стабильностью паяного соединения. Технология THR обеспечивает надежное соединение компонентов THT с печатной платой с помощью сквозных выводов. В то же время гарантируется 100 % совместимость с процессом SMT.

Преимущества технологии THR:

- Стабильное соединение с печатной платой
- Только один процесс пайки
- Отпадает потребность в ручной пайке или пайке волной припоя
- Автоматическая сборка
- Снижение производственных расходов



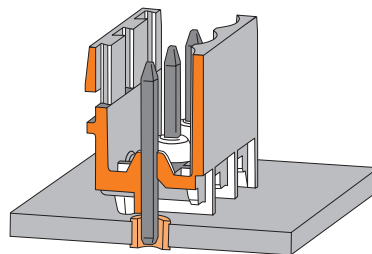
Для использования компонентов THR в процессе SMT они должны отвечать определенным требованиям.

Стабильность в новом измерении

Наши штырьковые соединители изготовлены из жидкокристаллического полимера LCP, усиленного стекловолокном. Это гарантирует высокий уровень стабильности формы. Отличные температурные характеристики этого материала и конструктивные особенности хорошо подходят для процесса SMT, а также для «бессвинцовой пайки».

Преимущества:

- Устойчивость к воздействию высокой температуры
- Точка плавления 335 °C
- Отсутствие галогенов
- Низкий коэффициент теплового расширения
- Обработка без сушки



Точность шага

Компания Weidmüller изготавливает штырьковые соединители SL-SMT из LCP (жидкокристаллического полимера) для предотвращения нежелательных изменений размеров, вызываемых поглощением влаги при хранении. Благодаря этому достигается очень высокая точность шага даже при большом числе выводов, а также обеспечивается надежный процесс размещения.

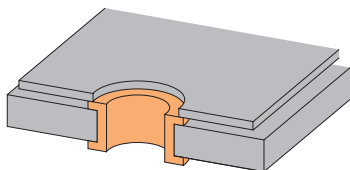
Основа высокого качества, надежности и эффективности

Технология THR

Процесс пайки THR состоит в размещении компонентов, выводы которых вставляются в отверстия в печатной плате и последующей пайке вместе с другими компонентами поверхностного монтажа. В этом методе сами компоненты должны выдерживать воздействие высоких температур процесса SMT.

Технология пайки оплавлением сквозных отверстий в процессе SMT

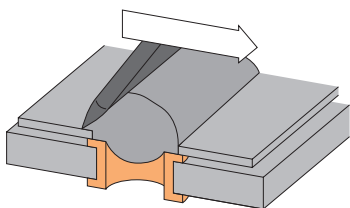
В последние годы процесс монтажа печатных плат претерпел существенные изменения. Традиционная технология монтажа через сквозные отверстия (ТНТ) в значительной степени была заменена технологией поверхностного монтажа (SMT). Процесс SMT теперь принят в качестве стандарта для производства печатных плат.



Проектирование на основе опыта

Параметры стандартного процесса помогают при проектировании печатной платы и трафарета. Компания Weidmüller рекомендует соединители с короткими выводами длиной 1,5 мм. Для разработки печатной платы необходимо определить следующие параметры:

- Диаметр монтажного отверстия
- Диаметр запаиваемого контакта
- Размер отверстия в трафарете (с достаточным наполнением пастой)
- Размер отверстия в трафарете (с недостаточным наполнением пастой)

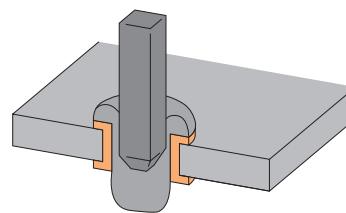


Нанесение пасты с помощью принтера – малый объем в оптимальной форме

Штырьковые соединители Weidmüller SL-SMT имеют короткие восьмигранные выводы со скошенным концом для удержания необходимого объема пасты на максимально низком уровне. Благодаря длине вывода, составляющей всего 1,5 мм для стандартных печатных плат толщиной 1,6 мм, можно получить оптимальную форму паяного соединения с наполнением пастой примерно на 90 %.

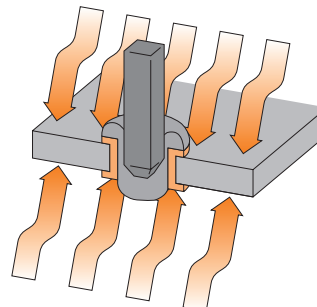
Кроме того, можно использовать большинство обычных однослойных трафаретов для технологии мелкого шага и стандартные параметры техпроцесса для скорости и давления ракеля.

Абсолютное преимущество: паста вытесняется из монтажного отверстия в процессе размещения.



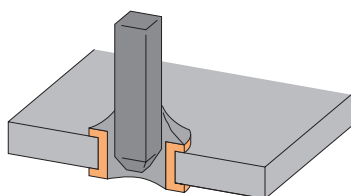
Сборка – короткие выводы – большое преимущество

Благодаря довольно коротким выводам, длина которых составляет 1,5 мм, можно получить большее количество компонентов в катушке или лотке. Этому также способствует тот факт, что соединители SL-SMT имеют низкий профиль, а также уменьшенную высоту упаковки. Стандартная и антистатическая упаковка также позволяет выполнять автоматическую сборку на существующих автоматах. Исключительные преимущества обеспечиваются за счет коротких выводов соединителей SL-SMT, их оптимизированной транспортировочной высоты и точного расположения выводов. Кроме того, столкновения между компонентами и печатной платой можно полностью избежать. В то же время, соединители от Weidmüller, оптимизированные для монтажа SMT, повышают прочность сборки благодаря их малому весу.



Пайка оплавлением припоя – материал будущего

Термостойкий, не содержащий галогенов изоляционный материал LCP (жидкокристаллический полимер) имеет точку плавления 335 °С. Он не только имеет высокую стабильность размеров, но также и хорошую стойкость к температуре пайки. Наши соединители SL-SMT из материала LCP соответствуют требованиям будущего и могут применяться в процессах пайки без использования свинца. Это приводит к еще одному ключевому преимуществу материала LCP: благодаря его низкому коэффициенту температурного расширения предотвращается изгиб узла после процесса пайки.



Улучшенный контроль качества

Для определения качества паяных соединений компонентов THR с короткими или длинными выводами компания Weidmüller выбрала быстрый и простой способ проверки путем оптического контроля или рентгенографии. Эти методы соответствуют признанным международным нормам и стандартам.

Наши специально разработанные штекерные соединители SL-SMT позволяют выполнить оптический контроль первичной стороны печатной платы со стороны размещения компонентов даже на устройствах с направлением выхода проводов 180°. Это отвечает требованиям контроля качества в процессе выполнения работ.

Рекомендации по проектированию

Объем и степень наполнения припойной пасты для вывода диаметром 1,2 мм.

При нанесении паяльной пасты с помощью принтера, ее объем и, следовательно, степень наполнения являются важными факторами для получения оптимального результата в процессе SMT.

Мы рекомендуем определять количество припойной пасты следующим образом:

Объем пасты (или степень наполнения):

наполнение и объем в пределах допусков согласно IPC-A610

Соединитель (открытый и закрытый):	от 2 до 8 полюсов	от 9 до 24 полюсов
Соединитель (фланец под пайку LF):	-	от 2 до 24 полюсов
Рекомендуемый диаметр монтажного отверстия *1):	$d_i = 1,4^{+0,1}_{-0}$ мм	$d_i = 1,5^{+0,1}_{-0}$ мм
	Объем пасты V_p [мм³] / уровень наполнения f_p [%] после трафаретной печати	
Минимальная форма паяного соединения	2,4 мм³ / 70 %	3,1 мм³ / 85 %
Оптимальная форма паяного соединения	2,9 мм³ / 90 %	3,5 мм³ / 100 %

Действительно со следующими параметрами для всех вариаций SL-SMT:

Разъем:

Длина запаиваемого контакта	= L	[мм]	= 1,5 ^{-0,3}
Диаметр запаиваемого контакта	= d	[мм]	= 1,2

Печатная плата:

Толщина	= H	[мм]	= 1,6
Отверстие для размещения			= металлизированное
Диаметр монтажного отверстия	= d_i	[мм]	= см. Таблицу ¹⁾
Диаметр контактной площадки	= d_A	[мм]	= 2,3
Допуск на точность позиционир. согласно IEC 326-3			= сверхмалый

Трафарет:

Толщина	= D_s	[мкс]	= 120 – 180
Диаметр отверстия трафарета	= d_s	[мм]	= 2,1 ²⁾

Паяльная паста:

Размер частиц паяльной пасты	[мкм]	= 20 – 40 = Тип 3
Объем испарения паяльной пасты	[%]	= прил. 50

Процесс:

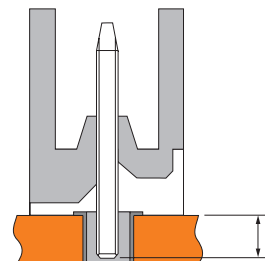
Метод трафаретной печати		= печать ракелем, одиночным
Уровень наполнения монтажного отверстия	= f_p	[%] = см. таблицу
Метод автоматической сборки		= манипулятор
Температурный профиль		= согласно EN 61760-1

¹⁾ Необходимо учитывать допуски для компонентов, печатных плат и автоматических машин.

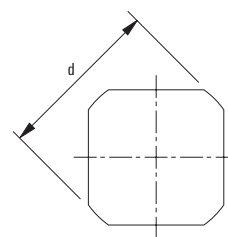
²⁾ Диаметр отверстия трафарета прил. на 10 % меньше диаметра контактной площадки **d_A**

Рекомендации для S2C-SMT и SC-SMT 3.81 приведены на сайте:

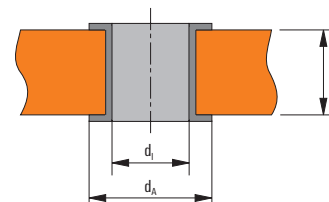
<http://catalog.weidmueller.com>



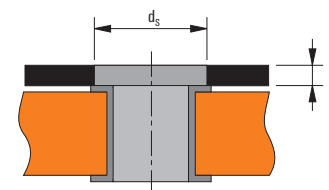
Параметры штекерного разъема



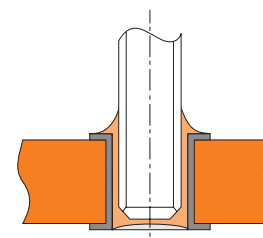
Поперечное сечение запаиваемого контакта



Параметры печатной платы



Параметры трафарета



Оптимальная форма паяного соединения

Контроль качества

Контроль качества завершает производственный процесс поверхностного монтажа SMT. Цель этой стадии техпроцесса состоит в быстрой и простой проверке качества паяного соединения компонентов для пайки оплавлением THR с длинными и короткими выводами с использованием подходящих методов. Правила контроля качества для методов пайки оплавлением THR аналогичны тем, которые применяются для пайки компонентов THT волной припоя.

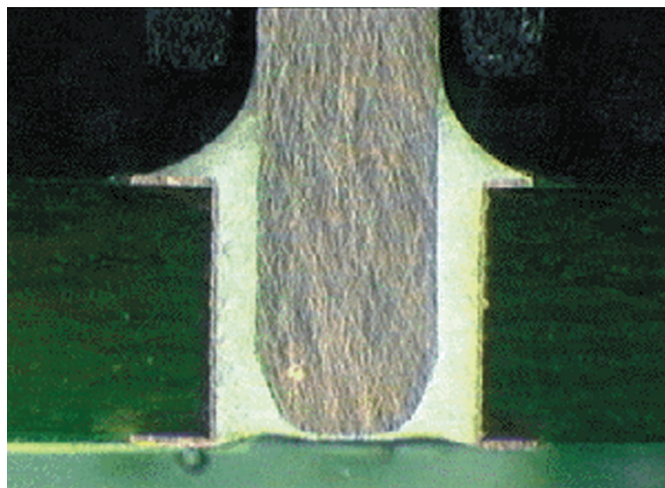
Процесс контроля:

Контроль качества техпроцесса обеспечивается различными методами. В настоящее время наиболее распространены методы оптического контроля или рентгеноскопии. При оптическом контроле проводится оценка формы, коэффициента отражения и цвета паяных соединений.

В ручном процессе используются увеличительное стекло или микроскоп, в автоматическом процессе – камера с компьютерным управлением и анализ изображений на основе программного обеспечения.

При рентгеноскопии выполняется рентгенографическое исследование с помощью автоматизированной рентгеновской микроскопии. Важным дополнением к этим методам является разрушающее испытание. Производится случайный отбор образцов, которые используются для проверки измеряемых величин:

- Анализ заполнения путем реза паяного соединения
- Механическое испытание на сопротивление вытягиванию вывода из контакта



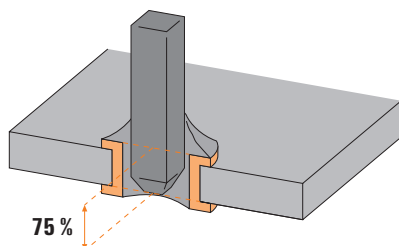
Рез паяного соединения THR с коротким выводом

Нормы и стандарты:

Чтобы контроль качества был более объективным, в последние годы были введены нормы и стандарты. В дополнение к другим критериям приемки в производстве электронных компонентов, во всем мире признаны критерии оценки контроля качества, содержащиеся в норме IPC-A-610E.

В соответствии с требованиями качества IPC-A-610E, паяные соединения THR подразделяются на три класса. Для промышленных применений с высокими требованиями к мощности обычно используется класс 3. Для пяти критериев оценки установлены следующие значения:

- Минимальный угол смачивания припоем со стороны вытекания припоя для вывода и цилиндрических стенок отверстия должен составлять не менее 270°.
- Минимальная степень вертикального заполнения припоем должна составлять не менее 75 %.

**Измерение объема заполнения паяных соединений методом оплавления в сквозном отверстии согласно норме IPC-A-610E**

- Минимальный угол смачивания и галтели припоя со стороны подачи припоя, градус должен составлять не менее 330°.
- Минимальная степень покрытия исходной площади контактной площадки смоченным припоем со стороны вытекания припоя должна быть 0 %.
- Минимальная степень покрытия площади контактной площадки смоченным припоем со стороны подачи припоя должна составлять не менее 75 %.

Эти стандарты предъявляют много требований к монтируемым компонентам в рамках контроля качества. Необходимо отметить, что в процессе THR, как правило, имеется два различных типа конструкции:

- Короткие выводы по сравнению с толщиной печатной платы
- Более длинные выводы по сравнению с толщиной печатной платы (выступ примерно на 1-1,5 мм)

Для конструкции с короткими выводами существуют следующие требования:

- Должны быть видимы паяные соединения со стороны установки компонентов.
- Для компонентов с запаиваемыми контактами под изоляцией, высота компонента над печатной платой должна быть достаточной для проведения оптического контроля.

Для конструкции с длинными выводами существуют следующие требования:

- Должны быть видимы паяные соединения со стороны выводов компонентов.
- Паяные соединения со стороны установки компонентов, однако, не требуются.

Кроме того, при разрушающем испытании с компонентами THR требования предъявляются к самой печатной плате. Для проверки качества конструкции печатной платы испытывается усилие выдергивания выводов под пайку из паяного соединения.

Требуемое усилие выдергивания:

- с короткими выводами: приблизительно > 150 Н.
- для длинных выводов с мениском припоя на обеих сторонах печатной платы: приблизительно 220 Н.

Для сравнения:

Для поверхностных соединений компонентов SMD требуемое усилие выдергивания составляет лишь около 15 - 20 Н.

Согласно норме IPC-A-610 Редакция E-2010, раздел 7.3.3, использование выводов короче, чем толщина печатной платы, в принципе является допустимым.

Переводная таблица

Перевод калибров AWG в сечение проводников в мм²

AWG – это аббревиатура Американского калибра проводников («**A**merican **W**ire **G**auge»). Это обозначение ничего не говорит о фактическом поперечном сечении проводника.

Соотношение между калибрами AWG и мм² указано в следующей таблице.

AWG	мм ²
28	0,08
26	0,13
24	0,21
22	0,32
20	0,52
19	0,65
18	0,82
17	1,04
16	1,31
15	1,65
14	2,08
13	2,63
12	3,31
11	4,17
10	5,26
9	6,63
8	8,37
7	10,55
6	13,30
5	16,77
4	21,15
3	26,67
2	33,63
1	42,41
0	53,48