

# Testy zgodności funkcji zdalnego sterowania przekształtnika (TC – Test Case) z wykorzystaniem specyfikacji SunSpec dla modeli serii 100

## 1 Zakres dokumentu

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

Zakres badań obejmuje:

- identyfikację i enumerację modelu/modeli SunSpec,
- weryfikację poprawności implementacji modelu sterującego / 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 Cel testów

Celem testów jest:

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

## 3 Definicje

1	Przekształtnik	Przekształtnik, <i>ang.</i> <i>Inverter</i> (INV) – urządzenie energoelektroniczne posiadające zdolność przekształcania określonych parametrów energii elektrycznej.
2	Przekształtnik testowany	Przekształtnik objęty procesem badań i oceny, w zakresie działania funkcji sterowania zdalnego w warunkach odzwierciedlających warunki rzeczywiste, określanej na podstawie reakcji urządzenia /odpowiedzi na wydawane polecenia sterujące.
3	Moc znamionowa odniesienia	$P_{n\_INV}$ – znamionowa moc czynna przekształtnika 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. $Tu_{min} \geq 120 \text{ min}$
5	Kryterium zaprzestania generacji	Warunek spełniony, gdy: $P < 1\% P_{n\_INV}$

6	Oczekiwana moc czynna	Wartość mocy czynnej nastawionej $P_{set}$ , która odpowiada wartości mocy oczekiwanej na wyjściu przekształtnika po aktywacji ograniczenia. $P_{set} = (X/100) \cdot P_{n\_INV}$
7	Kryterium redukcji mocy czynnej	Warunek spełniony, gdy: $P_{after} \in < X\%P_{n\_INV} \pm TOL >$ X – zadana wartość ograniczenia mocy, TOL =: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,5% dla mocy <math>&gt; 75\%P_n</math>; (<math>X &gt; 75</math>)</li> <li>• 1% dla mocy <math>\in &lt; 50\%P_n, 75\%P_n &gt;</math>; (<math>X = 50 \div 75</math>)</li> <li>• 1,5% dla mocy <math>&lt; 50\%P_n</math>; (<math>X &lt; 50</math>)</li> </ul>
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 serii 100,
- 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 tożsame z warunkami rzeczywistymi.

#### 4.2 Wymagania komunikacyjne

Dostęp do komunikacji RS-485, poprawna konfiguracja parametrów komunikacyjnych, stabilna komunikacja z urządzeniem. W przypadku przekształtnika typu mikro-inwerter, gdy nie został on wyposażony w moduł komunikacyjny, wymaga się, aby badanie zostało przeprowadzone w układzie z dedykowaną przystawką rozszerzającą komunikację.

#### 4.3 Warunki pracy przekształtnika

Przed rozpoczęciem testów przekształtnik powinien pracować stabilnie, tj. utrzymywać stabilną generację mocy czynnej na poziomie 10%  $P_{n\_INV}$ , przez co najmniej 60 s.

#### 4.4 Minimalne wyposażenie stanowiska testowego:

1. Przekształtnik testowany,
2. Źródło DC lub emulator PV,
3. 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 ( $P < 1\% P_n$ ,  $P \approx X\% P_n$ ),
4. Oprogramowanie testowe komunikujące się z przekształtnikiem 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 przekształtniku (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 przekształtnikiem

5.1.3 Kroki testowe

1. Zweryfikować obecność znacznika ASCII „SunS” pod jednym ze standardowych adresów początkowych (0, 40000 lub 50000).
2. Zidentyfikować 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 zgodne z deklaracją PICS.

## 6 Scenariusze testowe - funkcje sterowania

### 6.1 TC-13-6-01 – Zaprzestanie generacji mocy czynnej przez przekształtnik (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. Przekształtnik pracuje stabilnie generując moc  $P = 10\% P_{n\_INV}$  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:  $P_{\text{after}} < 1\% P_{n\_INV}$ ,
3. zaprzestanie generacji mocy czynnej w czasie  $\leq 5$  sekund od wystania polecenia do przekształtnika.

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

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

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

##### 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  $10\% P_{\text{max/min}}$ .

##### 6.2.4 Kryterium zaliczenia:

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

#### 6.3 TC-14-2b-01 – Redukcja mocy czynnej do X% $P_{n\_INV}$

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: przekształtnik pracuje stabilnie, wartość  $P_{\text{before}}$  jest większa od zadanej wartości ograniczenia.

##### 6.3.3 Kroki testowe

1. Potwierdzić stabilną pracę przekształtnika przy ograniczeniu mocy do wartości  $X = 80\%, 50\%, 10\%$  po wprowadzeniu zadanej nastawy/wartości wraz z pomiarem mocy na wyjściu.
2. Dla każdej wartości sprawdzić i zanotować  $P_{\text{before}}$ .
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:  $P_{\text{after}}$ , czas reakcji, wyniki odczytu zwrotnego.

##### 6.3.4 Kryterium zaliczenia:

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

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

6.4.1 Cel: Weryfikacja zachowania przekształtnika 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. Wyznaczyć i zanotować  $P_{\text{before}}$ .
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:  $P_{\text{after}} < 1\% P_{n\_INV}$

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

- 6.5.1 Cel: Potwierdzenie poprawnego usunięcia ograniczenia mocy czynnej po dezaktywacji funkcji ograniczenia.
- 6.5.2 Warunki wstępne: aktywna funkcja ograniczenia mocy (wykonany TC-14-2b-01 lub TC-14-2b-02).
- 6.5.3 Kroki testowe
  1. Wykonać zapis:  $W_{\text{MaxLimPct\_Ena}} = 0$
  2. Wykonać odczyt zwrotny.
  3. Monitorować wzrost mocy czynnej do wartości sprzed testu,  $P_{\text{before}}$  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  $P_{\text{before}}$  w czasie, przewidzianym dla przypadku mocy czynnej zredukowanej do:
  1. 80 %,  $\leq 2$  minut,
  2. 50 %,  $\leq 5$  minut,
  3. 10 %,  $\leq 9$  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, tj. spełnienie warunku  $P_{\text{after}} < 1\% P_{n\_INV}$ , i przywrócenia generacji do wartości początkowej,
3. skuteczna realizacja ograniczenia mocy czynnej, tj. spełnienie:  $P_{\text{after}} \in <X\%P_{n\_INV} \pm \text{TOL}>$  dla wartości X wynoszących 80%, 50%, 10% oraz dla  $X=0$ , oraz realizacja dezaktywacji ograniczenia.

## 8 Wymagane zapisy w sprawozdaniu z 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:  $P_{\text{before}}$ ,  $P_{\text{after}}$ ,  $P_{n\_INV}$ ,
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 przekształtnika, ograniczenia te powinny być zidentyfikowane i zostać jednoznacznie opisane w sprawozdaniu z badań wraz z oceną ich wpływu na wynik testu oraz pracę urządzenia.