

HUKX

Sensor
Technology

Instrukcja użytkownika
Cyfrowe pyranometry klasy drugiej
z różnymi
wyjściami

SR05-D1A3
SR05-D2A2

Oświadczenia ostrzegawcze



Przyłożenie napięcia przekraczającego 30 V na okablowanie czujnika zasilania głównego może prowadzić do trwałego uszkodzenia czujnika.



W celu prawidłowego uziemienia urządzenia: należy używać SR05 z oryginalnym kablem SR05 wykonanym w fabryce. Zapoznaj się z rozdziałem dotyczącym uziemienia i użycia ekranu.



Użycie tego samego adresu Modbus dla więcej niż jednego urządzenia spowoduje nieregularne działanie całej sieci.



Twoje żądanie danych może wymagać przesunięcia +1 dla każdego numeru rejestru SR05, w zależności od przetwarzania przez urządzenie główne sieci. Zapoznaj się z instrukcją urządzenia pełniącego funkcję lokalnego urządzenia głównego.

Spis treści

Wprowadzenie	6
1 Zamawianie i sprawdzenie przy dostawie	10
1.1 Zamawianie SR05	10
1.2 Elementy opakowania	11
1.3 Szybka kontrola przyrządu	12
2 Zasada działania i teoria przyrządu	13
3 Charakterystyka SR05	15
3.1 Charakterystyka SR05-D1A3 i SR05-D2A2	15
3.2 Wymiary SR05	22
4 Normy i zalecane praktyki stosowania	23
4.1 Norma klasyfikacji	23
4.2 Zastosowanie ogólne — pomiar promieniowania słonecznego	24
4.3 Zastosowanie ogólne — pomiar czasu nasłonecznienia	24
4.4 Zastosowanie specjalne — testowanie wydajności instalacji fotowoltaicznych	24
4.5 Zastosowanie specjalistyczne w meteorologii i klimatologii	25
5 Instalacja SR05	26
5.1 Wybór lokalizacji i instalacja	26
5.2 Montaż i poziomowanie SR05	27
5.3 Instalowanie SR05	27
5.4 Instalowanie SR05 z poziomica kulkową i uchwytem tulejowym	28
5.5 Połączenie elektryczne serii SR05: schemat okablowania	31
5.6 Uziemienie i zastosowanie ekranowania	32
5.7 Wykorzystanie wyjścia analogowego SR05-D1A3 od 0 do 1 V	33
5.8 Wykorzystanie wyjścia analogowego 4 do 20 mA piraniometru SR05-D2A2	34
5.9 Wykorzystanie wyjścia cyfrowego piraniometrów SR05-D1A3 i SR05-D2A2	35
5.10 Połączenie SR05-D1A3 z siecią RS-485	36
5.11 Połączenie SR05-D2A2 z urządzeniem TTL	37
5.12 Połączenie SR05 z komputerem PC	37
6 Komunikacja z SR05	39
6.1 Komunikacja PC: oprogramowanie Sensor Manager	39
6.2 Komunikacja sieciowa: kody funkcji, rejestry, cewki	43
6.3 Komunikacja sieciowa: pierwsze kroki	50
6.4 Komunikacja sieciowa: przykładowe żądanie urządzenia master do SR05	51
7 Przeprowadzenie wiarygodnego pomiaru	54
7.1 Pojęcie niezawodności	54
7.2 Niezawodność pomiaru	55
7.3 Szybkość naprawy i konserwacji	56
7.4 Ocena niepewności pomiarowej	56
8 Konserwacja i rozwiązywanie problemów	59
8.1 Zalecana konserwacja i zapewnianie jakości	59
8.2 Rozwiązywanie problemów	61
8.3 Kalibracja i kontrole w terenie	62
8.4 Zapewnianie jakości danych pomiarowych	63

9 Załączniki	64
9.1 Dodatek — przedłużenie/wymiana kabla	64
9.2 Dodatek — narzędzia dla SR05	66
9.3 Dodatek — części zamienne dla SR05	66
9.4 Dodatek — normy klasyfikacji i kalibracji	67
9.5 Dodatek — hierarchia kalibracji	67
9.6 Dodatek — meteorologiczne wielkości promieniowania	69
9.7 Dodatek — tabele klasyfikacji ISO i WMO	70
9.8 Dodatek — definicja specyfikacji pyranometru	72
9.9 Dodatek — terminologia/słownik	74
9.10 Dodatek — konwersja formatu zmiennoprzecinkowego	76
9.11 Załącznik dotyczący kodów funkcji, rejestru i przeglądu cewek	77
9.12 Załącznik dotyczący wyszukiwania nazwy modelu czujnika w rejestrze	80
9.13 Deklaracja zgodności UE	82

Wykaz symboli

wielkości	symbol	jednostka
wyjście napięciowe	U	V
czułość	S	V/(W/m ²)
natężenie promieniowania	E	W/m ²
wyjście 0 do 1 V	U	V
zakres transmisji od 0 do 1 V	r	W/m ²
wyjście od 4 do 20 mA prądowe	I	A
opór	R	Ω
zakres transmisji 4 do 20 mA	r	W/m ²

(patrz również Dodatek 9.6 dotyczący wielkości meteorologicznych)

indeksy dolne nie
mają zastosowania

Wprowadzenie

Pyranometry serii SR05 stanowią najbardziej ekonomiczny wybór wśród pyranometrów firmy Hukx spełniających wymagania normy ISO 9060. Idealne są do ogólnych pomiarów promieniowania słonecznego w sieciach (agro-)meteorologicznych i systemach monitorowania instalacji fotowoltaicznych. SR05 charakteryzują się łatwą instalacją i montażem, dostępne są w różnych wersjach wyjść — zarówno cyfrowych, jak i analogowych — umożliwiając bezproblemową integrację systemów.

Seria SR05 jest najbardziej ekonomicznym zakresem pyranometrów firmy Hukx sklasyfikowanych zgodnie z normą ISO 9060. Pyranometry są opracowane do pomiaru promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię płaską, wyrażonego w W/m^2 , w kącie pola widzenia wynoszącym 180° . Dostępne są różne konfiguracje w zależności od sposobu montażu i wymaganego wyjścia. Kombinacja łatwej instalacji, dobrej dokładności i efektywności kosztowej czyni pyranometry serii SR05 idealnymi rozwiązaniami do montażu w sieciach meteorologicznych (agro-)meteorologii oraz do monitorowania systemów fotowoltaicznych na skalę komercyjną.

Zalety

- cyfrowe i analogowe wyjścia zgodne ze standardami branżowymi: łatwa implementacja i obsługa serwisowa
- uproszczona instalacja i poziomowanie: unikalna poziomica kulkowa i uchwyt tulejowy (opcjonalnie)
- przystępne ceny: wreszcie wydajność klasy drugiej dla budżetowych rozwiązań dużych sieci pomiarowych

Projekt serii SR05

Pyranometry serii SR05 wyposażone są w czujnik termopila z czarną powłoką, pojedynczą kopułą oraz ochronną obudowę z aluminium anodowanego z widoczną poziomica bąbelkową. Opcjonalnie czujnik posiada unikatowy mechanizm poziomowania kulkowego i uchwyt tulejowy ułatwiający instalację.

SR05 oferuje rozmaite wyjścia zgodne ze standardami branżowymi, zarówno cyfrowe, jak i analogowe:

- SR05-D1A3: Modbus przez RS-485 oraz wyjście 0 do 1 V
- SR05-D2A2: Modbus przez TTL i wyjście pętli prądowej 4 do 20 mA
- SR05-A1: konwencjonalne analogowe wyjście w miliWoltach

Niniejsza instrukcja użytkownika obejmuje zastosowanie dwóch czujników cyfrowych z serii SR05: SR05-D1A3 i SR05-D2A2. Specyfikacje tych wersji różnią się od specyfikacji wersji analogowej SR05: SR05-A1. Dla SR05-A1 należy zapoznać się z oddzielną instrukcją użytkownika SR05-A1.



Rysunek 0.1 Pyranometr cyfrowy klasy drugiej SR05 – widok z góry.



Rysunek 0.2 Z lewej strony pyranometr cyfrowy klasy drugiej SR05 z poziomica bąbelkową i złączem kabla M12-A w konfiguracji standardowej (kabel standardowy 3 metry w zestawie); z prawej strony SR05 z opcjonalną poziomica kulkową, ułatwiającą montaż i poziomowanie na powierzchniach poziomych i nierównych (bolce montażowe nie są pokazane).



Rysunek 0.3 Pyranometr cyfrowy klasy drugiej SR05 z opcjonalną poziomica kulkową i uchwytem tulejowym ułatwiającymi montaż i poziomowanie na tulejce (tulejka nie wliczona).

Normy

Mające zastosowanie normy klasyfikacji urządzeń to ISO 9060 i WMO Nr. 8

Wersje

Seria SR05 oferuje różne wersje ze standardowymi wyjściami przemysłowymi, zarówno cyfrowymi, jak i analogowymi, każda z kilkoma opcjami:

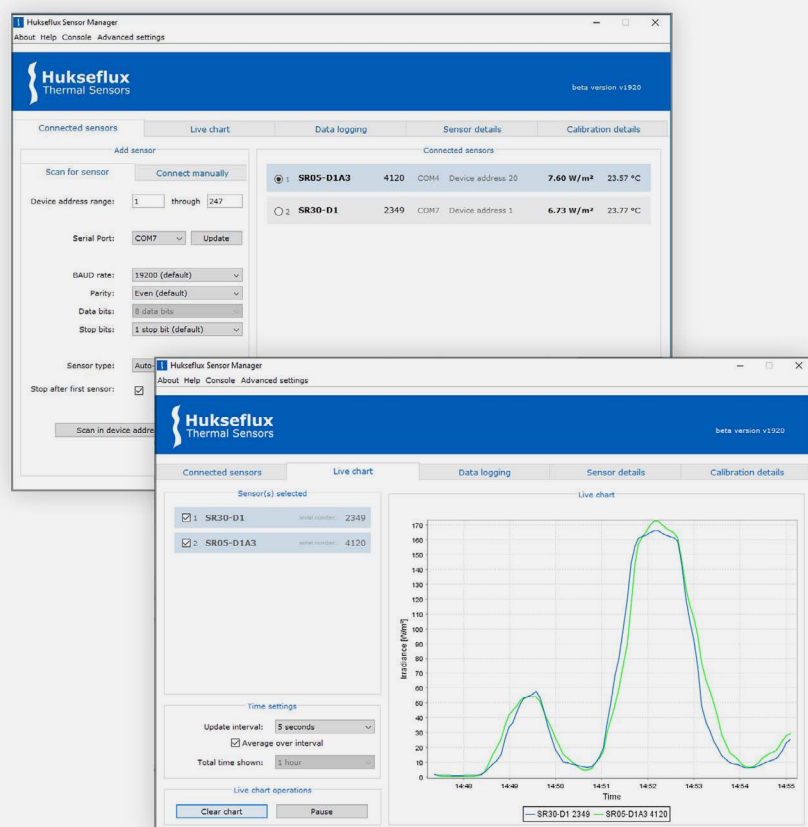
- Pyranometr cyfrowy klasy C SR05-D1A3: z Modbus przez RS-485 i wyjście 0 do 1 V
- Pyranometr cyfrowy klasy C SR05-D2A2: z Modbus przez TTL i wyjście 4 do 20 mA
- Pyranometr analogowy klasy C SR05-A1: z wyjściem miliwoltowym

Opcje

- długości kabli: 10, 20 m
- z poziomica kulkową
- z poziomica kulkową i uchwytem tulejowym (dla średnic tulejek 25 do 40 mm)
- kabel przedłużający z parą złączy: 10, 20 m

Komunikacja z komputerem PC: oprogramowanie Hukseflux Sensor Manager

Do komunikacji między komputerem PC a urządzeniami SR05-D1A3 i/lub SR05-D2A2 dostępne jest oprogramowanie Hukseflux Sensor Manager do pobrania. Umożliwia użytkownikowi tworzenie wykresów i eksportowanie danych oraz zmianę adresu Modbus SR05 i jego ustawień komunikacji.



Rysunek 0.4 Interfejs użytkownika oprogramowania Sensor Manager.

SR05-D1A3 jest odpowiedni do użytku w systemach SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition — Nadzorowanie i Pozyskiwanie Danych Sterowania), obsługując protokół Modbus RTU (Remote Terminal Unit) poprzez RS-485. W tych sieciach czujnik działa jako slave. Zastosowanie SR05-D1A3 w sieci jest proste. Po ustawieniu prawidłowego adresu Modbus i ustawień komunikacji oraz podłączeniu do źródła zasilania urządzenie może być używane w sieciach RS-485. Typowa sieć będzie żądać danych natężenia promieniowania (rejstry 2 + 3) i temperatury (rejestr 6) co 1 sekundę, a ostatecznie przechowywać średnie co 60 sekund.

Sposób wysłania żądania, przetworzenia zawartości rejestru i konwersji go na użyteczne dane opisano w akapitach dotyczących komunikacji sieciowej. Przy instalacji czujników w sieci użytkownik musi posiadać solidną wiedzę dotyczącą protokołu komunikacji Modbus. Podczas użytkowania analogowego wyjścia 0–1 V dostarczonego przez SR05-D1A3 instrument można podłączyć bezpośrednio do powszechnie dostępnych systemów akwizycji danych zdolnych do obsługi sygnału 0–1 V.

Podczas korzystania z cyfrowego wyjścia SR05-D2A2, można je podłączyć do urządzeń TTL za pośrednictwem Modbus over TTL, lub podczas korzystania z wyjścia 4 do 20 mA SR05-D2A2, do powszechnie używanych systemów rejestrowania danych zdolnych do obsługi sygnału pętli prądowej 4 do 20 mA. Wszystkie wersje SR05 powinny być używane zgodnie z zalecanymi praktykami ISO, WMO i ASTM.

Kalibracja

Zalecany przedział kalibracji pyranometry wynosi 2 lata. Rejestry zawierające zastosowaną czułość i historię kalibracji cyfrowych wersji SR05 są dostępne dla użytkowników posiadających hasło. Pozwala to użytkownikowi wybrać własną lokalną usługę kalibracji. Ten sam dostęp do Rejestrów może być również wykorzystany do zdalnie sterowanej ponownej kalibracji pyranometry w terenie. Poproś Hukx o informacje dotyczące tej funkcji oraz procedur standaryzowanych przez ISO i ASTM dla kalibracji w terenie.

ASTM E2848 " *Standard Test Method for Reporting Photovoltaic Non-Concentrator System Performance* " (wydane na końcu 2011 roku) potwierdza, że pyranometr jest preferowanym instrumentem do monitorowania wydajności systemów fotowoltaicznych.

Pyranometr SR05 spełnia wymagania tego standardu. Aby uzyskać więcej informacji, zobacz nasz przewodnik wyboru pyranometru.

WMO zatwierdziła „Metoda pyranometryczna” do obliczania czasu trwania słonecznego na podstawie pomiarów pyranometru w WMO-No. 8, *Przewodniku instrumentów meteorologicznych i metod obserwacji*. Oznacza to, że SR05 może być używany w połączeniu z odpowiednim oprogramowaniem do szacowania czasu trwania słonecznego. Jest to znacznie bardziej ekonomiczne niż korzystanie z dedykowanego czujnika do pomiaru czasu trwania słonecznego. Poproś o naszą kartę techniczną.

Zobacz również

- Przeczytaj o uchwycie montażowym pyranometru PMF01, kompatybilnym z poziomica kulkowa SR05.
- Wyświetl naszą pełną gamę pyranometry.

1 Zamawianie i sprawdzanie podczas dostarczenia

1.1 Zamówienie SR05

Istnieją dwie standardowe konfiguracje dla modelu cyfrowego SR05, każda z kilkoma opcjami:

- SR05-D1A3 (dawniej znany jako SR05-DA1): z Modbus przez RS-485 i wyjściem od 0 do 1 V.
standardowa długość kabla: 3 metry
- SR05-D2A2 (wcześniej znany jako SR05-DA2)
: z Modbusem przez TTL i wyjściem 4 do 20 mA
standardowa długość kabla: 3 metry

Popularne opcje to:

- dłuższy kabel (10, 20 metrów), należy określić całkowitą długość kabla
- kabel przedłużający z parą złączy (10, 20 metrów), należy określić całkowitą długość kabla
- poziomica kulkowa
- uchwyt tulejowy z poziomica kulkową (dla średnic tulejów 25 do 40 mm)

Poziomica kulkowa i uchwyt tulejowy są odpowiednie do modernizacji.

Tabela 1.1.1 Kody zamówień dla wersji cyfrowych modelu SR05. (ciąg dalszy na następnej stronie).

wersje sr05 (numery artykułów), bez kabla

SR05-D1A3	cyfrowy pyranometr drugiej klasy z Modbusem przez RS-485 i wyjściem 0 do 1 V
SR05-D2A2	cyfrowy pyranometr drugiej klasy z Modbusem przez TTL i wyjściem 4 do 20 mA

kabel do sr05 (numery artykułów), bez kabla

'-03' po numerze części SR05	180 °
'-10' po numerze części SR05	0 do 2000 W/m ²
'-20' po numerze części SR05	7 do 25 x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²)

opcje poziomica dla SR05

BL01 poziomica kulkowa, do poziomowania SR05	poziomica kulkowa, do poziomowania SR05
TMBL01	uchwyt tulejowy z poziomica kulkową, do montażu SR05 na tubie

przedłużenie kabla dla sr05 z męskimi i żeńskimi złączami M12-A

C06E-10

C06E-20

Kabel przedłużający (z parą złączy) może być używany w połączeniu z regularnym kablem (z jednym złączem na końcu czujnika) aby umożliwić alternatywne długości kabli SR05.

Przykład: potrzebna długość kabla: 15 m. W tym przypadku najłatwiej jest kupić SR05 z kablem 20 m i skrócić go do żądanej długości.

Przykład: potrzebna długość kabla: 30 m. W tym przypadku najłatwiej jest kupić SR05 z kablem 10 m i przedłużeniem kabla 20 m.

1.2 Zawartość opakowania

Po dostarczeniu do klienta, dostawa powinna zawierać:

- pyranometr SR05
- kabel o zamówionej długości
- certyfikat produktu pasujący do numeru seryjnego instrumentu

Prosimy przechowywać certyfikat w bezpiecznym miejscu.

Menedżer Czujnika Hukx można pobrać poprzez <https://hukx.com/downloads>

Przy zamawianiu opcji montażowych BL01 lub TMBL01 razem z SR05, dostawa powinna również zawierać:

- BL01:
 - poziomica kulkowa
 - klucz sześciokątny 4 mm
 - 1 x podkładka
 - 2 x śruby M5x20
 - 2 x nakrętki M5
- TMBL01:
 - poziomica kulkowa
 - klucz sześciokątny 4 mm
 - 1 x podkładka
 - 2 x śruby M5x20
 - 2 x nakrętki M5
 - uchwyt tulejowy
 - 2 x śruby M5x30
 - 2 x śruby M5x40



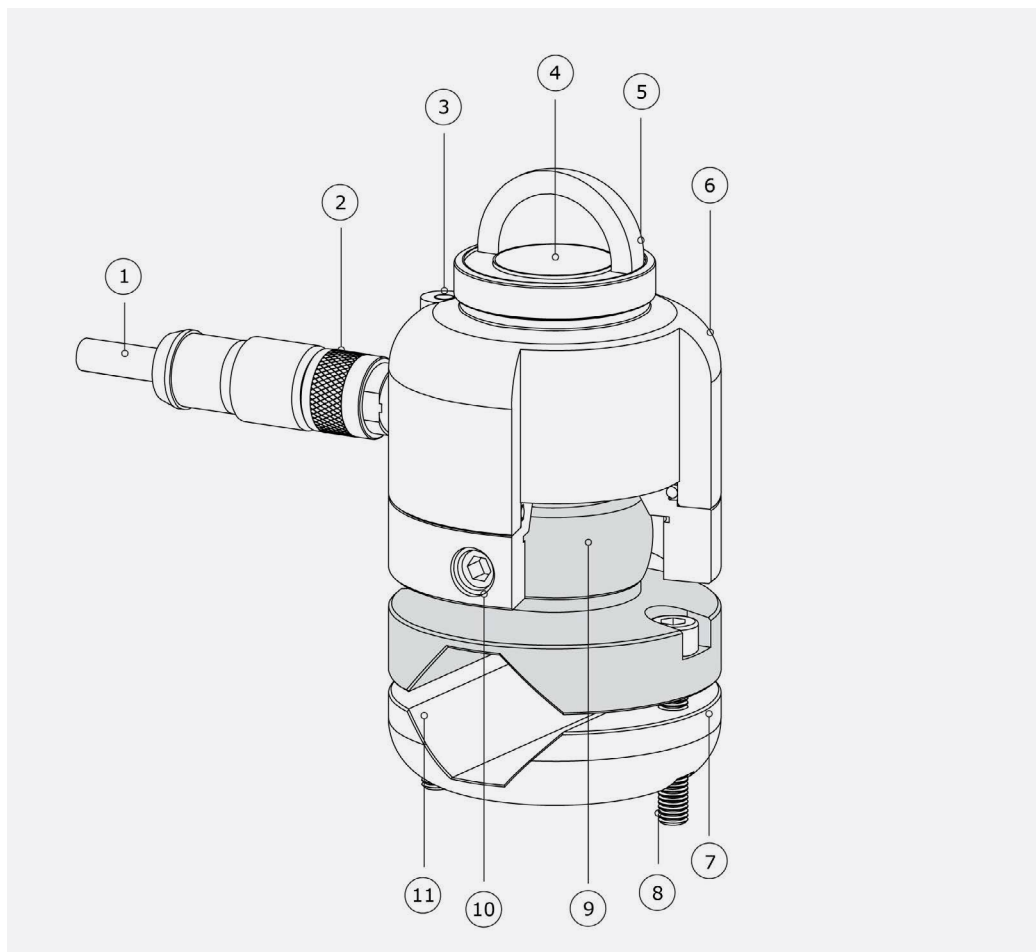
Rysunek 1.2.1 Od lewej do prawej: SR05, SR05 z opcją montażu BL01 oraz SR05 z opcją montażu uchwyta tulejowego TMBL01 (nakrętki i śruby, narzędzia i certyfikaty nie są pokazane, sam uchwyt tulejowy nie jest zawarty).

1.3 Szybka kontrola instrumentu

Szybkie testowanie instrumentu można wykonać, podłączając go do komputera PC i instalując oprogramowanie Menedżera czujników. Instrukcje znajdują się w rozdziałach dotyczących instalacji i komunikacji PC.

1. Podczas włączania zasilania sygnał może wykazywać tymczasowy poziom wyjściowy różny od zera; przesunięcie. Pozwól temu przesunięciu się ustalić.
2. Sprawdź, czy czujnik reaguje na światło: wyeksponuj czujnik na silne źródło światła, na przykład żarówkę 100 W w odległości 0,1 m. Sygnał powinien wskazywać $> 100 \text{ W/m}^2$ teraz. Przyciemnij czujnik, nakładając coś na niego lub wyłączając światło. Wyjście natężenia promieniowania instrumentu powinno spadać i w ciągu jednej minuty zbliżyć się do 0 W/m^2 .
3. Sprawdź poziomica bąbelkową.
4. Sprawdź instrument pod kątem uszkodzeń.
5. Sprawdź numer seryjny urządzenia wskazany przez oprogramowanie względem etykiety na urządzeniu i względem certyfikatów dołączonych do urządzenia.

2 Zasada działania urządzenia i teoria



Rysunek 2.1 Przegląd SR05

(zaciemnione obszary w widoku eksplodowanym pokazują poziomica kulkowa i podkładkę). Numery od 7 do 12 są dołączone przy zamawianiu opcji BL01 lub TMBL01:

1. kabel (długość standardowa 3 metry, opcja dłuższego kabla)
2. złączka
3. poziomica bąbelkowa
4. czujnik termiczny z czarną powłoką
5. kopuła szklana
6. korpus czujnika
7. uchwyt tulejowy (dołączony do TMBL01)
8. śruba montażowa (w zestawie z BL01 i TMBL01; wymaga klucza sześciokątnego 4 mm)
9. podkładka (w zestawie z BL01 i TMBL01; potrzebna do poziomicy kulkowej)
10. poziomica kulkowa (w zestawie z BL01 i TMBL01)
- 11) 11. śruba stożkowa ustawna do regulacji poziomu (w zestawie z BL01 i TMBL01; wymaga klucza sześciokątnego 4 mm)
12. otwór dla tulejów $\varnothing 25$ do $\varnothing 40$ mm przy użyciu poziomicy kulkowej i uchwytu tulejowego

Nazwa naukowa SR05 to pyranometr. Pyranometr mierzy promieniowanie słoneczne odbierane przez płaską powierzchnię z kąta widzenia 180° . Ta wielkość, wyrażona w W/m^2 , jest nazywana „hemisferycznym” promieniowaniem słonecznym. Widmo promieniowania słonecznego rozciąga się w przybliżeniu od 285 do 3000×10^{-9} m. Z definicji pyranometr powinien obejmować ten zakres spektralny z selektywnością spektralną, która jest jak najbardziej „płaska”.

W pomiarze natężenia promieniowania z definicji odpowiedź na promieniowanie „bezpośrednie” zmienia się wraz z cosinusem kąta padania; tzn. powinna mieć pełną odpowiedź, gdy promieniowanie słoneczne pada na czujnik prostopadle (normalnie do powierzchni, słońce w zenicie, kąt padania 0°), zerową odpowiedź, gdy słońce znajduje się na horyzoncie (kąt padania 90° , kąt zenitalny 90°), i 50% pełnej odpowiedzi przy kącie padania 60° .

Pyranometr powinien mieć tak zwaną „odpowiedź kierunkową” (starsze dokumenty wspominają „odpowiedź cosinusową”), która jest jak najbliższa idealnej charakterystyce cosinusowej.

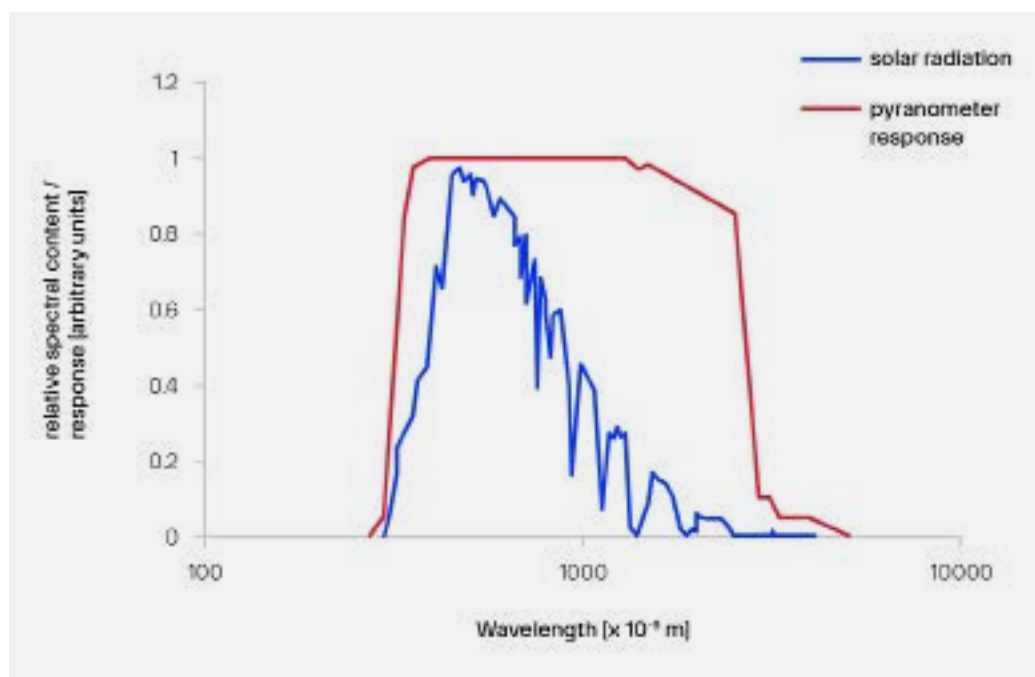
Aby uzyskać właściwe charakterystyki kierunkowe i spektralne, głównymi składnikami pyranometru są:

- Czujnik termiczny z czarnym pokryciem. Ma płaskie spektrum obejmujące zakres od 200 do 50000×10^{-9} m i ma niemal idealną odpowiedź kierunkową. Powłoka absorbuje całe promieniowanie słoneczne i w momencie absorpcji przekształca je w ciepło. Ciepło przepływa przez czujnik do jego obudowy. Czujnik termopila generuje sygnał wyjściowy napięcia, który jest proporcjonalny do natężenia promieniowania słonecznego.
- Kopuła szklana. Ta kopuła ogranicza zakres spektralny od 285 do 3000×10^{-9} m (odcinając część powyżej 3000×10^{-9} m), zachowując jednocześnie kąt pola widzenia 180° . Inną funkcją kopuły jest osłanianie czujnika termopila przed otoczeniem (konwekcja, deszcz).

Cyfrowe wersje modelu SR05 posiadają wysokiej klasy 24-bitowy przetwornik A/D, który jest używany przez SR05 do konwersji analogowego napięcia termopila na sygnał cyfrowy.

Pyranometry mogą być wytwarzane do różnych specyfikacji i z różnymi poziomami weryfikacji i charakterystyki podczas produkcji. Norma ISO 9060:1990 „*Energia słoneczna — specyfikacja i klasyfikacja instrumentów do pomiaru promieniowania słonecznego hemisferycznego i bezpośredniego promieniowania słonecznego*” wyróżnia 3 klasy; standard wtórny (najwyższa dokładność), klasa pierwsza (druga co do wielkości dokładność) i klasa druga (trzecia co do wielkości dokładność).

Od klasy drugiej do klasy pierwszej i od klasy pierwszej do standardu wtórnego, osiągalna dokładność ulepsza się o współczynnik 2.



Rysunek 2.2 Charakterystyka spektralna pyranometru w porównaniu ze spektrum słonecznym. Pyranometr odcina tylko zaniebdywalną część całkowitego promieniowania słonecznego.

3 Specyfikacja SR05

3.1 Specyfikacja SR05-D1A3 i SR05-D2A2

SR05 mierzy promieniowanie słoneczne odbierane przez płaską powierzchnię z kąta pola widzenia 180°. Ta wielkość, wyrażona w W/m^2 , nazywana jest „półsferycznym” promieniowaniem słonecznym.

SR05-D1A3 oferuje natężenie promieniowania w W/m^2 jako cyfrowe wyjście i jako wyjście 0 do 1 V. Musi być używany w połączeniu z odpowiednim zasilaczem i systemem pozyskiwania danych, który wykorzystuje Protokół komunikacji Modbus przez RS-485 lub taki, który jest zdolny do obsługi sygnału 0 do 1 V.

SR05-D2A2 oferuje natężenie promieniowania w W/m^2 jako cyfrowe wyjście i jako wyjście 4 do 20 mA. Musi być używany w połączeniu z odpowiednim zasilaczem oraz systemem akwizycji danych, który wykorzystuje Protokół komunikacji Modbus przez TTL lub który jest w stanie obsługiwać sygnał pętli prądowej 4 do 20 mA.

Niniejsza instrukcja użytkownika obejmuje zastosowanie dwóch czujników cyfrowych z serii SR05: SR05-D1A3 i SR05-D2A2. Specyfikacje tych wersji różnią się od specyfikacji wersji analogowej SR05: SR05-A1. Dla SR05-A1 należy zapoznać się z oddzielną instrukcją użytkownika SR05-A1.

Instrument jest klasyfikowany zgodnie z normą ISO 9060 i powinien być używany zgodnie z zaleceniami praktyk ISO, IEC, WMO i ASTM.

Tabela 3.1.1 Specyfikacje seria SR05. (ciąg dalszy na następnych stronach).

specyfikacje pomiarowe sr05: lista kryteriów klasyfikacji normy iso 9060*

Klasyfikacja ISO (ISO 9060:1990)	pyranometr klasy drugiej
Poziom wydajności WMO (WMO-Nr. 8, siódme wydanie 2008)	pyranometr średniej jakości
czas odpowiedzi (95 %)	18 s
przesunięcie zera a (odpowiedź na 200 W/m^2 netto promieniowania termicznego)	< 15 W/m^2 bez wentylacji
przesunięcie zerowe b (odpowiedź na zmianę temperatury otoczenia 5 K/h)	< $\pm 4 W/m^2$

* Dokładną definicję pyranometru oraz specyfikacje ISO 9060 można znaleźć w załączniku.

zalecany interwał żądania danych	$< \pm 1\%$ zmiana na rok
nieliniowość	$< \pm 1\%$ (100 do 1000 W/m ²)
odpowiedź kierunkowa	$< \pm 25$ W/m ²
selektywność spektralna	$< \pm 5\%$ (0,35 do $1,5 \times 10^{-6}$ m)
odpowiedź temperaturowa	$< \pm 3\%$ (-10 do +40 °C)
odpowiedź przechyłu	$< \pm 2\%$ (0 do 90 ° przy 1000 W/m ²)

Specyfikacje dodatkowe serii SR05

wielkość mierzona	promieniowanie słoneczne z półsfery
wielkość mierzona w jednostkach SI radiometrii	natężenie promieniowania w W/m ²
opcjonalna wielkość mierzona	czas trwania słoneczny
kąt pola widzenia	180 °
definicja wyjścia	średnia bieżąca z czterech ostatnich pomiarów, interwał pomiaru 0,1 s, odświeżany co 0,1 s
zalecany interwał żądania danych	1 s, przechowywanie średnich z 60 s
zakres pomiarowy	0 do 2000 W/m ²
funkcja pomiaru/opcjonalne programowanie dla czasu trwania słonecznego	programowanie zgodnie z przewodnikiem WMO Paragraf 8.2.2
wewnętrzny czujnik temperatury	czujnik temperatury cyfrowy MAX31725
znamionowy zakres temperatury roboczej	-40 do +80 °C
zakres spektralny (punkty transmisji 20 %)	285 do 3000×10^{-9} m
standard regulujący użytkowanie przyrządu	ISO/TR 9901:1990 <i>Energia słoneczna—Pyranometry polowe—Zalecana praktyka użytkowania</i> ASTM G183-05 <i>Standardowa praktyka użytkowania polowego pyranometry, pirheliometrów i radiometrów UV</i>
napięcie izolacji zasilania do obudowy	100 V
standardowa długość kabla (patrz opcje)	3 m

średnica kabla	$4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$
złącze obudowy	złącze męskie proste M12-A, gwintem męskim, 5-biegunowe
typ złącza obudowy	M12-A
złącze kabla	złącze żeńskie proste M12-A, gwintem żeńskim, 5-biegunowe
typ złącza kabla	M12-A
klasa ochrony złącza	IP67
wymiana kabla	kable wymienne i kabel przedłużający ze złączami można zamawiać oddzielnie od firmy Hukx
montaż (patrz opcje)	2 x śruba M5 w odległości 46 mm między osiami na osi północ-południe, wymaga klucz sześciokątny 4 mm
wyrównywanie (zobacz opcje)	poziomica bąbelkowa jest zawarta
dokładność wyrównywania	$< 0,6^\circ$ bąbelek całkowicie w pierścieniu
osuszacz	żel krzemionkowy, 1,0 g, w worku HDPE, (25 x 45) mm
klasa ochrony IP	IP67
masa brutto	ok. 0,5 kg
masa netto	ok. 0,5 kg
Kalibracja	
śledzowalność kalibracji	do WRR
hierarchia kalibracji	od WRR przez ISO 9846 i ISO 9847, stosując korekcję do warunków odniesienia
metoda kalibracji	kalibracja w pomieszczeniu zgodnie z ISO 9847, typ IIc
niepewność kalibracji	$< 2,4 \%$ ($k = 2$)
zalecany przedział rekalkibracji	2 lata
warunki odniesienia	20 °C, promieniowanie słoneczne padające prostopadle, montaż poziomy, natężenie promieniowania 1000 W/m^2

ważność kalibracji	Na podstawie doświadczenia czułość przyrządu nie zmieni się podczas przechowywania. Podczas użytkowania z narażeniem na promieniowanie słoneczne specyfikacja „niestabilności” przyrządu ma zastosowanie.
Regulacja po ponownej kalibracji	Za pośrednictwem komputera PC, jako użytkownik zaawansowany oprogramowania Menedżera czujników. Poproś o status „użytkownika zaawansowanego” w fabryce w celu regulacji czułości i zapisania danych historii kalibracji.
Grzałka	
grzałka	bez grzania
Dokładność pomiaru	
niepewność pomiaru	Stwierdzenia dotyczące ogólnej niepewności pomiaru można sformułować tylko indywidualnie. Zapoznaj się z rozdziałem dotyczącym oceny niepewności.
Oszacowanie WMO dotyczące osiągalnej dokładności dla sum dziennych (definicję warunków pomiarowych można znaleźć w załączniku)	10 %
Oszacowanie WMO dotyczące osiągalnej dokładności dla sum godzinowych (definicję warunków pomiarowych można znaleźć w załączniku)	20 %
rozdzielczość natężenia promieniowania	0,2 W/m ²
rozdzielczość temperatury obudowy przyrządu	3,9 x 10 ⁻³ °C
dokładność temperatury obudowy instrumentu	± 0,5 °C
SR05-D1A3: cyfrowy	
cyfrowe wyjście	natężenie promieniowania w W/m ² temperatura obudowy instrumentu w °C
zakres napięcia roboczego	5 do 30 VDC
zalecane napięcie robocze	12 VDC
pobór mocy	< 75 x 10 ⁻³ W przy 12 VDC
protokół komunikacji	Modbus przez 2-przewodowy RS-485 półdupleks

tryb transmisji	Modbus RTU
wymagania systemowe do użytku z PC	Windows Vista i nowsze, port USB lub RS-232 (COM) oraz łącznik, konwerter RS-485/USB lub konwerter RS-485/RS-232
wymagania oprogramowania do użytku z PC	Środowisko Uruchomieniowe Java — oprogramowanie dostępne bezpłatnie pod adresem http://www.java.com
interfejs użytkownika na PC	oprogramowanie Menedżera Czujnika Hukx dostępne do pobrania: aby pobrać oprogramowanie i sprawdzić dostępne aktualizacje, odwiedź http://www.hukx.com/page/downloads
SR05-D1A3: analog 0 do 1 V	
wyjście 0 do 1 V	natężenie promieniowania w W/m ²
zakres transmisji	0 do 1600 W/m ²
sygnał wyjściowy	0 do 1 V
ustawienie standardowe (patrz opcje)	0 V przy 0 W/m ² i 1 V przy 1600 W/m ²
zakres napięcia roboczego	5 do 30 VDC
zalecane napięcie robocze	12 VDC
pobór mocy	< 75 x 10 ⁻³ W przy 12 VDC
SR05-D2A2: cyfrowy	
cyfrowe wyjście	natężenie promieniowania w W/m ² temperatura obudowy instrumentu w °C
zakres napięcia roboczego	5 do 30 VDC
zalecane napięcie robocze	12 VDC
minimalne napięcie pracy	10 VDC
pobór mocy	< 240 x 10 ⁻³ W przy 12 VDC
maksymalne przesunięcie spowodowane elektroniką	-7 W/m ²
protokół komunikacji	Modbus przez 2-przewodowy RS-485 półdupleks

tryb transmisji	Modbus RTU
wymagania systemowe do użytku z PC	Windows Vista i nowsze, port USB lub RS-232 (COM) i złącze, konwerter TTL/USB lub konwerter TTL/RS-232
wymagania oprogramowania do użytku z PC	Środowisko Uruchomieniowe Java — oprogramowanie dostępne bezpłatnie pod adresem http://www.java.com
interfejs użytkownika na PC	oprogramowanie Menedżera Czujników Hukseflux dostępne do pobrania: aby pobrać oprogramowanie i sprawdzić dostępne aktualizacje, odwiedź https://hukx.com/downloads

SR05-D2A2: analogowy 4 do 20 mA

wyjście 4 do 20 mA	natężenie promieniowania w W/m ²
zakres transmisji	0 do 1600 W/m ²
sygnał wyjściowy	4 do 20 x 10 ⁻³ A
ustawienie standardowe (patrz opcje)	4 x 10 ⁻³ A przy 0 W/m ² i 20 x 10 ⁻³ A przy 1600 W/m ²
zasada wyjścia 4 do 20 mA	pętla prądowa 2-przewodowa
zakres napięcia roboczego	5 do 30 VDC
zalecane napięcie robocze	12 VDC
minimalne napięcie pracy	10 VDC
pobór mocy	< 240 x 10 ⁻³ W przy 12 VDC
zalecana rezystancja bocznika	100 Ω
maksymalne przesunięcie spowodowane elektroniką	-7 W/m ²

Opcje

dłuższy kabel: 10, 20 m

kabel ze złączem M12-A żeńskim na końcu czujnika,
niezgęszczony na drugim końcu

kod opcji = całkowita długość kabla

kabel przedłużający z parą złączy: 10, 20 m
kabel ze złączami M12-A męskim i żeńskim

kod opcji = C06E-10 na 10 metrów,
C06E-20 na 20 metrów

poziomica kulkowa (BL01)

możliwość montażu na powierzchniach (nie)poziomych z
kompensacją kąta do 10 °; możliwość modernizacji;
jedna podkładka, dwie śruby montażowe M5x20 i dwie nakrętki M5 w
zestawie; wymaga klucza sześciokątnego 4 mm do pozioowania i
klucza sześciokątnego 4 mm oraz klucza 8 mm do montażu

uchwyt tulejowy z poziomicą kulkową (TMBL01)

montowany na tulejach Ø 25 do Ø 40 mm z kompensacją
kąta do 10°; możliwy do zainstalowania wtórnie;
jedna podkładka, dwie śruby montażowe M5x30 i dwie śruby montażowe
M5x40 w zestawie;
wymaga klucza sześciokątnego 4 mm do pozioowania i montażu

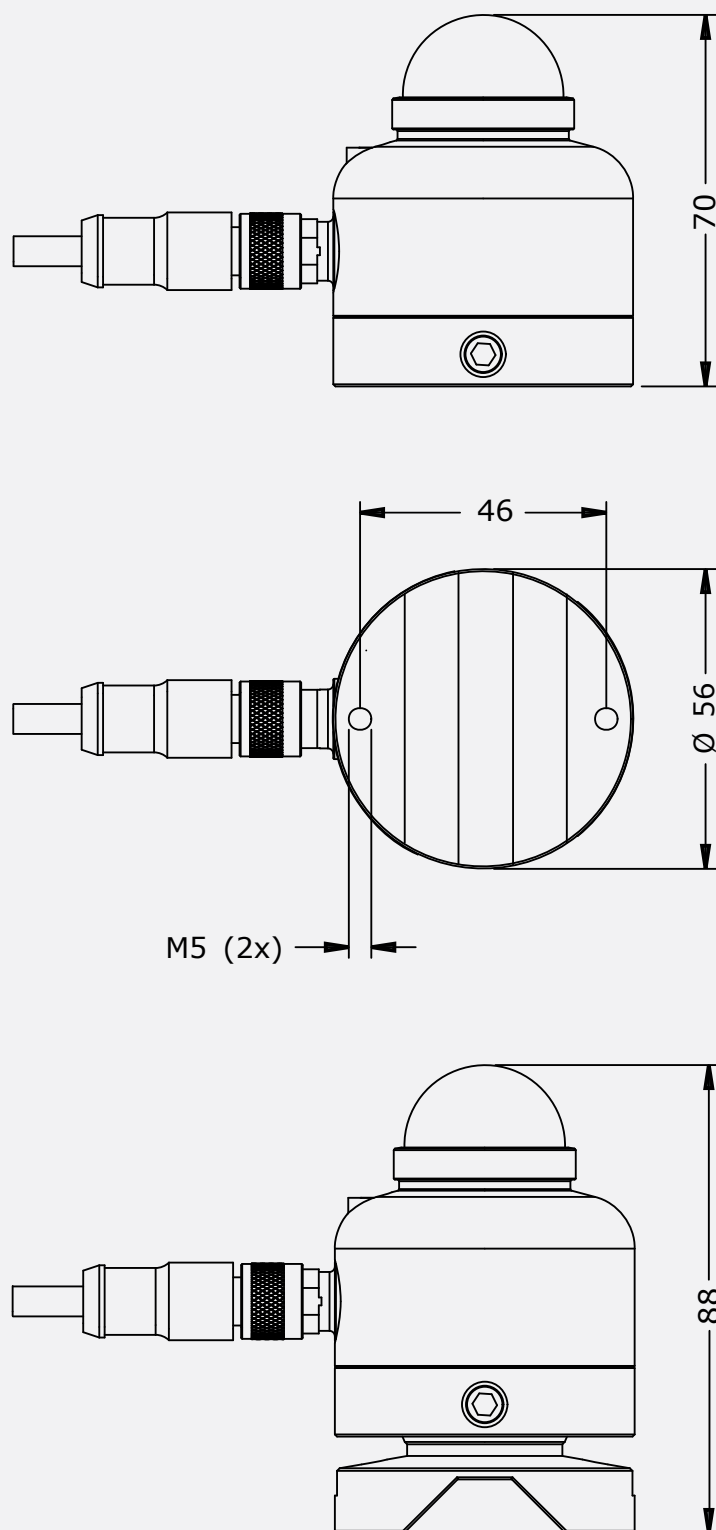
zakres transmisji dostosowany 0 do 1 V

może być dostosowany w fabryce na życzenie

zakres transmisji dostosowany 4 do 20 mA

może być dostosowany w fabryce na życzenie

3.2 Wymiary SR05



Rysunek 3.2.1 Wymiary SR05 w $\times 10^{-3}$ m. Dolny rysunek pokazuje wysokość SR05 w połączeniu z opcjonalną poziomnicą kulkową oraz wymaganą średnicę tulejową do użytku z opcjonalnym uchwytem tulejowym SR05. Śruby montażowe M5 i śruba stożkowa ustawna wymagają klucza sześciokątnego 4 mm do montażu i poziomowania.

4 Normy i zalecane praktyki użytkowania

Pyranometry są klasyfikowane zgodnie z normą ISO 9060 oraz Wytycznymi WMO -nr 8. W każdym zastosowaniu instrument powinien być używany zgodnie z zalecanymi praktykami ISO, IEC, WMO i/lub ASTM.

4.1 Norma klasyfikacji

Tabela 4.1.1 Normy klasyfikacji pyranometrów. Patrz załącznik dla definicji specyfikacji pyranometru oraz tabelę z limitami specyfikacji.

Normy do klasyfikacji instrumentów

Standard ISO	równoważny standard ASTM	WMO
ISO 9060:1990 <i>Energia słoneczna—Specyfikacja i klasyfikacja instrumentów do pomiaru hemisferycznego promieniowania słonecznego i bezpośredniego promieniowania słonecznego</i>	niedostępne	WMO-nr 8 <i>Wytyczne dotyczące instrumentów meteorologicznych i metod obserwacji</i> , Rozdział 7, pomiar promieniowania, 7.3 pomiar globalnego i rozproszonego promieniowania słonecznego

4.2 Ogólne zastosowanie do pomiaru promieniowania słonecznego

Tabela 4.2.1 Normy z zaleceniami dotyczącymi użytkowania instrumentów w pomiarze promieniowania słonecznego.

normy dotyczące użytkowania instrumentów do pomiaru bezpośredniego promieniowania słonecznego		
Standard ISO	równoważny standard ASTM	WMO
ISO/TR 9901:1990 <i>Energia słoneczna—Polowe pyranometry—Zalecana praktyka użytkowania</i>	ASTM G183-05 <i>Standardowa praktyka użytkowania pyranometrów, pirheliometrów i radiometrów UV w warunkach polowych</i>	WMO-No. 8 <i>Przewodnik do instrumentów meteorologicznych i metod obserwacji</i> , Rozdział 7, pomiar promieniowania, 7.3 pomiar globalnego i rozproszonego promieniowania słonecznego

4.3 Ogólne zastosowanie do pomiaru czasu trwania słonecznego

Zgodnie ze Światową Organizacją Meteorologiczną (WMO, 2003), czas trwania słoneczny w danym okresie definiuje się jako suma czasów podokresów, dla których bezpośrednie natężenie promieniowania słonecznego przekracza 120 W/m^2 .

WMO zatwierdził „Metodę pyranometryczną” do oszacowania czasu trwania słonecznego na podstawie pomiarów pyranometru (Rozdział 8 Przewodnika WMO do Instrumentów i Obserwacji, 2008). To oznacza, że pyranometr może być używany w kombinacji z odpowiednim oprogramowaniem do oszacowania czasu trwania słonecznego. Poproś o naszą notatkę aplikacyjną.

Tabela 4.3.1 Normy z rekomendacjami dotyczącymi użycia instrumentów w pomiarze czasu trwania słonecznego.

normy dotyczące użytkowania instrumentów do pomiaru bezpośredniego promieniowania słonecznego	
WMO	
WMO-No. 8 <i>Przewodnik po instrumentach meteorologicznych i metodach obserwacji</i> , Rozdział 8, pomiar czasu trwania słonecznego, 8.2.2 Metoda pyranometryczna	

4.4 Szczególne zastosowanie w testowaniu wydajności zewnętrznych systemów fotowoltaicznych

Pyranometry stosuje się do monitorowania wydajności elektrowni PV w celu pomiaru przychodzącego promieniowania słonecznego niezależnie od systemu PV. Pyranometry mogą być ustawione w dwóch pozycjach:

- Płaszczyzna paneli (POA), równoległa do paneli PV, do pomiaru natężenia promieniowania w płaszczyźnie paneli (oznaczonego również jako G_i w IEC 61724-1)
- poziomo, do pomiaru globalnego natężenia promieniowania w płaszczyźnie poziomej (E , oznaczonego również jako G_{HI} w IEC 61724-1)

Seria SR05 ma zastosowanie w testowaniu wydajności systemów PV na otwartym powietrzu. Por. też model Hukx SR15-D 1 i SR15-D2A2 — cyfrowe pyranometry pierwszej klasy. Ten ostatni to wersja SR05 oferowana jako alternatywa do monitorowania z celami referencyjnymi PV.

normy dotyczące testowania wydajności systemu pv

Standard ISO

IEC 61724-1 *Monitorowanie wydajności systemów fotowoltaicznych — Wytyczne dotyczące pomiaru, wymiany danych i analizy*

UWAGA: Zezwala na stosowanie pyranometry lub celów odniesienia zgodnie z IEC 60904-2 i -6. Wymagana dokładność odczytu pyranometru lepsza niż 5% odczytu (Punkt 4.1)

UWAGA: równoważne JISC 8906 (Japoński Komitet Norm Przemysłowych)

równoważny standard ASTM

ASTM 2848-11 *Standardowa metoda badania do raportowania wydajności systemów fotowoltaicznych bez koncentratora*

UWAGA: potwierdza, że pyranometr jest preferowanym przyrządem do badań PV na otwartym powietrzu. Szczególnie zaleca się pyranometr "pierwszej klasy" (paragraf A 1.2.1.)

4.5 Zastosowanie szczególne w meteorologii i klimatologii

Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO) jest wyspecjalizowaną agencją Organizacji Narodów Zjednoczonych. Jest autorytatywnym głosem systemu ONZ w kwestii stanu i zachowania się atmosfery ziemskiej i klimatu. WMO publikuje WMO-No. 8 *Poradnik Instrumentów Meteorologicznych i Metod Obserwacji*, w którym znajduje się tabela dotycząca "poziomu wydajności" pyranometrów. Obecnie WMO dostosowuje się do systemu klasyfikacji ISO.

5

Instalacja SR05

5.1 Wybór lokalizacji i instalacja

Tabela 5.1.1 Zalecenia dotyczące instalacji SRA01 (ciąg dalszy na następnej stronie).

lokalizacja	Sytuacja, w której cienie są rzucane na instrumenty, zwykle nie jest pożądana. Horyzont powinien być jak najbardziej wolny od przeszkód. Idealnie nie powinno być obiektów między trajektorią słońca a instrumentem.
mocowanie mechaniczne/ izolacja termiczna	Zaleca się używać poziomica kulkowa dołączonej do urządzeń BL01 i TMBL01 do montażu SR05 na powierzchni poziomej lub pochylej. Pyranometr jest wrażliwy na wstrząsy termiczne. Nie montuj urządzenia na obiektach, które stają się bardzo gorące (czarne powlekane płyty metalowe).
montaż urządzenia za pomocą 2 śrub	2 x śruba M5 w odległości 46 mm między środkami na osi północ-południe, połączenie przez dno czujnika w standardowej konfiguracji SR05. Z opcją poziomica kulkowa BL01: 2 x śruba M5 w odległości 46 mm między środkami, połączenie przez poziomica kulkowa, śruby M5x20 i nakrętki M5 zawarte w zestawie. Z opcją poziomica kulkowa na uchwyt tulejowy TMBL01: 2 x śruba M5 w odległości 46 mm między środkami, połączenie przez uchwyt tulejowy i poziomica kulkowa, śruby M5x30 i M5x40 zawarte w zestawie.
przeprowadzenie reprezentacyjnego pomiaru	Pyranometr mierzy promieniowanie słoneczne w płaszczyźnie czujnika. Może to wymagać instalacji w pozycji pochylonej lub odwróconej. Czarna powierzchnia czujnika (płyta dolna czujnika) powinna być montowana równolegle do interesującej nas płaszczyzny. W przypadku, gdy pyranometr nie jest zamontowany poziomo lub gdy horyzont jest zasłonięty, reprezentatywność lokalizacji staje się istotnym elementem pomiaru. Zapoznaj się z rozdziałem dotyczącym oceny niepewności.
poziomica	W przypadku montażu poziomego użyj poziomica bąbelkową i opcjonalnie poziomica kulkową. Poziomica bąbelkowa jest widoczna i może być sprawdzana przez cały czas.
orientacja przyrządu	Zgodnie z konwencją z wyjściem kabla skierowanym w stronę najbliższego bieguna (więc wyjście kabla powinno wskazywać na północ na półkuli północnej, południe na półkuli południowej).
wysokość instalacji	W przypadku instalacji odwróconej WMO zaleca odległość 1,5 m między powierzchnią gruntu a czujnikiem (w celu zmniejszenia wpływu cieni i uzyskania dobrego uśredniania przestrzennego).

5.2 Montaż i poziomowanie SR05

SR05 w standardowej konfiguracji wyposażona jest w widoczną poziomica bąbelkową i dwa otwory montażowe. Aby ułatwić montaż i poziomowanie na (nie)poziomej powierzchni, zalecana jest opcjonalna poziomica kulkowa dołączona do BL01 i TMBL01.

Poziomica kulkowa oferuje:

- łatwe poziomowanie
- łatwa orientacja kabla
- łatwa wymiana instrumentu
- łatwy montaż (śruby montażowe i nakrętki w zestawie)

Podczas instalacji SR05 poziomica kulkowa umożliwia obrót SR05 o 360° i przechylenie do 10°. To umożliwia kompensację do dziesięciostopniowego kąta podczas instalacji na nierównej powierzchni. Klucz sześciokątny 4 mm odblokowuje i blokuje mechanizm poziomicy kulkowej. Przy użyciu tuby lub pręta do instalacji SR05 zalecany jest opcjonalny uchwyt tulejowy dołączony do TMBL01. W połączeniu z poziomica kulkowa umożliwia montaż do tuby o średnicy 25–40 mm z taką samą łatwością poziomowania i wymiany instrumentu.



Rysunek 5.2.1 Od lewej do prawej: SR05 w standardowej konfiguracji z kablem o długości 3 metrów; z opcjonalną poziomica kulkową do łatwego montażu i poziomowania na powierzchni (nie)poziomej; z opcjonalną poziomica kulkową i uchwytem tulejowym do łatwej instalacji na rurze o średnicy 25 do 40 mm. Śruby montażowe są załączone z poziomica kulkową i/lub uchwytem tulejowym.

5.3 Instalacja SR05

SR05 bez poziomicy kulkowej i opcji uchwyty tulejowego można montować za pomocą dwóch śrub M5 (nie załączone). W przypadku wymaganych długości śrub, do grubości konstrukcji współpracującej użytkownika należy dodać od 5 do 7 mm. Zobacz rozdział dotyczący wymaganego narzędziowania.

5.4 Instalacja SR05 z poziomica kulkowa i uchwytem tulejowym

Do opcji poziomicą kulkową BL01 (i TMBL01) SR05 dołączone są dwie śruby M5x20 i dwie nakrętki M5. Te śruby należy stosować do montażu SR05 z poziomicą kulkową do powierzchni poziomej lub nierównej podczas montażu SR05 z BL01.

Do opcji uchwyt tulejowy z poziomicą kulkowa TMBL01 SR05 dołączone są dwie śruby M5x30 i dwie śruby M5x40. Te śruby służą do przytwierdzenia zarówno poziomic kulkowej, jak i uchwytu tulejowego do tulejki o średnicy od 25 do 40 mm. Dla średnic tulejki większych niż lub równych 33 mm, użyj śrub M5x40 zamiast śrub M5x30, aby zapewnić bezpieczne mocowanie.

Wyjątkowa głowica kulkowa poziomicą kulkowej SR05 służy do poziomowania SR05. Podczas zamawiania poziomicą kulkowej z SR05, dostarczana jest oddzielnie od SR05.

W przypadku gdy SR05 nie jest jeszcze przymocowana do swojej poziomicą kulkowej, użytkownik musi upewnić się, że podkładka jest prawidłowo umieszczona w centrum płyty dolnej SR05 przed mocowaniem i poziomowaniem. Podkładka umożliwia płynne poziomowanie i jest pokazana w lewym górnym rogu na Rysunku 5.4.1.

Wykonaj kroki 1 do 5 w Sekcji 5.4.1 do umieszczenia podkładki. Po umieszczeniu podkładki wykonaj kroki 6 do 9 w Sekcji 5.4.2, aby zamontować i poziomować SR05 z opcją poziomica kulkowej BL01 lub TMBL01. Zapoznaj się z sekcją 5.4.3, aby usunąć poziomica kulkową i jej podkładkę.



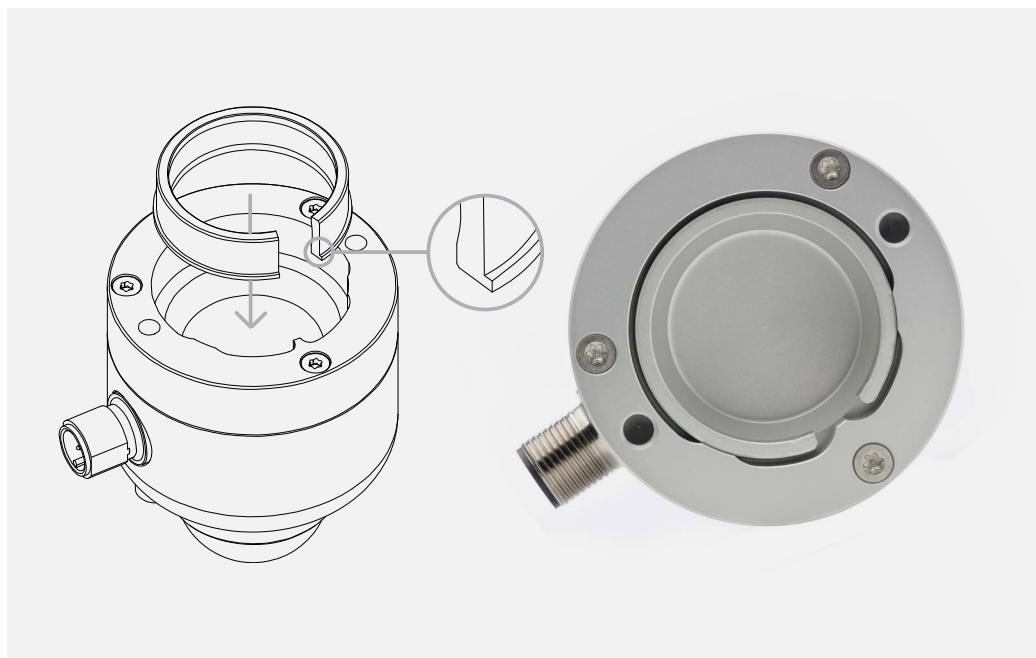
Rysunek 5.4.1 Po lewej stronie poziomicą kulkową SR05 wraz z podkładką (śruby montażowe nie są wyświetlane) i po prawej stronie SR05 umieszczona na poziomicą kulkową. Poluzuj śrubę stożkową ustawną na boku SR05, aby odbloковать i umożliwić umieszczenie głowicy kulkowej oraz poziomowanie SR05, a następnie dokręć ją, aby zabloковать mechanizm głowicy kulkowej.

Klucz sześciokątny 4 mm to jedyne narzędzie potrzebne do umieszczenia i usunięcia poziomica kulkowej oraz do włączenia i wyłączenia regulacji poziomowania.

Podkładka, dołączona przy zamówieniu poziomica kulkowej, umożliwia płynne poziomowanie i powinna być prawidłowo umieszczona w centrum płyty dolnej SR05.

5.4.1 Umieszczanie podkładki poziomicą kulkową SR05

Przy zamawianiu pyranometru SR05 wraz z opcjonalną poziomicą kulkową lub przy wymianie czujnika SR05 na poziomicą kulkową (modernizacja), użytkownik musi zapewnić, że dedykowana podkładka jest prawidłowo umieszczona w centrum płyty dolnej SR05. Aluminiowa podkładka zapewnia bezpieczne dopasowanie między SR05 a poziomicą kulkową i umożliwia głowicy kulkowej płynne obracanie się dla łatwego poziomowania. W zestawie poziomicą kulkową BL01 lub TMBL01 znajdują się: podkładka, luźna śruba ustalająca, klucz sześciokątny 4 mm, dwie śruby montażowe M5x20 i dwie nakrętki M5.



Rysunek 5.4.1.1 Rysunek liniowy wskazujący umieszczenie aluminiowej podkładki i zdjęcie pokazujące podkładkę prawidłowo umieszczoną w środku płyty dolnej SR05. Zwróć uwagę na położenie wystającego rantu podczas umieszczania podkładki.

Podkładka może być umieszczona w płycie dolnej SR05 wykonując następujące kroki:

1. Jeśli SR05 ma małą czarną plastikową osłonę na otworze śruby stożkowej ustawnej z boku, usuń ją. Do tego celu możesz użyć małego śrubokrętu płaskiego. Następnie włóż luźną śrubę ustawną za pomocą klucza sześciokątnego 4 mm, obracając klucz zgodnie z ruchem wskazówek zegara, aż śruba będzie tylko nieznacznie wystawać.
2. Trzymaj SR05 w jednej ręce, podkładkę w drugiej.
3. Upewnij się, że orientacja podkładki jest zgodna z orientacją płyty dolnej SR05. Zwróć uwagę na położenie wystającej krawędzi (patrz Rysunek 5.5.1).
4. Lekko ściśnij podkładkę, aby zmniejszyć jej średnicę i ułatwić wstawienie jej do płyty dolnej SR05.
5. Podczas ściskania wciśnij podkładkę na jej miejsce na płycie dolnej SR05. Podkładka została umieszczona.

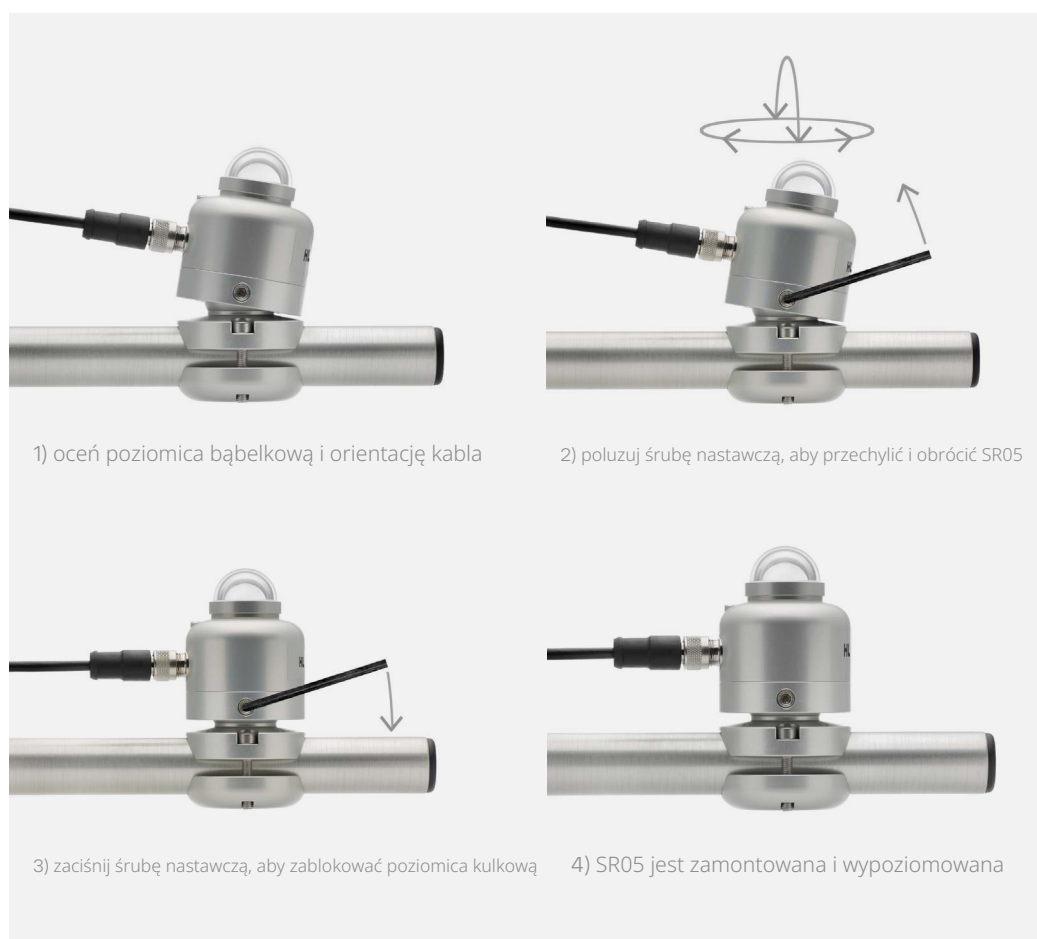
Przejdź do następnej sekcji, aby zamontować i wypoziomować SR05 za pomocą poziomicą kulkową.

5.4.2 Montaż i poziomowanie SR05 za pomocą BL01 lub TMBL01

Gdy podkładka jest prawidłowo na miejscu (patrz kroki 1-5), SR05 można zamontować i wypoziomować za pomocą BL01 lub TMBL01. Kontynuuj następujące kroki:

6. Zamontuj poziomica kulkową na powierzchnię lub platformę za pomocą śrub M5 i nakrętek.
Patrz rozdział dotyczący wymaganych narzędzi.
7. SR05 z umieszczoną podkładką można teraz umieścić na poziomicy kulkowej.
Delikatnie włóż czujnik na głowicę kulkową aż do kliknięcia.
8. Głowica kulkowa może być obracana o 360° i pozwala na kompensację kąta na nierównych powierzchniach do 10°.
9. Po zamontowaniu i wypoziomowaniu serii SR05 na podstawie poziomicy bąbelkowej, zablokuj mechanizm głowicy kulkowej, obracając śrubę nastawczą zgodnie z ruchem wskazówek zegara za pomocą klucza sześciokątnego 4 mm, aż będzie dokładnie zaciśnięta. Śruba nastawcza powinna być wpuszczona i nie wystawać (nie sterczeć).

Podobne podejście stosuje się podczas poziomowania serii SR05 na jej uchwycie tulejowym w terenie:



Rysunek 5.4.2.1 Kroki poziomowania serii SR05 zamontowanej na uchwycie tulejowym z poziomica kulkową.

5.4.3 Demontaż poziomic kulkowa i jej podkładki

1. Poluzuj śrubę stożkową ustawną SR05 za pomocą klucza sześciokątnego 4 mm, obracając go w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, aż śruba będzie lekko wysunięta.
2. Trzymaj SR05 w jednej ręce, poziomic kulkowa w drugiej.
3. Oddziel SR05 od poziomic kulkowej, delikatnie wyciągając ten element. Upewnij się, że kopuła szklana jest chroniona przez cały czas.

Gdy głowica kulkowa (TM)BL01 nie jest włożona do SR05, podkładka wydaje ciche trzaskające dźwięki podczas przesuwania SR05. Jest to normalne, spowodowane mechaniczną swobodą między obiema częściami.

Podkładkę można usunąć z płyty dolnej SR05 ręcznie przy pomocy małego śrubokrętu płaskiego. Patrz rozdział dotyczący wymaganych narzędzi. Pozwól śrubokrętowi delikatnie wysunąć podkładkę. Podczas usuwania lub umieszczania podkładki upewnij się, że kopuła szklana jest chroniona przez cały czas.

5.5 Połączenie elektryczne serii SR05: schemat okablowania

Urządzenie musi być zasilane przez zewnętrzne źródło zasilania zapewniające napięcie robocze w zakresie od 5 do 30 VDC. SR05-D1A3 oferuje natężenie promieniowania w W/m^2 jako cyfrowe wyjście (Modbus przez RS-485) oraz jako wyjście analogowe 0 do 1 V. SR05-D2A2 oferuje natężenie promieniowania w W/m^2 jako cyfrowe wyjście (Modbus przez TTL) i jako analogowe wyjście 4 do 20 mA.

Niniejsza instrukcja użytkownika obejmuje zastosowanie dwóch czujników cyfrowych z serii SR05: SR05-D1A3 i SR05-D2A2. Specyfikacje tych wersji różnią się od specyfikacji wersji analogowej SR05: SR05-A1. Dla SR05-A1 należy zapoznać się z oddzielną instrukcją użytkownika SR05-A1.

Tabela 5.5.1 Diagram połączeń SR05-D1A3.

PIN	przewód	SR05-D1A3 Modbus przez RS-485	SR05-D1A3 wyjście 0 do 1 V
1	brązowy	VDC [+]	VDC [+]
4	czarny	VDC [-]	VDC [-]
3	niebieski	nieużywany	wyjście 0 do 1 V
2	biały	RS-485 B / B' [+]	nieużywany
5	szary	RS-485 A / A' [-]	nieużywany
-	żółty	osłona	osłona

Uwaga 1: na końcu kabla przy złączu osłona jest połączona z obudową złącza

Uwaga 2: niemożliwe jest jednoczesne użycie wyjść cyfrowych i analogowych SR05-D1A3

Tabela 5.5.2 Diagram okablowania SR05-D2A2.

PIN	przewód	SR05-D2A2 Modbus over TTL	SR05-D2A2 wyjście 4 do 20 mA
1	brązowy	VDC [+]	VDC [+]
4	czarny	common	nieużywany
3	niebieski	VDC [-]	wyjście 4 do 20 mA
2	biały	TTL [Tx]	nieużywany
5	szary	TTL [Rx]	nieużywany
-	żółty	osłona	osłona

Uwaga 1: na końcu złącza kabla osłona jest podłączona do obudowy złącza.

Uwaga 2: nie można jednocześnie używać cyfrowych i analogowych wyjść SR05-D2A2.



W przypadku SR05-D2A2 over TTL istnieje różnica potencjałów między VDC [-] (niebieskim przewodem) a common (czarnym przewodem).

Ta różnica potencjałów zależy od prądu pobieranego przez czujnik.

Należy uważać, aby nie zwierać tych przewodów. TTL



[Tx] (biały przewód) i sygnały TTL [Rx] (szary przewód) są odniesione względem wspólnego (czarny przewód).

Jeśli urządzenie TTL, do którego podłączony jest SR05-D2A2, wymaga zasilania zewnętrznego, zasilanie musi być pobierane z oddzielnego źródła zasilania o pływającym potencjale względem zasilania używanego przez SR05-D2A2.

5.6 Uziemienie i użycie osłony

Uziemienie i użycie osłony są odpowiedzialnością użytkownika. Osłona kabla (nazywana osłoną na schemacie połączeń) jest połączona z aluminiową obudową instrumentu przez złącze. W większości przypadków instrument będzie przymocowany do konstrukcji wsporcze lokalnie uziemionej. W takich przypadkach osłona na końcu kabla nie powinna być w ogóle podłączana. Gdy połączenie uziemienia nie jest uzyskane przez obudowę instrumentu, na przykład w eksperymentach laboratoryjnych, osłona powinna być połączona z lokalnym uziemieniem na końcu kabla. Zazwyczaj jest to uziemienie lub niskie napięcie źródła zasilania, bądź wspólny punkt sieci. W wyjątkowych przypadkach, na przykład gdy zarówno instrument jak i rejestrator danych są podłączone do masztu małych rozmiarów, uziemienie lokalne na konstrukcji wsporcze jest identyczne z uziemieniem sieciowym. W takich przypadkach połączenie uziemienia może być wykonane zarówno do obudowy instrumentu, jak i do osłony na końcu kabla.

5.7 Stosowanie analogowego wyjścia 0 do 1 V urządzenia SR05-D1A3

SR05-D1A3 umożliwia użytkownikom zastosowanie wyjścia 0 do 1 V zamiast jego cyfrowego wyjścia. Podczas stosowania wyjścia 0 do 1 V proszę najpierw przeczytać ten rozdział. Jeśli wybrano wyłącznie cyfrowe wyjście SR05-D1A3, proszę przejść do następnego rozdziału poświęconego SR05-D1A3: Rozdział 5.9.

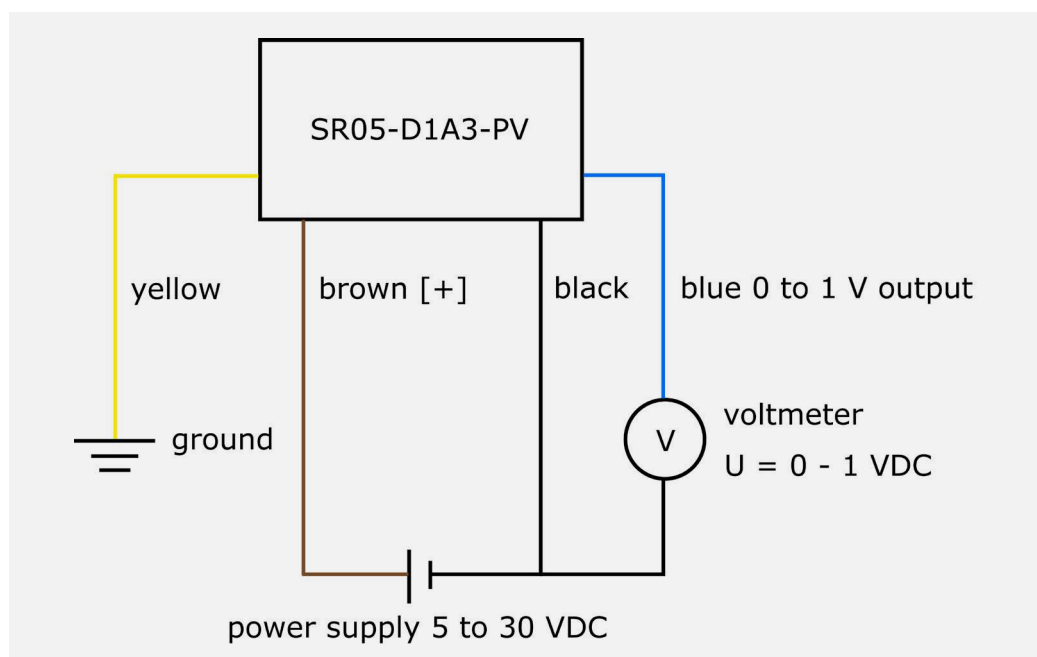
Korzystanie z wyjścia 0 do 1 V dostarczonego przez SR05-D1A3 jest łatwe. Urządzenie można podłączyć bezpośrednio do powszechnie używanych systemów rejestrowania danych. Natężenie promieniowania, E , w W/m^2 oblicza się, mierząc wyjście SR05-D1A3, napięcie U w V, a następnie mnożąc przez zakres transmisji r . Zakres transmisji jest podany wraz z SR05-D1A3 na jego Certyfikacie produktu. Zgodnie z konwencją natężeniu promieniowania $0 W/m^2$ odpowiada napięcie wyjściowe nadajnika 0 V. Zakres transmisji, czyli natężenie promieniowania przy napięciu wyjściowym 1 V, wynosi typowo $1600 W/m^2$. Zakres transmisji można dostosować w fabryce na życzenie.

Równanie centralne dla SR05-D1A3 to:

$$E = r \cdot U$$

(Formuła 5.7.1)

Ustawienie standardowe: $E = 1600 \cdot U$. Zobacz rozdział 5.5 i poniższy diagram połączeń elektrycznych do woltomierzy przy użyciu wyjścia 0 do 1 V SR05-D1A3.



Rysunek 5.7.1 Schemat elektryczny połączenia SR05-D1A3 z typowym woltomierzem lub rejestratorem danych zdolnym do pomiaru sygnałów napięciowych. SR05-D1A3 pracuje przy napięciu zasilającym od 5 do 30 VDC.

5.8 Używanie analogowego wyjścia 4 do 20 mA urządzenia SR05-D2A2

SR05-D2A2 daje użytkownikom opcję użycia wyjścia 4 do 20 mA zamiast jego cyfrowego wyjścia. Podczas używania wyjścia 4 do 20 mA proszę najpierw przeczytać ten rozdział. W przypadku wyboru wyłącznie cyfrowego wyjścia SR05-D2A2 proszę przejść do następnego rozdziału: rozdział 5.10 SR05-D2A2.

Używanie wyjścia 4 do 20 mA dostarczonego przez SR05-D2A2 jest proste. Urządzenie można podłączyć bezpośrednio do powszechnie używanych systemów rejestrowania danych. Natężenie promieniowania, E , w W/m^2 , jest obliczane poprzez pomiar wyjścia SR05-D2A2, małego prądu I , odjęcie od niego $4 \times 10^{-3} A$, a następnie pomnożenie przez zakres transmisji r . Zakres transmisji jest dostarczany z SR05-D2A2 na jego certyfikacie produktu. Zgodnie z konwencją, natężenie promieniowania $0 W/m^2$ odpowiada prądowi wyjściowemu nadajnika $4 \times 10^{-3} A$. Zakres transmisji, czyli natężenie promieniowania przy prądzie wyjściowym $20 \times 10^{-3} A$, wynosi typowo $1600 W/m^2$. Zakres transmisji może być dostosowywany w fabryce na życzenie.

Równanie główne rządzące SR05-D2A2 to:

$$E = r \cdot (I - 4 \times 10^{-3}) / (16 \times 10^{-3}) \quad (\text{Formuła 5.8.1})$$

Ustawienie standardowe to: $E = 1600 \cdot (I - 4 \times 10^{-3}) / (16 \times 10^{-3})$

Aby zminimalizować błędy wynikające z rozpraszania ciepła przez elektronikę, zaleca się zasilanie wyjścia 4 do 20 mA z zasilacza 12 VDC.

Tabela 5.8.1 Wymagania dla urządzeń akwizycji danych i wzmacniania.

możliwość

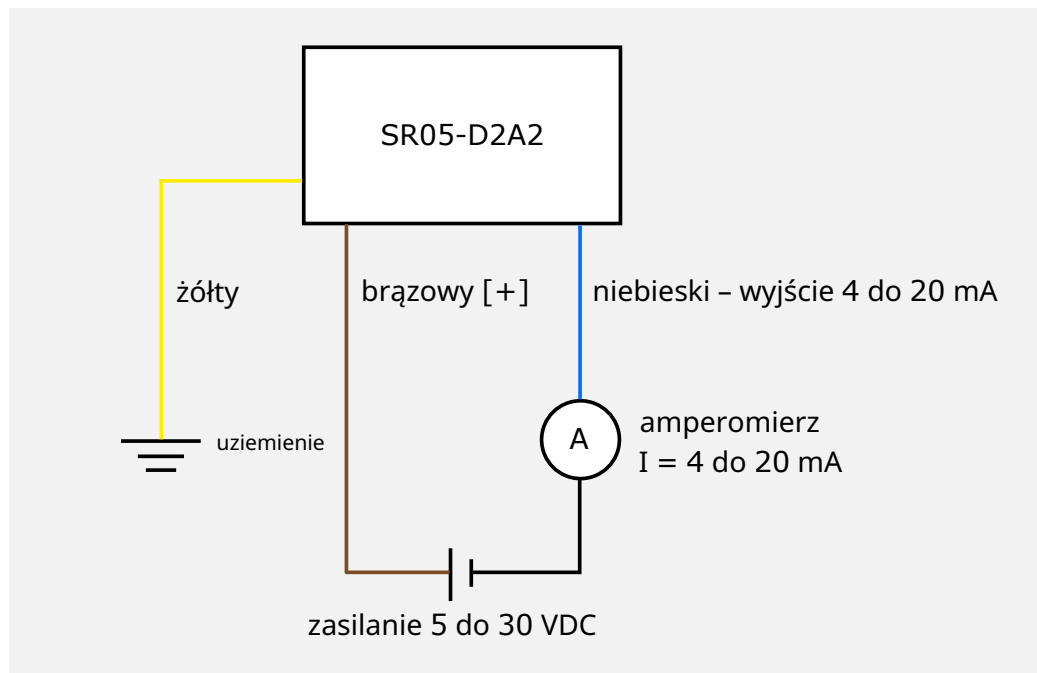
- pomiaru 4 do 20 mA lub
- pomiaru prądów lub
- pomiaru napięć

SR05-D2A2 ma wyjście 4 do 20 mA. Istnieje kilka możliwości obsługi tego sygnału. Ważne jest zrozumienie, że przewody sygnałowe pełnią nie tylko funkcję transmisji sygnału, ale także stanowią źródło zasilania dla obwodu pętli prądowej 4 do 20 mA. SR05-D2A2 pracuje z napięciem zasilającym od 5 do 30 VDC.

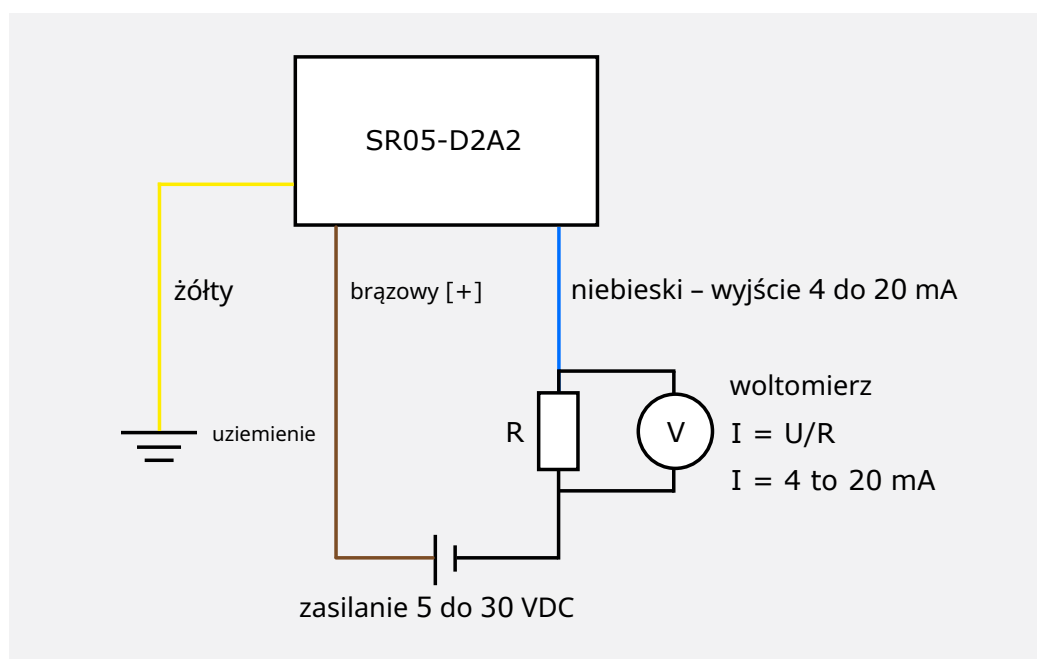
Niektóre rejestratory danych mają wejście 4 do 20 mA. W tym przypadku SR05-D2A2 można połączyć bezpośrednio z rejestratorem danych. Niektóre rejestratory danych mają możliwość pomiaru prądów. W niektórych przypadkach rejestrator danych akceptuje wejście napięcia. Zwykle precyzyjny rezystor 100Ω jest używany do konwersji prądu na napięcie (będzie się to mieścić w zakresie 0,4 do 2 VDC). Rezystor ten musi być połączony szeregowo z niebieskim przewodem czujnika.

Patrz następna strona i rozdział 5.5 dotyczące połączeń elektrycznych.

Patrz rozdział 5.5 i schematy poniżej dotyczące połączeń elektrycznych do amperomierzy i woltomierzy, gdy używa się wyjścia 4 do 20 mA urządzenia SR05-D2A2.



Rysunek 5.8.1 Schemat elektryczny połączenia SR05-D2A2 z typowym amperomierzem lub rejestratorem danych z możliwością pomiaru sygnałów prądowych. SR05-D2A2 pracuje przy napięciu zasilającym 5 do 30 VDC.



Rysunek 5.8.2 Schemat elektryczny połączenia SR05-D2A2 z typowym woltomierzem lub rejestratorem danych mającym możliwość pomiaru sygnałów napięciowych. Zwykle używa się rezystora bocznika o wartości 100 Ω (R) do konwersji prądu na napięcie. SR05-D2A2 pracuje przy napięciu zasilającym 5 do 30 VDC.

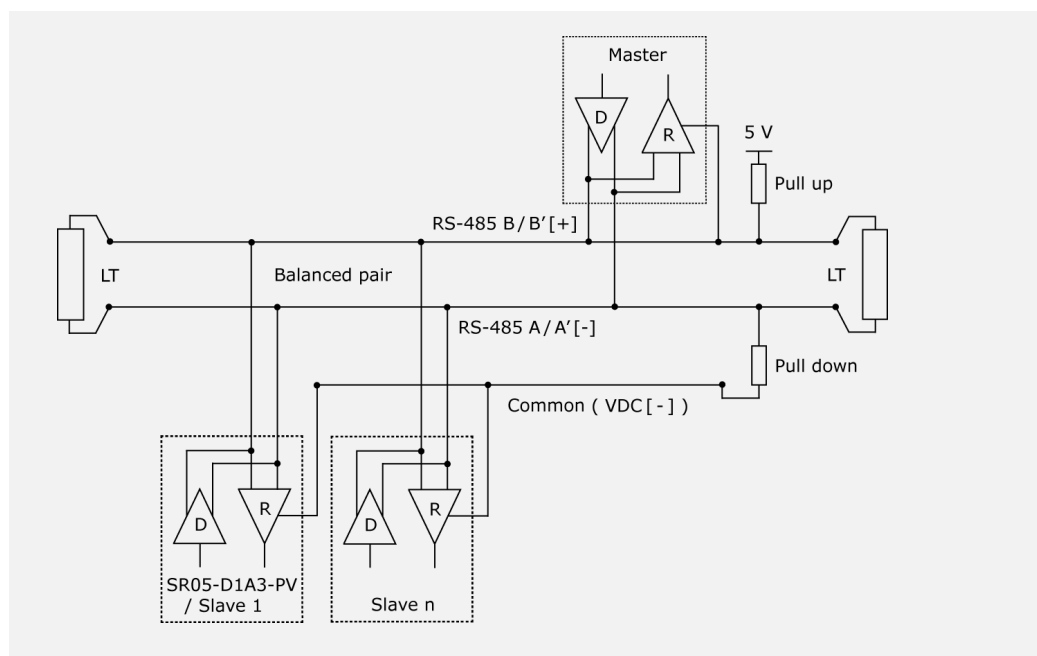
5.9 Stosowanie cyfrowego wyjścia czujników SR05-D1A3 i SR05-D2A2

Podczas używania cyfrowego wyjścia SR05, SR05-D1A3 można podłączyć do sieci RS-485, natomiast SR05-D2A2 można podłączyć do urządzeń TTL. Oba modele można podłączyć do komputera PC w celu komunikacji z oprogramowaniem Menedżera czujników. Równanie główne rządzące SR05-D2A2 to:

5.10 Połączenie SR05-D1A3 z siecią RS-485

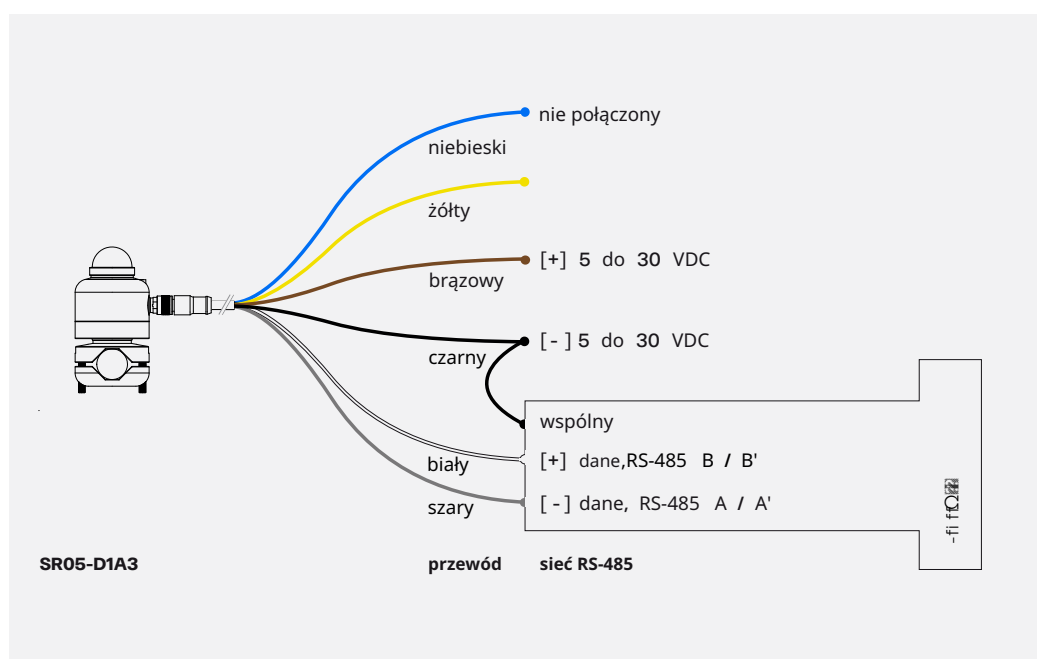
SR05-D1A3 jest odpowiedni dla sieci RS-485 dwuprzewodowej (half-duplex). W takiej sieci SR05-D1A3 działa jako urządzenie slave, odbierając żądania danych od mastera. Przykład topologii sieci RS-485 dwuprzewodowej pokazany jest na poniższym rysunku.

SR05-D1A3 jest zasilany napięciem 5 do 30 VDC. Zasilacz nie jest pokazany na rysunku. Masa zasilacza VDC [-] musi być połączona ze wspólną linią sieci.



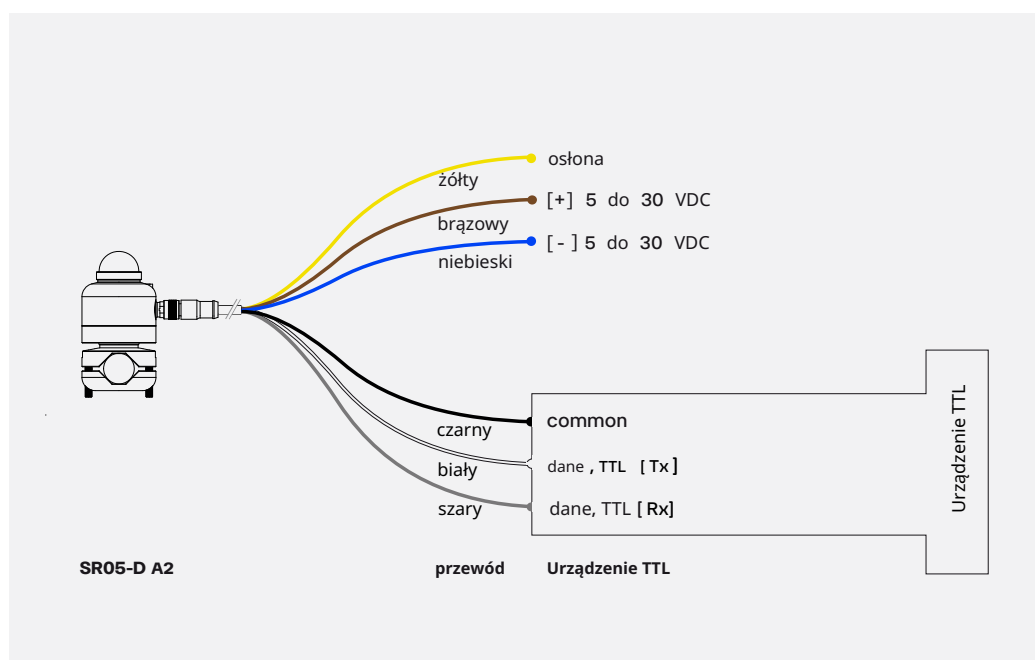
Rysunek 5.10.1 Typowa topologia sieci RS-485 dwuprzewodowej, rysunek zaadaptowany z: Modbus over serial line specification and implementation guide V1.02 (www.modbus.org). Zasilanie nie jest pokazane na tym rysunku.

Po ostatnich węzłach sieci, po obu stronach, wymagane są rezystory zakończenia linii (LT) w celu wyeliminowania odbić w sieci. Zgodnie ze standardem EIA/TIA-485, rezystory LT mają typową wartość 120 do 150 Ω . Nigdy nie umieszczaj więcej niż dwa rezystory LT w sieci i nigdy nie umieszczaj LT na kablu rozgałęzienia. Aby zminimalizować szumy w sieci, gdy nie występuje transmisja, wymagane są rezystory pull-up i pull-down. Typowe wartości dla obu rezystorów znajdują się w zakresie od 650 do 850 Ω .



Rysunek 5.10.2 Połączenie SR05-D1A3 do sieci RS-485. SR05-D1A3 jest zasilany zewnętrznym zasilaczem o napięciu 5 do 30 VDC.

5.11 Podłączanie SR05-D2A2 do urządzenia TTL



Rysunek 5.11.1 Połączenie SR05-D2A2 do urządzenia TTL, w przypadku zasilania SR05-D2A2 zewnętrznym zasilaczem o napięciu od 5 do 30 V DC. SR05-D2A2 pełni funkcję Urządzenia Komunikacji Danych (DCE).



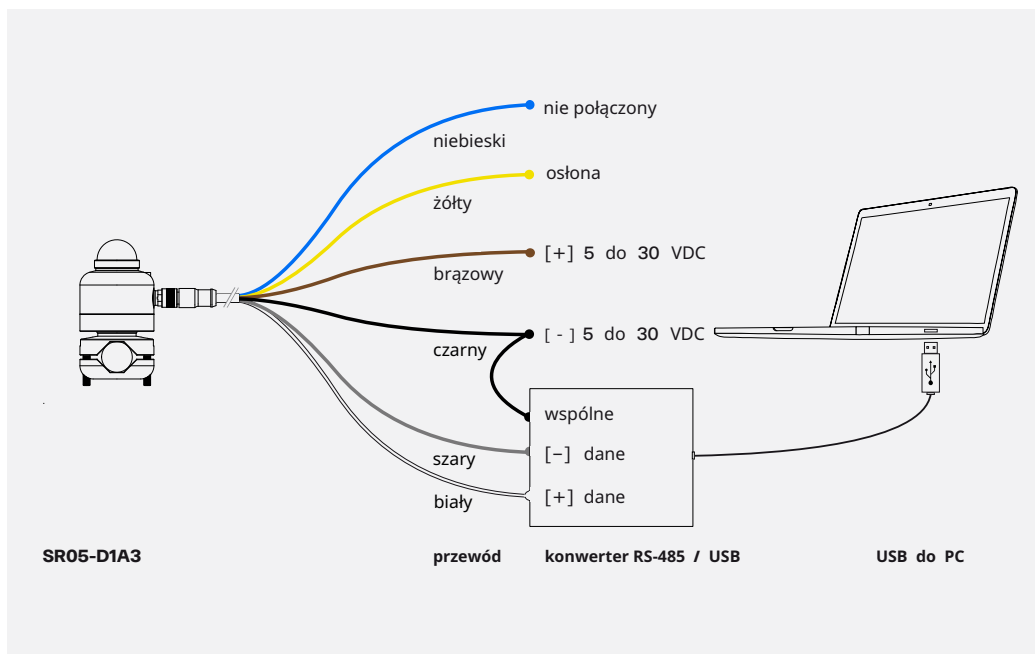
W przypadku SR05-D2A2 połączonego przez TTL istnieje różnica potencjałów między VDC [-] (druć niebieski) a wspólnym (druć czarny). Ta różnica potencjałów zależy od prądu pobieranego przez czujnik. Należy uważać, aby nie zwierać tych przewodów. Sygnały TTL [Tx] (druć biały) i TTL [Rx] (druć szary) są odniesione względem wspólnego (druć czarny). Jeśli urządzenie TTL, do którego podłączony jest SR05-D2A2, wymaga zasilania zewnętrznego, zasilanie to musi być pobierane z oddzielnego zasilacza o potencjale pływającym względem zasilacza używanego przez SR05-D2A2.

5.12 Podłączanie SR05 do komputera

Zarówno SR05-D1A3, jak i SR05-D2A2 mogą być dostępne z poziomu komputera. W tym przypadku komunikacja z czujnikiem odbywa się za pośrednictwem interfejsu użytkownika oferowanego przez oprogramowanie Menedżera czujników (patrz następne rozdziały) lub za pomocą innego narzędzia testującego Modbus.

5.12.1 Podłączanie SR05-D1A3 do komputera

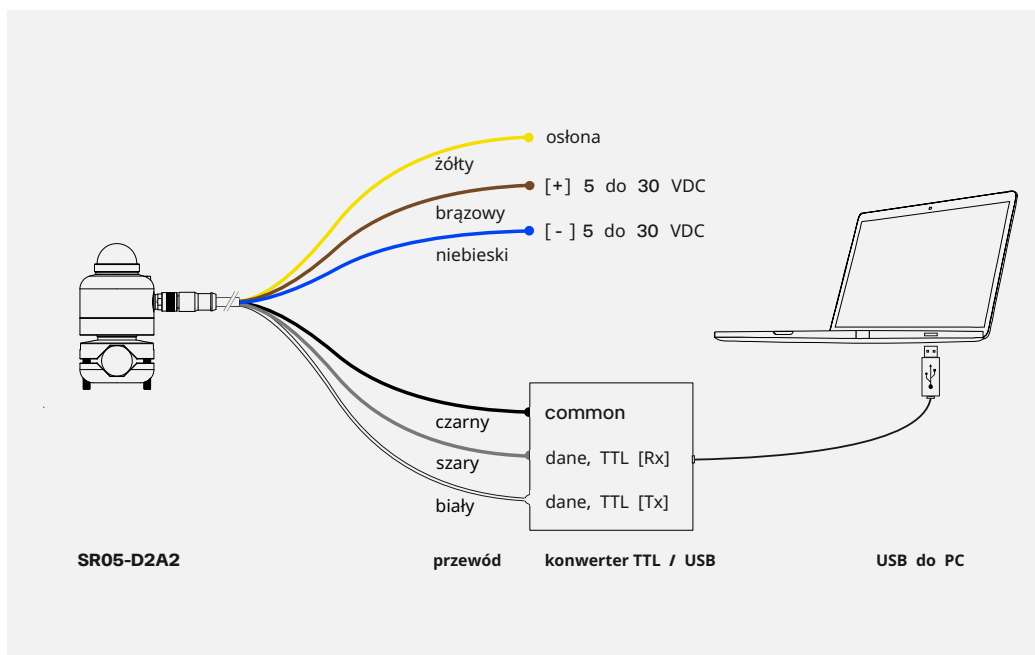
W zależności od dostępnych portów na komputerze używany jest konwerter RS-485 na USB lub konwerter RS-485 na RS-232. Poniższy rysunek pokazuje, jak wykonywane są połączenia. Konwerter musi posiadać izolację galwaniczną między wejściem i wyjściem sygnału, aby zapobiec wejściu elektryczności statycznej lub innych przepięć wysokiego napięcia do linii danych. Zewnętrzne zasilanie jest wymagane do zasilania SR05-D1A3 (5 do 30 VDC). Konwerter RS-485 na USB jest zwykle zasilany przez interfejs USB: w tym przypadku żadne zewnętrzne zasilanie nie jest potrzebne do zasilania konwertera. Jeśli używany jest konwerter RS-485 na RS-232, konwerter powinien być zasilany ze źródła zewnętrznego. Może to być to samo zasilanie, które jest używane dla SR05-D1A3.



Rysunek 5.12.1.1 Połączenie SR05-D1A3 z konwerterem RS-485 na USB i komputerem PC.

5.12.2 Podłączanie SR05-D2A2 do komputera

W zależności od dostępnych portów na komputerze należy użyć konwertera TTL na USB lub konwertera TTL na RS-232. Rysunek na następnej stronie pokazuje sposób wykonania połączeń. Konwerter musi posiadać izolację galwaniczną między wejściem a wyjściem sygnału, aby zapobiec wniknięciu elektryczności statycznej lub innych przepięć wysokiego napięcia do linii danych. Wymagany jest zewnętrzny zasilacz do zasilania SR05-D2A2 (5 do 30 VDC). Konwerter TTL na USB jest zwykle zasilany przez interfejs USB: w tym przypadku nie jest potrzebne zewnętrzne zasilanie konwertera. Jeśli użyty zostanie konwerter TTL na RS-232, konwerter ten powinien być zasilany ze źródła zewnętrznego. Może to być to samo zasilanie używane dla SR05-D2A2.



Rysunek 5.12.2.1 Połączenie SR05-D2A2 z konwerterem TTL na USB i komputerem PC. SR05-D2A2 pełni funkcję Urządzenia Komunikacji Danych (DCE).

6

Komunikacja z SR05

6.1 komunikacja PC: oprogramowanie Menedżera czujników

Cyfrowa seria SR05 można uzyskać dostęp za pośrednictwem PC. W takim przypadku komunikacja z czujnikiem odbywa się przez interfejs użytkownika oferowany przez oprogramowanie Menedżera Czujnika Hukx lub za pomocą innego narzędzia testowania Modbus. Menedżer Czujników można pobrać ze strony <https://hukx.com/downloads>. Alternatywnie dostępne są linki do narzędzi testowania, zarówno płatnych, jak i bezpłatnych, na stronie <https://www.modbus.org/>. Ten rozdział opisuje funkcjonalność wyłącznie Menedżera Czujników.

Oprogramowanie Menedżera Czujnika Hukx zapewnia interfejs użytkownika dla komunikacji między PC a SR05. Pozwala użytkownikowi na lokalizowanie, konfigurowanie i testowanie jednego lub więcej czujników SR05 oraz wykonywanie prostych pomiarów laboratoryjnych przy użyciu PC. Menedżer czujników najczęściej wykorzystywany jest do początkowego testowania funkcjonalności oraz modyfikacji adresu Modbus i ustawień komunikacji czujnika SR05. Nie jest przeznaczony do długoterminowych celów ciągłych pomiarów. W celu uzyskania dostępu do dostępnych aktualizacji oprogramowania Menedżera czujników prosimy odwiedzić <https://hukx.com/downloads>.

6.1.1 Instalacja Menedżera czujników

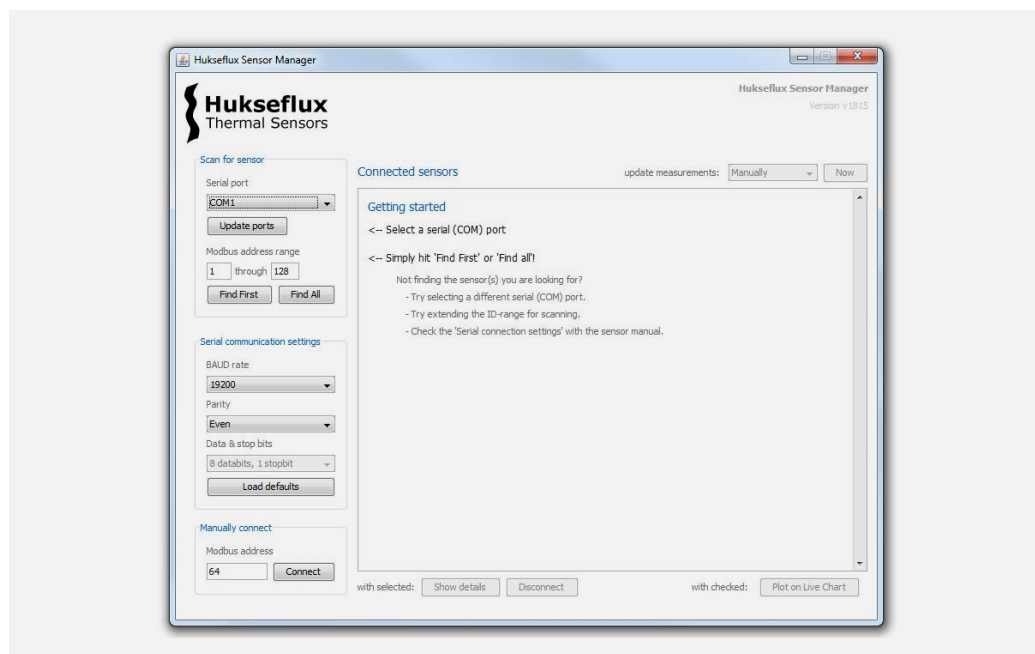
Uruchomienie Menedżera czujników wymaga instalacji najnowszej wersji oprogramowania Środowiska Uruchomieniowego Java. Środowisko Uruchomieniowe Java można pobrać bezpłatnie ze strony <https://www.java.com/en/>. Przegląd specyfikacji SR05 (Tabela 3.1.1) zawiera wymagania systemowe i oprogramowania niezbędne do komunikacji komputera PC z urządzeniem SR05.

1. Pobierz Menedżer Czujnika Hukx ze strony <https://hukx.com/downloads>.
2. Rozpakuj pobrane pliki i skopiuj folder „Menedżer Czujnika Hukx” do wybranego folderu na komputerze. Aby prawidłowo zainstalować program, niezbędne są prawa administratora.
3. Kliknij dwukrotnie na plik "Hukx_Sensor_Manager.jar" w folderze "Menedżer Czujnika Hukx". Spowoduje to uruchomienie Menedżera czujników.

6.1.2 Rozwiązywanie problemów podczas instalacji Menedżera czujników

Gdy oprogramowanie Środowisko Uruchomieniowe Java nie jest zainstalowane, pojawia się komunikat systemu Windows z informacją "plik "Hukx_Sensor_Manager.jar" nie mógł być otwarty". Rozwiązaniem jest zainstalowanie Środowiska Uruchomieniowego Java na komputerze i spróbowanie ponownie.

6.1.3 Menedżer czujników: okno główne



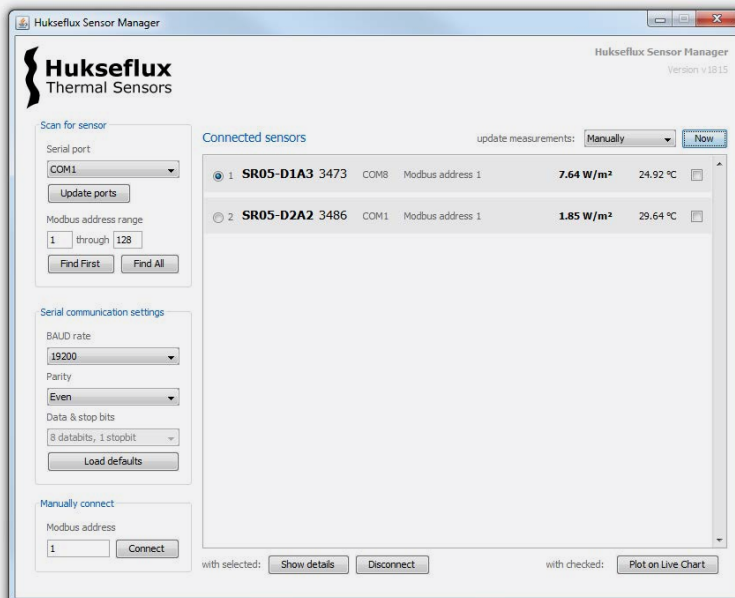
Rysunek 6.1.3.1 Okno główne Menedżera czujników.

Gdy Menedżer czujników zostanie uruchomiony i cyfrowy czujnik SR05 będzie połączony z komputerem, użytkownik może komunikować się z urządzeniem.

Jeśli adres urządzenia i ustawienia komunikacji są znane, ustawienia połączenia szeregowego i adres Modbus można wprowadzić bezpośrednio. Kliknięcie "Połącz" ustawi połączenie.

Jeśli adres urządzenia i ustawienia komunikacji nie są znane, urządzenie znajduje się za pomocą funkcji "Znajdź pierwszą" lub "Znajdź wszystkie". Menedżer czujników skanuje określony zakres adresów Modbus, jednak tylko przy użyciu „ustawień komunikacji Serial” wskazanych na ekranie. Gdy podłączony jest tylko jeden czujnik, zaleca się użycie funkcji „Znajdź pierwszą”, ponieważ operacja zatrzymuje się po znalezieniu czujnika. Funkcja „Znajdź wszystkie” będzie kontynuować skanowanie pełnego zakresu adresów Modbus i może zająć dodatkowy czas.

Jeśli operacja „Znajdź pierwszą” lub „Znajdź wszystkie” nie odnajdzie urządzeń, otwiera się okno dialogowe z prośbą o potwierdzenie skanowania zakresu adresów przy użyciu wszystkich możliwych ustawień komunikacji. Czas trwania tej operacji zależy od zakresu adresów do przeskanowania. Pełne przeskanowanie 247 adresów zajmie ponad 15 minut. Po znalezieniu urządzenia otwiera się okno dialogowe zawierające jego numer seryjny, adres Modbus i ustawienia komunikacji. Komunikacja z urządzeniem jest możliwa po zmianie ustawień komunikacji i adresu Modbus w głównym oknie na wartości urządzenia, a następnie kliknięciu przycisku „Połącz”.

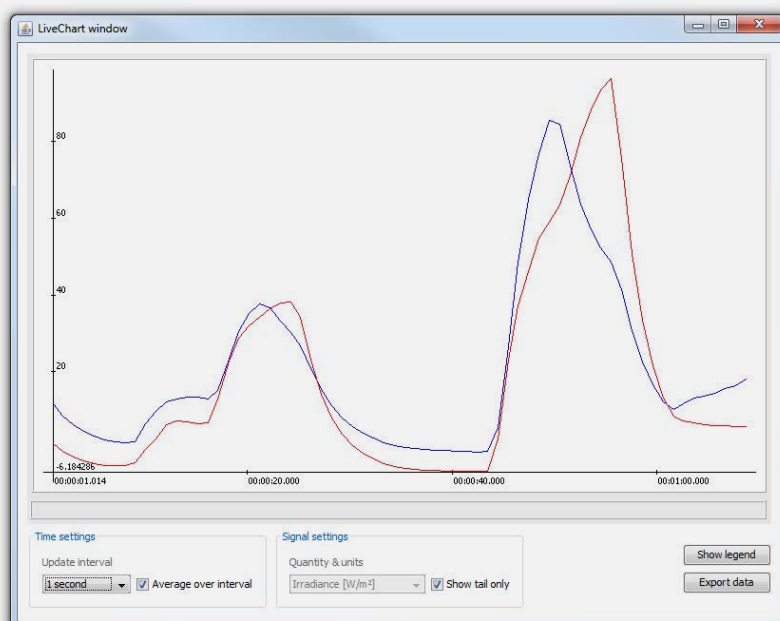


Rysunek 6.1.3.2 Menedżer czujników główne okno z dwoma podłączonymi SR05.

Gdy instrument zostanie znaleziony, wyświetlane są dane temperatury i natężenia promieniowania. Aktualizacje wykonywane są ręcznie lub automatycznie. Aktualizacje automatyczne mogą być wykonywane co sekundę, co 5 sekund lub co minutę.

6.1.4 Menedżer czujników: wykreślanie danych

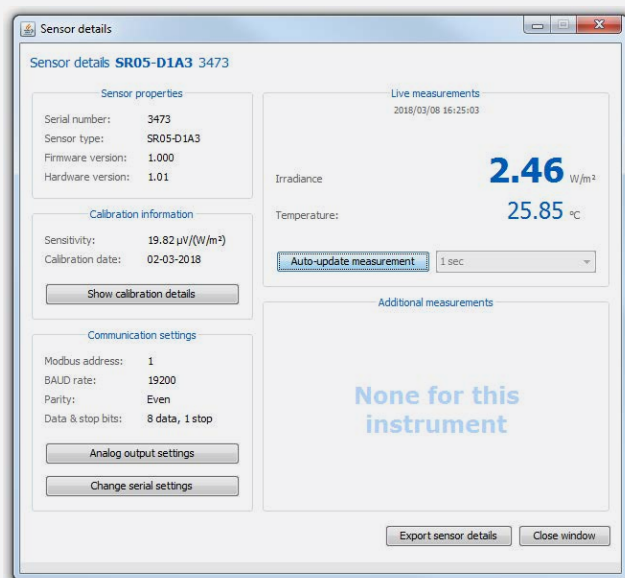
Po kliknięciu przycisku "Wykreśl na wykresie na żywo" w prawym dolnym rogu otwiera się "Okno wykresu". Wyświetlany jest wykres pomiarów na żywo dla wybranego urządzenia. Oś x, czas, jest skalowana automatycznie, aby wyświetlić dane z całego okresu pomiaru. Po zaznaczeniu pola "Pokaż tylko ogon", wyświetlane są tylko ostatnie minuty zmierzonych danych. Gdy "interwał aktualizacji" wynosi 1 sekundę, funkcja "Pokaż tylko ogon" jest dostępna po około 10 minutach zbierania danych. Oś y wyświetla zmierzone natężenie promieniowania w W/m^2 . Oś Y automatycznie dostosowuje się do wyświetlania pełnego zmierzonego zakresu.



Rys. 6.1.4.1 Przykład wykresu natężenia promieniowania DR30 w Menedżerze czujników.

6.1.5 Menedżer czujników: informacje o urządzeniu

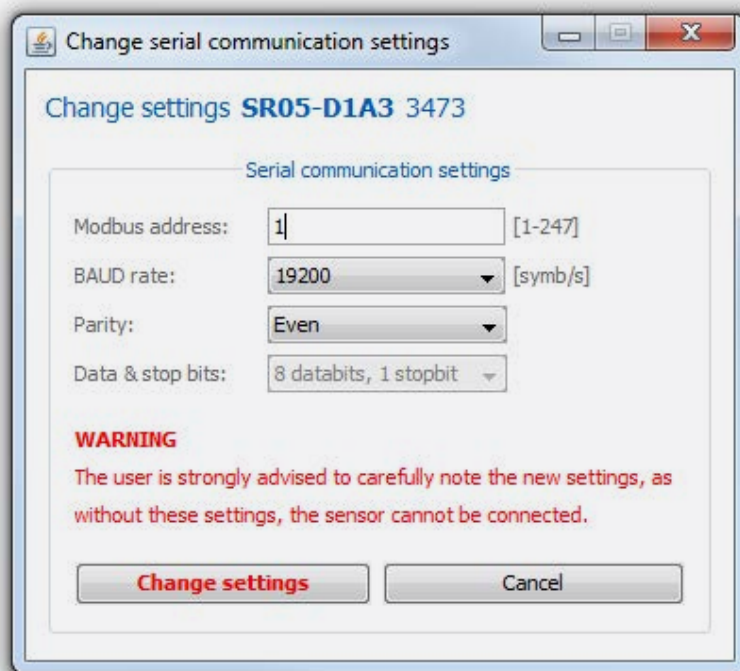
Główne okno zawiera przycisk „Pokaż szczegóły”, umożliwiający dostęp do okna „Szczegóły czujnika”. To okno wyświetla wyniki kalibracji i historię kalibracji, współczynniki temperaturowe i inne właściwości wybranego urządzenia, jak pokazano na następnej stronie. Numer seryjny czujnika i wszystkie informacje o kalibracji powinny być zgodne z informacjami na etykiecie urządzenia i na Certyfikacie produktu.



Rys. 6.1.5.1 Szczegóły czujnika okno w Menedżerze czujników.

6.1.6 Menedżer czujników: zmiana adresu Modbus i ustawień komunikacji

W oknie „Szczegóły czujnika” funkcja „Zmień ustawienia szeregowo” otwiera okno „Zmień ustawienia komunikacji szeregowo”, jak pokazano na poniższym rysunku.



Rys. 6.1.6.1 Okno zmiany ustawień komunikacji szeregowo w Menedżerze czujników.

Gdy wprowadzone zostaną nowe ustawienia komunikacji lub nowy adres Modbus, należy je potwierdzić, klikając "Zmień ustawienia". Instrument automatycznie uruchomi się ponownie. Jeśli funkcja "Zmień ustawienia" nie zostanie aktywowana, oryginalne ustawienia pozostają ważne. Jeśli adres Modbus zostanie zmieniony, Menedżer czujników automatycznie połączy się z instrumentem za pomocą nowego adresu po uruchomieniu.

6.1.7 Menedżer czujników: dostosowanie czułości przez użytkowników zaawansowanych

Menedżer czujników nie pozwala "użytkownikowi standardowemu" zmieniać żadnych ustawień, które mają bezpośredni wpływ na wyjście instrumentu, tzn. natężenie promieniowania w W/m^2 . Jednak w przypadku, gdy instrument zostanie ponownie skalibrowany, zwyczajową praktyką jest dostosowanie czułości i dodanie najnowszego wyniku do rekordów historii kalibracji. Można to zrobić po uzyskaniu hasła i zostaniu "użytkownikiem zaawansowanym". Prosimy skontaktować się z fabryką, aby uzyskać hasło i otrzymać instrukcje dotyczące zostania "użytkownikiem zaawansowanym".

Przykład: Podczas eksperymentu kalibracji może się okazać, że SR05 ma wyjście natężenia promieniowania w W/m^2 wynoszące 990, podczas gdy standard wskazuje wartość 970. Wyjście SR05 jest w tym przykładzie o 2,06 % zbyt wysokie. Oryginalna czułość $16,15 \times 10^{-6} V/(W/m^2)$ powinna być zmieniona na 16,48, używając Rejestrów 41 + 42. Stary wynik kalibracji jest zapisany w pliku historii kalibracji. W przypadku gdy istnieją jeszcze starsze wyniki, są one przenoszone na wyższe numery Rejestrów 63 do 81.

6.2 Komunikacja sieciowa: kody funkcji, Rejestry, cewki

Ostrzeżenie: Używanie tego samego adresu Modbus dla więcej niż jednego urządzenia prowadzi do nieprawidłowego zachowania całej sieci. Ten rozdział opisuje kody funkcji, model danych i Rejestry używane w oprogramowaniu SR05. Komunikacja jest zorganizowana zgodnie ze specyfikacjami dostarczonymi przez Organizację Modbus. Te specyfikacje są wyjaśnione w dokumentach „Modbus application protocol v1.1b” i „Modbus over serial line v1.02”. Dokumenty te można pozyskać bezpłatnie na <https://www.modbus.org/>.

Tabela 6.2.1 Obsługiwane kody funkcji Modbus.

Obsługiwane kody funkcji Modbus	
kod funkcji (HEX)	opis
0x01	Odczyt cewek
0x02	Odczyt dyskretnych wejść
0x03	Odczyt rejestrów przechowywania
0x04	Odczyt rejestru wejściowego
0x05	Zapis pojedynczej cewki
0x06	Zapis pojedynczego rejestru przechowywania
0x0F	Zapisz wiele cewek
0x10	Zapisz wiele rejestrów

Tabela 6.2.2 Model danych Modbus.

model danych modbus		
tabele pierwotne	typ obiektu	type of
wejście dyskretne	pojedynczy bit	R
cewka	pojedynczy bit	O/Z
Rejestr wejściowy	słowo 16-bitowe	R
Rejestr przechowujący	słowo 16-bitowe	O/Z

O = tylko do odczytu, Z = tylko do zapisu, O/Z = odczyt/zapis

Urządzenie nie rozróżnia między dyskretnym wejściem a cewką; ani między rejestrem wejściowym a rejestrem przechowującym.

Tabela 6.2.3 Format danych.

format danych	opis
U16	liczba całkowita bez znaku 16-bitowa
S16	liczba całkowita ze znakiem 16-bitowa
U32	liczba całkowita bez znaku 32-bitowa
S32	liczba całkowita ze znakiem 32-bitowa
liczba zmiennoprzecinkowa	32-bitowy format zmiennoprzecinkowy IEEE 754
string	a string of ASCII characters

Format danych obejmuje liczby całkowite ze znakiem i bez znaku. Różnica między tymi typami polega na tym, że liczba całkowita ze znakiem może przyjmować wartości ujemne, co zmniejsza zakres liczby całkowitej o połowę. Do pięciu 16-bitowych rejestrów można wysłać zapytanie w jednym żądaniu; jeśli wysyłasz zapytanie dotyczące sześciu lub więcej rejestrów, należy użyć wielu żądań.

Jeśli format danych to liczba całkowita ze znakiem lub bez znaku o szerokości 32 bity, pierwszy otrzymany rejestr jest wyrazem najbardziej znaczącym (MSW), a drugi rejestr jest wyrazem najmniej znaczącym (LSW). W ten sposób dwa 16-bitowe rejestry są zarezerwowane dla liczby całkowitej 32-bitowej.

Jeśli format danych to liczba zmiennoprzecinkowa, jest to 32-bitowy format zmiennoprzecinkowy i dwa 16-bitowe rejestry są również zarezerwowane. Większość programów zarządzających siecią zawiera standardowe menu umożliwiające wykonanie tego typu konwersji. W przypadku konieczności ręcznej konwersji patrz załącznik dotyczący konwersji liczby zmiennoprzecinkowej na liczbę dziesiętną.

MSW i LSW powinny być odczytywane razem w jednym żądaniu. Jest to konieczne, aby upewnić się, że oba rejestry zawierają dane jednego wewnętrznego pomiaru napięcia. Odczytywanie rejestrów przy użyciu dwóch różnych instrukcji może prowadzić do połączenia LSW i MSW dwóch pomiarów w różnych punktach czasowych.

Liczbę całkowitą bez znaku 32-bitową można obliczyć za pomocą wzoru: $(MSW \times 216) + LSW = U32$. Przykład takiego obliczenia jest dostępny w rozdziale „Network communication: example master request to SR05”.



Twoje żądanie danych może wymagać przesunięcia +1 dla każdego numeru rejestru SR05, w zależności od przetwarzania przez sterownik główny sieci. Przykład: numer rejestru SR05 7 + przesunięcie sterownika = 7 + 1 = numer rejestru sterownika 8. Zapoznaj się z instrukcją obsługi urządzenia pełniącego funkcję sterownika głównego.

Tabela 6.2.4 Rejestry Modbus 0 do 31, pomiary. Do podstawowej obsługi, Hukx zaleca odczytanie rejestrów 2 + 3 dla promieniowania słonecznego, rejestru 6 dla temperatury obudowy instrumentu oraz rejestru 40 dla numeru seryjnego czujnika.

Rejestry Modbus 0-31				
numer rejestru	parametr	opis zawartości	type of	format danych
0	adres Modbus	adres czujnika w sieci Modbus, domyślnie = 1	O/Z	U16
1	ustawienia komunikacji szeregowej	ustawia komunikację szeregową, domyślnie = 5	O/Z	U16
2 + 3	natężenie promieniowania (sygnał skompensowany)	temperatura sygnał skompensowany w x 0,01 W/m ²	R	S32
4 + 5	natężenie promieniowania (sygnał niekompensowany)	sygnał niekompensowany w x 0,01 W/m ²	R	S32
6	temperatura obudowy czujnika	w x 0,01 °C	R	S16
7	Rezystancja elektryczna czujnika	w x 0,1 Ω	R	U16
8	współczynnik skalowania natężenia promieniowania domyślnie = 100		R	U16
9	współczynnik skalowania temperatury	domyślnie = 100	R	U16
10 + 11	napięcie wyjściowe czujnika w x 10 ⁻⁹ V		R	S32
12 do 31	tylko do użytku fabrycznego			

Rejestr 0, adres Modbus, zawiera adres Modbus czujnika.

Umożliwia to urządzeniu master Modbus wykrycie urządzenia slave SR05-D1A3 w jego sieci.

Adres można zmienić; wartość adresu musi być między 1 a 247.

Domyślny adres Modbus to 1.

Uwaga: czujnik musi być ponownie uruchomiony, aby zmiany stały się efektywne.

Rejestr 1, ustawienia komunikacji szeregowej, służy do wprowadzenia ustawień szybkości transmisji i formatowania transferu danych szeregowych. Ustawienie domyślne to opcja numer 5: 19200 bodów, 8 bitów danych, parzystość równa i 1 bit stopu.

Opcje ustawień są pokazane w poniższej tabeli.

Uwaga: czujnik musi być ponownie uruchomiony, aby zmiany stały się efektywne.

Tabela 6.2.5 Opcje ustawień rejestru 1.

Opcje ustawień				
numer ustawienia	szybkość transmisji	databits	stopbits	parity
1	9600	8	1	none
2	9600	8	1	even
3	9600	8	1	odd
4	19200	8	1	none
5 (= domyślnie)	19200	8	1	even
6	19200	8	1	odd
7	38400	8	1	none
8	38400	8	1	even
9	38400	8	1	odd
10	115200	8	1	none
11	115200	8	1	even
12	115200	8	1	odd

Rejestr 2 + 3, Natężenie promieniowania (sygnał skompensowany temperaturą), zapewnia temperaturowo skompensowany sygnał promieniowania słonecznego w wartości $0,01 \text{ W/m}^2$. Podaną wartość należy podzielić przez 100, aby uzyskać wartość w W/m^2 . Hukx zaleca użycie tych danych w celu osiągnięcia najwyższej dokładności. MSW i LSW powinny być czytane razem w jednym żądaniu.

Rejestr 4 + 5, Natężenie promieniowania (sygnał niekompensowany). Używać wyłącznie do celów porównawczych. Zapewnia wyjście czujnika w wartości $0,01 \text{ W/m}^2$, niekompensowane ze względu na zależność od temperatury. Dane należy podzielić przez 100, aby uzyskać wartość w W/m^2 . Hukx zaleca nie używać tych danych. MSW i LSW powinny być czytane razem w jednym żądaniu.

Rejestr 6, Temperatura obudowy przyrządu, zapewnia temperaturę obudowy przyrządu w wartości $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$. Dane muszą być podzielone przez 100, aby uzyskać wartość w $^\circ\text{C}$.

Rejestr 7, Rezystancja elektryczna czujnika, rezystancja czujnika w jednostkach $0,1 \Omega$. Dane muszą być podzielone przez 10, aby uzyskać wartość w Ω . Ten rejestr zwraca domyślnie 0. Aby odczytać rezystancję, najpierw należy wykonać pomiar. Można to zrobić, wpisując $0xFF00$ do cewki 2. Hukx zaleca używanie tej funkcji tylko w razie potrzeby w przypadku diagnostyki awarii czujnika.

Rejestr 8, Współczynnik skalowania natężenia promieniowania, domyślny współczynnik skalowania wynosi 100.

Rejestr 9, Współczynnik skalowania temperatury, domyślny współczynnik skalowania wynosi 100.

Rejestry 10 + 11, Wyjście napięciowe czujnika, sygnał wyjścia napięciowego stosu termoelektrycznego w $\times 10^{-9}$ V.

Tabela 6.2.6 Rejestry Modbus 32 do 62, informacje o czujniku i kalibracji.

Rejestry Modbus 32-62				
numer rejestru	parametr	opis zawartości	type of	format danych
32 do 35	model czujnika	część pierwsza opisu czujnika	R	string
36 do 39	model czujnika	część druga opisu czujnika	R	string
40	numer seryjny czujnika		R	U16
41 + 42	czułość czujnika	$w \times 10^{-6} V/(W/m^2)$	R	liczba zmiennoprzecinkowa
43	czas odpowiedzi	$w \times 0,1 s$	R	U16
44	opór czujnika	$w \times 0,1 \Omega$	R	U16
45	zarezerwowane	zawsze 0	R	U16
46 + 47	data kalibracji czujnika data kalibracji czujnika w formacie YYYYMMDD		R	U32
od 48 do 60	użytek fabryczny		R	
61	wersja oprogramowania		R	U16
62	wersja sprzętu		R	U16

Rejestry 32 do 39, Model czujnika, Ciąg 8 rejestrów. Te rejestry zwrócą 8 liczb, które można zdekodować, aby znaleźć nazwę modelu czujnika. Czujniki SR05-D1A3 o numerze seryjnym 3819 lub wyższym oraz czujniki SR05-D2A2 o numerze seryjnym 3524 lub wyższym używają metody A do przechowywania nazwy w tych rejestrach. Czujniki z niższymi numerami seryjnymi niż te (głównie czujniki SR05-DA1 i SR05-DA2) używają metody B. Metody A i B są wyjaśnione w Dodatku 9.12 tego podręcznika.

Rejestr 40, Numer seryjny czujnika.

Rejestr 41 + 42, Czuość czujnika w $\times 10^{-6} V/(W/m^2)$.
Format danych to liczba zmiennoprzecinkowa.

Rejestr 44, Rezystancja elektryczna czujnika, zwraca rezystancję elektryczną zmierzoną podczas kalibracji czujnika. Rezystancja jest podawana w $\times 0,1 \Omega$ i należy ją podzielić przez 10, aby uzyskać wartość w Ω .

Rejestr 46 + 47, Data kalibracji czujnika – data ostatniej kalibracji czujnika, z której została określona czułość w rejestrze 41 i 42, w formacie YYYYMMDD.

Rejestr 61, Wersja oprogramowania.

Rejestr 62, Wersja sprzętu.

Tabela 6.2.7 Rejestry Modbus 63 do 81, historia kalibracji.

Rejestry Modbus 63-81				
numer rejestru	parametr	opis zawartości	type of	format danych
63 + 64	czułość czujnika historia 1	w $\times 10^{-6} V/(W/m^2)$ wartość domyślna to 0	R	liczba zmiennoprzecinkowa
65 + 66	data kalibracji historia 1	poprzednia kalibracja data wejścia czujnika YYYYMMDD wartość domyślna to 0	R	U32
67 + 68	czułość czujnika historia 2	zobacz Rejestr 63 + 64	R	liczba zmiennoprzecinkowa
69 + 70	data kalibracji historia 2	zobacz Rejestr 65 + 66	R	U32
71 + 72	czułość czujnika historia 3	zobacz Rejestr 63 + 64	R	liczba zmiennoprzecinkowa
73 + 74	data kalibracji historia 3	zobacz Rejestr 65 + 66	R	U32
75 + 76	czułość czujnika historia 4	zobacz Rejestr 63 + 64	R	liczba zmiennoprzecinkowa
77 + 78	data kalibracji historia 4	zobacz Rejestr 65 + 66	R	U32
79 + 80	czułość czujnika historia 5	zobacz Rejestr 63 + 64	R	liczba zmiennoprzecinkowa
81 + 82	data kalibracji historia 5	zobacz Rejestr 65 + 66	R	U32

Rejestry 63 do 82: Dostępne tylko do zapisu dla użytkowników uprzywilejowanych Menedżera czujników. Użytkownicy uprzywilejowani mogą zapisywać historię kalibracji do rejestrów 63 do 82. Jeśli zwracane są wartości domyślne, nie została zapisana żadna ponowna kalibracja. Należy zauważyć, że ostatnia czułość kalibracji i data kalibracji są dostępne odpowiednio w rejestrach 41 + 42 oraz 46 + 47.



Należy pamiętać, że jeśli żądanie danych wymaga przesunięcia +1 dla każdego numeru rejestru SR05, w zależności od przetwarzania przez master węzła sieciowego, to przesunięcie dotyczy również cewek. Zapoznaj się z instrukcją urządzenia pełniącego rolę lokalnego głównego.

Tabela 6.2.8 Cewki.

Cewki				
cewka	parametr	opis	type of	typ obiektu
0	restart	restart czujnika	W	pojedynczy bit
1	zarezerwowane			
2	sprawdzenie	mierz rezystancję elektryczną czujnika	W	pojedynczy bit

Cewka 0, Restart, gdy do tej cewki zostanie zapisana wartość 0xFF00, czujnik uruchomi się ponownie. Jeśli zastosowane, nowy adres Modbus lub nowe ustawienia komunikacji stają się efektywne.

Cewka 2, Sprawdzenie, gdy do tej cewki zostanie zapisana wartość 0xFF00, elektronika wewnętrzna zmierzy rezystancję elektryczną termopary. Po pomiarze nowa wartość zostanie zapisana do Rejestru

7. Żądanie zapisu tej cewki z wysoką częstotliwością powtórzeń spowoduje nieprawidłowe zachowanie czujnika; sprawdzenie musi być wykonywane tylko jako nadzwyczajna procedura diagnostyczna.

6.3 Komunikacja sieciowa: pierwsze kroki

Po ustawieniu prawidłowego adresu Modbus i ustawień komunikacji, SR05-D1A3 można podłączyć bezpośrednio do sieci RS-485 i zasilania. Sposób fizycznego podłączenia czujnika jako urządzenia podrzędnego w sieci Modbus opisano w rozdziale 5.11: Podłączenie SR05-D1A3 do sieci RS-485. W takim połączeniu czujnik zasilany jest przez zewnętrzne źródło zasilania 5-30 VDC. Gdy czujnik jest przykręcony do uziemionej płyty montażowej, co zwykle ma miejsce, osłona nie jest połączona z uziemieniem na końcu kabla.

Zainstalowanie SR05-D1A3 w sieci wymaga również skonfigurowania komunikacji dla tego nowego urządzenia Modbus. Zwykle polega to na zdefiniowaniu żądania, które może być rozesłane przez urządzenie nadrzędne. Jeśli SR05-D1A3 nie jest już zdefiniowany jako standardowy typ czujnika w sieci, skontaktuj się z dostawcą urządzeń sieciowych, aby sprawdzić, czy dostępny jest plik biblioteki dla SR05-D1A3.

Typowa operacja wymaga od urządzenia nadrzędnego wysłania żądania danych natężenia promieniowania w rejestrach 2 + 3, temperatury czujnika w rejestrze 6 i numeru seryjnego czujnika w rejestrze 40 co 1 sekundę oraz archiwizacji średnich z 60 sekund. Format danych rejestru 2 + 3 to liczba całkowita ze znakiem 32-bitowa, a temperatura w rejestrze 6 to liczba całkowita ze znakiem 16-bitowa.

W jednym żądaniu można poprosić maksymalnie pięć rejestrów 16-bitowych. W przypadku żądania sześciu lub więcej rejestrów w jednym żądaniu SR05-D1A3 nie będzie odpowiadać.

Jeśli żądasz sześciu lub więcej rejestrów, należy wykorzystać wiele żądań: SR05-D1A3 będzie wówczas odpowiadać zgodnie z oczekiwaniami.

6.3.1 Dostosowywanie adresu Modbus i ustawień komunikacji

Ustawienie adresu urządzenia i szybkości transmisji można wykonać na wiele sposobów:

- poprzez podłączenie czujnika do komputera i wykorzystanie Menedżera czujników;
- poprzez podłączenie czujnika do komputera i wykorzystanie innego narzędzia testowania Modbus. Łączy do różnych rozwiązań są dostępne na <https://www.modbus.org/>;
- przez użycie dostępnego oprogramowania interfejsu użytkownika sieciowego.

Adres Modbus jest przechowywany w rejestrze 0 i ma domyślną wartość 1. Użytkownik może zmienić adres na wartość z zakresu od 1 do 247. Wartość adresu musi być unikatowa w sieci. Ustawienia komunikacji są przechowywane w rejestrze 1. Domyślnym ustawieniem jest ustawienie numer 5, reprezentujące komunikację z prędkością 19200 bodów, parzystym bitem parzystości, 8 bitami danych i 1 bitem stopu. Po zapisaniu nowego adresu lub ustawienia komunikacji czujnik musi być ponownie uruchomiony. Można to zrobić, wpisując 0xFF00 do cewki 0.

6.4 Komunikacja sieciowa: przykładowe żądanie mastera do SR05

Normalna praca czujnika polega na żądaniu wyjścia rejestrów 2 + 3; promieniowanie słoneczne skompensowane temperaturą. W celu zapewnienia jakości przydatny jest również numer seryjny czujnika, rejestr 40 oraz temperatura w rejestrze 6.

W tym przykładzie czujnik SR05 ma adres 64. Przykład żąda promieniowania słonecznego (skompensowanego temperaturą) z rejestrów 2 + 3, numeru seryjnego czujnika z rejestru 40 oraz temperatury instrumentu z rejestru 6. Wartości są reprezentowane w systemie szesnastkowym.

Uwaga: dane 32-bitowe są reprezentowane w 2 rejestrach. MSW i LSW powinny być odczytywane razem w jednym żądaniu.

Żądanie dla promieniowania słonecznego, rejestr 2 + 3:

Żądanie Master:

[40] [03] [00][00] [00][04] [4B][18]

[40] = Adres slave Modbus, odpowiednik dziesiętny = 64

[03] = Funkcja Modbus; 03 Odczyt rejestrów przechowywanych

[00][00] = Rejestr początkowy, master żąda danych rozpoczynając od rejestru 0.

[00][04] = Długość, liczba rejestrów do odczytania przez master. 4 rejestry

[4B][18] = CRC, suma kontrolna transmitowanych danych

Odpowiedź urządzenia slave:

[40][03][08][00][40][00][05][00][01][7C][4F][79][DA]

[40] = Adres slave Modbus, odpowiednik dziesiętny = 64

[03] = Funkcja Modbus

[08] = Liczba bajtów zwracanych przez czujnik. 8 bajtów przesyłanych przez czujnik

[00][40] = Rejestr 0; adres Modbus

[00][05] = Rejestr 1; Ustawienia portu szeregowego: 19200 baud, 8 bitów danych, parzystość parzysta, 1 bit stopu

[00][01] = Rejestr 2; Sygnał skompensowany temperaturą, Słowo o Największej Znaczości (MSW). Odpowiednik dziesiętny = 1

[7C][4F] = Rejestr 3; Sygnał skompensowany temperaturą, Słowo o Najmniejszej Znaczości (LSW) = Odpowiednik dziesiętny = 31823

[79][DA] = CRC, suma kontrolna przesyłanych danych

Rejestry 2 i 3 razem reprezentują wyjście promieniowania słonecznego skompensowane temperaturą mierzone przez SR05-D1A3. MSW znajduje się w rejestrze 2, a LSW w rejestrze 3. Wyjście musi być obliczone przy użyciu wzoru: $((MSW \times 216) + LSW)/100$.

W tym przykładzie wynik to: $((216 \times 1) + 31823)/100 = 973,59 \text{ W/m}^2$

Żądanie temperatury obudowy, Rejestr 6:

Żądanie Master:

[40][03][00][06][00][01][6B][1A]

[40] = Adres slave Modbus

[03] = Funkcja Modbus

[00][06] = Rejestr startowy

[00][01] = Liczba rejestrów

[6B][1A] = CRC

Odpowiedź urządzenia slave:

[40][03][02][08][B1][43][FF]

[40] = Adres slave Modbus

[03] = Funkcja Modbus

[02] = Liczba bajtów

[08][B1] = Zawartość rejestru 7, ekwiwalent dziesiętny = 2225

[43][FF] = CRC

Temperatura = Rejestr 7 x 0,01 = $2225 \times 0,01 = 22,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Rejestr 6 reprezentuje temperaturę obudowy czujnika. Otrzymane dane należy podzielić przez 100, aby uzyskać prawidłowy wynik. W tym przykładzie wynik to: $2225 \times 0,01 = 22,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Żądanie numeru seryjnego, Rejestr 40:

Żądanie Master:

[40][03][00][28][00][01][0B][13]

[40] = Adres slave Modbus

[03] = Funkcja Modbus

[00][28] = Rejestr startowy

[00][01] = Liczba rejestrów

[0B][13] = CRC

Odpowiedź urządzenia slave:

[40][03][02][0A][29][43][35]

[40] = Adres slave Modbus

[03] = Funkcja Modbus

[02] = Liczba bajtów

[0A][29] = Zawartość rejestru 40, równoważnik dziesiętny = 2601

[43][35] = CRC

Rejestr 40 reprezentuje numer seryjny czujnika.

W tym przykładzie numer seryjny wynosi 2601.

7

Wykonywanie niezawodnego pomiaru

7.1 Koncepcja niezawodności

Pomiar za pomocą pyranometru jest uznawany za „niezawodny”, jeśli jest wiarygodny, to znaczy mierzy w granicach wymaganej niepewności przez większość czasu, a problemy mogą być szybko rozwiązane, gdy się pojawią.

Wymagania dotyczące pomiaru za pomocą pyranometru mogą być wyrażone przez użytkownika jako:

- wymagana niepewność pomiaru (patrz poniższe paragrafy)
- wymagania dotyczące konserwacji i napraw (możliwości konserwacji i naprawy, w tym nakład pracy i czas przetwarzania)
- wymaganie dotyczące oczekiwanego czasu życia instrumentu (do momentu, gdy naprawa przestanie być możliwa)

Ważne jest zdanie sobie sprawy z tego, że niepewność pomiaru nie jest determinowana tylko przez instrument, ale także przez sposób jego użytkowania.

Patrz również nota 5 normy ISO 9060. W przypadku pyranometrii, niepewność pomiaru uzyskana podczas pomiarów zewnętrznych jest funkcją:

- klasy instrumentu
- procedury kalibracji/niepewności
- czasu pracy instrumentu w naturalnym świetle słonecznym (z uwzględnieniem specyfikacji stabilności instrumentu)
- warunków pomiarowych (takich jak przechylenie, wentylacja, zacienienie, temperatura instrumentu)
- konserwacja (głównie zabrudzenie)
- warunki środowiskowe*

Dlatego norma ISO 9060 mówi: «stwierdzenia dotyczące ogólnej niepewności pomiaru w warunkach zewnętrznych można formułować jedynie indywidualnie, biorąc pod uwagę wszystkie te czynniki».

* zdefiniowane w Hukx jako wszystkie czynniki spoza przyrządu, które są istotne dla pomiaru, takie jak zachmurzenie (obecność lub brak promieniowania bezpośredniego), położenie słońca, lokalny horyzont (który może być zasłonięty) lub stan powierzchni gruntu (w przypadku nachylenia). Warunki środowiskowe obejmują również pytanie, czy pomiar w lokalizacji pomiaru jest reprezentatywny dla wielkości, którą należy zmierzyć.

7.2 Niezawodność pomiaru

Pomiar jest niezawodny, jeśli przez większość czasu mieści się w granicach wymaganej niepewności pomiaru. Rozróżniamy dwie przyczyny niezawodności pomiaru:

- związane z niezawodnością pyranometru i jego konstrukcją, produkcją, kalibracją (niezawodność sprzętu).
- związane z niezawodnością niepewności pomiaru (niezawodność pomiaru), która obejmuje zarówno niezawodność sprzętu, jak i warunki użytkowania.

Większość niezawodności sprzętu jest odpowiedzialnością producenta przyrządu. Niezawodność pomiaru jest jednak wspólną odpowiedzialnością producenta przyrządu i użytkownika. W zależności od wymagań użytkownika, biorąc pod uwagę warunki pomiarowe i warunki środowiskowe, użytkownik wybierze instrument określonej klasy i zdefiniuje procedury wsparcia konserwacyjnego.

W wielu sytuacjach istnieje limit realnie osiągalnego poziomu dokładności. Wynika to z warunków, które są poza kontrolą, gdy system pomiarowy jest już zainstalowany. Typowe warunki ograniczające to:

- warunki pomiarowe, na przykład podczas pracy w ekstremalnych temperaturach gdy temperatura instrumentu znajduje się na skrajnych granicach zakresu temperatury znamionowej.
- warunki środowiskowe, na przykład gdy zainstalowany jest w suboptimalnej lokalizacji pomiarowej z przeszkodami na drodze promieniowania słonecznego.
- inne warunki środowiskowe, na przykład podczas oceny wydajności systemu PV, gdy system zawiera panele zamontowane pod różnymi kątami nachylenia – pomiar pyranometrem może nie być reprezentatywny dla natężenia promieniowania odbieranego przez cały system PV.

Niezawodność pomiaru można poprawić poprzez wsparcie konserwacyjne. Ważne aspekty to:

- zabrudzenie kopuły przez osadzanie się kurzu, rosy, deszczu lub śniegu. Zanieczyszczenie skutkuje niezdefiniowaną niepewnością pomiaru (czułość i błąd kierunkowy nie są już zdefiniowane). To powinno być rozwiązane poprzez regularne kontrole i czyszczenie.
- niestabilność czujnika. Maksymalny spodziewany wiek czujnika jest określony dla każdego urządzenia jako jego niezmiennosc w [% zmiana/rok]. W przypadku, gdy czujnik nie zostanie ponownie skalibrowany, niepewność czułości stopniowo będzie się zwiększać. To jest rozwiązane poprzez regularne ponowne kalibrowanie.
- kondensacja wilgoci pod kopułami pyranometrów skutkująca powolną zmianą czułości (w zgodzie ze specyfikacją). To jest rozwiązane poprzez regularną wymianę osuszaczy lub poprzez serwisowanie (osuszenie całego czujnika) w przypadku, gdy czujnik to umożliwia. W przypadku czujników nieserwisowych, takich jak większość pyranometrów drugiej klasy, może to powoli rozwinąć się w defekt. Dla modeli pierwszej klasy i wtórnych standardów (na przykład pyranometr pierwszej klasy model SR11 i cyfrowy wtórny standard pyranometr SR20-D 2) dostępny jest dodatkowy osuszacz (w zestawie 5 torebek w uszczelniającej torebce).

Innym sposobem poprawy niezawodności pomiarów jest wprowadzenie nadmiarowych czujników.

- zastosowanie nadmiarowych przyrządów pozwala na zdalne sprawdzenie jednego przyrządu przy użyciu drugiego jako odniesienia, co prowadzi do wyższej niezawodności pomiarów.
- w monitorowaniu wydajności systemu PV, oprócz przyrządów mierzących w płaszczyźnie modułu, stosuje się przyrządy umieszczone poziomo do pomiaru promieniowania całkowitego. Dane dotyczące natężenia promieniowania umożliwiają użytkownikowi porównanie warunków klimatycznych i efektywności systemu między różnymi lokalizacjami. Dane te można również porównać z pomiarami lokalnych stacji meteorologicznych.

7.3 Szybkość naprawy i konserwacji

Niezawodność nie jest tylko kwestią wiarygodności, ale wiąże się również z reakcją na problemy; jeśli czas przetwarzania usług i napraw jest krótki, przyczynia się to do niezawodności.

Pyranometry Hukx są zaprojektowane tak, aby umożliwić łatwą konserwację i naprawę. Główne czynności konserwacyjne to:

- wymiana osuszacza
- wymiana okablowania

W celu optymalizacji niezawodności użytkownik powinien:

- opracować harmonogram regularnej konserwacji
- opracować harmonogram naprawy lub wymiany w przypadku wad

Podczas obsługi wielu urządzeń w sieci Hukx zaleca utrzymywanie procedur prostych i posiadanie kilku urządzeń zapasowych pełniących rolę zamienników podczas serwisu, recalibracji i naprawy.

7.4 Ocena niepewności

Niepewność pomiaru w warunkach zewnętrznych lub wewnętrznych zależy od wielu czynników, zob. Paragraf 1 niniejszego rozdziału. Nie jest możliwe podanie jednej wartości dla niepewności pomiaru za pomocą pyranometru. Prace nad oceną niepewności są w toku. Na całym świecie istnieje kilka grup uczestniczących w standaryzacji metody obliczeń. Wysiłek zmierza do pracy zgodnie z wytycznymi dotyczącymi oceny niepewności (zgodnie z „Przewodnikiem do wyrażania niepewności pomiaru” lub GUM).

7.4.1 Ocena niepewności pomiaru w warunkach zewnętrznych

Hukx aktywnie uczestniczy w dyskusjach dotyczących niepewności pomiaru pyranometru; oferujemy również arkusze kalkulacyjne, odzwierciedlające najnowszy stan wiedzy, aby pomóc naszym użytkownikom w dokonaniu własnej oceny. Dane wejściowe do oceny są podsumowane:

1. Formalna ocena niepewności powinna być przeprowadzona zgodnie z ISO 98-3 *Przewodnik do wyrażania niepewności w pomiarach*, GUM.
2. Specyfikacje instrumentu zgodnie z klasyfikacją ISO 9060 pyranometrów i pirheliometrów są wprowadzane jako wartości graniczne możliwych błędów, które należy analizować jako ocenę typu B niepewności standardowej zgodnie z punktem 4.3.7 GUM. Rozkłady a priori wybiera się jako jednostajne (prostokątne).
3. Należy wprowadzić oddzielne oszacowanie, aby uwzględnić szacowaną niepewność wynikającą z poziomu konserwacji urządzenia.
4. Należy wprowadzić niepewność kalibracji. Należy zwrócić uwagę, że niepewności kalibracji Hukxx są niższe niż te dla sprzętu alternatywnego.
Te niepewności są wprowadzane w równanie pomiarowe (równanie to zwykle Formuła 0.1: $E = U/S$) – jako niepewność w E (przesunięcia zerowe, odpowiedź kierunkowa), w U (błędy odczytu napięcia) lub w S (błąd nachylenia, zależność temperaturowa, niepewność kalibracji).
5. W analizie niepewności dla pyranometry wprowadza się lokalizację i datę będące przedmiotem zainteresowania. Przebieg słońca jest następnie obliczany, a składniki bezpośrednie i rozproszone są szacowane na podstawie modelu; kąt padania promieniowania bezpośredniego jest głównym czynnikiem niepewności.
6. W analizie niepewności dla nowoczesnych pirheliometrów: zależność od nachylenia jest często tak niska, że może wystarczyć jedna typowa obserwacja.
7. W przypadku specjalnych warunków pomiarowych wybierane są typowe wartości specyfikacji. Powinny one na przykład uwzględniać warunki pomiarowe (zaciemnione/niezaciemnione, wentylowane/niewentylowane, poziome/pochylone) i warunki środowiskowe (czyste niebo/pochmurno, zakres temperatury roboczej).
8. Spośród różnych źródeł niepewności niektóre są "skorelowane"; tzn. występują podczas całego procesu pomiarowego i nie znikają ani nie zmierzają do zera podczas uśredniania w czasie; elementy poza główną przekątną macierzy kowariancji nie są równe zeru. Paragraf 5.2 GUM.
9. Wśród różnych źródeł niepewności, niektóre są "nieskorelowane"; wygasające lub zbiegające się do zera przy uśrednieniu w czasie; elementy pozadiagonalne macierzy kowariancji są równe zeru. Akapit 5.1 GUM.
10. Spośród różnych źródeł niepewności, niektóre są „nieuwzględniane w analizie”; dotyczy to na przykład nieliniowości pyranometrów, ponieważ jest już uwzględniona w błędzie kierunkowym, oraz odpowiedzi spektralnej pyranometrów i pirheliometrów, ponieważ jest już brana pod uwagę w procesie kalibracji.

Tabela 7.4.1.1 Szacunkowe oceny niepewności osiągalne w pomiarach za pomocą pyranometrów Hukx. Oszacowania opierają się na typowych właściwościach pyranometrów i niepewności kalibracji, dla słonecznych, bezchmurnych dni oraz dobrze utrzymywanych stacji, bez straty niepewności spowodowanej brakiem konserwacji i zabrudzeniem instrumentu. Tabela określa rozszerzone oceny niepewności ze współczynnikiem rozszerzenia 2 i poziomem ufności 95%. Oszacowania opierają się na próbkowaniu z interwałem 1 s. WAŻNA UWAGA: nie istnieje międzynarodowy konsensus dotyczący oceny niepewności pomiarów pyranometrów, dlatego niniejsza tabela nie powinna być używana jako formalne odniesienie.

pirheliometr klasa (ISO 9060)	sezon	szerokość geograficzna	niepewność sumów minutowych w południu słonecznym	niepewność su- mów godzinowych w południu słonecznym	niepewność sumów dobowych
standard wtórny	lato	szerokość średnia	2,7 %	2,0 %	1,9 %
		równik	2,6 %	1,9 %	1,7 %
		biegun	7,9 %	5,6 %	4,5 %
	zima	szerokości średnie	3,4 %	2,5 %	2,7 %
		równik	4,4 %	3,1 %	2,9 %
		biegun	16,1 %	11,4 %	9,2 %
pierwsza klasa	lato	szerokości średnie	4,7 %	3,3 %	3,4 %
		równik	4,4 %	3,1 %	2,9 %
		biegun	16,1 %	11,4 %	9,2 %
	zima	szerokości średnie	6,5 %	4,5 %	5,2 %
		równik	7,8 %	5,5 %	5,3 %
		biegun	29,5 %	21,6 %	18,0 %
druga klasa (seria SR05)	lato	szerokości średnie	8,4 %	5,9 %	6,2 %
		równik	7,8 %	5,5 %	5,3 %
		biegun	29,5 %	21,6 %	18,0 %
	zima	szerokość średnia	11,4 %	8,1 %	9,9 %

7.4.2 Niepewność kalibracji

Nowe procedury kalibracji zostały opracowane we ścisłej współpracy z Światowym Centrum Radiacji PMOD w Davos w Szwajcarii. Najnowsza metoda kalibracji skutkuje niepewnością czułości poniżej 2,4 %, w porównaniu do typowych niepewności wyższych niż 3,5 % dla tej klasy pyranometru. Szczegółowe informacje dotyczące hierarchii kalibracji można znaleźć w załączniku.

8

Konserwacja i rozwiązywanie problemów

8.1 Zalecana konserwacja i zapewnianie jakości

SR05 może wykonywać wiarygodne pomiary przy niskim poziomie konserwacji w większości lokalizacji. Zazwyczaj niedokładne pomiary będą wykryte jako nieuzasadnione duże lub małe wartości zmierzone.

Zgodnie z zasadą ogólną oznacza to, że regularna wizualna inspekcja połączona z krytycznym przeglądem zmierzonych danych, weryfikowana względem innych pomiarów, jest preferowanym sposobem uzyskania wiarygodnego pomiaru.

Tabela 8.1.1 Zalecana konserwacja SR05. Jeśli to możliwe, analiza i czyszczenie danych (1 i 2) powinny być wykonywane na codzień. (ciąg dalszy na następnych stronach).

Minimalnie zalecana konserwacja pyranometru

	interwał	temat	czynność
1	1 tydzień	analiza danych	Porównać zmierzone dane z maksymalnym możliwym/maksymalnie oczekiwanym natężeniem promieniowania oraz z innymi pomiarami w pobliżu (instrumenty nadmiarowe). Można również wykorzystać historyczne zapisy sezonowe jako źródło wartości oczekiwanych. Analizuj sygnały nocne. Te sygnały mogą być ujemne (do -5 W/m^2 w jasne, bezwietrzne noce), ze względu na zerowe przesunięcie a. W przypadku zastosowania w systemach PV porównaj pomiary w dzień z wydajnością systemu PV. Szukaj wszelkich wzorców i zdarzeń, które odbiegają od normalnych lub oczekiwanych.
2	2 tygodnie	czyszczenie	Użyj miękkiej ściereczki do czyszczenia kopuły instrumentu; uporczywe zabrudzenia można usunąć wodą z mydłem lub alkoholem.
3	6 miesięcy	inspekcja	Sprawdź jakość kabla, złącza, pozycję montażu, oczyść instrument i kabel, sprawdź poziomowanie, zmień nachylenie instrumentu w przypadku przekroczenia specyfikacji, sprawdź połączenie montażowe, sprawdź wnętrze kopuły pod kątem kondensacji

4	2 lata	wymiana osuszacza	Osuszacz jest określony do pracy przez minimum 2 lata. W przypadku, gdy użytkownik chce sam wymienić osuszacz, robi to na własne ryzyko i powinno to być wykonane tylko w środowisku bezpiecznym dla ESD. Płyta dolna SR05 powinna być zdemontowana przez odkręcenie 3 x śrub T10 za pomocą śrubokrętu Torx 10. Torba z osuszaczem jest przytwierdzona taśmą na płycie dolnej SR05. Należy zachować ostrożność podczas montowania płyty dolnej na SR05
5	2 lata	rekalibracja	Rekalibracja poprzez porównanie bok-przy-boku z przyrządem standardowym wyższej klasy w terenie zgodnie z normą ISO 9847 zażądać statusu "power user" i hasła w fabryce umożliwiającego pisanie do Rejestrów zawierających dane czułości i historii kalibracji poprzez Menedżer czujników
6		ocena żywotności	Ocenić, czy przyrząd powinien być niezawodny przez kolejne 2 lata, czy też powinien być wymieniony.
7	6 lat	wymiana części	W stosownych przypadkach wymienić części najbardziej narażone na warunki atmosferyczne; kabel, złącze. UWAGA: stosować wyłącznie części zatwierdzone przez Hukx
8		kontrola wewnętrzna	W stosownych przypadkach: otworzyć przyrząd i sprawdzić/wymienić pierścienie uszczelniające; osuszyć wnętrze obudowy wokół płytki drukowanej
9		rekalibracja	precyzyjna kalibracja w pomieszczeniach zgodnie z ISO 9847 lub na zewnątrz zgodnie z ISO 9846

8.2 Rozwiązywanie problemów

Tabela 8.2.1 Rozwiązywanie problemów dla SR05 (ciąg dalszy na następnej stronie).

ogólne	Sprawdzić przyrząd pod kątem jakichkolwiek uszkodzeń. Sprawdzić, czy złącze jest prawidłowo podłączone. Sprawdzić stan złączy (zarówno na obudowie, jak i na kablu). Sprawdzić, czy czujnik otrzymuje zasilanie napięciem stałym w zakresie 5 do 30 VDC. Sprawdzić połączenie osłony (zwykle nie połączone po stronie sieci). Sprawdzić połączenie zasilania czujnika; zwykle ujemna jest podłączona do wspólnego przewodu sieciowego.
Przygotować do testowania w pomieszczeniach.	Zainstaluj oprogramowanie Menedżera czujników na komputerze PC. Wyposażyc komputer PC w komunikację RS-485 lub TTL odpowiednio dla SR05-D1A3 i SR05-D2A2. Podaj napięcie DC do czujnika i nawiąż komunikację z czujnikiem. Po włączeniu sygnał może mieć tymczasowy poziom wyjścia różny od zera — tzw. przesunięcie. Pozwól temu przesunięciu się uspokoić.
Czujnik nie daje żadnego sygnału.	Sprawdź, czy czujnik reaguje na światło: wyeksponuj czujnik na silne źródło światła, na przykład żarówkę 100 W w odległości 0,1 m. Sygnał powinien wskazywać > 100 W/m² teraz. Zaciemnij czujnik, umieszczając coś nad nim lub wyłączając światło. Napięcie wyjściowe przyrządu powinno się zmniejszyć i w ciągu jednej minuty zbliżyć się do 0 W/m². Sprawdź zbieranie danych, zastępując czujnik czujnikiem zapasowym z tym samym adresem.
Nie można wspomagać komunikacji z czujnikiem.	Sprawdź wszystkie fizyczne połączenia do czujnika i spróbuj połączyć się z czujnikiem ponownie. Jeśli komunikacja nie jest możliwa, spróbuj ustalić, czy adres i ustawienia komunikacji są poprawne. Przeanalizuj wydajność kabla, mierząc opór od pinów do końców kabla. Opór elektryczny powinien być < 10 Ω. W razie wątpliwości spróbuj nowego kabla. Podłącz czujnik do komputera i wykonaj operacje „Znajdź” i „Znajdź wszystkie” w Menedżerze czujników, aby zlokalizować czujnik i zweryfikować ustawienia komunikacji. Jeśli wszystkie połączenia fizyczne są prawidłowe, a czujnik nadal nie może być znaleziony, prosimy skontaktować się z fabryką w celu wysłania czujnika do producenta na potrzeby diagnozy i serwisu .

SR05 nie odpowiada na żądanie dla 6 lub więcej rejestrów	Nie ma możliwości żądania więcej niż pięciu 16-bitowych rejestrów w jednym żądaniu. W przypadku żądania sześciu lub więcej rejestrów w jednym żądaniu czujnik nie będzie odpowiadać. W przypadku żądania sześciu lub więcej Rejestrów należy użyć wielu żądań: czujnik odpowie zgodnie z oczekiwaniami.
Sygnał czujnika jest nierealnie wysoki lub niski	Należy pamiętać, że sygnały nocne mogą być ujemne (do -5 W/m^2 w jasne, spokojne noce) ze względu na przesunięcie zerowe a. Sprawdzić, czy pyranometr ma czystą kopułę. Sprawdzić lokalizację pyranometru; czy istnieją jakiekolwiek przeszkody, które mogłyby wyjaśnić wynik pomiaru. Sprawdzić orientację/wyrównanie pyranometru. Sprawdzić stan kabla pod kątem przerw w kablu. Sprawdzić stan złączy (na obudowie oraz na kablu).

8.3 Kalibracja i kontrole w terenie

Rekalibracja pyranometrów polowych jest zwykle wykonywana przez porównanie w terenie z pyranometrem referencyjnym. Odpowiednia norma to ISO 9847 "International Standard- Solar Energy- calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer". W Hukx stosowana jest wewnętrzna kalibracja zgodnie z tym samym standardem.

Rekomendacja Hukx dotycząca ponownej kalibracji:

jeśli to możliwe, przeprowadź kalibrację w pomieszczeniu poprzez porównanie z identycznym instrumentem odniesienia w warunkach padania prostopadłego.

Zalecany przedział kalibracji pyranometri wynosi 2 lata. Rejestry zawierające zastosowaną czułość i historię kalibracji SR05 są dostępne dla użytkowników. Pozwala to użytkownikowi wybrać własną lokalną usługę kalibracji. Ta sama funkcja może być wykorzystana do zdalnie sterowanej rekalibracji pyranometrów w terenie. Zapytaj Hukx o informacje na temat standaryzowanych procedur ISO i ASTM dla kalibracji terenowej. Poproś o status „power user” i hasło w fabryce umożliwiające zapis do Rejestrów zawierających czułość i dane historii kalibracji za pośrednictwem Menedżera czujników.

W przypadku porównania terenowego; ISO rekomenduje kalibrację terenową do pyranometru wyższej klasy. Hukx sugeruje również umożliwienie użycia czujników tego samego modelu i klasy, ponieważ interporównania podobnych instrumentów mają tę zaletę, że mają takie same przesunięcia. Dlatego porównanie z pyranometrami tej samej marki i typu jest równie dobre jak porównanie z instrumentem wyższej klasy.

ISO rekomenduje wykonywanie kalibracji terenowej przez kilka dni; 2 do 3 dni w warunkach bezchmurnych, 10 dni w warunkach pochmurnych. Generalnie nie jest to osiągalne. Aby skrócić proces kalibracji, Hukx sugeruje umożliwienie kalibracji przy normalnym padaniu promieniowania, wykorzystując sumy godzinowe w pobliżu południa słonecznego.

Główne rekomendacje Hukxa do porównań terenowych to:

1. traktować padanie prostopadłe jako odniesienie, a nie całą dobę.
2. wziąć referencję tego samego rodzaju i klasy marki co pyranometr z pola lub pyranometr wyższej klasy, i
3. aby połączyć oba z tą samą elektroniką, tak aby błędy elektroniki (również przesunięcia) zostały wyeliminowane.
4. zainstalować wszystkie instrumenty na tej samej platformie, aby miały jednakową temperaturę ciała.
5. zakładając, że urządzenia elektroniczne są niezależnie skalibrowane, do analizy wartości promieniowania przy normalnym padaniu (ewentualnie poprzez przechylenie radiometrów do przybliżenia normalnego padania), jeśli to niemożliwe, porównać sumy jednogodzinne wokół górowania słońca dla przyrządów zamontowanych poziomo.
6. dla radiometrów drugiej klasy, aby skorygować odchylenia większe niż $\pm 10\%$. Mniejsze odchylenia należy interpretować jako akceptowalne i nie mogą prowadzić do zmiany czułości.
7. dla pyranometrów pierwszej klasy, aby skorygować odchylenia większe niż $\pm 5\%$. Mniejsze odchylenia należy interpretować jako akceptowalne i nie mogą prowadzić do zmiany czułości.
8. w przypadku przyrządów standardowych wtórnych, aby skorygować odchylenia przekraczające $\pm 3\%$. Mniejsze odchylenia powinny być interpretowane jako akceptowalne i nie powinny prowadzić do zmiany czułości.

8.4 Zapewnienie jakości danych

Zapewnienie jakości można przeprowadzić poprzez:

- analizę trendów w sygnale natężenia promieniowania słonecznego
- wykreślanie mierzonego natężenia promieniowania względem matematycznie wygenerowanych wartości oczekiwanych
- porównanie pomiarów natężenia promieniowania między stanowiskami
- analizę sygnałów nocnych

Głównym celem jest zwrócenie uwagi na wszelkie nierealistyczne wartości.

Na rynku dostępne są programy, które mogą semi-automatycznie przeprowadzać screening danych. Więcej informacji na temat takiego programu można znaleźć na stronie: <https://dama-nl.org/dqms-en>.

9 Załączniki

9.1 Załącznik dotyczący przedłużenia/wymiany kabla

Kabel czujnika serii SR05 jest wyposażony w prosty łącznik M12-A.

W przypadku wymiany kabla zaleca się zakup nowego kabla z łącznikiem w firmie Hukx. W przypadku przedłużenia kabla zaleca się zakup kabla przedłużającego z parami łączników w firmie Hukx. Prosimy zwrócić uwagę, że firma Hukx nie udziela wsparcia dla samodzielnego montażu łączników i kabli.

SR05 jest wyposażony w jeden kabel. Maksymalna długość kabla czujnika jest zalecana na **40 metrów**. Dobrą praktyką jest utrzymywanie długości kabla tak krótką jak to możliwe, aby uniknąć zakłóceń sygnału i utrzymać szumy na akceptowalnym poziomie.

Nie należy używać oryginalnych fabrycznych kabli SR05 o całkowitej długości przekraczającej **40 metrów**.

Specyfikacje złącza i kabla są podsumowane na następnej stronie.



Rysunek 9.1.1 Po lewej stronie kabel SR05 ze złączem żeńskim M12-A na końcu czujnika. Kabel nie ma osłony na drugim końcu. Jego długość to standardowo 3 metry, dostępny jest również w wariantach 10 i 20 metrów. Po prawej stronie kabel przedłużający Hukx ze złączami parami, ze złączami męskim i żeńskim M12-A, dostępny w wariantach 10 i 20 metrów.

Tabela 9.1.1 Specyfikacje zamiany i przedłużenia kabla SR05.

wymiana ogólna	Proszę zamówić nowy kabel ze złączem u firmy Hukx
ogólny kabel przedłużający	proszę zamówić kabel przedłużający z parami złączy w Hukx
używane złącza	obudowa: złącze męskie M12-A proste, gwint męski, 5-biegunowe producent: Binder kabel: złącze żeńskie M12-A proste, gwint żeński, 5-biegunowe; producent: Binder osłona jest elektrycznie połączona z obudową złącza
kabel	5-żyłowy, ekranowany producent: Binder
długość	kable powinny być możliwie jak najkrótsze; całkowita długość kabla powinna być mniejsza niż 40 m
powłoka zewnętrzna	ze specyfikacją do użytku zewnętrznego (dla dobrej stabilności w zastosowaniach zewnętrznych)

9.2 Dodatek dotyczący narzędzi do SR05

Tabela 9.2.1 Specyfikacje narzędzi do SR05.

Konfiguracja	Narzędzia	Zawarte
narzędzia wymagane do montażu SR05 bez poziomica kulkowej	dwie śruby M5 wkrętak płaski	nie nie
narzędzia wymagane do montażu SR05 z poziomica kulkową	klucz sześciokątny 4 mm klucz płaski 8 mm do nakrętek M5	tak nie
narzędzia wymagane do montażu SR05 z uchwytem tulejowym	klucz sześciokątny 4 mm	tak
narzędzia wymagane do wyrównywania SR05 z poziomica kulkową i uchwytem tulejowym	klucz sześciokątny 4 mm	tak
narzędzia wymagane do wyjęcia aluminiowej podkładki z dolnego panelu SR05	końcówka wkrętaka szerokość 2 do 4 mm	nie

9.3 Załącznik dotyczący części zamiennych dla SR05

- Kabel SR05 z żeńskim złączem M12-A na końcu czujnika, nieobrobiony na drugim końcu (3, 10, 20 m). Podaj długość kabla
- Kabel przedłużający SR05 z parą złączy, z męskim i żeńskim złączem M12-A, (10, 20 m). Podaj długość kabla przedłużającego
- Poziomica kulkowa (numer zamówienia BL01)
- Uchwyt tulejowy (numer zamówienia TM01)
- Uchwyt tulejowy z poziomica kulkową (numer zamówienia TMBL01)
- Podkładka do poziomicy kulkowej
- Śruba stożkowa ustawna do poziomicy kulkowej
- 2 x śruby montażowe M5x40
- 2 x śruby montażowe M5x30
- 2 x śruby montażowe M5x20 z 2 x nakrętkami M5
- Osuszacz (żel krzemionkowy, 1,0 g, w worku HDPE)

UWAGA: Kopuła, poziomica i czujnik SR05 nie mogą być dostarczane jako części zamienne

9.4 Załącznik dotyczący standardów klasyfikacji i kalibracji

Zarówno ISO jak i ASTM posiadają standardy dotyczące klasyfikacji przyrządów i metod kalibracji. Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO) w dużej mierze przyjęła system klasyfikacji ISO.

Tabela 9.4.1 Standardyzacja pyranometri w ISO i ASTM.

Standardy dotyczące klasyfikacji przyrządów i kalibracji	
Standard ISO	równoważny standard ASTM
ISO 9060:1990 <i>Energia słoneczna—Specyfikacja i klasyfikacja przyrządów do pomiaru promieniowania słonecznego półkuli-stego i bezpośredniego promieniowania słonecznego</i>	niedostępne Uwaga: w toku jest praca nad nowym standardem ekwiwalentem ASTM
Uwaga: standard <i>Energia słoneczna—Metody badania charakterystyk pyranometru i pirheliometru</i> " został ogłoszony w ISO 9060, ale nie został jeszcze wdrożony.	niedostępne
ISO 9846:1993 <i>Energia słoneczna—Kalibracja pyranometru za pomocą pirheliometru</i>	ASTM G167-05 <i>Standardowa metoda badań do kalibracji pyranometru za pomocą pirheliometru</i>
ISO 9847:1992 <i>Energia słoneczna—Kalibracja pyranometrów polowych przez porównanie z pyranometrem wzorcowym</i>	ASTM E824-10 <i>Standardowa metoda badania transferu kalibracji z radiometru wzorcowego na radiometry polowe</i> ASTM G207-11 <i>Standardowa metoda badania transferu kalibracji wewnętrznej z pyranometru wzorcowego na pyranometry polowe</i>
ISO 9059:1990 <i>Energia słoneczna—Kalibracja pirheliometrów polowych przez porównanie z pirheliometrem wzorcowym</i>	ASTM E816 <i>Standardowa metoda badania kalibracji pirheliometrów przez porównanie z pirheliometrami wzorcowymi</i>

9.5 Załącznik dotyczący hierarchii kalibracji

Światowe odniesienie radiometryczne (WRR) to standard pomiarowy reprezentujący jednostkę SI natężenia promieniowania. Użycie WRR jest obowiązkowe przy pracy zgodnie ze standardami WMO i ISO. ISO9874 stwierdza w paragrafie 1.3, że metody kalibracji określone są śledowalne do WRR. Podręcznik WMO stwierdza w paragrafie 7.1.2.2, że WRR jest akceptowany jako reprezentujący jednostki fizyczne całkowitego natężenia promieniowania.

Światową jednorodność pomiarów promieniowania meteorologicznego gwarantuje Światowe Centrum Radiacji w Davos w Szwajcarii, poprzez utrzymanie Światowej Grupy Standardów (WSG), która materializuje Światowe Odniesienie Radiometryczne.

Zobacz <https://www.pmodwrc.ch/>

Standard Hukx jest wśledzalny do kalibracji zewnętrznej WRR. Dokonuje się pewnych małych korekt w celu przeniesienia tej kalibracji na warunki standardu Hukx: słońce w zenicie i natężenie promieniowania 1000 W/m^2 . Podczas kalibracji zewnętrznej słońce znajduje się typowo pod kątem zenitalnym 20 do 40° , a całkowite natężenie promieniowania na poziomie 700 W/m^2 .

Tabela 9.5.1 Hierarchia kalibracji dla pyranometrów.

Kalibracja standardu roboczego w pmod/wrc davos

Kalibracja pyranometrów standardu roboczego:

Metoda: ISO 9846, typ 1 zewnętrzny. Ten standard roboczy ma niepewność „niepewność standardu”.

Wzorzec roboczy został skalibrowany w określonych „warunkach testowych wzorca”. Wzorzec roboczy ma możliwość śledzenia do WRR światowego odniesienia radiometrycznego.

Korekta kalibracji wzorca (roboczego) do standaryzowanych warunków odniesienia

Korekta od „warunków testowych wzorca” do „warunków odniesienia”, czyli do normalnego padania i 20°C : przy użyciu znanych właściwości pyranometru wzorca (roboczego): kierunkowości, nieliniowości, przesunięć, zależności od temperatury. Ta korekta ma niepewność; „niepewność korekty”.

W Hukx nazywamy pyranometr wzorca roboczego również „wzorcem”.

Kalibracja produktu wewnątrz pomieszczeń

Kalibracja produktów, tj. pyranometrów:

Metoda: zgodnie z ISO 9847, typ IIc, która stanowi kalibrację wewnątrz pomieszczeń.

Ta kalibracja ma niepewność związaną z metodą.

(W niektórych przypadkach, takich jak sieć BSRN, kalibracja produktu odbywa się inną metodą; na przykład ponownie typ 1 na zewnątrz)

Obliczenie niepewności kalibracji

ISO 98-3 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM Określenie połączonej rozszerzonej niepewności kalibracji produktu, w tym niepewność wzorca roboczego, niepewność korekcyjnej, niepewność metody (błąd transferu). Współczynnik pokrycia musi być określony; w Hukx pracujemy ze współczynnikiem pokrycia $k = 2$.

9.6 Dodatek dotyczący wielkości promieniowania meteorologicznego

Pyranometr mierzy natężenie promieniowania. Całkowita suma zintegrowana w czasie jest nazywana ekspozycją promieniowania. W energetyce słonecznej ekspozycja promieniowania jest często podawana w $W \cdot h/m^2$.

Tabela 9.6.1 Wielkości promieniowania meteorologicznego zgodnie z rekomendacją WMO (dodatkowe symbole autorstwa Hukx Sensor Technology). POA oznacza natężenie promieniowania na płaszczyznę matrycy. Termin pochodzi z norm ASTM i IEC.

symbol	opis	obliczenie	jednostki alternatywne wyrażenie		
$E_{\downarrow}$	natężenie promieniowania padające w dół	$E_{\downarrow} = E_{g\downarrow} + E_{l\downarrow}$	W/m^2		
$H_{\downarrow}$	ekspozycja promieniowania padająca w dół dla określonego przedziału czasowego	$H_{\downarrow} = H_{g\downarrow} + H_{l\downarrow}$	J/m^2		
$E_{\uparrow}$	natężenie promieniowania skierowane w górę	$E_{\uparrow} = E_{g\uparrow} + E_{l\uparrow}$	W/m^2		
$H_{\uparrow}$	natężenie radiacyjne skierowane w górę dla określonego przedziału czasowego	$H_{\uparrow} = H_{g\uparrow} + H_{l\uparrow}$	J/m^2	$W \cdot h/m^2$	Zmiana jednostek
E	natężenie promieniowania słonecznego prostopadłe do pozornego zenitu słonecznego		W/m^2	DNI	Bezpośrednie Normalne Natężenie Promieniowania
E_0	stała słoneczna		W/m^2		
$E_{g\downarrow h}$	natężenie promieniowania globalnego; natężenie promieniowania hemisfery na określonej powierzchni poziomej*	$E_{g\downarrow} = E \cdot \cos \theta_h + E_{d\downarrow}$	W/m^2	GHI	Globalne Natężenie Promieniowania Poziomu
$E_{g\downarrow t}$	natężenie promieniowania globalnego; półkuliste natężenie promieniowania na określonej, w tym przypadku, pochylonej powierzchni*	$E_{g\downarrow} = E \cdot \cos \theta_t + E_{d\downarrow t} + E_{r\uparrow t}$ ***	W/m^2	POA	Płaszczyzna Paneli
$E_{d\downarrow}$	promieniowanie słoneczne rozproszone skierowane w dół		W/m^2	DHI	Rozproszone Promieniowanie Poziome
$E_{l\uparrow}, E_{l\downarrow}$	natężenie promieniowania długofalowego skierowane w górę/skierowane w dół		W/m^2		
$E_r\uparrow$	natężenie promieniowania słonecznego odbitego		W/m^2		
E^*	natężenie promieniowania netto	$E^* = E_{\downarrow} - E_{\uparrow}$	W/m^2		
$T_{\downarrow}$	pozorna temperatura powierzchni**		$^{\circ}C$ lub K		
$T_{\uparrow}$	pozorna temperatura nieba**		$^{\circ}C$ lub K		
SD	czas trwania słoneczny		h		

θ jest pozornym kątem zenitalnym słońca θ_h względem poziomu, θ_t względem pochylonej powierzchni
g = global, l = long wave, t = tilted *, h = horizontal*
* rozróżnienie horyzontalne i pochylone przez Hukx, ** symbole T wprowadzone przez Hukx, *** wkłady $E_{d\downarrow t}$ i $E_{r\uparrow t}$ wynoszą $E_{d\downarrow}$ i $E_{r\uparrow}$ oba skorygowane o kąt nachylenia powierzchni

9.7 Załącznik dotyczący tabel klasyfikacji ISO i WMO

Tabela 9.7.1 Tabela klasyfikacji dla pyranometry zgodnie z ISO 9060 i WMO.

UWAGA: specyfikacja selektywności spektralnej WMO różni się od specyfikacji ISO. Hukx jest zgodny z limitami ISO. WMO również określa oczekiwane dokładności. ISO uważa, że to nie jest część systemu klasyfikacji, ponieważ obejmuje również kalibrację. Należy zwrócić uwagę, że osiągalne dokładności WMO dotyczą dni bezchmurnych na średnich szerokościach geograficznych i że oszacowanie niepewności nie obejmuje niepewności wynikającej z kalibracji*.

Tabela klasyfikacji ISO**

klasa ISO	standard wtórny	pierwsza klasa	druga klasa
limit specyfikacji			
czas odpowiedzi (95 %)	15 s	30 s	60 s
zerowe przesunięcie a (odpowiedź na 200 W/m ² netto promieniowania termicznego)	+ 7 W/m ²	+ 15 W/m ²	+ 30 W/m ²
zerowe przesunięcie b (odpowiedź na zmianę 5 K/h temperatury otoczenia)	± 2 W/m ²	± 4 W/m ²	± 8 W/m ²
niestabilność (zmiana na rok)	± 0,8 %	± 1,5 %	± 3 %
nieliniowość (100 do 1000 W/m ²)	± 0,5 %	± 1 %	± 3 %
odpowiedź kierunkowa	± 10 W/m ²	± 20 W/m ²	± 30 W/m ²
selektywność spektralna (350 do 1500 x 10 ⁻⁹ m) (WMO 300 do 3000 x 10 ⁻⁹ m)	± 3 %	± 5 %	± 10 %
odpowiedź temperaturowa (przedział 50 K)**	2 %	4 %	8 %
odpowiedź na zmianę nachylenia (0 do 90 ° przy 1000 W/m ²)	± 0,5 %	± 2 %	± 5 %

Dodatkowe specyfikacje WMO (odbiegające od iso 9060)

klasa WMO	wysoka jakość	dobra jakość	umiarkowana jakość
WMO: osiągalna dokładność dla sum dobowych*	2 %	5 %	10 %
WMO: osiągalna dokładność dla sum godzinowych*	3 %	8 %	20 %
WMO: osiągalna dokładność dla sum minutowych*	nie określone	nie określone	nie określone
WMO: rozdzielczość (najmniejsza wykrywalna zmiana)	1 W/m ²	5 W/m ²	10 W/m ²

testowanie zgodności***

ISO 9060

tylko pojedynczy
instrument:
wszystkie specyfikacje
muszą być zgodne

zgodność
grupowa

zgodność
grupowa

* WMO 7.2.1: Szacunkowe niepewności opierają się na następujących założeniach: (a) instrumenty są dobrze konserwowane, prawidłowo wyrównane i czyste; (b) wartości 1 min i 1 h dotyczą natężeń promieniowania w warunkach czystego nieba w południowaniu słonecznym; (c) dobowe wartości ekspozycji dotyczą dni czystych na szerokościach geograficznych umiarkowanych. WMO 7.3.2.5: Tabela 7.5 zawiera oczekiwane maksymalne odchylenie od wartości rzeczywistej, z wyłączeniem błędów kalibracji.

** W Hukx wyrażenie $\pm 1\%$ jest używane zamiast zakresu 2 %.

*** Instrument podlega testowaniu zgodności jego specyfikacji. W zależności od klasyfikacji, zgodność może być udowodniona poprzez zgodność grupową albo indywidualną. Specyfikacja jest spełniona, jeśli średnia wartość odpowiedniego wyniku badania nie przekracza odpowiedniej wartości granicznej specyfikacji dla określonej kategorii instrumentu.

9.8 Dodatek — definicja specyfikacji pyranometru

Tabela 9.8.1 Definicja specyfikacji pyranometru.

specyfikacja	definicja	źródło
czas odpowiedzi (95 %)	Czas dla 95 % odpowiedzi. Przedział czasu między momentem, w którym bodziec ulega określonej nagłej zmianie, a momentem, w którym odpowiedź osiąga i pozostaje w określonych granicach wokół jej ostatecznej wartości ustalonej. Czas odpowiedzi jest miarą bezwładności termicznej właściwej dla okresu stabilizacji ostatecznego odczytu.	ISO 9060:1990 WMO 1.6.3
przesunięcie zerowe a: (200 W/m ² netto promieniowanie termiczne)	Odpowiedź na 200 W/m ² netto promieniowanie termiczne (wentylowane). Hukx zakłada, że instrumenty niewentylowane muszą określić przesunięcie zerowe w warunkach niewentylowanych – najgorszych warunkach. Przesunięcia zerowe są miarą stabilności punktu zerowego. Przesunięcie zerowe a jest widoczne w nocy jako przesunięcie ujemne, kopuła instrumentu emituje promieniowanie w dalekiej części widma podczerwieni w kierunku stosunkowo zimnego nieba. To powoduje ostygnięcie kopuły. Czujnik pyranometru emituje promieniowanie w kierunku względnie chłodnej kopuły, powodując ujemne przesunięcie zerowe. Przesunięcie zerowe a jest również zakładane podczas pomiaru w dzień.	ISO 9060:1990
przesunięcie zerowe b: (5 K/h zmiana temperatury otoczenia)	Odpowiedź na zmianę temperatury otoczenia 5 K/h. Przesunięcia zerowe są miarą stabilności punktu zerowego.	ISO 9060:1990
niestabilność (zmiana w ciągu roku)	Procentowa zmiana czułości rocznie. Zależność czułości od efektów starzenia się jako miara długoterminowej stabilności.	ISO 9060:1990
nieliniowość (100 do 1000 W/m ²)	Procentowe odchylenie od czułości przy 500 W/m ² w wyniku zmian natężenia promieniowania w zakresie od 100 W/m ² do 1000 W/m ² . Nieliniowość nakłada się na odpowiedź kierunkową, dlatego powinna być traktowana ostrożnie w ocenie niepewności.	ISO 9060:1990
odpowiedź kierunkowa	Zakres błędów wynikających z założenia, że czułość przy padaniu normalnym jest ważna dla wszystkich kierunków podczas pomiaru promieniowania wiązkowego z dowolnego kierunku o natężeniu promieniowania 1000 W/m ² przy padaniu normalnym. Odpowiedź kierunkowa jest miarą odchylenia od idealnego „zachowania kosinusowego” i jego zmienności azymutalnej.	ISO 9060:1990
selektywność spektralna (350 do 1500 x 10 ⁻⁹ m) (WMO 300 do 3000 x 10 ⁻⁹ m)	Procentowe odchylenie iloczynu spektralnej absorpcji i spektralnej transmitancji od odpowiadającej średniej wartości w określonym zakresie spektralnym. Selektywność spektralna jest miarą selektywności spektralnej czułości.	ISO 9060:1990
odpowiedź temperaturowa (przedział 50 K)	Procentowe odchylenie czułości spowodowane zmianą temperatury otoczenia w przedziale 50 K temperatury obudowy pyranometru.	ISO 9060:1990

odpowiedź na zmianę nachylenia (0 do 90 ° przy 1000 W/m ²)	procentowe odchylenie od czułości przy nachyleniu 0 ° (poziomym) spowodowane zmianą nachylenia z 0 do 90 ° przy natężeniu promieniowania 1000 W/m ² . Odpowiedź przy przechyle opisuje zmiany czułości spowodowane zmianami kąta przechylenia powierzchni odbiorczej.	ISO 9060:1990
czułość	Zmiana odpowiedzi przyrządu pomiarowego podzielona przez odpowiednią zmianę bodźca.	WMO 1.6.3
zakres spektralny	zakres spektralny promieniowania, na które przyrząd jest czuły. Dla normalnego pyranometru powinno to być w zakresie 0,3 do 3 x 10 ⁻⁶ m. Niektóre pyranometry z kolorowymi kopułami szklonymi mają ograniczony zakres spektralny.	Hukx

9.9 Dodatek dotyczący terminologii/słownika

Tabela 9.9.1 Definicje i odnośniki używanych terminów.

term	definicja (odniesienie)
energia słoneczna lub promieniowanie słoneczne	Energia słoneczna to energia elektromagnetyczna emitowana przez słońce. Energia słoneczna jest również nazywana promieniowaniem słonecznym i promieniowaniem krótkofalowym. Promieniowanie słoneczne padające na szczyt atmosfery ziemskiej nazywane jest pozaziemskim promieniowaniem słonecznym; 97 % z niego jest ograniczone do zakresu spektralnego od 290 do $3\,000 \times 10^{-9}$ m. Część pozaziemskiego promieniowania słonecznego przechodzi przez atmosferę i bezpośrednio dociera do powierzchni Ziemi, podczas gdy część jest rozproszona i/lub pochłaniana przez cząsteczki gazu, cząsteczki aerozolu, kropelki chmur i kryształy lodu w atmosferze. Pierwsza to składowa bezpośrednia, druga to składowa rozproszona promieniowania słonecznego. (ref: WMO, Hukx)
promieniowanie słoneczne z półsfery	promieniowanie słoneczne z półsfery otrzymywane przez powierzchnię płaską (kąt pola widzenia 180° , kąt bryłowy 2π sr) (ref: ISO 9060).
globalne promieniowanie słoneczne	Promieniowanie słoneczne otrzymywane z półsfery na poziomej powierzchni jest określane jako promieniowanie globalne. Zwane również GHI. Obejmuje promieniowanie otrzymywane bezpośrednio z tarczy słońca, a także rozproszone promieniowanie nieba ulegające rozproszeniu podczas przechodzenia przez atmosferę. (ref: WMO) Promieniowanie słoneczne z półsfery otrzymywane przez poziomą powierzchnię płaską. (ref: ISO 9060)
natężenie promieniowania w płaszczyźnie modułu	zwane również POA: natężenie promieniowania słonecznego z półsfery w płaszczyźnie systemu fotowoltaicznego (ref: ASTM E2848-11 / IEC 61724)
bezpośrednie promieniowanie słoneczne	promieniowanie otrzymane z małego kąta bryłowego skoncentrowanego na tarczy słonecznej, padające na daną płaszczyznę (ref: ISO 9060)
promieniowanie ziemskie lub długofalowe	promieniowanie nie pochodzące ze Słońca, lecz z pochodzenia ziemskiego i atmosferycznego, posiadające dłuższe długości fal ($[3\,000 \text{ do } 100\,000] \times 10^{-9}$ m). W przypadku promieniowania opadającego $E_{\downarrow}$ biorą też udział promieniowanie tła z wszechświata, przechodzące przez "atmosferyczne okno". W przypadku promieniowania wychodzącego $E_{\uparrow}$, złożonego z długofalowej energii elektromagnetycznej emitowanej przez powierzchnię Ziemi i przez gazy, aerozole i chmury atmosfery; jest ono również częściowo absorbowane w atmosferze. Dla temperatury 300 K, 99,99 % mocy promieniowania ziemskiego ma długość fali dłuższą niż $3\,000 \times 10^{-9}$ m i około 99 % dłuższą niż $5\,000 \times 10^{-9}$ m. Dla niższych temperatur spektrum przesunięte jest w kierunku dłuższych długości fal. (ref: WMO)
Świecie Radiometryczny Odniesienie (WRR)	wzorzec pomiarowy reprezentujący jednostkę SI natężenia promieniowania z niepewnością poniżej $\pm 0,3\%$ (patrz Poradnik Światowej Organizacji Meteorologicznej do Instrumentów Meteorologicznych i Metod Obserwacji, 1983, punkt 9.1.3). Wzorzec został przyjęty przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) i obowiązuje od 1 lipca 1980 r. (ref: ISO 9060)

albedo	stosunek promieniowania słonecznego odbitego do przychodzącego. Liczba bezwymiarowa, która waha się między 0 a 1. Typowe wartości albedo to: < 0,1 dla wody, od 0,1 dla gleb wilgotnych do 0,5 dla piasku suchego, od 0,1 do 0,4 dla roślinności, do 0,9 dla świeżego śniegu.
kąt padania	kąt padania promieniowania względem czujnika mierzony od padania normalnego (zmienia się od 0 do 90 °)
kąt zenitalny	kąt padania promieniowania względem zenitu. Równy kątowi padania dla instrumentów zamontowanych poziomo.
kąt azymutu	kąt padania promieniowania, rzutowany w płaszczyznę powierzchni czujnika. Zmienia się od 0 do 360 °. 0 to z definicji kierunek wyjścia przewodu, zwany również północą, wschód to + 90 ° (ASTM G113 - 16).
czas trwania słoneczny	Czas trwania słoneczny w danym okresie jest definiowany jako suma tego podperiodu, w którym bezpośrednie natężenie promieniowania słonecznego przekracza 120 W/m ² (ref: WMO).

9.10 Dodatek — konwersja formatu zmiennoprzecinkowego

Dla efektywnego wykorzystania pojemności mikrokontrolera niektóre rejestry w SR05 zawierają dane w formacie zmiennoprzecinkowym. W rzeczywistości liczba zmiennoprzecinkowa jest przybliżeniem liczby rzeczywistej reprezentowanej przez liczbę cyfr znaczących (mantysę) i wykładnik. W implementacji liczb zmiennoprzecinkowych Hukx stosuje standard IEEE 754. W tym przykładzie liczba zmiennoprzecinkowa z rejestrów 41 i 42 jest konwertowana na reprezentowaną przez nią wartość dziesiętną. W oprogramowaniu Menedżera czujników i innych narzędziach Modbus dane zmiennoprzecinkowe będą automatycznie konwertowane na dane dziesiętne.

Przykład obliczenia rejestrów 41 + 42 reprezentujących liczbę zmiennoprzecinkową dla czułości czujnika, która wynosi 15,14:

Dane w rejestrze 41, 16754 (MSW)

Dane w rejestrze 42, 15729 (LSW)

Słowo podwójne: (MSW

$\times 2^{16}$) + LSW

zatem: $(16754 \times 2^{16}) + 15729 = 1098005873$

Zgodnie z IEEE 754:

Bit znaku:

$1098005873 < 2147483647$

zatem: bit znaku = 1; Liczba 2147483647 jest zdefiniowana przez IEEE 754

Wykładnik:

$1098005873 / 2^{23} = 130$ (cyfry po przecinku są ignorowane)

$130 - 127 = 3$

zatem: wykładnik = 3; Liczba 127 jest stałą zdefiniowaną przez IEEE 754

Mantysa:

$130 \times 2^{23} = 1090519040$

$1098005873 - 1090519040 = 7486833$

$7486833 / 2^{23} = 0.8925$

Zgodnie z IEEE 754, aby otrzymać mantysę, należy dodać 1

$0.8925 + 1 = 1.8925$

zatem: mantysa = 1.8925

Obliczanie liczby zmiennoprzecinkowej:

$\text{float} = \text{bit znaku} \times \text{mantysa} \times (2^{\text{wykładnik}}) = 1 \times 1.8925 \times 2^3 = 15.14$

zatem: liczba zmiennoprzecinkowa = 15.14

9.11 Dodatek dotyczący kodów funkcji, rejestrów i cewek — przegląd

Tabela 9.11.1 Obsługiwane kody funkcji Modbus.

Obsługiwane kody funkcji Modbus	
kod funkcji (heks)	opis
0x01	Odczyt cewek
0x02	Odczyt dyskretnych wejść
0x03	Odczyt rejestrów przechowywania
0x04	Odczyt rejestru wejściowego
0x05	Zapis pojedynczej cewki
0x06	Zapis pojedynczego rejestru przechowywania
0x0F	Zapisz wiele cewek
0x10	Zapisz wiele rejestrów



Twoje żądanie danych może wymagać przesunięcia +1 dla każdego numeru rejestru SR05, w zależności od przetwarzania przez sterownik główny sieci. Przykład: numer rejestru SR05 7 + przesunięcie sterownika = 7 + 1 = numer rejestru sterownika 8. Zapoznaj się z instrukcją obsługi urządzenia pełniącego funkcję sterownika głównego.

Tabela 10.13.2 Rejestry Modbus od 0 do 82.

Rejestry Modbus 0-82				
numer rejestru	parametr	opis zawartości	type of	format danych
0	Adres Modbus	adres czujnika w sieci Modbus, domyślnie = 1	O/Z	U16
1	ustawienia komunikacji szeregowej	ustawia komunikację szeregową, domyślnie = 5	O/Z	U16
2 + 3	natężenie promieniowania (sygnał skompensowany)	temperatura sygnał skompensowany w x 0,01 W/m ²	R	S32
4 + 5	natężenie promieniowania (sygnał niekompensowany)	sygnał niekompensowany w x 0,01 W/m ²	R	S32
6	temperatura obudowy czujnika	w x 0,01 °C	R	S16

7	Rezystancja elektryczna czujnika	w x 0,1 Ω	R	U16
8	współczynnik skalowania natężenia promieniowania domyślnie = 100		R	U16
9	współczynnik skalowania temperatury	domyślnie = 100	R	U16
10 + 11	napięcie wyjściowe czujnika	w x 10 ⁻⁹ V	R	S32
12 do 31	tylko do użytku fabrycznego			
32 do 35	model czujnika	część pierwsza opisu czujnika	R	string
36 do 39	model czujnika	część druga opisu czujnika	R	string
40	numer seryjny czujnika		R	U16
41 + 42	czułość czujnika	w x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²)	R	liczba zmiennoprzecinkowa
43	czas odpowiedzi	w x 0,1 s	R	U16
44	opór czujnika	w x 0,1 Ω	R	U16
45	zarezerwowane	zawsze 0	R	U16
46 + 47	data kalibracji czujnika data kalibracji czujnika w formacie YYYYMMDD		R	U32
od 48 do 60	użytek fabryczny		R	
61	wersja oprogramowania		R	U16
62	wersja sprzętu		R	U16
63 + 64	czułość czujnika historia 1	w x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²) wartość domyślna to 0	R	liczba zmiennoprzecinkowa
65 + 66	data kalibracji historia 1	poprzednia kalibracja data wejścia czujnika YYYYMMDD wartość domyślna to 0	R	U32
67 + 68	czułość czujnika historia 2	zobacz Rejestr 63 + 64	R	liczba zmiennoprzecinkowa
69 + 70	data kalibracji historia 2	zobacz Rejestr 65 + 66	R	U32

71 + 72	czułość czujnika historia 3	zobacz Rejestr 63 + 64 R	liczba zmiennoprzecinkowa
73 + 74	data kalibracji historia 3	zobacz Rejestr 65 + 66 R	U32
75 + 76	czułość czujnika historia 4	zobacz Rejestr 63 + 64 R	liczba zmiennoprzecinkowa
77 + 78	data kalibracji historia 4	zobacz Rejestr 65 + 66 R	U32
79 + 80	czułość czujnika historia 5	zobacz Rejestr 63 + 64 R	liczba zmiennoprzecinkowa
81 + 82	data kalibracji historia 5	zobacz Rejestr 65 + 66 R	U32



Uwaga 1: W jednym żądaniu można zażądać do pięciu rejestrów 16-bitowych. W przypadku żądania sześciu lub więcej rejestrów należy użyć wielu żądań

Należy pamiętać, że jeśli żądanie danych wymaga przesunięcia +1 dla każdego numeru rejestru SR05, w zależności od przetwarzania przez master węzła sieciowego, to przesunięcie dotyczy również cewek. Zapoznaj się z instrukcją urządzenia pełniącego rolę lokalnego głównego.

Tabela 9.11.3 Cewki.

Cewki				
cewka	parametr	opis	type of	typ obiektu
0	restart	restart czujnika	W	pojedynczy bit
1	zarezerwowane			
2	sprawdzenie	mierz rezystancję elektryczną czujnika	W	pojedynczy bit

9.12 Dodatek dotyczący znalezienia nazwy modelu czujnika w rejestrze

Tabela 9.12.1 Rejestry Modbus 32–39, nazwa modelu czujnika.

Rejestry Modbus 32–62				
adres rejestru	parametr	opis zawartości	type of	format danych
32 do 35	model czujnika	część pierwsza opisu czujnika	R	string
36 do 39	model czujnika	część druga opisu czujnika	R	string

Rejestry od 32 do 39 zwrócą 8 liczb, które można zdekodować w celu znalezienia nazwy modelu czujnika. Istnieją dwie metody: A i B. Czujniki SR05-D1A3 z numerem seryjnym 3819 lub wyższym oraz czujniki SR05-D2A2 z numerem seryjnym 3524 lub wyższym używają metody A do przechowywania nazwy w tym rejestrze. Czujniki z niższymi numerami seryjnymi niż te (głównie czujniki SR05-DA1 i SR05-DA2) używają metody B.

Metoda A: 8 liczb (słowo 16-bitowe lub dwa bajty) są tłumaczone na znaki ASCII w następujący sposób. Najmniej znaczący bajt (LSB) każdej liczby odpowiada pierwszemu znakowi ASCII, a najbardziej znaczący bajt (MSB) odpowiada pierwszemu znakowi ASCII w tej lokalizacji rejestru. Poniższa tabela ilustruje to kodowanie:

Tabela 9.12.1 Kodowanie nazwy modelu czujnika – metoda A.

adres rejestru	32	33	34	35	36	37	38	39
Szesnastkowy	[52][53]	[35][30]	[44] [2D]	[41] [31]	[00][33]	[00][00]	[00][00]	[00][00]
MSB	[52]	[35]	[44]	[41]	[00]	[00]	[00]	[00]
LSB	[53]	[30]	[2D]	[31]	[33]	[00]	[00]	[00]
ASCII	SR	05	-D	1A	3			

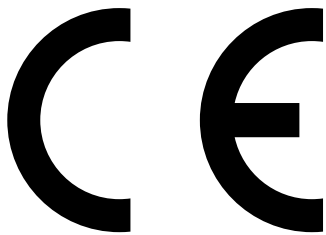
Metoda B: 8 liczb (słowo 16-bitowe lub dwa bajty) są tłumaczone na znaki ASCII w następujący sposób. Najmniej znaczący bajt (LSB) odpowiada jednemu znakowi ASCII w tej lokalizacji rejestru. Najbardziej znaczący bajt (MSB) zawsze równa się [00].

Tabela 9.12.2 Kodowanie nazwy modelu czujnika metodą B.

adres rejestru	32	33	34	35	36	37	38	39
Szesnastkowy	[00][53]	[00][52]	[00][30]	[00][35]	[00][2D]	[00][44]	[00][41]	[00][31]
MSB	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]
LSB	[53]	[52]	[30]	[35]	[2D]	[44]	[41]	[31]
ASCII	S	R	0	5	-	D	A	1

Należy zwrócić uwagę, że istnieje alternatywny sposób sprawdzenia używanego kodowania poprzez odczyt rejestru 32 (słowo 16-bitowe lub dwa bajty) i znalezienie wartości najbardziej znaczącego bajtu (MSB). Jeśli ta wartość równa się [00], używana jest metoda kodowania B. Jeśli nie równa się [00], używana jest metoda A.

9.13 Deklaracja zgodności UE



My, **Hukseflux Thermal Sensors B.V.**
Delftechpark 31
2628 XJ Delft
Niderlandy

zgodnie z wymogami następującej dyrektywy:

2011/65/EU, EU 2015/863	Dyrektywa w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji
2014/30/EU	Dyrektywa w sprawie kompatybilności elektromagnetycznej

niniejszym oświadczamy na naszą wyłączną odpowiedzialność, że:

Model produktu:	SR05-D1A3, SR05-D2A2
Typ produktu:	Pyranometr
Nazwa marki:	Hukx

został zaprojektowany zgodnie i jest zgodny z odpowiednimi sekcjami oraz mającymi zastosowanie wymogami następujących norm:

Emisja:	IEC/EN 61000-6-1, Class B, wymagania dotyczące emisji RF, wymagania IEC CISPR11 i EN 55011 Class B
Odporność:	wymagania IEC/EN 61000-6-2 i IEC 61326
Raport	"EMC test SR05-D1A3_d v03012019.pdf", 3 stycznia 2019 r. i "EMC test SR05-DA2 v04122015.pdf", 04 grudnia 2015

Eric HOEKSEMA
Dyrektor
Delft, 28 maja 2026

O firmie Hukx

Hukx jest wiodącym innowatorem w technologii czujników promieniowania słonecznego i strumienia ciepła. Jesteśmy dumni, że wyznaczamy standard w pomiarach o wysokiej dokładności i pracujemy w sercu transformacji energetycznej.

Klienci na całym świecie polegają na naszej pyranometry i czujnikach strumienia ciepła, które są bestsellerami. Od projektowania i wyboru czujnika, poprzez dostawę, aż do rekalibracji – wspieramy Cię na każdym etapie cyklu życia produktu.

Hukx ma siedzibę w Holandii z lokalnymi biurami sprzedaży w USA, Brazylii, Indiach, Chinach, Azji Południowo-Wschodniej i Japonii.

Pozwól nam pomóc Ci wybrać najlepszy czujnik dla Twojego zastosowania. Skontaktuj się z naszymi ekspertami już dziś: info@hukx.com

© Hukx

Wersja 2605

Zastrzegamy sobie prawo do zmiany specyfikacji bez uprzedniego zawiadomienia.

www.hukx.com

HUKX