

Testy zgodności funkcji zdalnego sterowania sterownika nadrzędnego (PPC) (TC – Test Case) z wykorzystaniem specyfikacji SunSpec dla modeli serii 100

1 Zakres i cel dokumentu

Dokument definiuje minimalny zakres testów, które powinny być przeprowadzone w procesie weryfikacji zgodności funkcji zdalnego sterowania PPM zaimplementowanych w sterowniku nadrzędnym (PPC) z wymaganiami zdefiniowanymi w Wymogach Ogólnego Stosowania wynikających z Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631 z maja 2025 r. (WOS 2025) przy wykorzystaniu specyfikacji SunSpec oraz komunikacji Modbus.

Zakres badań obejmuje:

- identyfikację i enumerację modeli SunSpec,
- weryfikację poprawności implementacji modeli sterujących,
- weryfikację funkcji zaprzestania wprowadzania mocy czynnej do sieci,
- weryfikację funkcji redukcji mocy czynnej,
- potwierdzenie poprawności adresacji rejestrów Modbus zgodnie z mechanizmem wyszukiwania modeli SunSpec.

2 Podstawa i cel testów

Celem testów jest:

1. Potwierdzenie poprawnej implementacji modeli SunSpec w testowanym sterowniku PPC, w zakresie testowanych funkcji,
2. Weryfikacja poprawności wyszukiwania modeli SunSpec, obejmująca wyszukanie znacznika „SunS”, enumeracji modeli oraz identyfikację modelu końcowego END (ID = 65535)
3. Potwierdzenie poprawnej realizacji funkcji sterowania zdalnego za pomocą komunikacji Modbus,
4. Ocena skuteczności realizacji poleceń sterujących dotyczących zaprzestania generacji oraz ograniczenia mocy czynnej.

3 Definicje

1	Sterownik nadrzędny (PPC)	Sterownik nadrzędny PPC podlegający badaniu, dla którego oceniany jest rzeczywisty skutek funkcji sterowania zdalnego PPM.
2	PPM	Przekształtnik rzeczywisty lub wirtualny, który pełni funkcję instalacji OZE w celu przetestowania reakcji urządzenia /odpowiedzi na wydawane polecenia sterujące przez testowany sterownik nadrzędny (PPC).
3	Moc znamionowa odniesienia	P_{n_PPM} – znamionowa moc czynna PPM stanowiąca wartość odniesienia dla kryteriów oceny.
4	Stan ustalony	Tu_min. – okres czasu, w którym należy sprawdzić/potwierdzić utrzymywanie się mocy w wymaganym przedziale (patrz. Kryterium redukcji mocy czynnej, definicja p 3.7), aby uznać, że parametry wyjściowe dla zadanej pracy (nastawy) są stabilne. Tu_min. \geq 120 min
5	Kryterium zaprzestania generacji	Warunek spełniony, gdy: $P < 1\% P_{n_PPM}$

6	Oczekiwana moc czynna	Wartość mocy czynnej nastawionej P_{set} , która odpowiada wartości mocy oczekiwanej na wyjściu przekształtnika po aktywacji ograniczenia. $P_{set} = (X/100) \cdot P_{n_PPM}$
7	Kryterium redukcji mocy czynnej	Warunek spełniony, gdy: $P_{after} \in < X\%P_{n_PPM} \pm TOL >$ X – zadana wartość ograniczenia mocy, TOL =: <ul style="list-style-type: none"> • 0,5% dla mocy $> 75\%P_n$; ($X > 75$) • 1% dla mocy $\in < 50\%P_n, 75\%P_n >$; ($X = 50 \div 75$) • 1,5% dla mocy $< 50\%P_n$; ($X < 50$)
8	TOL	Maksymalna dopuszczalna tolerancja dla wartości nastawy urządzenia. Wymaga się, aby rzeczywista wartość na wyjściu przekształtnika nie różniła się od wartości nastawionej o wartość większą niż TOL (wartość TOL została podana w definicji 7)
9	Odczyt zwrotny (read-back)	Odczyt wartości rejestru po wykonaniu operacji zapisu, wykorzystywany do potwierdzenia poprawnego przyjęcia komendy sterującej.
10	Wzorcowanie	Proces weryfikacji przyrządu, urządzenia lub maszyny pomiarowej w celu określenia jego rzeczywistej dokładności pomiarowej, realizowany przez GUM lub akredytowane (przez PCA lub równoważną jednostkę akredytującą z terenu UE) laboratorium wzorcujące posiadające w swoim zakresie akredytacji rodzaj urządzenia, które jest wzorcowane. Wzorcowanie odbywa się w oparciu o wymagania normy EN ISO/IEC 17025 i kończy się poświadczeniem dokładności w świadectwie wzorcowania. Wymaga się, aby świadectwo wzorcowania przyrządu, urządzenia lub maszyny pomiarowej było ważne na dzień wykonywania testów i badań.
11	Uchyb pomiarowy	pole tolerancji odzwierciedlające maksymalną wartość niepewności pomiarowej, wynikające z dokładności pomiarowej zastosowanych urządzeń i zastosowanej metodologii pomiaru. Wymaga się, aby uchyb pomiarowy $\leq 1,0\%$.

4 Warunki wstępne

4.1 Dokumentacja wymagana od producenta

4.1.1 PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) zawierający:

- deklarację implementacji SunSpec,
- typ interfejsu (RTU),
- adres początkowy SunS,
- listę zaimplementowanych modeli (ID, Length),
- zakres implementacji,
- prawa dostępu RW/RO (odczyt i zapis/ tylko do odczytu),
- opis modeli niestandardowych producenta,
- parametry transmisji RS485: prędkość transmisji, parzystość, liczba bitów danych, liczba bitów stopu, adres Slave Modbus.

4.1.2 Dokumentacja techniczna urządzenia zawierająca:

- zasady podłączenia,
- konfigurację komunikacji,
- parametry znamionowe urządzenia,
- warunki pracy wymagane podczas testów.

4.2 Wymagania komunikacyjne

Dostęp do komunikacji RS-485, poprawna konfiguracja parametrów komunikacyjnych, stabilna komunikacja z urządzeniem.

4.3 Warunki pracy sterownika PPC

Przed rozpoczęciem testów PPM powinien pracować stabilnie, tj. utrzymywać stabilną generację mocy czynnej większą niż 10% P_{n_PPM} przez co najmniej 60 s.

4.4 Minimalne wyposażenie stanowiska testowego obejmujące:

1. Testowany sterownik nadrzędny (PPC),
2. Komunikację PPC z co najmniej dwoma przekształtnikami (rzeczywiste lub wirtualne/symulowane),
3. Możliwość rejestracji przebiegów mocy czynnej z wykorzystaniem pomiaru mocy PPM dostępnego dla PPC, np. model SunSpec „Meter” ID203.W lub/i licznik(miernik) mocy PPM,
4. Przyrząd pomiarowy wzorcowany (wzorcowany w zakresie posiadanej akredytacji przez akredytowaną jednostkę pomiarową lub uprawniony podmiot z zachowaniem spójności pomiarowej w wymaganym zakresie), dla weryfikacji kryteriów mocy ($P < 1\% P_n$, $P \approx X\% P_n$),
5. Oprogramowanie testowe komunikujące się ze sterownikiem PPC poprzez Modbus RS-485 zapewniające:
 - poprawny odczyt i zapis rejestrów Modbus zgodnie z mapą SunSpec,
 - właściwą realizację odczytu zwrotnego po zapisie rejestrów sterujących,
 - rejestrację przebiegów mocy czynnej z wykorzystaniem pomiaru mocy w PPM (model SunSpec Inverter ID101.W/ID 102.W/ID 103.W),
 - archiwizację logów komunikacyjnych.

5 Scenariusze testowe – identyfikacja modeli SunSpec

5.1 TC-COM-01 – Wykrycie znacznika startowego SunSpec („SunS”)

5.1.1 Cel: Potwierdzenie dostępności mapy SunSpec pod standardowym adresem początkowym.

5.1.2 Warunki wstępne: skonfigurowane połączenie Modbus z PPC

5.1.3 Kroki testowe

1. Zweryfikować obecność znacznika ASCII „SunS” pod jednym ze standardowych adresów początkowych (0, 40000 lub 50000).
2. Zanotować adres początkowy, pod którym wykryto znacznik „SunS”.

5.1.4 Kryterium zaliczenia: znacznik „SunS” został wykryty pod jednym ze standardowych adresów początkowych.

5.1.5 W przypadku niewykrycia znacznika ‘SunS’ pod żadnym z adresów standardowych (0, 40000, 50000), test TC-COM-01 kończy się wynikiem negatywnym i dalsza procedura badawcza nie jest kontynuowana. Wynik jest rejestrowany w protokole, jako negatywny z opisem obserwowanego zachowania urządzenia.

5.2 TC-COM-02 – Enumeracja modeli SunSpec do modelu END (ID = 65535)

5.2.1 Cel: Weryfikacja poprawności organizacji modeli SunSpec oraz obecności modelu końcowego END.

5.2.2 Warunki wstępne: wykonano test TC-COM-01, znany adres początkowy SunSpec.

5.2.3 Kroki testowe

1. Odczytać wartości Model ID oraz Length pierwszego modelu.
2. Wyznaczyć adres kolejnego modelu zgodnie z regułą enumeracji modeli SunSpec.
3. Powtarzać procedurę do momentu wykrycia modelu END (ID = 65535).
4. Zarejestrować listę modeli zawierającą: Model ID, Length, adres bazowy modelu.

5.2.4 Kryterium zaliczenia: model END (ID = 65535) jest obecny, długość modelu END wynosi 0, lista modeli została poprawnie zarejestrowana, zgodność listy modeli i adresów bazowych z dokumentacją dostarczoną przez producenta.

5.3 TC-COM-03 – Weryfikacja modelu SunSpec ID = 123 „Immediate Controls”

5.3.1 Cel: weryfikacja obecności oraz zgodności implementacji modelu SunSpec ID = 123 z deklaracją producenta zawartą w dokumencie PICS.

5.3.2 Warunki wstępne: wykonano test TC-COM-02, dostępny dokument PICS.

5.3.3 Kroki testowe

1. Zlokalizować model ID = 123.
2. Zanotować: adres bazowy modelu, długość modelu, wersję modelu (jeżeli dostępna).
3. Zweryfikować poprawność parametrów modelu z deklaracją producenta.
4. Odczytać wartość Scale Factor (WMaxLimPct_SF) i uwzględnić ją przy obliczaniu wartości zadanej do zapisu.
5. Potwierdzić dostępność punktów sterowania: Conn, WMaxLimPct, WMaxLimPct_Ena.

5.3.4 Kryterium zaliczenia: model ID = 123 jest obecny, parametry modelu są zgodne z deklaracją PICS.

6 Scenariusze testowe funkcji sterowania

6.1 TC-13-6-01 – Zaprzestanie wprowadzania mocy czynnej do sieci przez PPM (Conn = 0)

6.1.1 Cel: Potwierdzenie skutecznej realizacji funkcji zaprzestania generacji z wykorzystaniem punktu sterowania Conn w modelu 123.

6.1.2 Warunki wstępne:

1. PPM pracuje stabilnie generując moc $P > 10\% P_{n_PPM}$ przez minimum 60 s,
2. model 123 został poprawnie zidentyfikowany.

6.1.3 Kroki testowe

1. Zanotować wartość P_before.
2. Wyznaczyć adres rejestru Conn.
3. Wykonać sekwencję: zapis Conn = 0, odczyt zwrotny rejestru.
4. Monitorować moc czynną do osiągnięcia stanu ustalonego.
5. Zweryfikować i zanotować: P_after, czas wysłania komendy, czas osiągnięcia progu, wynik odczytu zwrotnego.

6.1.4 Kryterium zaliczenia

1. poprawne wyznaczenie adresu rejestru i poprawny odczyt zwrotny,
2. spełnienie warunku: $P_{\text{after}} < 1\% P_{n_PPM}$,
3. 3. zaprzestanie generacji mocy czynnej w czasie ≤ 5 sekund od wysłania polecenia do przekształtnika.

6.2 13-6-02 – Przywrócenie generacji (Conn = 1)

6.2.1 Cel: Potwierdzenie możliwości wznowienia generacji po wcześniejszym zatrzymaniu pracy PPM.

6.2.2 Warunki wstępne: wykonano test TC-13-6-01, spełniony warunek: $P < 1\% P_{n_PPM}$

6.2.3 Kroki testowe

1. Wyznaczyć adres rejestru Conn.
2. Wykonać zapis Conn = 1.
3. Wykonać odczyt zwrotny.
4. Monitorować wzrost mocy czynnej, oczekiwany gradient wzrostu mocy czynnej nie większy niż $10\% P_{\text{max}}/\text{min}$.

6.2.4 Kryterium zaliczenia:

1. odczyt zwrotny potwierdza Conn = 1,
2. moc czynna wzrasta do progu P_{before} ustalonego w teście TC-13-6-01 i nie może przekroczyć wartości P_{before} .

6.3 TC-14-2b-01 – Redukcja mocy czynnej do X% P_{n_PPM}

6.3.1 Cel: Potwierdzenie skutecznej realizacji funkcji ograniczenia mocy czynnej z wykorzystaniem punktów ID123.WMaxLimPct oraz ID123.WMaxLimPct_Ena.

6.3.2 Warunki wstępne: PPM pracuje stabilnie, wartość P_{before} jest większa od zadanej wartości ograniczenia.

6.3.3 Kroki testowe

1. Przyjąć zestaw wartości ograniczenia $X = 80\%, 50\%, 10\%$ po wprowadzeniu zadanej nastawy/wartości wraz z pomiarem mocy na wyjściu.
2. Dla każdej wartości sprawdzić i zanotować P_{before} .
3. Wyznaczyć adresy rejestrów: WMaxLimPct, WMaxLimPct_Ena.
4. Wykonać sekwencję: zapis WMaxLimPct = X, odczyt zwrotny, zapis WMaxLimPct_Ena = 1, odczyt zwrotny.
5. Monitorować moc czynną do osiągnięcia stanu ustalonego.
6. Zweryfikować i zanotować: P_{after} , czas reakcji, wyniki odczytu zwrotnego.

6.3.4 Kryterium zaliczenia:

1. poprawna realizacja komunikacji Modbus,
2. poprawne wyznaczenie adresów rejestrów,
3. spełnienie warunku: $P_{\text{after}} \in <X\%P_{n_PPM} \pm \text{TOL}>$,
4. ustawione nowe wartości, wynikające ze zmiany mocy czynnej generowanej, muszą być osiągnięte w ciągu ≤ 10 s.

6.4 TC-14-2b-02 – Redukcja mocy do 0% (skutek jak zaprzestanie generacji)

6.4.1 Cel: Weryfikacja zachowania PPM dla granicznej wartości ograniczenia mocy czynnej.

6.4.2 Warunki wstępne: wykonano co najmniej jeden przebieg TC-14-2b-01.

6.4.3 Kroki testowe

1. Zanotować P_{before} .
2. Wykonać zapis: WMaxLimPct = 0, WMaxLimPct_Ena = 1.

3. Wykonać odczyt zwrotny.
 4. Monitorować moc czynną po stabilizacji.
- 6.4.4 Kryterium zaliczenia: poprawny odczyt zwrotny, spełnienie warunku: $P_{after} < 1\% Pn_{PPM}$

6.5 TC-14-2b-03 – Dezaktywacja ograniczenia mocy

- 6.5.1 Cel: Potwierdzenie poprawnego usunięcia ograniczenia mocy czynnej PPM po dezaktywacji funkcji ograniczenia.
- 6.5.2 Warunki wstępne: aktywna funkcja ograniczenia mocy.
- 6.5.3 Kroki testowe
1. Wykonać zapis: ID123.WMaxLimPct_Ena = 0
 2. Wykonać odczyt zwrotny.
 3. Monitorować wzrost mocy czynnej do wartości sprzed testu, P_{before} wyznaczone w TC-14-2b-01 lub TC-14-2b-02.
- 6.5.4 Kryterium zaliczenia: poprawny odczyt zwrotny, wzrost mocy czynnej po dezaktywacji ograniczenia do wartości P_{before} w czasie, przewidzianym dla przypadku mocy czynnej zredukowanej do:
1. 80 %, ≤ 2 minut,
 2. 50 %, ≤ 5 minut,
 3. 10 %, ≤ 9 minut.

7 Kryteria wyniku pozytywnego testów

Za wynik pozytywny uznaje się spełnienie wszystkich poniższych warunków:

1. poprawne wykrycie i enumeracja modeli SunSpec oraz wyznaczenie adresów rejestrów sterujących,
2. skuteczna realizacja funkcji zaprzestania generacji mocy czynnej przez PPM tj. spełnienie warunku $P_{after} < 1\% Pn_{PPM}$ i przywrócenia generacji do wartości początkowej,
3. skuteczna realizacja ograniczenia mocy czynnej przez PPM tj. spełnienie:
 $P_{after} \in <X\%Pn_{PPM} \pm TOL>$ dla wartości X wynoszących 80%, 50%, 10% oraz dla $X=0$, oraz realizacja dezaktywacji ograniczenia.

8 Wymagane zapisy w protokole badań

Protokół badań powinien zawierać co najmniej:

1. adres początkowy SunSpec oraz potwierdzenie znacznika „SunS”,
2. listę wykrytych modeli SunSpec (ModelID, Length, adres bazowy), w tym model 123 i model END 65535
3. adresy bazowe modeli i adresy rejestrów sterujących,
4. wartości zapisane i odczytane podczas przeprowadzonych testów,
5. przebiegi mocy czynnej - wartości: P_{before} , P_{after} , Pn_{PPM} ,
6. potwierdzenie spełnienia zaliczeń kryteriów z poszczególnych testów,
7. metodologia pomiaru mocy czynnej wraz z uwzględnieniem informacji o przyrządach pomiarowych (rodzaj urządzenia, typ, producent, dokładność pomiarowa, informacja o wzorcowaniu) oraz wartość uchybu pomiarowego TOL,
8. warunki rzeczywiste, w jakich przeprowadzane były testy,
9. logi komunikacyjne i ewentualne uwagi.

9 Uwagi końcowe

W przypadku wystąpienia ograniczeń wynikających z warunków pracy stanowiska testowego lub specyfiki badanego PPC, ograniczenia te powinny zostać jednoznacznie opisane w protokole badań wraz z oceną ich wpływu na wynik testu.