

Złącza i wiązki kablowe (2)

Projektowanie wiązek kablowych

Wiązki połączeniowe pełnią ogromną rolę we współczesnych urządzeniach elektronicznych. Są nimi naszpikowane samochody, sprzęt AGD i różne inne urządzenia, w których prąd elektryczny musi przepłynąć z punktu A do punktu B, C, a może nawet jeszcze dalej. Awaria wiązki, mimo iż to „tylko przewód” może być powodem tego, że nie dojedziemy na wakacje. Poprzednio pisaliśmy o złączach, a teraz przyjrzymy się metodologii projektowania i testowania poprawnej wiązki kablowej.

Projektując wiązkę kablową należy uwzględnić wiele elementów:

- liczbę przewodów,
- maksymalny prąd płynący w przewodach,
- maksymalne występujące napięcie pomiędzy przewodami,
- częstotliwość sygnałów w przewodach,
- maksymalną rezystancję połączenia,
- czynniki środowiskowe (np. drgania, agresywne gazy i ciecze),
- ilość cykli łączenia,
- dostępne miejsce,
- wymagania specjalne np. ekranowanie.

Kable sygnałowe

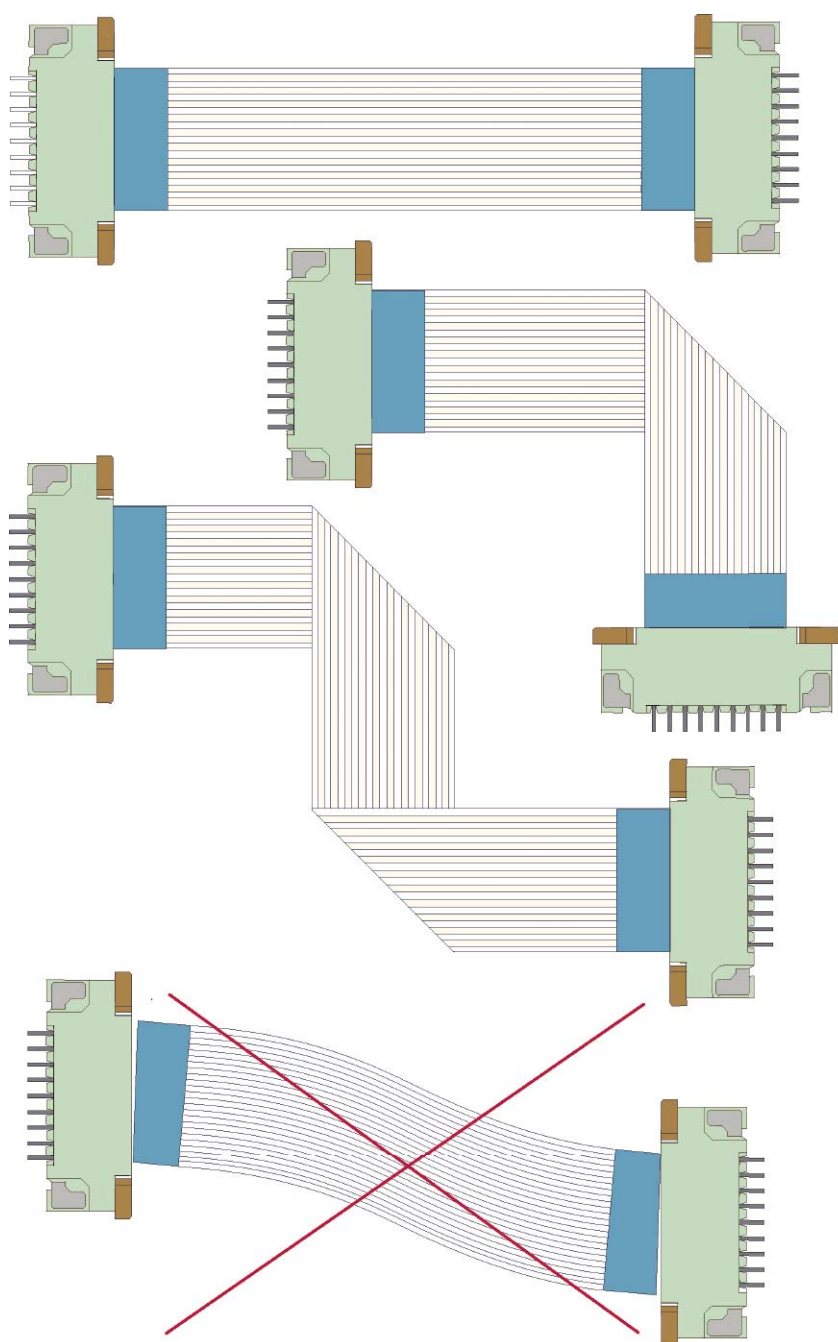
Połączenia sygnałowe charakteryzują się małymi prądami, niskimi napięciami, ale czasami dość wysokimi częstotliwościami przesyłanych sygnałów.

Do połączeń pomiędzy płytkami drukowanymi, gdzie przesyłane są sygnały logiczne, często są stosowane taśmy FFC. Jest to rozwiązanie stosunkowo tanie i pewne oraz zajmujące mało miejsca na płycie. Należy jednak pamiętać, że w praktyce maksymalny prąd nie powinien przekraczać 0,5 A. Przewody te zaś mają zauważalną rezystancję (ok. 0,1 Ω /15 cm) oraz niskie napięcie pracy (typ. 60 V). Nie powinno się nimi przesyłać zasilania chyba, że są to bardzo małe moce. Ale i w tym przypadku należy pamiętać o zwielokrotnieniu połączeń masy w celu zmniejszenia spadków napięcia.

Pewną wadą taśm FFC są znaczne ograniczenia w prowadzeniu ich wewnątrz urządzenia. Powinny być one prowadzone na wprost lub zaginane pod kątem prostym. Na **rysunku 1** pokazano możliwe ułożenia taśm FFC. Ostatni rysunek pokazuje fatalne skutki niezachowania osiowości złącz względem siebie. Skrajne piny narażone są na wysunięcie się ze złącza, a w konsekwencji na brak kontaktu.

Zastosowanie taśm FFC ogranicza dostępną ofertę dystrybutorów. Często okazuje się, że nie można kupić taśm o potrzebnej długości lub rastrze. Maksymalne długości nie przekraczają 20 cm.

Kolejnym często stosowanym rozwiązaniem są taśmy ze złączami IDC. Zasady stosowania ich są podobne do taśm FFC, jednak ich zaletą jest to, że możemy w dowolny sposób kształtować ich długość i konfigurację. Inną możliwością połączeń sygnałowych są złącza zaciskane lub IDC. Na rynku obecnie dostępne są złącza w rastrach od 1



Rysunek 1. Możliwe konfiguracje taśm FFC

Złącza pionowe



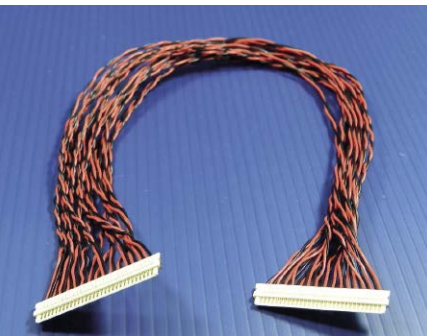
- Złącze zaciskane w rastrze 1mm
- Złącze zaciskane w rastrze 1.25 mm
- Złącze zaciskane w rastrze 2.54 mm
- Złącze do taśmy IDC raster 2.54mm

Złącza poziome



- Złącze zaciskane w rastrze 1mm
- Złącze zaciskane w rastrze 1.25 mm
- Złącze ZIFF do taśmy FFC 1mm
- Złącze do taśmy IDC raster 2.54mm

Rysunek 2. Porównanie powierzchni zajmowanej na PCB przez różne złącza 10-pinowe

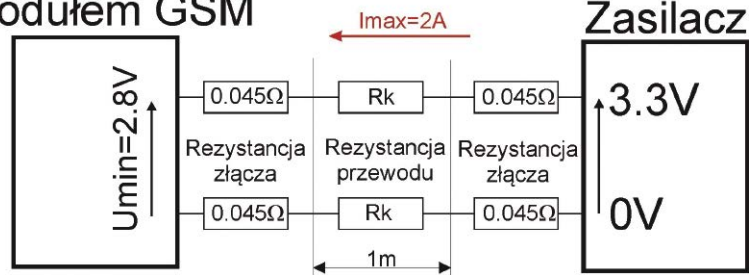


Fotografia 3. Kabel LVDS

do 10 mm z tym, że do połączeń sygnałowych wykorzystuje się rastry od 1 do 2,54 mm. Przy wyborze rodzaju złącza czasami istotną jest powierzchnia zajmowana na płytce drukowanej. Porównanie przedstawiono na rysunku 2.

Jak widać złącza taśmowe IDC zajmują najwięcej miejsca na płytkach, zaś złącza zaciskane są znacznie bardziej oszczędne.

Płytkę z modulem GSM



Rysunek 4. Połączenie zasilacza z płytką PCB

Taśmy FFC są pod tym względem porównywalne ze złączami zaciskanymi ale tylko w rastrze 1mm. Taśmy FFC o rastrze 0.5mm i mniejszym są obecnie najmniejszymi złączami dostępnymi na rynku.

Kolejnym ważnym aspektem przy przesyłaniu sygnałów jest maksymalna częstotliwość sygnału. Przy dużych częstotliwościach konieczne jest zapewnienie stałej impedancji falowej oraz dużej odporności na zakłócenia. Uzyskać to można za pomocą skręconych par przewodów. Do tego celu nadają się najbardziej złącza zaciskane. Typowym zastosowaniem są kable LVDS służące do podłączania dużych paneli LCD. Widok takiego rozwiązania przedstawiono na fotografii 3.

Kable zasilające.

Przy wyborze złącz dla kabli zasilających ważne są przede wszystkim: prąd maksymalny, napięcie pracy oraz rezystancja połączenia. Taśmy FFC oraz taśmy IDC mogą służyć do zasilania urządzeń małej mocy. Dopuszczalne prądy to 0,5 A, zaś napięcie maksymalne 60 V dla rastra 1 mm. W przypadku złącz zaciskanych rozpiętość parametrów jest znacznie większa. Dla złącz typowych prądy osiągają wartości do 30 A, zaś napięcie 600 V AC. Oczywiście produkowane są złącza specjalne dla większych prądów jak i napięć.

Przy doborze przekroju przewodu ze względu na wartość płynącego prądu należy uwzględnić maksymalną temperaturę otoczenia (wewnątrz obudowy urządzenia), ilość

przewodów w wiązce spiętych razem, warunki chłodzenia (np. wymuszony przepływ powietrza) oraz maksymalną dopuszczalną temperaturę przewodu (głównie izolacji). Dla pojedynczych przewodów można przyjąć, że w typowych zastosowaniach nie należy przekraczać gęstości prądu 15 A/mm². Ograniczeniem tej wartości jest oczywiście wzrost temperatury przewodu. W przypadku wiązki, w której w kilku przewodach płynie duży prąd należy zmniejszyć gęstość prądu, gdyż warunki chłodzenia się pogarszają. Orientacyjnie dla 2 przewodów należy gęstość prądu zmniejszyć o 25%, dla 4 o 50%.

Drugim ważnym czynnikiem jest maksymalna rezystancja połączenia. Jak ważny może być to element, proponuję rozważyć na przykładzie urządzenia zawierającego moduł GSM połączonego z zasilaczem za pomocą wiązki dwóch przewodów o długości 1 m (rysunek 4).

Moduł GSM charakteryzuje się małym poborem prądu w czasie odbioru i dużym, sięgającym 1,7 A podczas nadawania. W pierwszej kolejności wybieramy wstępnie typ złącza. Dobrym rozwiązaniem może być złącze np. z serii MINI-LOCK produkcji MOLEX. Jest to złącze zaciskane, raster 2,5 mm, 3 A prądu maksymalnego. Z karty katalogowej złącza wynika, że stosując pin 0503518000 maksymalna rezystancja początkowa wynosi 20 mΩ, zaś gwarantowana we wszystkich warunkach (wibracje, czas, ilość łączy, wilgotność) jest mniejsza niż 40 mΩ. Dodatkowo należy doliczyć rezystancję połączenia pinu i przewodu,

REKLAMA



wwelektronik

TERMINALS & CONNECTORS

TWÓJ DOSTAWCA ELEMENTÓW ELEKTROMECHANICZNYCH







www.wwelektronik.com.pl

81-815 Sopot, ul. Kraszewskiego 26, tel. +48 (58) 551-11-15, email: info@wwelektronik.com.pl

która wg katalogu wynosi 5 mΩ. Sumaryczna rezystancja jednego połączenia wynosi 45 mΩ. Zasilacz dostarcza napięcie nominalne 3,3 V. Według karty katalogowej producenta zasilacza (Mean Well NFM 10-3.3), w zależności od obciążenia, temperatury i napięcia sieciowego, waha się ono o ±2%, więc napięcie minimalne może wynieść 3,234 V. Minimalne napięcie zasilania modułu elektroniki to 2,8 V (2,7 V próg zerowania CPU+0,1 V marginesu bezpieczeństwa). Dopuszczalny spadek napięcia na całym połączeniu wynosi 0,434 V. Pobór prądu dla modułu GSM wynosi w szczycie ok. 1,7 A, co plus reszta elektroniki daje nam około 2 A. Stąd wynika, że maksymalna rezystancja połączenia wynosi 0,434 V/2 A=0,217 Ω. Odejmując od tego wartość rezystancji zestyków 4×0,045 Ω=0,18 Ω otrzymujemy maksymalną wartość rezystancji przewodów 0,217 Ω-0,18 Ω=0,037 Ω. Wynika z tego, że jeden przewód o długości 1 m nie może mieć rezystancji większej niż 0,0185 Ω w tzw. najgorszym przypadku. Aby dobrać odpowiedni przewód sięgamy do danych katalogowych przewodów.

Z tabeli na **rysunku 5** wynika, że nasze oczekiwania spełnia przewód o przekroju 1mm². Kolejnym elementem jest sprawdzenie, czy dobrany przewód spełni nasze oczekiwania w maksymalnej temperaturze. Założymy, że maksymalna temperatura przewodu wyniesie 70°C (temperatura wewnątrz obudowy urządzenia + grzanie się przewodu od przepływu prądu). Współczynnik temperaturowy dla miedzi wynosi $\alpha=3,9 \times 10^{-3}$. Rezystancję przewodu obliczamy ze wzoru $R_t=R_o(1+\alpha \cdot \Delta T)$. Dla naszego przypadku $R_{70}=18,5 \text{ m}\Omega (1+3,9 \times 10^{-3} \times 50)=22,1 \text{ m}\Omega$. Jak widać, przewód o przekroju 1 mm² nie spełnia warunku rezystancji minimalnej dla temperatury 70°C.

Zmuszeni jesteśmy wybrać przewód o przekroju 1,5 mm², czyli AWG16. Sprawdzamy teraz czy wybrany pin da się zacisnąć na takim przewodzie. Okazuje się, że wybrany przez nas pin da się zacisnąć na przewodzie AWG22-AWG28, więc wstępnie wybrane złącze nie nadaje się do tego połączenia. Wybieramy złącze MOLEX serii KK396 pin 08-50-0008. Maksymalna rezystancja połączenia wynosi 10 mΩ+2 mΩ

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA						
Przekrój nominalny	Konstrukcja przewodnika			Izolacja	Przewód	
	Ilość drutów	Średnica pojedynczego drutu	Rezystancja w 20°C		Grubość ścianki izolacji	Średnica zewnętrzna przewodu
		(max.)	(max.)	(nom.)		(min.)
mm ²		mm	mΩ/m	mm	mm	
0,22	7	0,21	84,8	0,25	1,0	1,2
0,35	7	0,26	52,0	0,25	1,1	1,3
0,5	19	0,21	37,1	0,3	1,4	1,6
0,75	19	0,23	24,7	0,35	1,7	1,9
1,0	19	0,26	18,5	0,35	1,9	2,1
1,5	19	0,32	12,7	0,35	2,1	2,4
2,5	19	0,41	7,6	0,4	2,5	3,0

Rysunek 5. Tabela parametrów technicznych przewodu FLRY-B



Rysunek 6. Przykłady oznaczania przewodów

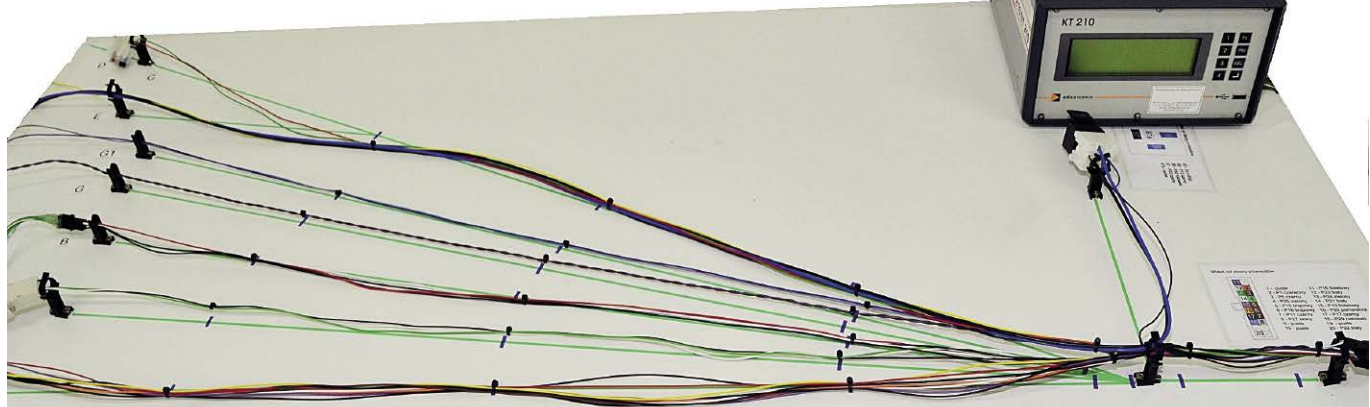
rezystancji kabel-pin. Dla tego złącza maksymalna rezystancja przewodów wynosi 0,217 Ω-4×0,012 Ω=0,169 Ω, więc jeden przewód musi mieć rezystancję mniejszą niż 85 mΩ. W temperaturze 20°C wystarczy przewód 0,22 mm², jednak od razu dobieramy przewód 0,35 mm², czyli AWG22.

Wybrany pin daje się zacisnąć na przewodach AWG18-AWG22, zaś maksymalna średnica izolacji może wynosić 2,41 mm. Izolacja wybranego przewodu ma średnicę 1,1 mm...1,3 mm. Różnica pomiędzy maksymalną średnicą obejmowaną przez pin, a średnicą przewodu wydaje się być dość duża i może to skutkować problemami przy zaciskaniu pinu na izolacji. W katalogu widać, że istnieją piny na inne zakresy przekrojów przewodu. Wybieramy pin 08-50-0107 przeznaczony dla przewodów AWG22-AWG26, dla którego maksymalna średnica izolacji wynosi 1,65 mm, więc znacznie lepiej. Aby połączenie było kompletne należy dobrać obudowę i gniazdo do PCB.

Jak widać w urządzeniach elektronicznych zasilanych niskim napięciem, kryterium

maksymalnej rezystancji połączenia jest czasami znacznie ważniejsze niż maksymalny prąd pracy. Przy obliczeniach nie należy zapominać o rezystancji złącza, gdyż dla prostego zasilania (dwa przewody) mnoży się ona razy 4. Przy wybieraniu końcówki kablowej zwracamy uwagę na dopuszczalny zakres przekrojów przewodu, jak i izolacji.

Kolejnym elementem przy projektowaniu wiązki jest oznaczanie przewodów w wiązce. Najprostszym sposobem jest oczywiście wybór różnych kolorów izolacji. Obecnie paleta kolorów izolacji z reguły obejmuje 12 kolorów podstawowych oraz możliwość dołożenia paska innego koloru. Jednak jak pokazuje praktyka, bezpiecznie jest poruszać się w obrębie 6 podstawowych kolorów, gdyż czasami czas oczekiwania na przewód nietypowego koloru jest długi, zaś podstawowe kolory większość producentów ma na magazynie. Jeszcze dłużej czeka się na przewody



Rysunek 7. Tester wiązek kablowych wraz z tablicą krosową. (dzięki uprzejmości Sigma-Elektro)

kolorowe z paskiem. Nie bez znaczenia jest cena, która często dla przewodów o nietypowych kolorach jest wyższa.

Innym sposobem oznaczania przewodów jest oznaczanie ich końców. Można to robić przez nadruk, zakładanie specjalnych oznaczników, koszulek termokurczliwych z nadrukiem lub etykiety. Wybór sposobu oznaczania zależy głównie od ilości produkowanych przewodów, wymaganych parametrów, odporności na czynniki środowiskowe oraz łatwości obsługi np. serwisowej.

Nadruk stosuje się do wiązek produkowanych masowo. Obecnie stosuje się dwa rodzaje nadruku: termiczny oraz ink-jet. Nadruk termiczny polega na przeniesieniu przez gorące stemple barwnika ze specjalnej taśmy barwiącej na izolację przewodu. Dużą zaletą jest niski koszt urządzenia, jak i krótki czas programowania i ustawiania. Koszty podnosi dość droga taśma barwiąca, która jest materiałem jednorazowego użytku. Pewną wadą tego rozwiązania dla niektórych klientów jest ingerencja w izolację. W miejscu nadruku izolacja jest naruszona i może mieć zmienioną grubość, strukturę chemiczną na skutek działania wysokiej temperatury w momencie druku. Dla niektórych klientów jest to niedopuszczalne. Metoda ta jest stosowana przede wszystkim dla produkcji średnio seryjnej.

Metoda nadruku ink-jet jest obecnie coraz częściej stosowana. Stosuje się zarówno

nadruk na końcach przewodu, jak i nadruk na całej długości przewodu w wiązce. Ten drugi sposób ma dodatkową zaletę w postaci łatwej identyfikacji przewodu na całej jego długości, co w przypadku rozbudowanych, długich wiązek ułatwia ewentualny serwis.

Obecnie w motoryzacji coraz częściej stosuje się nadruk na całej długości przewodu oraz tylko jeden kolor przewodu. Pozwala to obniżyć koszty produkcji.

Wadą nadruku ink-jet jest jego średnia trwałość oraz w praktyce ograniczenie tylko do nadruków czarnych. Nadruki w innych kolorach są możliwe, jednak drukarki oraz atramenty są znacznie droższe niż czarne i bardziej kłopotliwe w użyciu.

Przykłady oznaczania przewodów pokazano na **rysunku 6**.

Testowanie i odbiór jakościowy

Aby ocenić wiązkę kablową należy sprawdzić:

- zgodność zastosowanych materiałów ze specyfikacją,
- wymiary i zachowanie geometrii zgodnie z dokumentacją,
- wykonanie połączeń – ocena wizualna (kryteria podano w poprzednich rozdziałach),
- sprawdzenie czy izolacja nie jest uszkodzona czy też pocieniona w jakimkolwiek przewodzie,

- sprawdzenie czy wszystkie żyły przewodu są zaciśnięte lub zalutowane (bardzo częsty błąd),
- wykonanie testu elektronicznego wszystkich połączeń,
- w szczególnych przypadkach, kiedy istnieją wątpliwości, wykonanie testów niszczących: siły zrywania i przekrojów.

W zasadzie wszystkie kryteria były już opisywane poza testem elektronicznym. Test elektroniczny wykonuje się za pomocą specjalnego testera, który testuje każde połączenie w wiązce (**rysunek 7**). Najczęściej urządzenia te testują wiązkę niskim napięciem 12 V i prądem ok. 10 mA. Specjalistyczne testery mogą sprawdzać wiązkę wysokim napięciem np. 600 V lub dużym prądem. Po teście możliwe jest wydrukowanie protokołu w postaci etykiety. Za pomocą testera wykrywane są zwarcia, rozswarcia, rezystancja połączenia odbiegająca od wzorca, zamiana kolejności pinów w złączu, test izolacji (w zakresie napięcia dostępnego dla danego testera).

Podsumowanie

W artykule opisano podstawowe zagadnienia z zakresu projektowania i produkcji wiązek kablowych. Ma być też narzędziem dla odbiorców wiązek dającym im możliwość weryfikacji otrzymanego produktu.

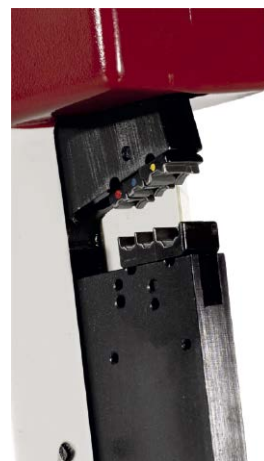
Krzysztof Bednarek
kbednarek168@gmail.com

► POLECANY PRODUKT

Prasa pneumatyczna serii UP14



WDT
WIRE PROCESSING SYSTEMS



Prasa pneumatyczna serii UP14, niewymagająca żadnego zasilania poza sprężonym powietrzem i przeznaczona do crimpowania kontaktów luzem. Urządzenie współpracuje z systemem szczęk WEZAG (ponad 10 000 dedykowanych profili, używanych także w ręcznych zaciskarkach serii CS30/CK100). Rozwiązanie bardzo praktyczne, stanowiące uzupełnienie do narzędzi ręcznych, z radialnym systemem zamykania szczęk, w bardzo korzystnej cenie – porównywalnej z ceną aplikatora.

Obróbka przewodów obejmuje:

- izolowane i nieizolowane oczka 0,25-16,0 mm²,
- izolowane i nieizolowane końcówki kablowe 0,14-50,00 mm²,
- złącza typu faston do 6,0 mm² i wiele innych.

 **Microdis**

Autoryzowany Dystrybutor: Microdis • www.microdis.net • poland@microdis.net • tel. +48 71 3010400