

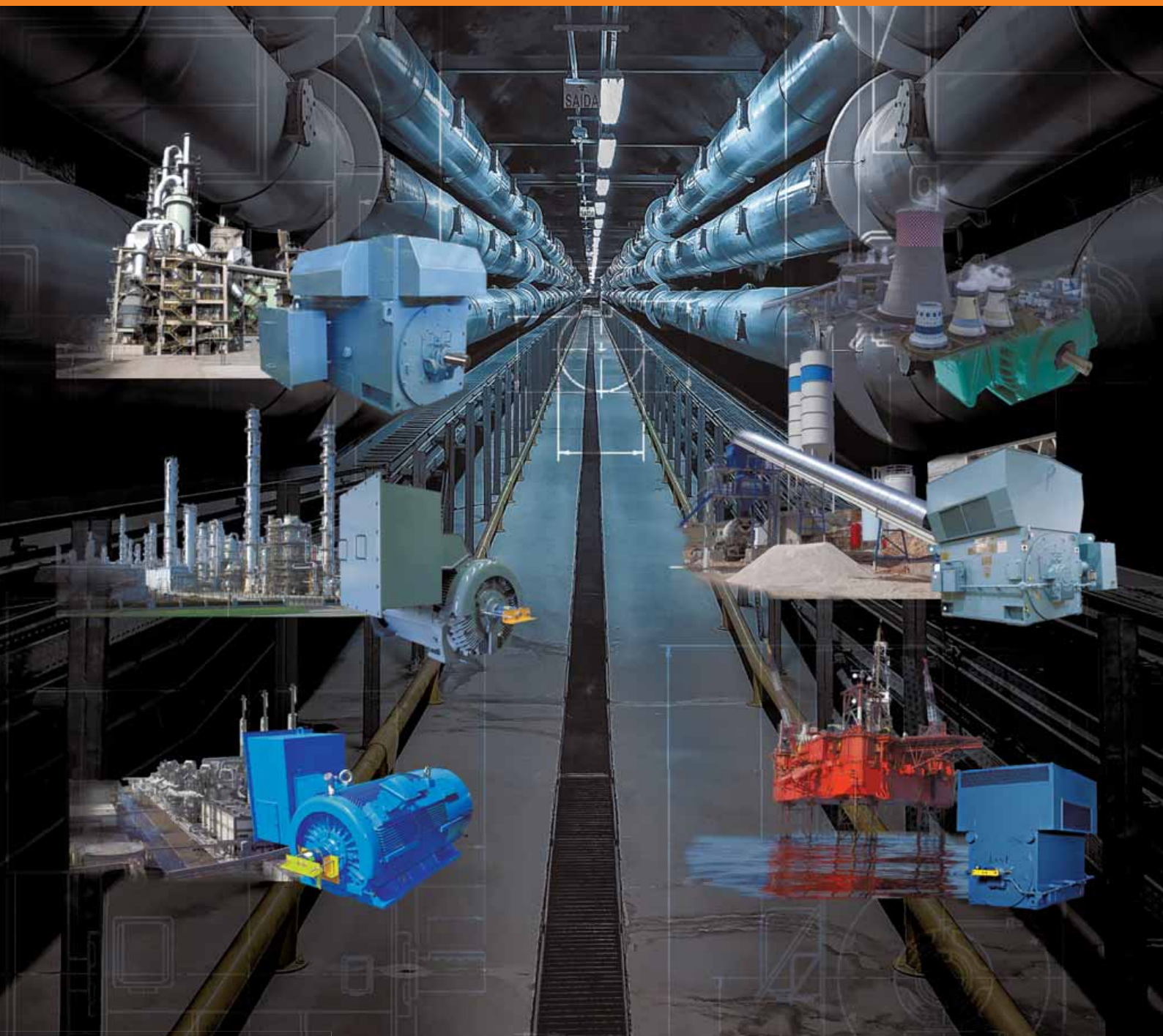
PodKontrola

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

03/2020 (52)

PRAKTYCZNY PUNKT WIDZENIA



temat wydania

**Silniki średniego i wysokiego napięcia
Przegląd silników TECO**



akademia automatyki

**Kompensacja spiny odniesienia
czujników termoelektrycznych**



dobra praktyka

**ARMSTRONG STEAM HARNESS
systemowe rozwiązanie dla przemysłu paszowego**

wydawca



Introl Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 112
40-519 Katowice
tel. 32 789 00 00
fax 32 789 00 10

dodatkowe informacje
i subskrypcja
www.podkontrola.pl

redakcja
Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Rafał Skrzypiciel
Adam Reimann



temat wydania

Silniki średniego i wysokiego napięcia
Przegląd oferty silników TECO

str. 3



dobra praktyka

ARMSTRONG STEAM HARNESS – systemowe rozwiązanie
dla przemysłu paszowego

str. 7



akademia automatyki

Kompensacja spoiny odniesienia czujników termoelektrycznych

str. 9

od redakcji



Drodzy Czytelnicy!

Koronawirus niestety nie odpuszcza i musimy nauczyć się z nim żyć. Dlatego właśnie my także nie odpuszczamy i przygotowaliśmy dla Państwa 3 artykuły ze świata automatyki i pomiarów. Zachęcamy więc do lektury życząc wszystkim zdrowia.

Silniki na średnie i wysokie napięcie na dobre zamowily się w polskich zakładach. Powszechnie sięgają po nie takie branże jak na przykład przemysł morski, przemysł hutniczy, branża cementowo-wapienna, zakłady chemiczne, petrochemiczne i energetyczne, przemysł wydobywczy. Silniki dużej mocy najczęściej stosuje się w instalacjach z mieszałkami, kruszarkami, wyciączarkami, przenośnikami, pompami, dmuchawami, wentylatorami. Autor „Tematu Wydania” podejmuje tematykę silników MV/HV omawiając ich podstawowe rodzaje i funkcje, a także miejsca zastosowania.

„Dobra praktyka” tym razem dedykowana jest przede wszystkim branży paszowej, która boryka się z problematyką optymalizacji procesu granulacji

pasz. Artykuł prezentuje najnowsze osiągnięcie firmy Armstrong, tj. specjalny system parowy zapewniający dostarczanie do granulatora pary wodnej o niezmiennie wysokiej jakości i uzyskanie powtarzalnego, wysokiego poziomu wydajności i sprawności układu parowego

Termoparowe czujniki temperatury to urządzenia tak powszechne, jak powszechnie znana jest wiedza o ich wykorzystaniu w przemyśle. Mimo dziesiątków lat stosowania i niezliczonych publikacji naukowych, nadal spotykamy się jednak z wątpliwościami dotyczącymi ich praktycznego wzorcowania. Mamy tu na myśli tematykę spoiny odniesienia i jej kompensacji. O tym zagadnieniu właśnie przeczytacie Państwo w „Akademii automatyki”.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
wiceprezes zarządu

Silniki średniego i wysokiego napięcia

Przegląd oferty silników TECO

Silniki elektryczne wykorzystywane są w każdej gałęzi przemysłu i praktycznie w każdym procesie produkcyjnym. Choć zasada działania wszystkich silników elektrycznych jest podobna, to różnią się one m.in. rodzajem zasilania, przeznaczeniem, budową lub wykonaniem. W niniejszym artykule omówimy, na podstawie urządzeń marki TECO, podstawowe rodzaje silników na średnie i wysokie napięcie, ich właściwość i zastosowania.

NISKIE, ŚREDNIE, WYSOKIE NAPIĘCIE

Sprawa klasyfikacji i nazewnictwa jest odmiennie traktowana nie tylko w różnych obszarach (USA czy Europa), lecz także w różnych dziedzinach. Obowiązująca w Stanach Zjednoczonych norma państwowa podaje jako średnie napięcie zakres 601 V do 6 000 V. W standardach obowiązujących w Europie (także w Polsce) są natomiast inne zapisy dla systemów elektroenergetycznych, a inne np. dla kabli energetycznych. Przepisy polskie rozróżniają dwa podstawowe zakresy napięć: niskie do 1 kV i wysokie powyżej 1 kV. Do przepisów tych dostosowane są także uprawnienia eksploatacji, dozoru i pomiarów urządzeń elektrycznych.

Dlatego omawiając silniki zasilane wyższymi napięciami (a także czytając opisy i dokumentację większości producentów) możemy umownie ustalić, że silniki na średnie napięcia to będą silniki zasilane napięciem od 1000 V do 6000 V, natomiast dla napięć powyżej 6000 V będą to silniki wysokonapięciowe (choć niektórzy producenci oznaczają u siebie silniki wysokonapięciowe dopiero powyżej 24-26 kV).

Branże, które najczęściej wykorzystują silniki dużych mocy to przemysł morski, przemysł hutniczy, betoniarne, cementownie, zakłady chemiczne i petrochemiczne, energetyka: elektrownie, elektrociepłownie, przemysł wydobywczy, górnictwo węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego. Do najpopularniejszych aplikacji z silnikami MV/HV należą instalacje z mieszadłami, kruszarkami, wylączarkami, przenośnikami, pompami, dmuchawami, wentylatorami itp.

PODZIAŁ SILNIKÓW ŚREDNIEGO I WYSOKIEGO NAPIĘCIA

Jednym z największych światowych liderów produkujących silniki elektryczne jest koncern TECO. Oferuje on średnio i wysokonapięciowe silniki zasilane napięciami 2,3 kV; 3,3 kV; 4,16 kV; 6 kV; 6,6 kV; 10 kV; 11 kV oraz 13,8 kV.

Opierając się na silnikach firmy TECO (MV i HV) możemy podzielić je ze względów konstrukcyjnych na:

1. Silniki klatkowe asynchroniczne (squirrel cage)
2. Silniki pierścieniowe (wound rotor)
3. Silniki do stref niebezpiecznych (hazardous area)
4. Silniki synchroniczne (synchronous)

SILNIKI KLATKOWE ASYNCHRONICZNE

Silniki klatkowe asynchroniczne nazywane są również silnikami indukcyjnymi. Ze względu na stosunkowo prostą konstrukcję są najczęściej spotykaną grupą silników elektrycznych. Znajdują one zastosowanie wszędzie tam, gdzie nie wymaga się precyzyjnego sterowania silnikiem.

Pod względem budowy silnik asynchroniczny jest urządzeniem, w którym wirujące pole magne-



 Silnik AEZK

tyczne wywołane przez stojan przecina przewody nieruchomego w pierwszej chwili wirnika i indukuje w nich siły elektromotoryczne. Pod wpływem tych sił, w zamkniętym obwodzie wirnika zaczyna płynąć prąd, w wyniku którego w wirniku wytwarza się moment obrotowy powodujący podążanie przewodów wirnika w kierunku wirowania pola. Wirnik zaczyna się obracać. Z upływem czasu prędkość obrotowa wirnika zwiększa się, lecz równocześnie zmniejsza się prędkość przecinania jego przewodów przez pole wirujące. Zmniejsza się wtedy wartość momentu w porównaniu z tym, jaki działał na nieruchomy wirnik. W rezultacie ustala się prędkość obrotowa wirnika. Jest ona mniejsza od prędkości pola wirującego stojana.

Silniki asynchroniczne klatkowe firmy TECO możemy podzielić ze względów konstrukcyjnych na silniki:

- w wykonaniu żeliwnym (uźebrowane kałtuby żeliwne),
- w wykonaniu stalowym (klatka spawana i wykonana w całości ze stali).

Silniki klatkowe (indukcyjne) w wykonaniu żeliwnym są silnikami wysokosprawnymi. Konstrukcyjnie posiadają uźebrowane kałtuby żeliwne o wysokim współczynniku energetycznym. Sztywna i zwarta konstrukcja kałtuba zapewnia niski poziom drgań i hałasu.

Parametry silników żeliwnych:

- chłodzenie: TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled – IC411) – całkowicie zabudowana obudowa z chłodzeniem wentylatorowym lub zgodna z normą IC411/IP52.
- napięcia zasilania: od 2,3 kV do 6,6 kV
- rozmiar obudowy: od 315 do 560
- prędkość obrotowa (liczba biegunów): od 2 do 12 biegunów

Silniki klatkowe stalowe są silnikami przystosowanymi do zasilania wyższymi napięciami. Ich klatka jest wykonana ze stali i w całości spawana, dzięki czemu silniki mogą pracować z wyższą mocą wyjściową, w stosunku do silników z korpusem żeliwnym.



Modele silników
klatkowych żeliwnych
TECO

TEFC IC411

Linia produktowa	AFJH	AFJK	AFJG/AEHC
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 6600V	2300 – 6600V	2300 – 6600V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	90kW – 1800kW	220kW – 2240kW	90kW-1250kW
Rozmiar obudowy	#315 – 560	#315 – 560	#315 – 560
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-12 biegunów	2-8 biegunów	2-12 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56

Parametry silników stalowych:

- zakres mocy wyjściowej: od 150 kW do 22 000 kW (22 MW)
- opcje chłodzenia*: TECACA, TECACW, ODP, WPI, WPII
- zakres napięcia zasilania: od 2,3kV do 13,8kV
- prędkość obrotowa (liczba biegunów): od 2 do 22 biegunów

* Wyjaśnienie symboli:

TECACA = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Air Cooled (IC611) – całkowicie zamknięta obudowa, zamknięty obieg powietrza, chłodzone powietrzem.

TECACW = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Water Cooled (IC81W) – całkowicie zamknięta obudowa, zamknięty obieg powietrza, chłodzone wodą.

ODP = Open Drip proof (IC01) – kroposzczelność (IC01 /IP12).

WPI = NEMA 1 Weather protected (IC01) – wodoszczelność (IC01).

WPII = NEMA 2 Weather protected (IC01) – wodoszczelność (IC01).

W trójfazowych silnikach klatkowych dużej mocy wykorzystuje się konstrukcję spawaną. Chłodzenie może być realizowane za pomocą chłodnicy rurowej, nabudowanej na kadłubie, z systemem chłodzenia powietrze/powietrze lub woda/powietrze. Silniki z chłodzeniem za pomocą powietrza bazują na wewnętrznym obiegu powietrza zapewnionym przez wentylator. Silniki z zewnętrznym czynnikiem chłodzącym wykorzystują wodę w obiegu zamkniętym.

Silniki indukcyjne TECO (90-22 000 kW) charakteryzują się wysoką wydajnością, stabilnością pracy, a także niskim poziomem wibracji i hałasu. Mogą być sprzężone z przetwornicą częstotliwości, dzięki czemu będzie można uzyskać wysokiej wartości momentu obrotowego, przy zmiennych prędkościach obrotowych silnika. Dostępne są w opcjach IP22 /23/44/45/54/55/56. Posiadają również certyfikaty IEC, CNS i GB.

Modele silników
klatkowych
w wykonaniu
stalowych firmy TECO

TECACA = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Air Cooled (IC611)

Obudowa zamknięta, zamknięty obieg powietrza, chłodzony powietrzem (IC611)			
Linia produktowa	AEZK	AECK	AEVE
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	200kW – 11200kW	150kW – 11200kW	150kW-11200kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-20 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56

Silniki TECO są konfigurowalne i dostosowywane pod konkretnego odbiorcę, a zakres napięcia zasilania jest od 2,3 kV do 13,8 kV. Silniki są produkowane w wersjach IEC oraz NEMA. Dostępne w dowolnej wersji montażowej, czyli z łapami, kołnierzem, kołnierzem pionowym itd. Silniki można również zamówić w wersji do pracy w strefie zagrożonej wybuchem

SILNIKI PIERŚCIENIOWE



Silniki pierścieniowe należą również do silników asynchronicznych, jednak w odróżnieniu od silnika klatkowego mają bardziej skomplikowaną budowę wirnika.

Wirnik w silniku pierścieniowym jest uzwojony, a końce uzwojeń są wyprowadzone na zewnątrz silnika poprzez pierścień ślizgowe i szczotki. Umożliwia to kontrolę prądu płynącego w wirniku poprzez zmianę rezystancji obwodu.

Stosując rozruszniki możemy na końcach uzwojeń załączać odpowiednie rezystancje. Dzięki temu, po załączeniu dodatkowych rezystancji w uzwojenia wirnika, nastąpi zmniejszenie prędkości obrotowej silnika pierścieniowego, a jednocześnie zachowany zostanie duży moment. Rozwiązanie to pozwala na łagodny start urządzeń o ciężkim rozruchu.

SILNIKI DO STREF NIEBEZPIECZNYCH



Silnikami do stref niebezpiecznych są silniki przeciw-wybuchowe (nieiskrzące, ognioszczelne, o zwiększonym bezpieczeństwie, odporne na zapłon pyłu itd). Firma TECO oferuje silniki przeznaczone są do pracy w strefie Ex – oznaczonej CE 1180 Ex II G Ex d IIB T4 oraz CE 1180 Ex II G Ex de IIC T4, a więc do pracy w środowisku gazowym (grupa IIB lub IIC) o klasie temperaturowej T4.

SILNIKI SYNCHRONICZNE



Silniki synchroniczne różnią się od silników asynchronicznych (indukcyjnych) budową wirnika,

TECACW = Totally Enclosed, Closed Air Circuit, Water Cooled – (IC81W)

Obudowa zamknięta, zamknięty obieg powietrza, chłodzenie wodą (IC81W)

Linia produktowa	AEZW	AECW	AEVW/AEUW
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	300kW – 15000kW	150kW – 22000kW	150kW-22000kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-20 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP56	IP56	IP56

◀
Modele silników klatkowych w wykonaniu stalowych firmy TECO



Modele silników
klatkowych
w wykonaniu
stalowych firmy TECO

WPI = Nema 1 Weather protected (IC01) WPII = Weather protected (IC01) ODP = Open Drip Proof (IC01)			
Linia produktowa	ANZK	ANCK	ANVE/ANRK
			
Montaż (pozycja)	pozioma (IM B3)	pozioma (IM B3)	pionowa (IM V1)
Częstotliwość (Hz)	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Napięcie (V)	2300 – 11500V	2300-13800V	2300-13800V
Zakres mocy wyjściowej (kW)	300kW – 15000kW	150kW – 22000kW	150kW-22000kW
Rozmiar obudowy	#355 – 900	#355 to 1250	#355 to 1250
Zakres prędkości (liczba biegunów)	2-22 biegunów	2-22 biegunów	4-22 biegunów
Stopień szczelności	IP22, IP23, IP24	IP22, IP23, IP24	IP22, IP23, IP24

który jest dodatkowo wyposażony w elektromagnesy lub magnesy stałe. Silnik synchroniczny zasilany jest napięciem przemiennym, a jego wirnik w stanie ustalonym obraca się z taką samą prędkością kątową z jaką wiruje wprawiające go w ruch pole magnetyczne. Prędkość silnika synchronicznego jest zawsze stała i nie zależy od obciążenia oraz od napięcia zasilającego.

Zastosowanie uzwojenia na wirniku, którego zadaniem jest wygenerowanie stałego pola magnetycznego umożliwiające wprowadzenie wirnika w ruch obrotowy, wymaga doprowadzenia do wirnika prądu stałego nazywanego prądem wzbudzenia. W stojanie umieszczone jest uzwojenie prądu przemiennego. Odpowiada ono za wytworzenie wirującego pola magnetycznego, „ciągnącego” wirnik w ustalonym kierunku. Wirnik musi być tak skonstruowany, aby wytworzona liczba biegunów magnetycznych była taka sama, jak liczba biegunów magnetycznych wytworzonych w stojanie.

Prąd wzbudzenia pobierany jest z obcego źródła – najczęściej ze specjalnego obwodu, który zasilany jest albo bezpośrednio z prostownika, albo z prądnicy prądu stałego nazywanej wzbudnicą, która może być np. umieszczona na wspólnym wale z wirnikiem silnika. Moc potrzebna do wzbudzenia silnika synchronicznego na ogół nie przekracza 1% mocy znamionowej silnika.

EKSPLLOATACJA I KONSERWACJA SILNIKÓW NA ŚREDNIE I WYSOKIE NAPIĘCIE

Warto wspomnieć o tym, że silniki średnio- i wysokonapięciowe to silniki o dużych mocach, stosowane w wielu ważnych aplikacjach. Podczas konserwacji tych silników powinniśmy pamiętać o utrzymaniu w czystości i konserwacji nie tylko samego silnika, ale również urządzeń, które z nim współpracują.

Podczas eksploatacji silnika powinniśmy okresowo mierzyć temperaturę oraz sprawdzać stan zużycia łożysk, smarowania i układu chłodzenia (w tym wymiennik ciepła). Należy również sprawdzać poziom drgań maszyny, a także wszystkie akcesoria i połączenia silnika.

Kontrolując uzwojenia w silniku powinniśmy dokonywać także pomiarów parametrów roboczych zasilania oraz rezystancji, uzwojeń i przewodów zasilających. Uzwojenia powinny być zawsze czyste i suche. W przypadku, gdy na uzwojeniu silnika odnotujemy obniżoną wartość rezystancji to przyczyną może być właśnie duża ilość pyłu lub wilgoci.

Dobłą praktyką jest również uzyskanie od producenta kompletnej dokumentacji posiadanego silnika wraz ze spisem części eksploatacyjnych. Producent na zestawieniu części silnika powinien również zaznaczyć, które elementy po jakim czasie lub roboczogodzinach powinno się standardowo wymieniać tak, aby silnik był w stanie cały czas bezproblemowo pracować.

Warto również sprawdzić czy producent przykładając wagę także do innych dodatkowych cech swoich urządzeń. Podczas produkcji silnika, TECO uwzględni na przykład dodatkowe funkcje i właściwości, takie jak: niski poziom wibracji, niski poziom hałasu, niski prąd rozruchowy, wysoki moment obrotowy, liczba oraz częstotliwość rozruchów/ uruchomień.

SILNIKI TECO INDYWIDUALNIE DOPASOWANE

TECO to globalne przedsiębiorstwo posiadające przedstawicielstwa i wsparcie na terenie całego świata. Każdy budowany silnik średniego i wysokiego napięcia jest konfigurowany pod indywidualne wymagania odbiorcy i aplikacji. Do firmy TECO można zwrócić się również z indywidualnymi projektami silnikowymi – inżynierowie producenta są gotowi również na wykonanie bardzo wymagających projektów dużej mocy – indywidualnie według potrzeb klienta. Przeprowadzane są także odpowiednie testy, w których klient może uczestniczyć (w fabryce TECO).

Michał Prynda

Związany z Grupą Introl od 2001 roku. Obecnie pracuje na stanowisku kierownika działu napędów i sterowania.

32 789 00 51



ARMSTRONG STEAM HARNESS

– systemowe rozwiązanie dla przemysłu paszowego

Granulowanie pasz można zdefiniować jako konwersję drobno zmielonego zacieru paszy na gęste granulki lub kapsułki, w procesie obejmującym bezpośredni wtrysk pary (wilgoć i ciepło) oraz ciśnienie mechaniczne. Kilka czynników ma wpływ na jakość granulatu. Przede wszystkim formuła paszowa (użyte surowce i dodatki). Wcześniej wiadomo było, że skrobia i jej żelowanie są najważniejszym czynnikiem dla osiągnięcia pożądanej jakości granulatu. Ostatnie raporty wskazują jednak, że pozytywny wpływ białka na jakość granulatu jest znacznie ważniejszy niż wpływ skrobi. Włączenie oleju ma niekorzystny wpływ na jakość granulatu. Jest to przypisywane efektowi powlekania olejem cząstek zacieru, które zapobiegają ich penetracji przez parę. Olej zmniejsza tarcie generowane między matrycą a cząstkami zasilającymi, a następnie zmniejsza szybkość żelatynizacji skrobi. W celu optymalizacji procesu warto rozważyć modernizację układu dostarczania pary wodnej do granulatora.

WPŁYW PARY NA JAKOŚĆ GRANULATU

Gdy pasza przechodzi przez kondycjoner, narażona jest na działanie pary pod wysokim ciśnieniem. Para ta dostarcza ciepło i wilgoć, które są wymagane do żelowania skrobi, adhezji cząstek, częściowego trawienia paszy i uszkodzenia patogenów paszowych. Temperatura pary i czas, w którym pasza zaciera się w kondycjonerze, mają duży wpływ na trwałość produkowanego granulatu. Kondycjonowanie paszy w temperaturze 80°C jest wystarczające, aby wytworzyć granulki o odpowiedniej jakości. Minimalny czas, jaki pasza powinna pozostać w kondycjonerze, aby wytworzyć trwały granulát, to 30 sekund. Kondycjonery o wydłużonym czasie pracy, w których pasza może pozostawać w kondycjonerze przez około 3-4 minuty, mogą być użyte do poprawy lepkości granulatu.

Proces kondycjonowania jest najważniejszą częścią każdego systemu granulowania pasz i zależy od:

- wilgotności,
- ilości jakości pary wodnej,
- blendowania,
- czasu retencji.

Powody stosowania pary wodnej w procesie kondycjonowania:

- smarowanie w celu zwiększenia tempa produkcji,
- smarowanie w celu wydłużenia żywotności matrycy,
- smarowanie w celu redukcji kosztów energii spowodowanych przez tarcie,
- do żelowania skrobi w celu uzyskania odpowiednich wartości odżywczych.

ARMSTRONG STEAM HARNESS

Armstrong Steam Harness (ASH) to kompleksowy, w pełni zintegrowany pakiet systemowy, który łączy niezawodne i trwałe produkty firmy Armstrong z nowoczesną technologią. Powstał po to, aby dostarczać parę wodną o niezmiennej, wysokiej jakości, w celu uzyskania ciągłego i powtarzalnego poziomu wydajności oraz sprawności.

Armstrong Steam Harness jest zawsze dostosowany do indywidualnych wymagań i posiadanych urządzeń, przynosząc wymierne oszczędności energii i podnosząc wydajność procesu. Korzystając z holistycznego systemu, nasi eks-

perci biorą pod uwagę cały zakład, projektując układ z uwzględnieniem czynników takich jak poprawne umieszczenie urządzeń z zachowaniem ergonomii i bezpieczeństwa dla operatorów.

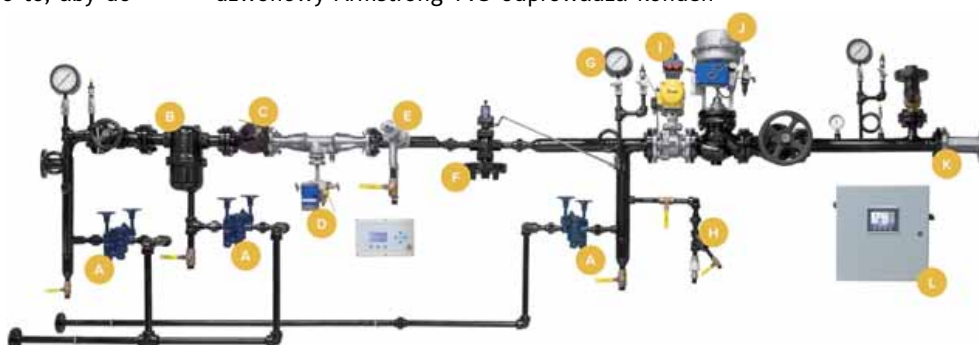
ASH został stworzony aby rozwiązywać problemy oraz im zapobiegać poprzez działania tj.:

- redukcja ilości korków parowych, które powodują „zalepianie” granulatora oraz nieplanowane postoje w produkcji,
- zapewnienie właściwego odprowadzania kondensatu i dostarczanie suchej, mierzalnej, wysokiej jakości pary do granulatora lub ekstrudera,
- grupowanie kosztów energii i sprawności wg poszczególnych formuł (w niektórych przypadkach korelują z parametrami granulowania/wytłaczania),
- podnoszenie bezpieczeństwa i obniżanie strat energii poprzez stosowanie odpowiednich pokrowców izolacyjnych wielorazowego użytku.

ZASADA DZIAŁANIA

1. Para wodna zasila ASH.
2. Ręczna przepustnica na wlocie zapewnia całkowitą izolację w przypadku potrzeby odcięcia zasilania.
3. Czujnik urządzenia do monitoringu jakości pary Armstrong Steam QM®-1 można w razie potrzeby przenieść do dostępnego króćca, aby zmierzyć jakość pary na zasilaniu ASH.
4. Kieszeń odwadniająca wychwytuje kondensat i zanieczyszczenia z instalacji dystrybucji pary wodnej; odwadniacz dzwonowy Armstrong TVS odprowadza kondensat z kieszeni odwadniającej; wysokociśnieniowy zawór umożliwia ręczne usuwanie zanieczyszczeń wychwyconych przez nóżkę kroplową. (A)
5. Separator cyklonowy usuwa z pary wilgoć i cząstki większe niż 10 mikronów; odwadniacz dzwonowy Armstrong TVS odprowadza konden-

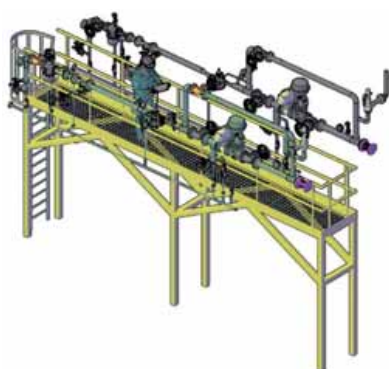
Rysunek 1
Przykładowy schemat systemu ASH





- sat z separatora do instalacji powrotnej kondensatu pod wysokim ciśnieniem. (B)
6. Manometr i przetwornik ciśnienia zainstalowane przed separatorem dostarczają informacje odnośnie ciśnienia pary wlotowej i przekazują sygnał do PLC/HMI.
 7. Para przepływa przez filtr siatkowy typu Y, który wychwytuje cząstki większe niż 0,0055 ”; zawór umożliwia ręczne usuwanie cząstek; zanieczyszczenia zostają odprowadzone do atmosfery. (C)
 8. VERIS Accelabar® mierzy przepływ pary i kompensuje zmiany ciśnienia pary, sygnał przekazywany do panelu operatorskiego granulatora lub ekstrudera. (D)
 9. Armstrong Steam QM®-1 mierzy jakość pary; informacje przesyłane przez Modbus do PLC/HMI dostarczanego przez Armstrong. (E)
 10. Zawór redukcyjny Armstrong obniża ciśnienie pary. (F)
 11. Zawór bezpieczeństwa.
 12. Manometr i przetwornik ciśnienia zainstalowane za zaworem redukcyjnym dostarczają informacje odnośnie ciśnienia pary zredukowanej i przekazują sygnał do PLC/HMI. (G)
 13. Kieszonka odwadniająca zbiera i odprowadza kondensat pomiędzy zaworem redukcyjnym, a automatycznym zaworem kulowym z pełnym portem; kondensat odprowadzony jest do powrotu kondensatu o niskim ciśnieniu; odwadniacz termostatyczny usuwa schłodzony kondensat, powietrze i gazy niekondensujące się (NCG), odprowadzenie są do atmosfery. (H)
 14. Zawór kulowy kotłowniczy z pełnym portem i napędem elektropneumatycznym jest sterowany przez panel operatorski granulatora lub ekstrudera; mechaniczne przełączniki potwierdzają całkowite otwarcie zaworu panelu operatorskiego granulatora lub ekstrudera. To wyposażenie nie jest standardowe, ale może być dostępne jako opcja. (I)
 15. Panel operatorski granulatora lub ekstrudera przesyła sygnał do pozycjonera typu SMART umieszczonego na zaworze regulacyjnym, który doprowadza parę do komory kondycjonera; pozycjoner cyfrowy wysyła sygnał zrotny do systemu kontroli granulatora lub ekstrudera, potwierdzając procent otwarcia zaworu sterującego; cała para jest wtryskiwana bezpośrednio do komory. Zawór jest wykonany w klasie szczelności VI, przez co może być również używany jako zawór on/off. (J)
 16. Wizualny manometr i przetwornik temperatury zainstalowane za zaworem regulacyjnym monitorują dopływ temperatury pary do granulatora lub ekstrudera i przekazują informacje do panelu.

Rysunek 2
System ASH



17. Elastyczne złącze wykonane z falistego węża ze stali nierdzewnej i pojedynczego opłotu ze stali nierdzewnej pochłania wibracje z komory kondycjonera. (K)
18. Szafka elektryczna z PLC i HMI dostarczana przez Armstrong. (L)

MONITORING I POMIARY

Dostęp do kluczowych danych w czasie rzeczywistym:

- ciśnienie pary na dolocie do ASH,
- jakość pary,
- jakość pary (średnia) na tonę paszy,
- ilość wody dodanej poprzez parę na tonę produktu,
- zużycie pary na godzinę,
- zużycie pary na tonę paszy,
- skumulowane zużycie pary [kg],
- pobór energii cieplnej [kW],
- energia cieplna na tonę produktu [kW/h],
- koszt pary na godzinę [PLN],
- koszt pary za tonę pasz [PLN],
- natężenie silnika na tonę produktu [amp / tonę produktu],
- natężenie silnika w odniesieniu do przepływu pary,
- pomiar zredukowanego ciśnienia pary do kondycjonowania produktu,
- dostosowanie ASH według poszczególnych formuł (informacje wymagane od producenta granulatora via Ethernet).

SERWIS I WSPARCIE — PRZED, W TRAKCIE I PO INSTALACJI

Każda instalacja mediów w otoczeniu granulatora lub ekstrudera, czy to nowa, czy istniejąca, ma unikalną konfigurację rurociągów oraz połączeń mechanicznych, więc dobór rozpoczyna się od oceny faktycznego stanu instalacji. Powinno zmierzyć się fizyczną przestrzeń, zidentyfikować ograniczenia i określić specyficzne potrzeby obiektów otaczających granulator lub ekstruder przed dostosowaniem ASH do istniejącej infrastruktury.

OCENA TERMICZNA POMAGA ZAPEWNIĆ WYDAJNOŚĆ ASH

Posiadanie poprawnie pracującego systemu pary i kondensatu ma zasadnicze znaczenie dla wydajności ASH. Ocena infrastruktury cieplnej w zakładzie, pozwala lepiej przygotować się do poprawy instalacji dystrybucji pary oraz maksymalizacji jakości i ilości pary dostarczanej do kondycjonera i/lub komory kondycjonowania.

OD AUDYTU NA MIEJSCU, DO INSTALACJI „POD KLUCZ”

Specjalista od inżynierii termicznej jest obecny na każdym etapie realizacji inwestycji/modernizacji, tj. przed, w trakcie i po instalacji układu ASH, aby upewnić się, że proces uruchomienia i rozruchu jest płynny, a obsługa układu jest wygodna dla personelu. Konsekwentnie koncentrujemy się na bezpieczeństwie operatorów, ergonomii i zapewnieniu, że granulator lub ekstruder utrzymują optymalną jakość i ilość pary.

Igor Zotów

Absolwent Politechniki Gdańskiej, na Wydziale Mechanicznym. Od 2011 roku zajmuje się armaturą przemysłową, głównie w układach pary i kondensatu. W Introlu pracuje od 2013 roku na stanowisku zastępcy kierownika działu armatury.

Tel: 601 55 33 01



Kompensacja spoiny odniesienia czujników termoelektrycznych

Podczas wielu lat pracy z wzorcowaniem czujników temperatury, często zaskakuje nas, że nawet ludzie, którzy pracują z czujnikami termoelektrycznymi nie zawsze zdają sobie sprawę, jak one działają. Szczególnie mało znany temat dotyczy tego, jak działa spoina odniesienia. Z uwagi na wiele niejasności w tym zakresie, mogą pojawiać się błędy w pomiarze i wzorcowaniu. W artykule zajmiemy się spoiną czujników termoelektrycznych, a zwłaszcza jej kompensacją. Aby to zrobić, musimy najpierw krótko przypomnieć sposób ich działania. Nie będziemy się przy tym zagłębiać w naukową teorię, ale zrobimy to trzymając się bardziej praktycznych rozważań na temat tego, co warto wiedzieć, gdy pracuje się przy pomiarach temperatury i wzorcowaniu czujników termoelektrycznych w typowym zakładzie przemysłowym.

TERMINOLOGIA

Na wstępie kilka słów o stosowanych powszechnie pojęciach. „Spoina odniesienia” bywa określana jako „zimne końce” lub „złącze odniesienia” termoelementu. W tym tekście najczęściej będziemy wykorzystywać to pierwsze określenie.

„Czujnik termoelektryczny” czy „termoelement” a może „termopara”? Nie wdając się w akademickie dywagacje można powiedzieć, że wszystkie te pojęcia dotyczą tego samego. Tak więc w artykule będą używane naprzemiennie.

CZUJNIKI TERMoeLEKTRYCZNE

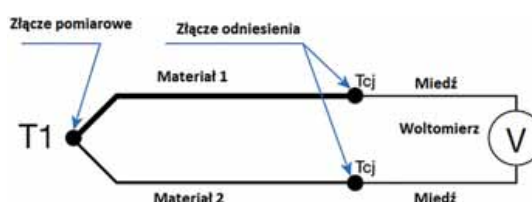
Są to bardzo popularne czujniki temperatury wykorzystywane w zakładach przemysłowych. Posiadają kilka cech, które pozwalają na ich szerokie zastosowanie. Można ich używać do pomiaru bardzo wysokich temperatur, znacznie wyższych niż w przypadku czujników rezystancyjnych RTD (ang: Resistance Temperature Detector). Termoelement posiada bardzo wytrzymały czujnik, więc się łatwo nie uszkadza. Mimo, że termopary nie są tak dokładne jak czujniki RTD, są wystarczająco dokładne dla wielu aplikacji. Sensor termopary jest również stosunkowo tani, a obwód pomiarowy nie wymaga do pomiaru prądu wzbudzenia, tak jak obwód RTD, więc obwód jest w tym sensie prostszy do wykonania. Co ważne, na rynku dostępnych jest wiele różnych typów termopar zoptymalizowanych dla różnych aplikacji.

Czujniki termoelektryczne wydają się proste w użyciu – tylko dwa przewody. Gdzie zatem tkwi haczyk? Pod uwagę należy wziąć spoinę odniesienia i spoinę pomiarową, które powodują, że obwód pomiarowy nie zawsze jest tak prosty, jak się wydaje.

JAK DZIAŁA?

Termoelement składa się z dwóch przewodów wykonanych z różnych przewodników elektrycznych, które są połączone ze sobą na jednym końcu (spoina pomiarowa). Jeżeli dwa końce termopary włożymy do różnych temperatur pojawi się prąd termoelektryczny, powodując niewielkie napięcie między przewodami. Napięcie to zależy od temperatury i zastosowanych materiałów drutów przewodzących. Zjawisko to zostało odkryte w 1821 roku przez Thomasa Johanna Seebecka i nazwane jego nazwiskiem.

Na rysunku 1: „Materiał 1 i 2” reprezentują dwa różne materiały, z których jest wykonana termopara. „T1” oznacza złącze pomiarowe, tj. punkt, który służy do pomiaru temperatury. Dwa „Tc” to temperatura złącza odniesienia. Powyższe wyjaśnienie jest nieco



Rys. 1
Uproszczony schemat termoelementu

uproszczone, ponieważ napięcie termoelektryczne jest faktycznie generowane przez gradienty temperatury wzdłuż przewodu termopary.

TYPY TERMoeLEMENTÓW I ICH MATERIAŁY

Produkowanych jest wiele rodzajów termopar z różnych materiałów i stopów. Różne materiały powodują różną czułość, różną wartość napięcia termoelektrycznego generowaną w tej samej temperaturze. Wpływa to na inne cechy takie jak np. maksymalna temperatura. Standaryzowano wiele różnych typów termopar i podano nazwy dla określonych używanych materiałów. Nazwy są zwykle bardzo krótkimi nazwami, często tylko jedną literą, na przykład typ K, R, S, J, K itp. Niektóre z najczęstszych termopar i ich materiały są wymienione w poniższej tabeli:

Typ	Oznaczenie	Zakres temperatur (długotrwałe stosowanie) [°C]	Zakres max temperatur (krótkotrwałe stosowanie) [°C]
R	PtRh13-Pt	-50 ... 1300	1300 ... 1600
S	PtRh10-Pt	-50 ... 1300	1300 ... 1600
B	PtRh30-PtRh6	600 ... 1600	1600 ... 1800
J	Fe-CuNi	-40 ... 700	700 ... 900
T	Cu-CuNi	-40 ... 400	400 ... 600
E	NiCr-CuNi	-40 ... 700	700 ... 1000
K	NiCr-NiAl	-40 ... 1000	1000 ... 1300
N	NiCrSi-NiS	-40 ... 600	600 ... 1300

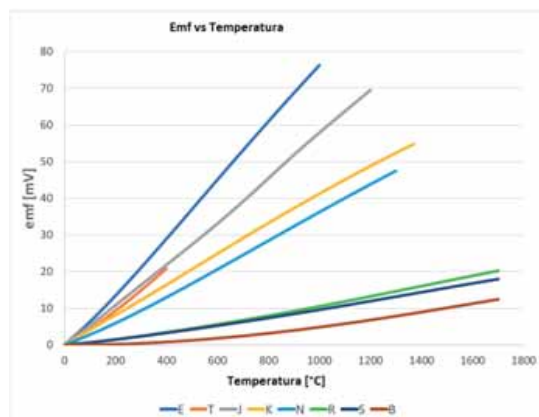
KOLORY PRZEWODÓW

Dobłą wiadomością jest to, że przewody termopary są oznaczone kolorami dla ich łatwiejszej identyfikacji. Zła wiadomość jest taka, że istnieje wiele różnych norm i kodów kolorów różniących się od siebie. Główne normy to IEC 60584-3 (Międzynarodowa) oraz ANSI (Stany Zjednoczone), ale istnieje również wiele innych norm narodowych, takich jak japońskie, francuskie, brytyjskie, holenderskie, niemieckie itp. Jeśli nie jesteśmy pewni co do kraju pochodzenia czujnika, niestety rozpoznanie typu termoelementu po kolorze przewodów jest nieco skomplikowane.

NAPIĘCIE TERMoeLEKTRYCZNE TERMoeLEMENTU

Ponieważ różne termopary są wykonane z różnych materiałów, napięcie termoelektryczne jest również inne, co ilustruje Rysunek 2. Warto zaznaczyć, że występuje duża różnica w generowanym napięciu dla tej samej temperatury pomiędzy różnymi typami termoelementów. Oczywiście, jeśli chcemy zmierzyć niższą temperaturę lepiej używać bardziej czułych typów, ponieważ dają wyższe napięcie, które jest łatwiejsze do zmierzenia. Dla wysokich temperatur, należy jednak wybrać niektóre z mniej czułych typów, które można stosować w wysokich temperaturach.

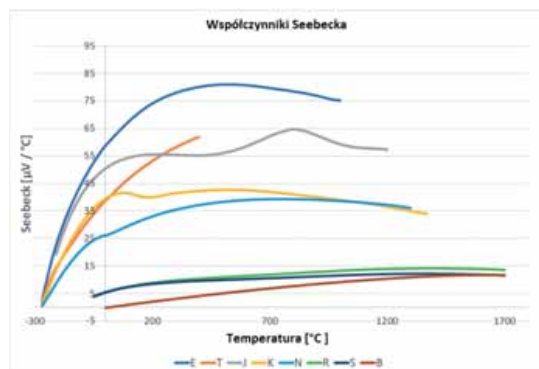
Rys. 2
Siła elektromotoryczna
vs temperatura



Rys. 4
Spoina odniesienia

WSPÓŁCZYNNIKI SEEBECKA

Rys. 3
Współczynniki Seebecka



Powyższy rysunek ilustruje współczynniki Seebecka dla różnych typów termopar. Jak widać, najniższe współczynniki mają termoelementy typu R, S, B ale za to mogą mierzyć bardzo wysokie temperatury.

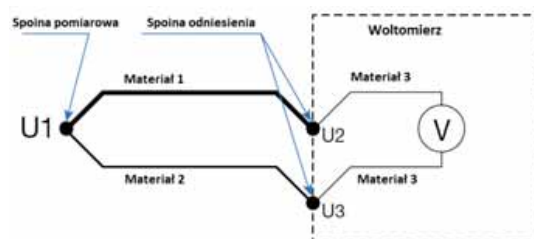
Współczynnik Seebecka mówi, jaka jest zmiana napięcia termopary w porównaniu ze zmianą temperatury. Powyższy rysunek ilustrujący różne czułości między różnymi termoparami wyjaśnia również to, dlaczego kalibrator termopary zazwyczaj ma inną dokładność dla różnych ich typów. Urządzenie pomiarowe lub kalibrator zwykle ma dokładność pomiaru określoną w jednostkach napięcia. Na przykład może mieć dokładność 4 mikrowoltów. Spójrzmy zatem na dwa krańcowe przypadki – termoelementy typ E i B w temperaturze 200°C. Czułość (współczynnik Seebecka) dla typu E przy 200°C wynosi około 74 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$, a dla typu B około 2 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$. Czułość różni się 37 razy między tymi dwoma typami. Przy wspomnianej dokładności kalibratora dla pomiaru napięcia 4 μV , oznacza to, że oferuje dokładność około 0,05°C (4 μV podzielona przez 74 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$) dla typu E w 200°C i dokładność 2°C (4 μV

podzielone przez 2 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$) dla typu B w tej samej temperaturze. Możemy więc zrozumieć, dlaczego często występują bardzo różne dokładności kalibratora dla różnych typów termopar.

Jeśli specyfikacja dokładności kalibratora producenta dla wszystkich typów termopar jest taka sama, należy być ostrożnym! Zwykle oznacza to, że specyfikacje / dane techniczne zostały sporządzone głównie w dziale marketingu, a nie przez dział techniczny. Jest to po prostu mało realistyczne.

Istnieją również takie normy (na przykład AM-S2750E), które wymagają tej samej dokładności dla wszystkich typów termopar, co w praktyce nie ma większego sensu, ze względu na te ogromne różnice w czułości dla różnych typów termoelementów.

SPOINA ODNIESIENIA

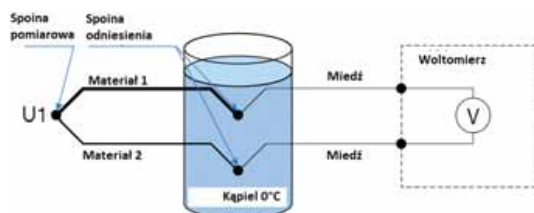


Na Rysunku 4 „Materiał 1 i Materiał 2” to dwa materiały tworzące termoparę. Spoina pomiarowa to punkt, w którym są ze sobą połączone i który mierzy temperaturę procesu, a także miejsce gdzie generowane jest napięcie U1. To U1 jest tym, co chcemy zmierzyć. W punktach spoiny odniesienia jest podłączony miernik napięcia, który ma połączenia wykonane z innego materiału – materiał 3 (zwykle miedź). W tych połączeniach wytwarzane są niechciane napięcia termoelektryczne U2 i U3, których wartości należy wyeliminować. Jest na to kilka sposobów.

METODY KOMPENSACJI ZŁĄCZA ODNIESIENIA

1. Kąpiel spoiny odniesienia w punkcie topnienia lodu (0°C)

Z natury złącze termopary nie generuje żadnego napięcia jeżeli jest umieszczone w temperaturze 0°C. Spoinę odniesienia należy umieścić w kąpiel lodowej lub dokładnym termostacie o temperaturze znamionowej 0°C.



Połączenia muszą być izolowane elektrycznie od wody w kąpiel lodowej, aby uniknąć prądów upływowych powodujących błędy lub możliwą korozję. Końce przewodów kompensacyjnych umieszcza się w wypełnionych olejem probówkach umieszczonych w termosie wypełnionym drobno pokruszonym lodem, zalany wodą destylowaną. Metoda ta jest stosowana w pomiarach laboratoryjnych. Dokładność stabilizacji wynosi zwykle $\pm 0,1$ do $\pm 0,01$ K. Jakkolwiek jest to bardzo dokładny sposób, jednak niezbyt praktyczny w warunkach przemysłowych.

Rys. 5
Kąpiel lodowa 0°C

**Przykład:**

Termopara typu K jest podłączana zgodnie z rys. 5. Woltomierz pokazuje wartość 25033 μV . Jaka jest mierzona temperatura?

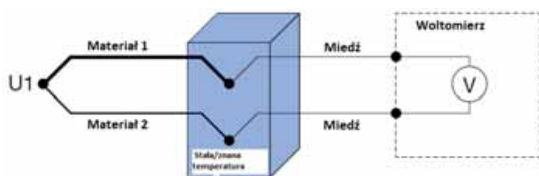
$$E = EN(tU1) - EN(tr)$$

Gdzie:

- E = zmierzone napięcie = 25033 μV
 - $EN(tU1)$ = napięcie generowane przez spoinę pomiarową
 - $EN(tr)$ = napięcie generowane na spoinie odniesienia = 0 μV (EN 60584 typ K, 0°C)
 - $EN(tU1) = E + EN(tr) = 25033 \mu\text{V} + 0 \mu\text{V} = 25033 \mu\text{V} = 603^\circ\text{C}$ (EN 60584 typ K, 25033 μV)
- Temperatura wynosi 603°C.

2. Spoina pomiarowa w znanej, stałej temperaturze

Ponieważ kąpiel lodowa w warunkach przemysłowych okazuje się niepraktyczna, można umieścić złącze odniesienia w znanej stałej temperaturze. Można wykonać małą skrzynkę przyłączeniową, której temperatura będzie utrzymywana przez termostat na stałym poziomie. Zwykle w takim przypadku temperatura powinna być wyższa niż temperatura otoczenia (łatwiej wykonać termostat tylko z funkcją grzania). Kiedy znamy temperaturę w jakiej znajduje się złącze odniesienia, możemy obliczyć i skompensować napięcie termoelektryczne generowane przez to złącze. Wiele urządzeń pomiarowych lub kalibratorów temperatury ma funkcjonalność, w której można wprowadzić temperaturę spoiny odniesienia, a urządzenie wykona wszystkie obliczenia i dokona kompensacji.

**Przykład:**

Termopara typu J jest podłączana zgodnie z opisem jak na rysunku. Odczyt woltomierza to 32778 μV . Temperatura złącza odniesienia wynosi 35°C. Jaka jest mierzona temperatura?

$$E = EN(tU1) - EN(tr)$$

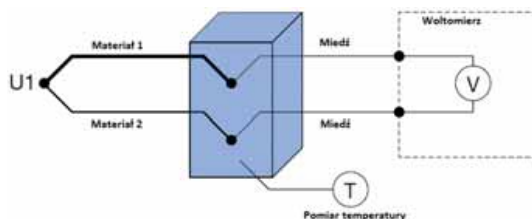
Gdzie:

- E = zmierzone napięcie = 32778 μV
 - $EN(tU1)$ = napięcie generowane przez złącze pomiarowe
 - $EN(tr)$ = napięcie generowane w złączu odniesienia = 1797 μV (EN 60584 typ J, 35°C)
 - $EN(tU1) = E + EN(tr) = 32778 \mu\text{V} + 1797 \mu\text{V} = 34575 \mu\text{V} = 625^\circ\text{C}$ (EN 60584 typ J, 34575 μV)
- Tak więc zmierzona temperatura wynosi 625°C.

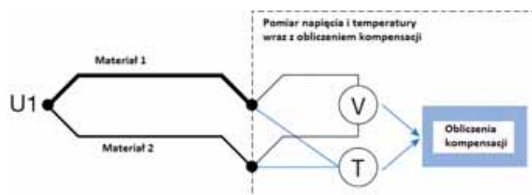
Należy pamiętać, że obliczenia termopary muszą zawsze być wykonane w wartościach napięcia. Częstym błędem jest znalezienie w tabeli temperatury dla wartości zmierzonego napięcia i dodanie jej do wartości temperatury złącza odniesienia. W takim przypadku odpowiednia temperatura dla zmierzonego napięcia 32778 μV zgodnie z normą EN 60584 wynosi 594,5°C. Obliczenie przy użyciu wartości temperatury dałoby: 594,5°C + 35°C = 629,5°C. Błąd zatem wynosi +4,5°C.

3. Pomiar temperatury złącza odniesienia

Innym sposobem niż utrzymywanie stałej temperatury złącza odniesienia jest pomiar tej temperatury przy pomocy osobnego czujnika temperatury. Obliczenia można wykonać jak w powyższych przykładach. Jest to jednak sposób nieco trudniejszy, ponieważ trzeba cały czas mierzyć temperaturę zimnych końców.



Na szczęście wiele kalibratorów posiadają taką funkcjonalność umożliwiającą pomiar temperatury zimnych końców przez zewnętrzną sondę. W takim przypadku kalibrator wykona wszystkie obliczenia.

4. Automatyczna kompensacja on-line w urządzeniu pomiarowym

Urządzenie pomiarowe (będące przetwornikiem, karta wejściowa DCS lub kalibrator temperatury) może mierzyć temperaturę złącza odniesienia automatycznie i wykonywać kompensację on-line. Jest to oczywiście najłatwiejszy i najbardziej praktyczny sposób. Użytkownik musi tylko odpowiednio podłączyć termoelement i ustawić w urządzeniu jego typ. Kalibratory firmy Beamex obsługują ten rodzaj automatycznej kompensacji. Przykładowo, kalibrator wielofunkcyjny MC6 mierzy temperaturę zimnego złącza z niepewnością 0,15°C.

PODSUMOWANIE

Tematyka termoelementów jest powszechnie znana i nauczana już na pierwszych latach studiów związanych z metodologią pomiarów przemysłowych. Problematyka spoiny odniesienia i kompensacji temperatury napotyka jednak nadal wiele praktycznych niejasności. Z przedstawionych przeze mnie 4 metod kompensacji temperatury, najczęściej stosowaną w warunkach przemysłowych jest metoda przedstawiona jako ostatnia – automatyczna kompensacja on-line. W warunkach laboratoryjnych, ze względu na wysoką dokładność, nadal stosuje się kąpiel zerową spoiny odniesienia. Dwie pozostałe są stosowane znacznie rzadziej ze względu na ich skomplikowanie.

Przy opracowywaniu niniejszego artykułu korzystałem z materiałów firmy Beamex.

Sławomir Kowalczyk

Ukończył wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Specjalność Systemy Pomiarowe. W Introlu pracuje od 24 lat, obecnie na stanowisku kierownika działu kalibratorów.

tel. 32 789 01 22



Rys. 7
Pomiar temperatury złącza odniesienia

Rys. 8
Automatyczna kompensacja on-line

Rys. 6
Złącze odniesienia w stałej i znanej temperaturze

Innowacyjne przetworniki ciśnienia VEGABAR

VEGA



- zakresy pomiarowe od -1 do 1000 bar
- dokładność nawet $<0,3\%$
- przetwornik i presostat w jednym
- wielokrotna przeciążalność (wersje z celą ceramiczną)
- dodatkowa sygnalizacja optyczna
- łatwa instalacja (system adapterów)
- komunikacja Bluetooth
- ATEX, dopuszczenia higieniczne



cisnienie@introl.pl

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary