

Zaciskanie przewodów i montaż w szafach sterowniczych

1. Zasada nadrzędna: połączenie ma być elektryczne i mechaniczne

Dobre zakończenie przewodu musi jednocześnie zapewniać małą rezystancję styku, stabilny docisk, odporność na drgania oraz brak ryzyka zwarcia z sąsiednim zaciskiem. Sam estetyczny wygląd nie wystarcza.

- **BŁĄD:** Pracuj wyłącznie na obwodzie bez napięcia, zabezpieczonym przed przypadkowym załączeniem i sprawdzonym odpowiednim miernikiem.
- **DOBRCZE:** Końcówkę dobiera się do przekroju i konstrukcji żyły, a matrycę zaciskarki - do typu końcówki.
- **DOBRCZE:** Po zaciskaniu wykonaj kontrolę wzrokową i próbę lekkiego pociągnięcia przewodu.
- **BŁĄD:** Nie poprawiaj zacisku kombinerkami, młotkiem ani przypadkową matrycą.



Przykład uporządkowanych zacisków, oznaczników żył i tulejek. Docelowy efekt pracy powinien być czytelny i powtarzalny.

Ważne: wymagania producenta aparatu mają pierwszeństwo. Nie każdy zacisk wymaga tulejki i nie każdy dopuszcza dwa przewody. Zawsze sprawdź zakres przekrojów, typ żyły i długość odizolowania w danych aparatu.

2. Narzędzia - każde ma określone zadanie



Zaciskarka zapadkowa do końcówek izolowanych / wybranych typów końcówek.



Zaciskarka do tulejek z matrycą formującą zacisk dookoła tulejki.

Mechanizm zapadkowy nie jest ozdobą. W poprawnie ustawionym narzędziu wymusza wykonanie pełnego cyklu zaciskania, dzięki czemu nacisk jest bardziej powtarzalny. Jeśli narzędzie puszcza za wcześnie, zacisk może być niedociśnięty; jeśli wymaga nadmiernej siły, końcówka lub matryca mogą być źle dobrane.

- **BŁĄD:** Nie używaj zaciskarki do tulejek do końcówek oczkowych tylko dlatego, że końcówka „mieści się w szczękach”.
- **DOBRE:** Matryca powinna obejmować część zaciskową końcówki, nie jej izolację ani część stykową.

3. Zdejmowanie izolacji - pierwszy etap jakości zacisku



Ściągacz z regulacją długości / nastawy. Ustawienie należy dopasować do przewodu i długości metalowej tulejki.



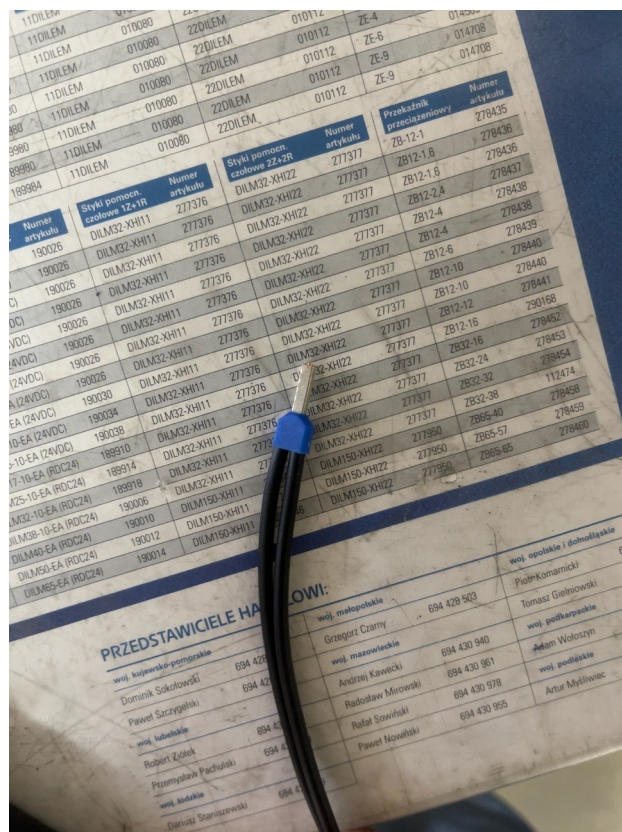
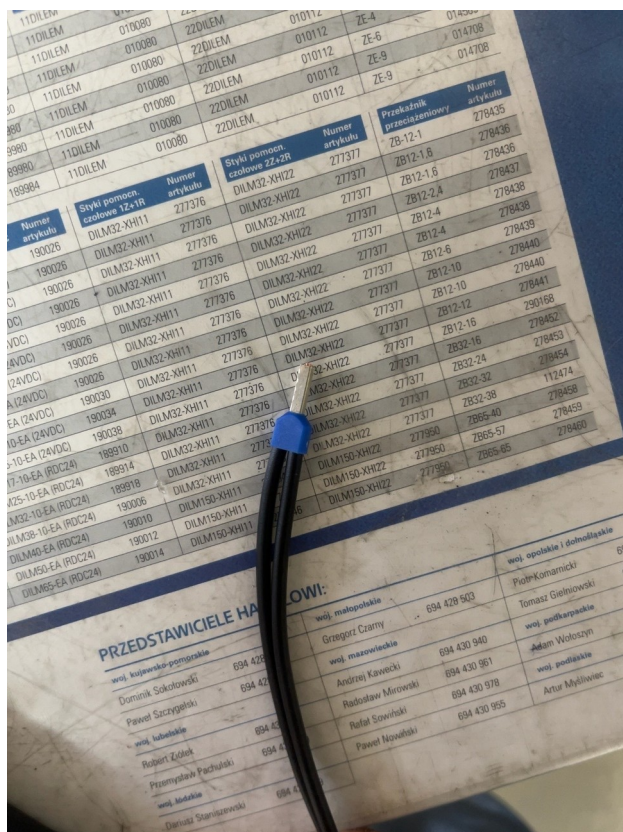
Automatyczne ściągacze ułatwiają powtarzalne przygotowanie wielu żył.

Izolację trzeba zdjąć bez nacinania drucików linki. Uszkodzone pojedyncze druciki zmniejszają efektywny przekrój, osłabiają połączenie mechaniczne i mogą się odłamać podczas zaciskania.

- **DOBRE:** Przed serią pracy wykonaj próbę na odcinku odpadowym.
- **BŁĄD:** Jeżeli po zdjęciu izolacji widać nacięcia, spłaszczenia lub brakuje drucików - odetnij uszkodzony fragment i wykonaj operację ponownie.
- **BŁĄD:** Nie skręcaj mocno linki palcami. Utrudnia to równomierne wypełnienie tulejki i może ukryć odstające druciki.

Praktyka: długość odizolowania dobierz do części metalowej tulejki i do instrukcji zacisku. W wielu aparatach długość jest podana bezpośrednio na obudowie lub w karcie katalogowej.

4. Tulejka pojedyncza i podwójna



Porównanie tulejki podwójnej (większy kołnierz) i pojedynczej.

Dwa przewody przygotowane w jednej tulejce podwójnej.

Tulejka pojedyncza służy do zakończenia jednej żyły linkowej. Tulejka podwójna (TWIN) służy do wspólnego zakończenia dwóch żył, np. przy kontynuacji potencjału. Nie zastępuje ona automatycznie mostka systemowego i można jej użyć tylko wtedy, gdy zacisk aparatu dopuszcza dwa przewody oraz łączny przekrój.

- **DOBRE:** Oba przewody powinny wejść do metalowej części na pełną długość.
- **DOBRE:** Dwa przewody nie muszą zawsze mieć identycznego przekroju, ale kombinacja przekrojów musi być dopuszczona dla tulejki, matrycy i zacisku. W praktyce najbezpieczniej stosować zestaw jednoznacznie przewidziany przez producenta.
- **BŁĄD:** Nie wciskaj dwóch przewodów do tulejki pojedynczej.

Termin „twarda” i „miękka” tulejka: w warsztatach bywa używany nieformalnie. Może oznaczać grubość ścianki, sztywność materiału albo efekt po zaciskaniu. Technicznie należy kierować się typem końcówki, przekrojem, długością części metalowej, normą/serią producenta i odpowiednim profilem zacisku - nie samym potocznym określeniem.

5. Długość odizolowania - błędy, które widać od razu

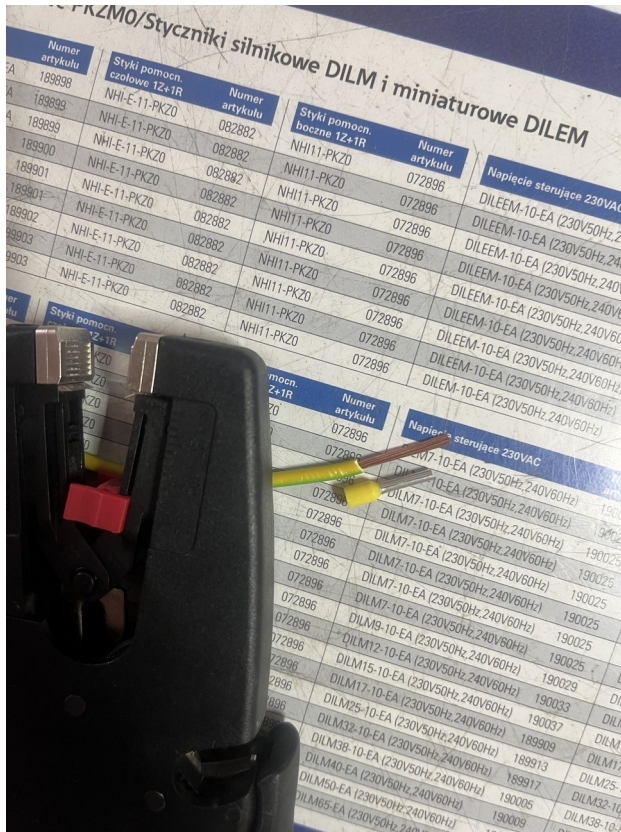


Przykład zbyt krótkiego odizolowania: żyła nie wypełnia metalowej części tulejki na pełną długość.

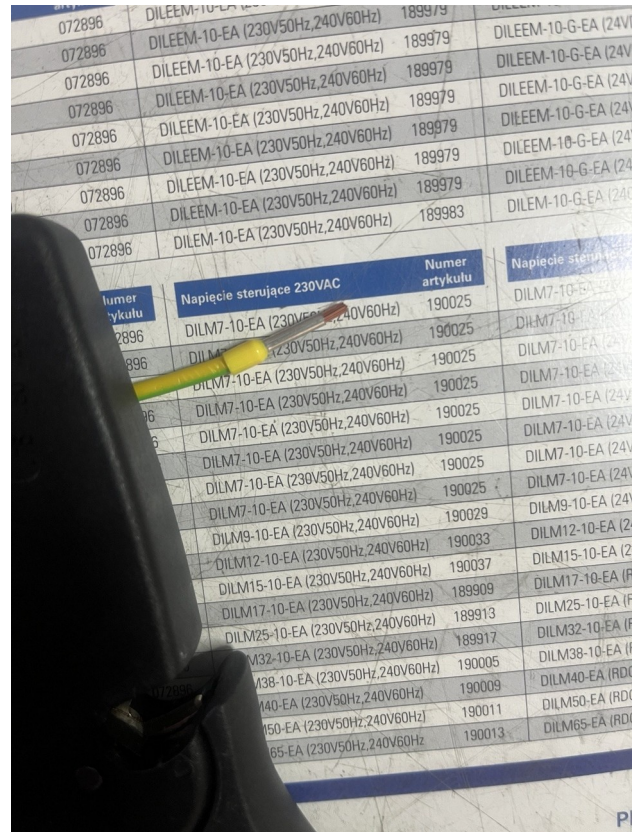
Gdy odizolowany odcinek jest za krótki, tulejka może zaciskać się częściowo na izolacji albo nie obejmować wystarczającej długości miedzi. Połączenie może wyglądać poprawnie z zewnątrz, ale mieć gorszą wytrzymałość i mniejszą powierzchnię styku.

- **DOBRE:** Izolacja przewodu powinna dochodzić do kołnierza, ale nie powinna wchodzić pod metalową część zaciskaną.

6. Zbyt długie odizolowanie i wystające druciki



Żyły wystaje przed tulejkę - przykład nieprawidłowy.



Zbyt długi odizolowany odcinek pozostawia odsłoniętą miedź za kołnierzem.

Wystające żyły lub odsłonięta miedź są niedopuszczalne, jeśli mogą znaleźć się poza strefą zacisku. Zwiększają ryzyko dotknięcia sąsiedniego potencjału, zwarcia oraz uszkodzenia podczas montażu.

- **DOBRE:** Po wsunięciu przewodu wszystkie druciki muszą znajdować się w tulejce.
- **BŁĄD:** Nie przycinaj pojedynczych wystających drucików „na gotowo”. Odetnij końcówkę i przygotuj przewód ponownie.
- **BŁĄD:** Jeżeli miedź jest widoczna między izolacją przewodu a kołnierzem, długość odizolowania jest zbyt duża.

Kontrola: obejrzyj końcówkę z boku i od czoła przed zaciskaniem. Po zaciśnięciu sprawdź, czy żaden drucik nie wysunął się z tulejki.

7. Co ocenić po zaciśnięciu tulejki

Numer artykułu	Styki pomocn. czolowe 1Z+1R	Numer artykułu	Styki pomocn. czolowe 2Z+2R	Numer artykułu	Przebieżnik przeciętny	Numer artykułu
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB-12-1	278435
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-1.6	278436
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-1.6	278437
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-2.4	278438
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-4	278439
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-6	278440
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-10	278441
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-12	278442
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-16	278443
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-24	278444
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-32	278445
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-38	278446
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-40	278447
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-57	278448
190026	DILM32-XH11	277376	DILM32-XH12	277377	ZB12-65	278449

PRZEDSTAWICIELE HARTOWI:		woj. opolskie i dolnośląskie
woj. kujawsko-pomorskie	694 428 503	Piotr Komarnicki
woj. łódzkie	694 430 940	Tomasz Gielniowski
woj. lubelskie	694 430 961	Adam Wołoszyn
woj. mazowieckie	694 430 978	woj. podkarpackie
woj. śląskie	694 430 955	Artur Myśliwiec

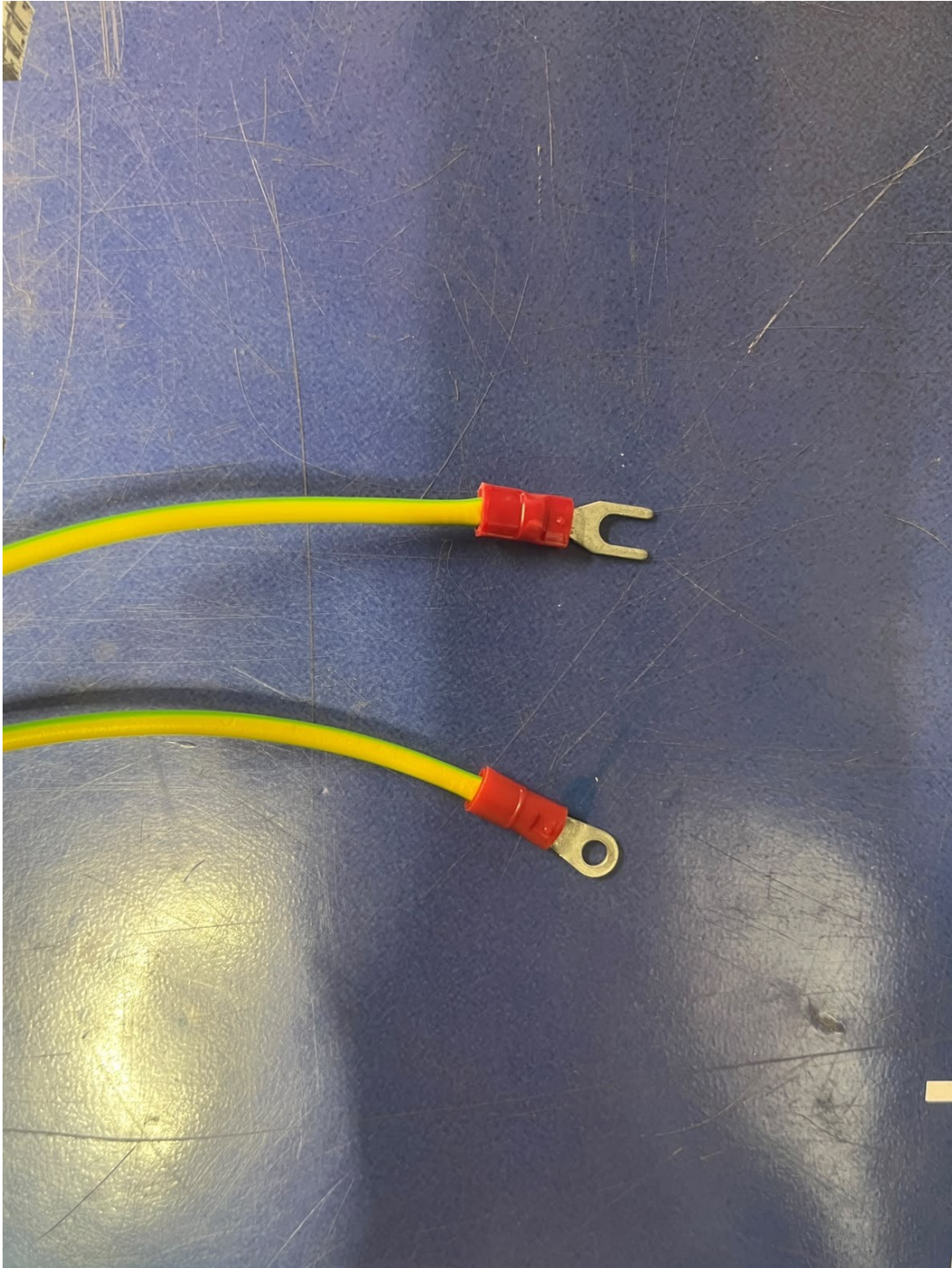
Tulejki pojedyncza i podwójna - przykład do porównania kształtu kołnierza i części metalowej.

Poprawny zacisk powinien być równomierny, bez pęknięć tulejki, bez „skrzydeł” metalu i bez przecięcia żyły. Tulejka nie może obracać się ani zsuwać przy lekkim pociągnięciu. Profil kwadratowy, trapezowy lub sześciokątny może być poprawny - zależy od systemu zaciskowego oraz geometrii zacisku aparatu.

- **DOBRE:** Zacisk wykonany pełnym cyklem narzędzia.
- **DOBRE:** Kołnierz izolacyjny nie został zmiażdżony matrycą przeznaczoną dla części metalowej.
- **DOBRE:** Brak ostrych krawędzi i naderwań.
- **BŁĄD:** Tulejka nie jest zgnieciona „na płasko” przypadkowymi szczypcami.

Uwaga o kolorach: kolor kołnierza często wskazuje przekrój, ale istnieją różne systemy kolorystyczne (np. DIN i francuski). Koloru nie wolno traktować jako jedynej metody identyfikacji - sprawdź oznaczenie opakowania lub wymiar tulejki.

8. Końcówki widelkowe i oczkowe



Końcówka widelkowa i oczkowa na przewodzie ochronnym - dwie różne geometrie części stykowej.

Końcówka oczkowa otacza śrubę na całym obwodzie i jest odporna na zsunięcie po poluzowaniu. Końcówka widelkowa pozwala na montaż bez całkowitego wykręcania śruby, ale wymaga prawidłowego kierunku wsunięcia i odpowiedniego docisku.

- **DOBRZE:** Dobierz średnicę otworu lub widełek do śruby oraz część zaciskową do przekroju przewodu.
- **DOBRZE:** Część stykowa musi leżeć płasko na powierzchni przewodzącej.
- **BŁĄD:** Nie zaciskaj końcówki na izolacji ani na niepełnej liczbie drucików.

W przypadku przewodu PE stosuj końcówki i sposób montażu zapewniające trwałość połączenia. Miejsce styku z metalem musi być przewodzące; farba, luźne podkładki i zabrudzenia pogarszają połączenie.

9. Końcówki do większych przekrojów



Przewód PE z końcówką oczkową oraz przewód z końcówką miedzianą rurową.



Zbliżenie części zaciskowej i izolacji termokurczliwej.

Końcówki rurowe do większych przekrojów wymagają prasy i matryc przeznaczonych dla konkretnego systemu. Napis lub numer na matrycy powinien odpowiadać przekrojowi przewodu i typowi końcówki. Połączenie często zabezpiecza się koszulką termokurczliwą, ale koszulka nie naprawi złego zacisku.

- **DOBRE:** Sprawdź pełne wsunięcie żyły do końcówki przed prasowaniem.
- **DOBRE:** Wykonaj liczbę zaprasowań i ich rozmieszczenie zgodnie z instrukcją producenta.
- **BŁĄD:** Nie dobieraj matrycy „na oko”.
- **BŁĄD:** Przy przewodach aluminiowych obowiązują inne końcówki, przygotowanie powierzchni i zasady niż przy miedzi.

10. Mostki i rozdział potencjałów

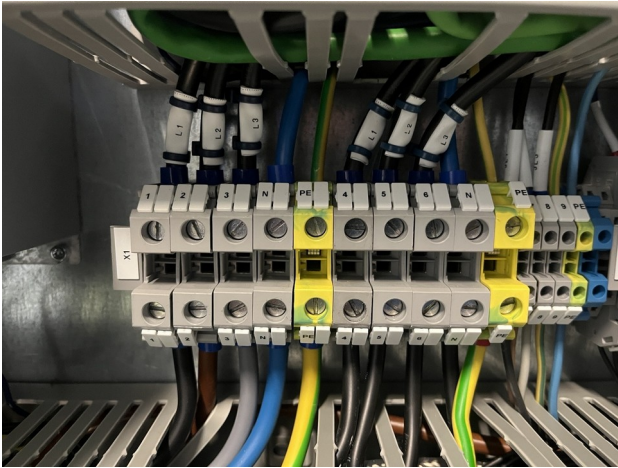


Krótki mostek przewodowy zakończony tulejkami. Może być używany tylko tam, gdzie sposób mostkowania i obciążalność są właściwe dla zacisków.

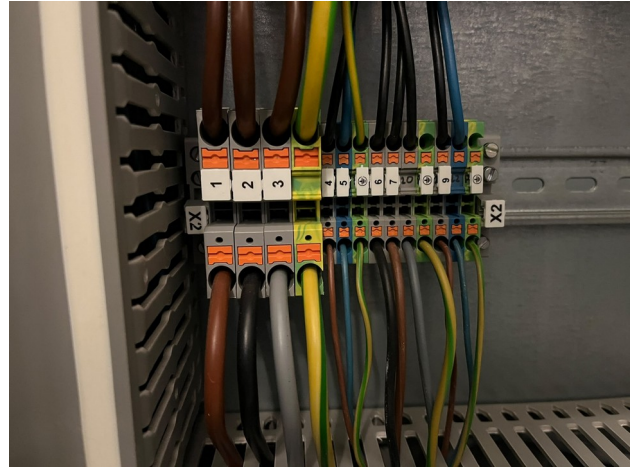
Do rozdziału +24 VDC, 0 VDC lub innych potencjałów najlepiej stosować mostki systemowe producenta listwy zaciskowej, jeśli są dostępne. Zapewniają one znaną obciążalność, stałą geometrię i czytelność. Mostek przewodowy jest rozwiązaniem dopuszczalnym tylko po poprawnym doborze przekroju, końcówek i liczby przewodów w zacisku.

- **DOBRE:** Mostek powinien mieć przekrój dobrany do spodziewanego prądu całej gałęzi, nie tylko jednego odbiornika.
- **BŁĄD:** Nie wkładaj przypadkowo dwóch tulejek do zacisku przeznaczonego dla jednego przewodu.

11. Zaciski śrubowe i zaciski Push-In



Zaciski śrubowe o większym przekroju - żyły L1, L2, L3, N i PE.

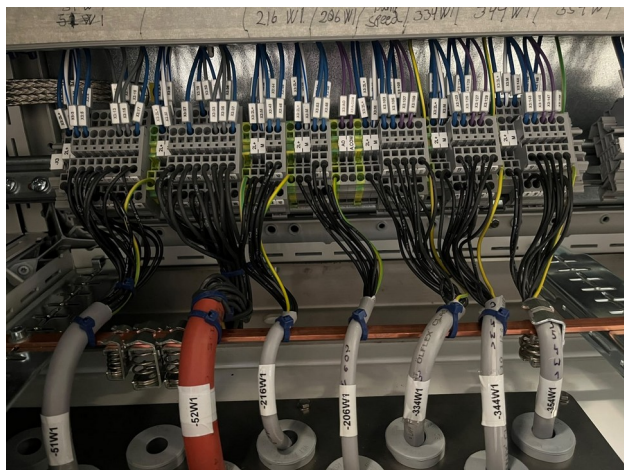


Zaciski sprężynowe/Push-In z pomarańczowymi elementami obsługowymi.

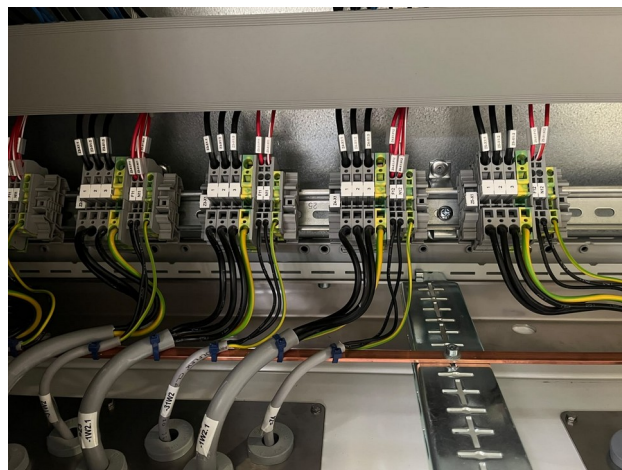
W zacisku śrubowym przewód jest dociskany mechanicznie śrubą; w Push-In siłę zapewnia sprężyna. Oba rozwiązania mogą być bardzo dobre, ale wymagają przestrzegania danych producenta. Dla linki tulejka jest zwykle praktycznym i bezpiecznym zakończeniem, jednak część zacisków sprężynowych dopuszcza linkę bez tulejki po otwarciu sprężyny - trzeba to zweryfikować w dokumentacji.

- **DOBRZE:** W zacisku śrubowym dokręcaj momentem wskazanym przez producenta, szczególnie przy aparatach mocy.
- **BŁĄD:** W Push-In nie wciskaj przewodu siłą, gdy jego przekrój lub końcówka nie mieści się w zakresie zacisku.
- **DOBRZE:** Połączenia PE wykonuj na zaciskach ochronnych połączonych konstrukcyjnie z szyną DIN/płytą zgodnie z systemem producenta.

12. Przykłady prawidłowo opisanych listew zaciskowych



Rozdział przewodów wielożyłowych na listwie; widoczne opisy przewodów i zacisków.



Powtarzalny układ grup L/N/PE oraz uporządkowane wyjścia kablowe.



Czytelne oznaczenia zacisków i żył ułatwiają uruchomienie, diagnostykę i serwis.

Oznacznik przewodu powinien odpowiadać schematowi, a oznacznik zacisku - numeracji listwy. Dobre oznakowanie pozwala serwisantowi zidentyfikować sygnał bez „śledzenia kabla na oko”.

- **DOBRE:** Oznaczniki są czytelne z kierunku pracy serwisanta.
- **DOBRE:** Nie przykrywają miejsca zacisku i nie wpadają do kanału w sposób utrudniający odczyt.
- **DOBRE:** Kolory żył pomagają, ale nie zastępują oznaczeń i schematu.

13. Przełączniki interfejsowe i okablowanie sygnałowe



Przełączniki/interfejsy z zaciskami sprężynowymi i opisanymi przewodami.

W obwodach sygnałowych liczy się powtarzalność przygotowania krótkich żył. Za długa tulejka może nie wejść do końca w zacisk, a za krótka nie zostanie właściwie objęta sprężyną. W ciasnych rzędach szczególnie ważne jest, aby nie pozostawiać odsłoniętej miedzi.

- **DOBRZE:** Stosuj jednolitą długość odizolowania dla danego typu aparatu.
- **DOBRZE:** Nie wyginaj przewodu bezpośrednio przy wyjściu z tulejki - pozostaw łagodny promień.
- **DOBRZE:** Przewody prowadź tak, aby nie zasłaniały diod i opisów aparatu.

14. Moduły PLC i złącza Push-In



Modułowy system I/O Allen-Bradley z gęstym okablowaniem sygnałowym.



System Siemens ET 200SP z modułami I/O i wtykowymi zaciskami.

Przy sterownikach i wyspach I/O występują małe zaciski oraz duża liczba przewodów. Najważniejsze są: właściwy przekrój, właściwa długość tulejki, czytelny opis i odciążenie przewodów. Zbyt gruba tulejka lub tulejka podwójna może mechanicznie uszkodzić złącze albo uniemożliwić pełne wsunięcie.

- **DOBRE:** Przed zaciskaniem sprawdź zakres przekrojów konkretnego terminala I/O.
- **BŁĄD:** Nie zakładaj, że wszystkie moduły w jednej rodzinie mają identyczne zaciski.
- **DOBRE:** Wiązki spinaj umiarkowanie; opaska nie może odkształcać izolacji ani przenosić naprężenia na złącze.

15. Końcowa kontrola połączenia - checklista montażysty

Etap	Pytanie kontrolne
Dobór	Czy końcówka odpowiada typowi żyły, przekrojowi i zaciskowi aparatu?
Odizolowanie	Czy nie uszkodzono drucików i czy długość jest właściwa?
Wsunięcie	Czy wszystkie druciki weszły do końcówki i izolacja dochodzi do kołnierza?
Zacisk	Czy użyto właściwej matrycy i wykonano pełny cykl?
Kontrola	Czy brak pęknięć, ostrych krawędzi, odsłoniętej miedzi i luzu?
Montaż	Czy przewód jest wsunięty do końca, a śruba dokręcona wymagany momentem?
Oznaczenie	Czy opis żyły i zacisku zgadza się ze schematem?
Trasa	Czy przewód ma łagodny promień, nie jest naciągnięty i nie zasłania aparatu?

Jeżeli na którekolwiek pytanie odpowiedź brzmi „nie wiem”, nie zgaduj. Sprawdź dane producenta zacisku, końcówki i narzędzia albo skonsultuj się z doświadczonym monterem.

Zasada dobrego automatyka: połączenie, które „jakoś trzyma”, nie jest połączeniem sprawdzonym. Jakość to powtarzalny proces: dobór - przygotowanie - zaciskanie - kontrola - dokumentacja.

16. Najczęstsze błędy początkujących - podsumowanie

- **BŁĄD:** Zła długość odizolowania: za krótka lub za długa.
- **BŁĄD:** Uszkodzenie drucików podczas zdejmowania izolacji.
- **BŁĄD:** Próba zmieszczenia dwóch przewodów w tulejce pojedynczej.
- **BŁĄD:** Dobór tulejki wyłącznie po kolorze kołnierza.
- **BŁĄD:** Użycie niewłaściwej zaciskarki lub części matrycy.
- **BŁĄD:** Niepełny cykl zaciskania i brak próby pociągnięcia.
- **BŁĄD:** Wystająca miedź albo pojedyncze druciki.
- **BŁĄD:** Włożenie końcówki do zacisku tylko częściowo.
- **BŁĄD:** Brak kontroli momentu dokręcenia w zaciskach śrubowych.
- **BŁĄD:** Brak oznaczników lub oznaczenia niezgodne ze schematem.



Przykład, w którym jakość pojedynczych zacisków przekłada się na niezawodność całego systemu I/O.

Poradnik opisuje dobre praktyki warsztatowe. Ostateczne wymagania należy zawsze zweryfikować w instrukcji producenta urządzenia, zacisku, końcówki i narzędzia zaciskowego.