

# INSTRUKCJA OBSŁUGI

## DTR

Czujniki termoelektryczne i rezystancyjne  
z wymiennym wkładem pomiarowym



## Czujniki termoelektryczne i rezystancyjne z wymiennym wkładem pomiarowym

Typ czujnika	Materiał osłony*	Maksymalny zakres pomiarowy**	Sposób mocowania	Średnica osłony	Stopień ochrony obudowy
TOPGB..	1.4541, 1.4404	-200..+150°C	spawany króciec gwintowany	Ø6, Ø8, Ø9, Ø10, Ø11, Ø12, Ø15	B – IP55 BEG – IP65 NA – IP65 DAN – IP65 DANW – IP65
TTJGB.., TTKGB..		-40..+150°C			
TOPGN..		-200..+600°C		Ø6, Ø8, Ø9, Ø10	
TTJGN..		-40..+700°C			
TTKGN..		-40..+800°C			
TOPG..		-200..+600°C		Ø12, Ø15	
TTJG..		-40..+700°C			
TTKG..		-40..+800°C			
TOPGS..	1.4541 z powłoką CrC	-200..+600°C	spawany króciec kołnierkowy	Ø15, Ø17.2	
TTJGS..		-40..+700°C			
TTKGS..		-40..+800°C			
TOPT..	1.4541, 1.4404	-200..+600°C	spawany króciec kołnierkowy	Ø6, Ø8, Ø9, Ø10, Ø11, Ø12, Ø15	
TTJT..		-40..+700°C			
TTKT..		-40..+800°C			
TOPP..	1.4541, 1.4404	-200..+600°C	zacisk przesuwny UG, UZ	Ø6, Ø8, Ø9, Ø10, Ø11, Ø12, Ø15	
TTJP..		-40..+700°C			
TTKP..		-40..+800°C			
TOPSW..	1.7335	0..+540°C	wiercona osłona do wspawania	Ø18, Ø24, Ø26	
	1.7380	0..+570°C			
TTJSW.., TTKSW..	1.7335	0..+540°C			
	1.7380	0..+570°C			
TOPSWT..	1.4541, 1.4404	-200..+600°C	wiercona osłona z króćcem kołnierkowym	do uzgodnienia	
TTJSWT..		-40..+700°C			
TTKSWT..		-40..+800°C			
TOPSWG..		-200..+600°C	wiercona osłona z króćcem gwintowanym	do uzgodnienia	
TTJSWG..		-40..+700°C			
TTKSWG..		-40..+800°C			
TOPWS..	materiał osłony wkładu pomiarowego	-200..+600°C	dystans z króćcem gwintowanym i wkładem	średnica wkładu Ø3, Ø4.5, Ø6	
TTJWS..		-40..+700°C			
TTKWS..		-40..+800°C			
TTJU..	1.4841	-40..+700°C	zacisk przesuwny UG, UZ	Ø15, Ø22	
TTKU..	1.4841	-40..+1150°C			
		1.4762	-40..+1200°C		
W1P..	1.4541	-200..+600°C	w osłonie z głowicą przyłączeniową	Ø3, Ø4.5, Ø6	
W2J..		-40..+700°C			
W2K..	2.4816	-40..+1150°C			
W4J..	izolatory ceramiczne	-40..+700°C	w osłonie z głowicą przyłączeniową	12x8, Ø16	
W4K..		-40..+1200°C			

\* Inne materiały dostępne na życzenie klienta

\*\* Maksymalny zakres pomiarowy RTD zależy od użytego rezystora termometrycznego i może wynosić -50..+550°C lub -200..+600°C

## 1. Bezpieczeństwo

Informacje dotyczące naszych produktów i urządzeń a także naszych instalacji i procesów technologicznych są wynikami obszernych prac badawczo - naukowych i doświadczenia użytkowników. Przekazujemy te wyniki, nie przejmując równocześnie odpowiedzialności, wykraczającej poza zasięg treści każdej pojedynczej umowy, w formie ustnej i pisemnej według naszej najlepszej wiedzy. Równocześnie zastrzegamy sobie jednak możliwość wprowadzenia zmian technicznych, wynikających z rozwoju produktów.

Oprócz tego nasz Dział Technologii Użytkowej stoi na życzenie Państwa do dyspozycji w kwestii dalszych porad, a także współdziałania w poszukiwaniu rozwiązań w zakresie problematyki produkcyjnej i technologii użytkowania.

Fakt ten nie zwalnia jednak użytkownika od jego obowiązku sprawdzenia naszych informacji i poleceń przed każdorazowym zastosowaniem w zakresie przydatności.

Fakt ten obowiązuje w szczególności dla dostaw zagranicznych w zakresie przestrzegania praw ochronnych osób trzecich, a także użycia i sposobów postępowania, które nie zostały przez nas przedstawione stanowczo w formie pisemnej.

W przypadku szkody nasza odpowiedzialność ogranicza się do świadczeń odszkodowawczych, przewidzianych dla wad jakości i przedstawionych w naszych Ogólnych Warunkach Sprzedaży i Dostawy.

### 1.1 Informacje ogólne dotyczące bezpieczeństwa

W rozdziale pt. "Bezpieczeństwo" zostają przedstawione aspekty bezpieczeństwa, które należy uwzględnić w zakresie eksploatacji urządzenia.

Urządzenie to zostało skonstruowane z uwzględnieniem tymczasowo obowiązujących zasad techniki i jest pewne w eksploatacji. Urządzenie zostało sprawdzone i opuściło zakład jako bezpieczne pod względem technicznym. Aby zapewnić bezpieczeństwo podczas eksploatacji należy przestrzegać wskazań niniejszej instrukcji.

Należy koniecznie przestrzegać ogólnych przepisów dotyczących bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń. Oprócz tych ogólnych informacji poszczególne rozdziały niniejszej instrukcji zawierają także opisy i instrukcje działania wraz z konkretnymi wskazaniem dotyczącymi bezpieczeństwa.

Przestrzeganie wszystkich wskazań i instrukcji dotyczących bezpieczeństwa umożliwi ochronę personelu i otoczenia naturalnego przed zagrożeniami i umożliwi bezpieczną i bezzakłócenową eksploatację tego urządzenia.

### 1.2 Zastosowanie zgodne z przeznaczeniem

Czujniki temperatury stosuje się w zakresie pomiaru temperatury w różnego rodzaju zastosowaniach procesowych. Termometry oporowe względnie termoelementy mogą zostać zastosowane wraz z lub bez rury ochronnej.

### 1.3 Techniczne wartości graniczne

Urządzenie przeznaczone jest wyłącznie do zastosowania w obrębie technicznych wartości granicznych, podanych na tabliczkach identyfikacyjnych i kartach katalogowych.

Należy przestrzegać następujących wartości granicznych:

- Nie wolno przekraczać maksymalnej temperatury roboczej.
- Nie wolno przekraczać dopuszczalnej temperatury otoczenia.
- Należy przestrzegać zasad rodzaju zabezpieczenia korpusu.

## 1.4 Postanowienia gwarancyjne

Zastosowanie niezgodne z przeznaczeniem, nie dostosowanie się do niniejszej instrukcji, zastosowanie personelu bez wystarczających kwalifikacji a także samowolne manipulacje wykluczają odpowiedzialność producenta za szkody, powstałe z tego powodu. Rękojmia producenta gaśnie.

## 1.5 Obowiązki użytkownika

- Przed zastosowaniem korozyjnych i abrazyjnych materiałów pomiarowych użytkownik musi upewnić się o odporności odpowiednich elementów konstrukcji, mających kontakt z tymi materiałami. Firma TERMOAPARATURA chętnie udzieli pomocy w kwestii wyboru, nie może przejmować jednak żadnej odpowiedzialności.
- Przestrzegać przede wszystkim obowiązujących w kraju użytkownika krajowych przepisów dotyczących kontroli działania, naprawy i konserwacji sprzętu elektrycznego.

## 1.6 Kwalifikacje personelu

Instalację, uruchomienie i konserwację wykonywać może jedynie przeszkolony personel, autoryzowany w tym celu przez użytkownika instalacji. Personel ten musi przeczytać i zrozumieć niniejszą instrukcję obsługi oraz przestrzegać jej wskazówek.

## 1.7 Wskazówki odnośnie bezpieczeństwa w zakresie transportu

Należy przestrzegać następujących wskazań:

- Nie wystawiać urządzenia podczas transportu na działanie wilgoci. Urządzenie należy odpowiednio opakować.
- Urządzenie należy opakować w taki sposób, aby zostało podczas transportu chronione przed wstrząsami, przykładowo przy pomocy opakowania z pęcherzykami powietrznymi.

Przed instalacją urządzenia należy sprawdzić je pod kątem możliwych uszkodzeń, mogących powstać na skutek niefachowego transportu. Szkody, powstałe na skutek transportu, muszą zostać odnotowane w dokumentach przewozowych. Wszelkich roszczeń o odszkodowanie należy niezwłocznie dochodzić w stosunku do spedytora – jeszcze przed zainstalowaniem.

## 1.8 Wskazówki odnośnie bezpieczeństwa w zakresie instalacji elektrycznej

Podłączenie elektryczne tego urządzenia może zostać wykonane jedynie przez autoryzowanych elektryków według planów elektrycznych.

Należy przestrzegać wskazań niniejszej instrukcji odnośnie podłączenia elektrycznego, w innym przypadku może zostać naruszony rodzaj zabezpieczenia elektrycznego.

Bezpieczne odseparowanie obwodów elektrycznych niebezpiecznych pod kątem dotyku zostaje jedynie wtedy zapewnione, jeżeli podłączone urządzenia spełniają wymogi normy VDE 0106 T.101 (wymogi podstawowe bezpiecznych separacji).




W kwestii bezpiecznej separacji przewody doprowadzające układać oddzielnie od obwodów elektrycznych niebezpiecznych pod kątem dotyku lub dodatkowo izolować.

## 2. Konstrukcja i sposób działania

### 2.1 Informacje ogólne

Dostarczane przez nas termometry to termometry w całości gotowe do użytku względnie zabudowania.

Te termoelementy i termometry oporowe są urządzeniami bardzo czułymi, zawierającymi ewentualnie wewnętrzne elementy konstrukcji ze szkła lub ceramiki. Należy obchodzić się z nimi ze stosowną ostrożnością.

- 
 Podczas dostawy termometrów należy zwrócić uwagę na to, aby zostały wypakowane wszystkie ewentualnie luźno zapakowane elementy.
- 
 Długie termometry należy wspierać w kilku miejscach i podnosić je i transportować w odpowiedni sposób. Należy podczas montażu pracować także z odpowiednią starannością.
- 
 Przed zamontowaniem należy termometry odpowiednio sprawdzić (patrz 5.1) w celu wykluczenia szkód, mogących powstać podczas transportu.

Podstawowym elementem czujników jest rezystancyjny lub termoelektryczny wkład pomiarowy w osłonie zewnętrznej, którego zaciski osłonięte są głowicą, wykonaną ze stopu aluminium. Osłony zewnętrzne posiadają różnego rodzaju przyłącza procesowe (gwintowane, przesuwne zaciskowe, kołnierzone, itd.). Wewnątrz wkładu znajduje się rezystor termometryczny lub termoelement połączony z zaciskami zewnętrznymi kostki zaciskowej lub przetwornika 4-20 mA.

Element pomiarowy wkładu reaguje na zmianę temperatury ośrodka zmianą rezystancji (rezystor termometryczny) lub siły elektromotorycznej SEM (termoelement). Zmiany te są zgodne z charakterystykami termometrycznymi określonymi w normach:

- dla rezystorów termometrycznych Pt100                      PN-EN 60751
- dla termoelementów    PN-EN 60584

Podstawowe dane techniczne:	
Typ rezystora termometrycznego	1x lub 2xPt100, Pt500, Pt1000 klasa A lub B zgodnie z PN-EN 60751 1x lub 2xNi100, Ni500, Ni1000 klasa B zgodnie z DIN 43760
Rodzaj linii przyłączeniowej rezystora	2-, 3-, 4-przewodowa
Typ termopary	1x lub 2xFe-CuNi (J) 1x lub 2xNiCr-Ni (K) 1x lub 2xNiCrSi-NiSi (N) klasa 1 lub 2 zgodnie z PN-EN 60584-2
Maksymalny zakres pomiarowy	-200..+600°C dla Pt100 -40..+700°C dla J -40..+1200°C dla K, N
Typ spiny pomiarowej	odizolowana (SO, SOB) lub uziemiona (SP)
Dopuszczalna temperatura głowicy	+100°C (uszczelka gumowa)
Stopień ochrony obudowy	IP54    głowica MA IP55    głowica B IP65    głowice BEG, NA, DAN, DANW
Wymiar dławika	M16x1.5    dla głowicy MA M20x1.5    dla głowic B, BEG, NA, DAN, DANW

## 2.1 Termoelementy

Termoelementy mogą składać z 1, 2 i czasami nawet 3 termoogniw. Spoina pomiarowa termoelementu jest najczęściej izolowana, może jednak także zostać połączona z obudową.

Połączenie pomiędzy termoelementem i urządzeniem pomiarowym jest wykonane przez przewód kompensacyjny. Należy koniecznie podłączać przewody kompensacyjne dostosowane do tych termoelementów o poprawnej biegunowości. Przewody te należy układać w odstępnie przynajmniej 0,5 m od linii zasilających, najlepiej we własnych kanałach kablowych. Skręcane i osłonięte przewody ograniczają zakłócenia magnetyczne i elektryczne. Na kostce zaciskowej biegun dodatni oznaczony jest czerwoną kropką.

## 2.2 Termometry oporowe

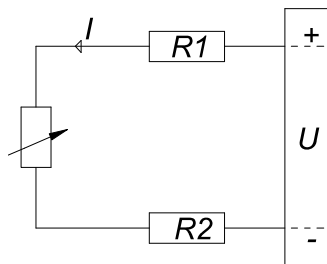
Termometry oporowe mogą składać z 1, 2 i czasami nawet 3 oporników pomiarowych. Połączenie pomiędzy termometrem oporowym i urządzeniem pomiarowym wykonuje się najczęściej w układzie 2 - przewodowym (oporność przewodów zostaje po rozliczeniu i zmianie wprowadzona do pomiaru). W zakresie pomiarów dokładnych stosuje się układy 3 - przewodowe, a w zakresie pomiarów o wysokiej dokładności układy 4 - przewodowe z prądem stałym i wielkooporowym poborem napięcia.

Należy układać dostępne w handlu przewody miedziane o przekroju  $1,5 \text{ mm}^2$ , w miarę możliwości z odstępem na poziomie 0,5 m od linii zasilających, najlepiej we własnych kanałach kablowych. Skręcane i osłonięte przewody ograniczają zakłócenia magnetyczne i elektryczne.

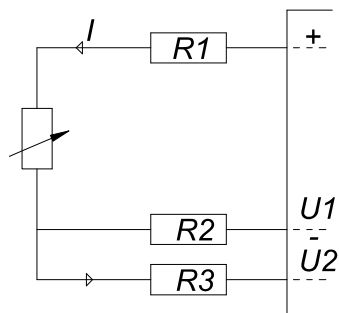
Nie wolno przekraczać zalecanych przez producenta prądów pomiarowych 0,1 mA ... 10 mA w zależności od wykonania (błąd wynikający z samonagrzewania).

### Sposoby łączenia z urządzeniami peryferyjnymi:

- Linia 2-przewodowa.  
 Połączenie 2-przewodowe czujnika stosuje się w przypadkach kiedy nie jest wymagana wysoka dokładność pomiaru. Rezystancja linii  $R1 + R2$  wprowadza błąd pomiaru wynoszący dla Pt100 około  $2.6^\circ\text{C}$  na jeden  $\Omega$  rezystancji przewodu, dla Pt1000 około  $0.26^\circ\text{C}$  na jeden  $\Omega$  rezystancji przewodu.



- Linia 3-przewodowa.  
Połączenie rezystora z urządzeniami linią trzyprzewodową ma największe zastosowanie w przemyśle z uwagi na automatyczną kompensację zmian rezystancji w zależności od temperatury, jak również kompensację rezystancji linii

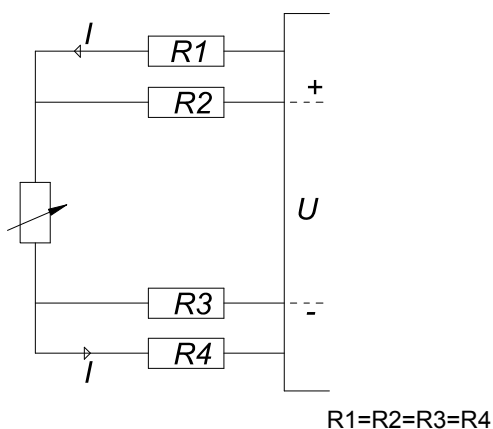


Przewody połączeniowe muszą mieć identyczną rezystancję  $R1=R2=R3$ . Poniższa tabela podaje przykład błędów dla połączenia 3-przewodowego dla Pt100 i Pt1000 dla różnicy rezystancji przewodów  $0.1\Omega$  i  $1\Omega$ .

	Różnica rezystancji przewodów	
	$0.1\Omega$	$1\Omega$
Pt100	$0.26^{\circ}\text{C}$	$2.6^{\circ}\text{C}$
Pt1000	$0.03^{\circ}\text{C}$	$0.26^{\circ}\text{C}$

Z praktycznych powodów rezystancja pojedynczej linii obwodu wejściowego RTD nie powinna być większa niż  $11\Omega$ .

- Linia 4-przewodowa.  
Połączenia tego używa się w przypadku wysokiej dokładności pomiaru. W przypadku połączenia 4-przewodowego całkowicie wyeliminowany jest wpływ rezystancji przewodów rezystora



Z praktycznych powodów rezystancja pojedynczej linii obwodu wejściowego RTD nie powinna być większa niż  $11\Omega$ .

### 2.3 Termometry z przetwornikiem pomiarowym

Można unikać ewentualnych problemów, wynikających z rezystancji przejściowej przewodów i tolerancji elektromagnetycznej, przez zabudowę 2 - przewodnikowych przetworników pomiarowych (sygnał wyjściowy 4 ... 20 mA) do głowicy podłączeniowej. Potrzebny jest w tym zakresie jedynie dwużyłowy kabel miedziany. Brak jest wtedy konieczności zastosowania układów wieloprzewodowych w termometrach oporowych i przewodów kompensacyjnych przy termoelementach.

W przypadku zastosowania przetworników pomiarowych należy uwzględnić:

- Treść instrukcji obsługi przynależnej do przetwornika pomiarowego;
- Odpowiednie przepisy z zakresu wykonywania i eksploatacji instalacji elektrycznych, a także rozporządzenia i wytyczne dotyczące ochrony przeciwwybuchowej.



### 3. Zastosowanie w atmosferach zagrożonych wybuchem

1. Według przepisów rozporządzenia dot. instalacji elektrycznych w strefach z zagrożeniem wybuchowym naprawy mogą zostać przeprowadzane jedynie wtedy, jeżeli:
  - 1.1 Jeżeli dokonano naprawy części instalacji elektrycznej, od której zależna jest ochrona przeciwybuchowa, wtedy instalacja ta może zostać uruchomiona po ustaleniu przez rzeczoznawcę, że spełnia ona wymogi w zakresie właściwości ochrony przeciwybuchowej, i wystawieniu przez niego odpowiedniego zaświadczenia lub jeżeli instalacja ta posiada odpowiedni znak kontrolny.
  - 1.2 Przepisy punktu 1.1. nie obowiązują, jeżeli instalacja ta została przez producenta poddana badaniu jednostkowemu i producent potwierdza, że instalacja ta spełnia wymogi w zakresie właściwości ochrony przeciwybuchowej.
2. Rozporządzenie dot. instalacji elektrycznych w strefach z zagrożeniem wybuchowym obowiązuje jedynie na terenie Polski. Poza granicami zakresu jego obowiązywania muszą zostać dotrzymane przepisy ustaw odpowiednich do tego rozporządzenia.
3. Naprawy mogą zostać wykonywane jedynie z zastosowaniem oryginalnych części zamiennych pierwotnego dostawcy, ponieważ w innym przypadku nie zostają spełnione wymogi zaświadczenia o zgodności z przepisami UE.
4. W przypadku zamówień części zamiennych należy koniecznie podać informacje odnośnie dotychczasowych dostaw, przykładowo rodzaj zabezpieczenia (Exd, Exi) według zaświadczenia o zgodności z przepisami UE, numer zlecenia, numer produkcyjny, pozycja zlecenia.
5. Termometry jako instalacje z ochroną przeciwybuchową spełniają jedynie jako jednostka konstrukcyjna w całości wymogi techniki bezpieczeństwa, co zostało ustalone w zaświadczeniu o zgodności z przepisami UE. Wkłady pomiarowe lub głowice podłączeniowe samodzielnie nie spełniają wymogów dotyczących ochrony przeciwybuchowej.
6. Jeżeli firma TERMOAPARATURA dostarcza termometry bez rury ochronnej, które mają zostać zastosowane w strefach z zagrożeniem wybuchowym, wtedy użytkownik ponosi odpowiedzialność za to, że
  - że termometry te zostaną zastosowane jedynie w strefach, dla których posiadają odpowiednie dopuszczenie według deklaracji producenta (np. strefa 1, strefa 2).
  - w kwestii koniecznego podziału stref (przykładowo strefa 0 od strefy 1) przewidziane zostaje zastosowanie rury ochronnej, spełniającej w pełnym zakresie wymogi "Warunków szczególnych" według zaświadczenia o zgodności z przepisami UE stosownie do odpowiedniego zastosowania.
  - Firma TERMOAPARATURA informuje użytkownika w stosowny sposób o powyższym fakcie, przykładowo w formie odnośnika do niniejszej instrukcji.

## 4. Montaż

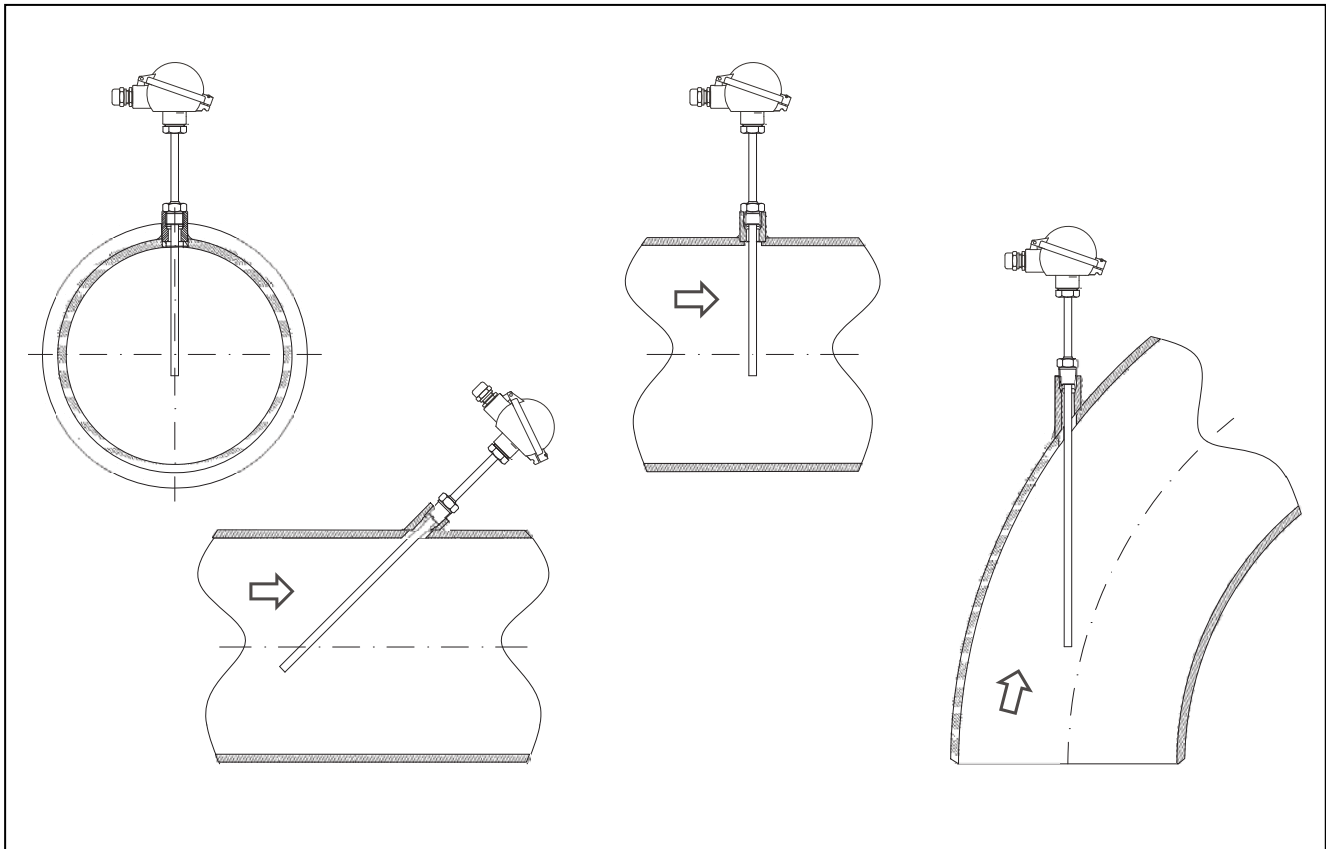
### 4.1 Zabudowanie

Termometr (termoelement, termometr oporowy) musi mieć w miarę możliwości jak najlepszy kontakt z środowiskiem, które ma zostać mierzone. W kwestii unikania błędów na skutek rozpraszania ciepła głębokość zanurzenia powinna wynosić:

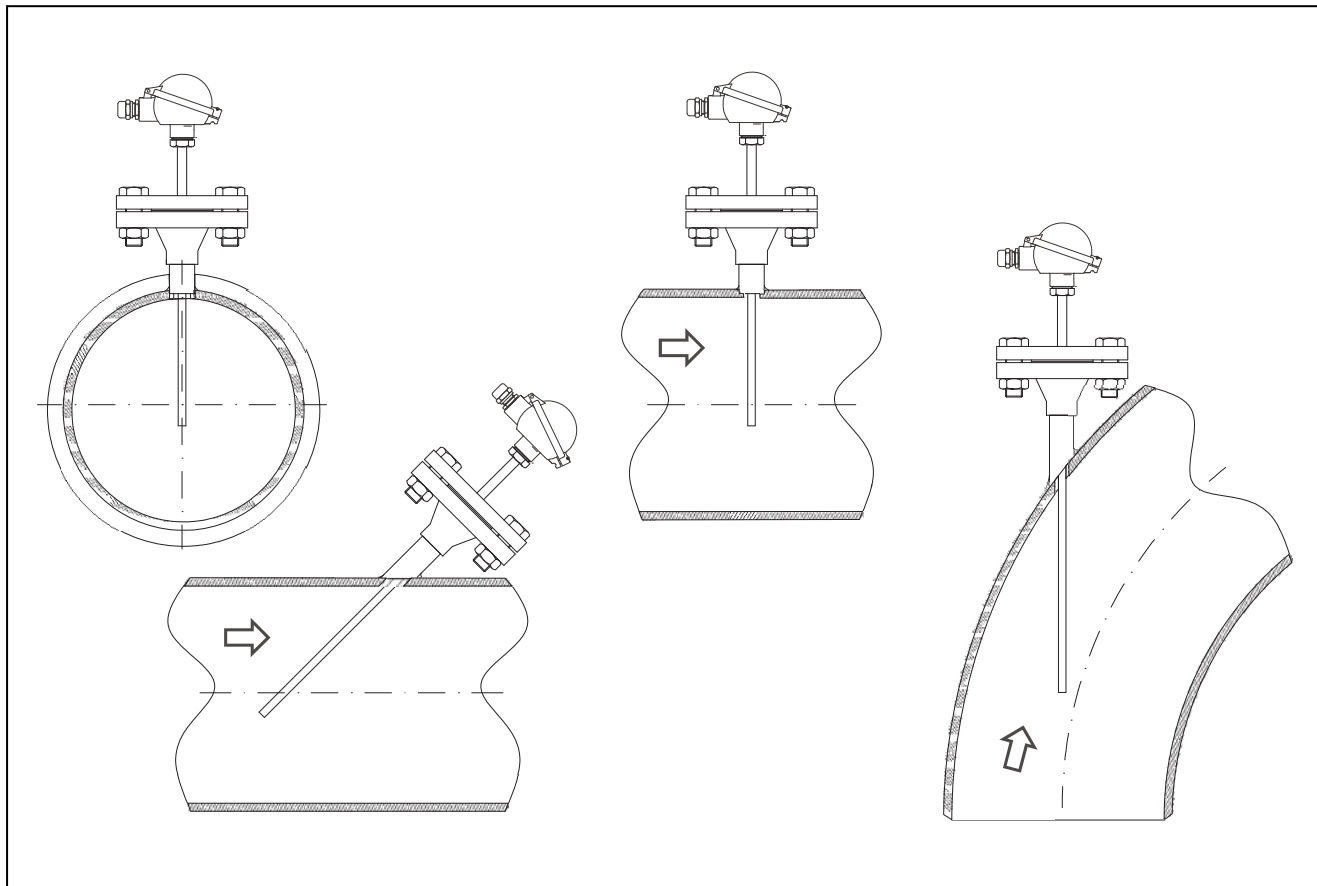
w cieczach 6 ... 8 razy średnica rury ochronnej,  
 w gazach 10 ... 15 razy średnica rury ochronnej.

Jeżeli z przyczyn konstrukcyjnych możliwe jest jedynie zastosowanie małych długości montażowych, wtedy należy stosować konstrukcje specjalne bez dodatkowej rury ochronnej. Pomocny jest często montaż w łuku rurowym, przy czym należy usytuować rurę ochronną w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu środowiska.

Przykład montażu czujnika z króćcem gwintowanym.



Przykład montażu czujnika z króćcem kołnierzowym.



## 4.2 Przewody zasilające

W zakresie przewodów zasilających należy zwracać uwagę na poprawne kontakty, a także na fakt unikania korozji, wilgoci, zabrudzeń, zakłóceń elektrycznych, pochodzących od linii zasilających. Izolacja tych przewodów uzależniona jest od warunków otoczenia (suche, wilgotne, chemiczne, agresywne, gorące), przy czym temperatura otoczenia przewodów i głowicy podłączeniowej nie może w regule przekraczać 100°C.

W kwestii wyboru przewodów i ich ułożenia należy przestrzegać obowiązujących norm i przepisów.

Należy według możliwości eksploatować wszystkie systemy pomiarowe bez uziemienia, względnie z uziemieniem w tylko jednym punkcie.

W przypadku termoelementów połączonych z rurą ochronną ma to być jedyne połączenie z uziemieniem.

## 4.3 Rury ochronne

Do pułapu temperatur ok. 500 °C można termometry zabudować w dowolnym położeniu, powyżej tej temperatury przeważnie w pozycji zawieszenia pionowego.

Należy koniecznie chronić ceramiczne rury ochronne przed działaniami mechanicznymi (uderzenia, gięcia), oprócz tego przed szokiem termicznym, przykładowo na skutek bezpośredniego kontaktu z płomieniem.

Jeżeli zostają one wprowadzane do gorącego procesu (przykładowo wymiana termoelementów), wtedy należy je koniecznie podgrzać lub wprowadzać bardzo powoli (1 ... 2 cm/min przy 1600°C, 10 ... 20 cm/min przy 1200°C). Fakt ten obowiązuje także w zakresie wymontowania gorących rur ochronnych.

Należy unikać poziomych długości wolnonośnych > 500 mm przy > 1200 °C.

## 4.4 Materiały rur ochronnych

Oznaczenie	Skład nominalny	Temp. max pracy ciągłej, powietrze	Zakres topnienia	Uwagi o stosowaniu
1.4301 AISI 304	18% Chrom 8% Nikiel	800°C	1371°C-1454°C	Oferuje znakomitą odporność wobec wielu środków antykorozyjnych spotykanych w warunkach domowych i przemysłowych.
1.4841 AISI 310	25% Chrom 20% Nikiel	1150°C	1371°C-1454°C	Dobra odporność na utlenianie w temperaturze do 1150°C. Dobra odporność na zmęczenie termiczne i cykliczne ogrzewanie.
1.4401 AISI 316	17% Chrom 12% Nikiel 2-3% Molibden	800°C	1371°C-1454°C	Dobra odporność na szerszy zakres chemikaliów niż AISI304. Wytrzymuje działanie składników tonylowych.
1.4541 AISI 321	Podobny do AISI304 ale stal stabilizowana dodatkiem tytanu	800°C	1371°C-1426°C	Niewrażliwy na korozję międzyziarnową przy ogrzewaniu w zakresie wytrącania węglików 482°C -815°C. Pod względem odporności na korozję podobny do AISI304.
347SS	Podobny do 304SS ale zawiera tantal i jest stałą stabilizowaną dodatkiem niobu	871°C	1371°C-1426°C	Znakomity równoważnik AISI304 w zakresie 426°C - 815°C. Przewyższa AISI321 tam, gdzie praca jest w warunkach korozyjnych, jak i w podwyższonej temperaturze.
AISI 304L AISI 316L	Podobny do AISI304 i AISI316 ale ze zmniejszonym stężeniem węgla	800°C	1371°C-1454°C	Wersje niskowęglowe AISI304 i AISI316 (max 0.03% węgla). Z powodu niskiej zawartości węgla zmniejszone efekty wytrącania węglików.
Carpenter 20-Cb-3	20% Chrom 34% Nikiel 2.5% Molibden 3.5% Miedź	954°C	1426°C	Najwyższa klasa o znakomitej odporności na warunki korozyjne.
2.4816 Inconel 600	76% Nikiel 15.5% Chrom	1150°C	1354°C-1412°C	Znakomity materiał dla środowiska silnie korozyjnego. Odporny na utlenianie w temperaturach do 1175°C.
2.4851 Inconel 601	60.5% Nikiel 23.0% Chrom 1.5% Aluminium	1150°C	1301°C-1367°C	Podobny do Inconel 600, ale wyższa zawartość chromu nadaje najwyższą odporność na utlenianie, nawęglanie i na środowisko zawierające siarkę.
2.4876 Incoloy 800	32.5% Nikiel 46% Żelazo 21% Chrom	1093°C	1357°C-1385°C	Odporny na utlenianie i nawęglanie w podwyższonych temperaturach. Odporny na pękanie korozyjne naprężeniowe, atak siarkowy, utlenianie wewnętrzne oraz dużą różnorodność atmosfer przemysłowych.
Monel 400	66% Nikiel 31% Miedź	537°C	1343°C	Wysoce odporny na korozję wobec rozpuszczalników chlorowanych, środków trawiących szkło, kwasy siarkowe i inne oraz praktycznie wszystkie alkalia, generalnie wolny od pękania korozyjnego naprężeniowego. Dobra odporność na korozję w słonej wodzie.
Hastelloy B	61% Nikiel 28% Molibden	1200°C	1260°C-1354°C	Dobra odporność na korozję wobec kwasu chlorowodorowego, siarkowego, fosforowego i octowego. Znakomita odporność na korozję wobec gazowego chlorowodoru.
Hastelloy C	54% Nikiel 16% Molibden 15.5% Chrom 4% Wolfram	1200°C	1260°C-1354°C	Dobra odporność na korozję wobec wielu środowisk chemicznych łącznie z chlorkiem żelazowym i miedziowym, zanieczyszczonymi kwasami mineralnymi, mokrym chlorem gazowym. Odporność na utlenianie do 990°C.
Hastelloy X	47% Nikiel 9% Molibden 22% Chrom 0.5% Wolfram	1200°C	1260°C-1354°C	Dobra wytrzymałość na wysokie temperatury i odporność na utlenianie do 1204°C. Dobry także na warunki redukcyjne.

## 5. Konserwacja / naprawa

Termometry i obwody pomiaru temperatury należy w regularnych odstępach czasu sprawdzać pod kątem:

- zużycia rury ochronnej względnie działania środków chemicznych,
- zmiany wielkości wyjściowej elementów pomiarowych w czasie na skutek procesu starzenia,
- zaniżenia rezystancji izolacji na skutek wilgoci lub zabrudzenia,
- złego kontaktu połączeń przewodów,
- uszkodzeń mechanicznych i chemicznych termometrów i przewodów.

Okablowanie obwodów pomiarowych termometrów oporowych sprawdza się przez zastąpienie elementu pomiarowego znanym opornikiem nienastawnym i symulowanie w taki sposób szczególnej temperatury.

Obwody pomiarowe termoelementów sprawdza się przez zastąpienie termoelementów przez podłączenie napięcia na znanym poziomie z szeregu mV do obwodu pomiarowego.

W obu przypadkach można stwierdzić duże odchylenia od wartości zadanych, a także, czy termometr lub też instrumenty są przyczyną błędów funkcyjnych.

Rezystancja izolacji całego obwodu pomiarowego bez uziemienia (przewody doprowadzające i termometr) odnośnie do ziemi powinna wynosić  $> 1 \text{ M}\Omega$  (według pomiaru z 100 V DC).

## 6. Komunikaty błędów

### 6.1 Metoda szybkiej kontroli

Błyskawiczna kontrola termoelementów i termometrów oporowych, a także przynależnych obwodów pomiarowych w stanie wymontowanym.

Wymagane instrumenty:

- miliwoltomierz
- omomierz lub mostek opornościowy
- miernik oporu izolacji z napięciem 60 ... 100 V (wszystkie pomiary w temperaturze pokojowej)

Można przeprowadzić następujące sprawdziany:

- Sprawdzić przejście i izolację w temperaturze pokojowej.
- Przez "obstukiwanie" ustalić zerwania drutów.

Termoelement należy zaklasyfikować jako poprawny, jeżeli  $R < 20 \Omega$  (drut  $> 0,5 \text{ mm } \emptyset$ ). Wartość ta jest zależna od przekroju i długości drutu.  $R_{isol} = 100 \text{ M}\Omega$  (przy izolowanej termoparze).

Termometr oporowy należy zakwalifikować jako poprawny, jeżeli  $R > 110 \Omega$  (przy Pt100),  $R_{isol} > 100 \text{ M}\Omega$ .

- Na skutek podgrzania termoelementów względnie termometrów oporowych do temperatury ok.  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  (bez kontroli temperatury) można konkluzyjnie stwierdzić przerwania, błędne obiegunowanie (termoelementów), za niską oporność izolacji, itd.

#### **Wskazówka!**

Dokładność czujników temperatury można sprawdzić stosownie do wymogów ISO 9001 jedynie stosując porównywalne elementy referencyjne. W tym zakresie konieczny jest demontaż i kontrola w piecu kontrolnym.

## 6.2 Tablica błędów

Należy rutynowo sprawdzać cały obwód pomiarowy temperatury. W poniższej tabeli przedstawiono najważniejsze błędy wraz z ich możliwymi przyczynami, a także propozycje dotyczące ich usuwania.

Błąd	Przyczyna błędu	Usuwanie błędu
Zakłócenie sygnału pomiarowego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wpływy elektryczne/magnetyczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odstęp pomiędzy przewodami pomiarowymi przynajmniej 0,5 m w przypadku układania równoległego.</li> <li>• Ekranowanie elektrostatyczne przy pomocy folii/splotu uziemionego w jednym punkcie.</li> <li>• Skręcenie żył (par) jako ochrona przed wpływami magnetycznymi.</li> <li>• Krzyżowanie przewodów pomiarowych z zakłócającymi przewodami mocy przeprowadzane pod kątem prostym.</li> <li>• Stosowanie przetworników pomiarowych.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doziemienie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tylko jedyny punkt uziemienia w obwodzie lub systemie pomiarowym "w stanie zawieszonym" (bez uziemienia)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spadek rezystancji izolacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do termometru względnie wkładki pomiarowej przedostała się wilgoć; w razie konieczności wysuszyć i wykonać utwardzenie zamykające.</li> <li>• Wymienić wkładkę pomiarową.</li> <li>• Sprawdzić, czy termometr nie jest termicznie przeciążony.</li> </ul>
Za długie czasy reakcji,  Błędne wyniki pomiarów	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Błędne miejsce zabudowania:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– W cieniu przepływu</li> <li>– W zasięgu działania</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać miejsce montażu w taki sposób, aby czynnik potrafił przekazywać temperaturę bez zakłócenia do termometru.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Błędna metoda zabudowania:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Za płytka głębokość zanurzenia.</li> <li>– Za duże rozpraszanie ciepła.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Głębokość zanurzenia ok. długość czuła na oddziaływanie temperatury + 6 × (cieczce) do 10 × (gazy) d (d = zewnętrzna średnica rury ochronnej).</li> <li>• Kontakty cieplne, przede wszystkim w przypadku pomiarów powierzchniowych, zapewnić przy pomocy stosownych powierzchni kontaktowych lub/i środków transmitujących ciepło.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rura ochronna za gruba.</li> <li>• Otwór rury ochronnej za duży.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stosować jak najmniejszą rurę ochronną w zależności od technologii procesowej.</li> <li>• Czas reakcji podczas pierwszego przybliżenia proporcjonalny do przekroju względnie objętości termometru w zależności od współczynnika wnikania ciepła i szczelin powietrznych w konstrukcji.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osady na rurze ochronnej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuwać podczas inspekcji.</li> <li>• W ramach możliwości zastosować inną rurę ochronną lub wybrać inne miejsce zabudowy.</li> </ul>
Przerwy w	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wibracje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wzmocnione sprężyny przy wkładce pomiarowej.</li> </ul>



Błąd	Przyczyna błędu	Usuwanie błędu
termometrze		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrócenie długości zabudowy.</li> <li>• Przemieszczenie spiny pomiarowej termoelementu (w miarę możliwości)</li> <li>• Specjalna konstrukcja wkładki pomiarowej rury ochronnej.</li> </ul>
Rura ochronna silnie obłożona korozją	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skład środowiska odmienny od założeń lub zmieniony.</li> <li>• Wybrano błędny materiał rury ochronnej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprawdzić środowisko.</li> <li>• Ewentualnie przeanalizować uszkodzoną rurę ochronną i następnie zastosować materiał lepiej dostosowany.</li> <li>• Przewidzieć dodatkową ochronę powierzchni.</li> <li>• Rura ochronna musi zostać ewentualnie wymieniana w sposób regularny jako część zużywalna.</li> </ul>

### 6.3 Specyficzne błędy przy termoelementach

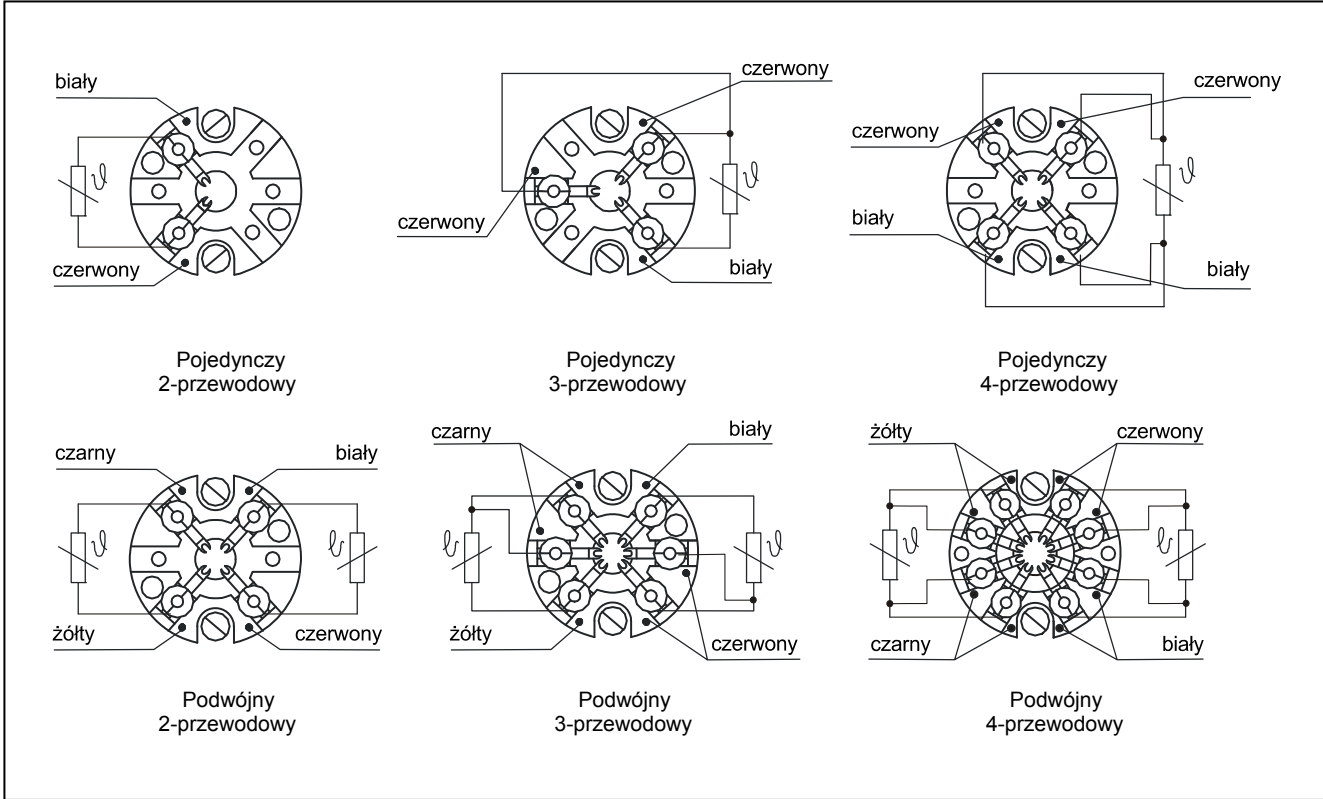
Błąd	Przyczyna błędu	Usuwanie błędu
Wskaźnik temperatury wykazuje odchylenia, przy czym pozostała konstrukcja obwodu pomiarowego termoelementu jest bez zastrzeżeń.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura spiny odniesienia nie jest na stałym poziomie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura spiny odniesienia musi zostać utrzymana na stałym poziomie.</li> <li>– (&lt; 0,1 %) (sprawdzić instrumenty).</li> </ul>
Wskaźnik temperatury z silnymi odchyleniami w stosunku do wartości tabel dla termoelementów.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Błędne kombinacje materiałowe.</li> <li>• Złe elektryczne kontakty.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Napięcia zakłócające (termonapięcia, napięcie galwaniczne).</li> </ul> </li> <li>• Błędny przewód kompensacyjny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprawdzić termoelementy i przewody pod kątem:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– poprawnego doboru.</li> <li>– poprawnego przewodu kompensacyjnego.</li> <li>– poprawnych biegunów.</li> </ul> </li> <li>• Dopuszczalna temperatura otoczenia przy głowicy przyłączeniowej.</li> </ul>

### 6.4 Specyficzne błędy przy termometrach oporowych

Błąd	Przyczyna błędu	Usuwanie błędu
Za wysoki lub odchylający się wskaźnik temperatury wbrew znanemu przekrojowi i dokładnemu opornikowi pomiarowemu termometru oporowego.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opory linii za wysokie, nie skompensowane.</li> <li>• Zmiana oporności przewodu na skutek zmiany temperatury</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jeżeli jeszcze możliwe:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– ułożyć dwa nowe przewody z większym przekrojem ewentualnie od dostępnego miejsca.</li> <li>– skrócić przewód doprowadzający.</li> <li>– kompensacja przewodów.</li> <li>– przestawienie do układów o 3 lub 4 przewodach.</li> <li>– stosowanie przetworników pomiarowych z głowicami czujnikowymi.</li> </ul> </li> </ul>
Wskaźnik temperatury wykazuje odchylenia, przy czym pozostała konstrukcja obwodu pomiarowego termometru oporowego jest bez zastrzeżeń.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmienne zasilenie prądem względnie napięcie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Musi zostać utrzymane na stałym poziomie &lt; 0,1 %. Zostaje wliczane w przypadku rozstrojonego mostku i pomiaru prądu/napięcia (układ 4 przewodowy) w pełnym wymiarze do pomiaru.</li> </ul>

**7. Podłączenia elektryczne**

Schemat połączeń termometrów oporowych na kostce zaciskowej w głowicy czujnika.



Schemat połączeń termoelementów na kostce zaciskowej w głowicy czujnika.

