

**Politechnika
Warszawska**

Symulacja warunków awaryjnych i
odpowiedzi układu sterowania dla silnika
turbośmigłowego w trakcie przelotu

Jan Tamborski

Promotor: dr inż. Sebastian Topczewski



Plan prezentacji

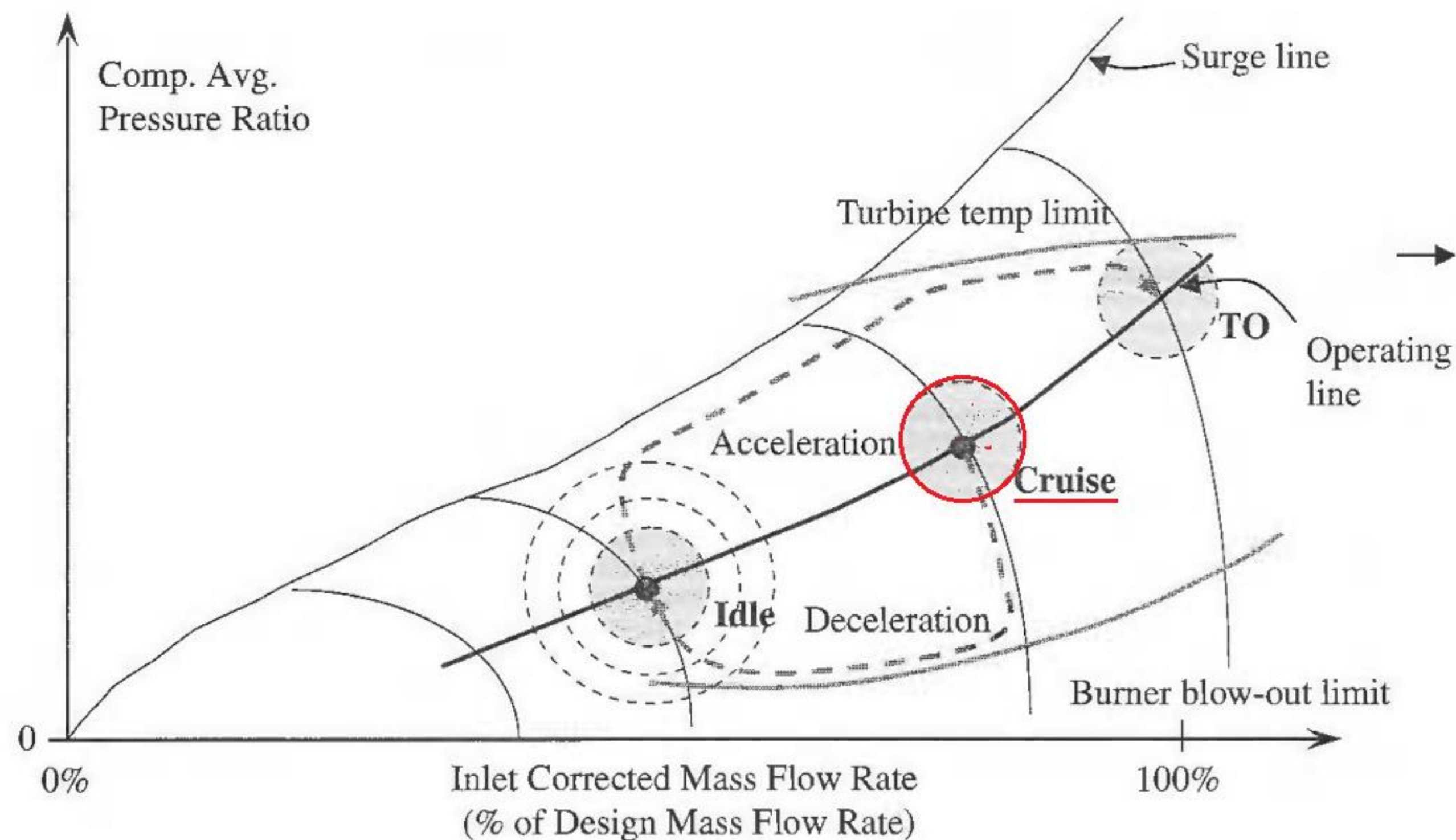
1. Definicja tematu pracy
2. Analiza rzeczywistego modelu silnika
3. Model symulacyjny
4. Generator stanów awaryjnych (ECG)
5. Aktualizator stanów silnika (ESU)
6. Jednostka sterująca silnikiem (ECU)
7. Wymagania całego układu
8. Testowanie
9. Przykładowe wyniki
10. Podsumowanie i dalsze możliwości rozwoju



Definicja tematu pracy

3

Symulacja warunków awaryjnych i odpowiedzi układu sterowania dla silnika turbośmigłowego w trakcie przelotu

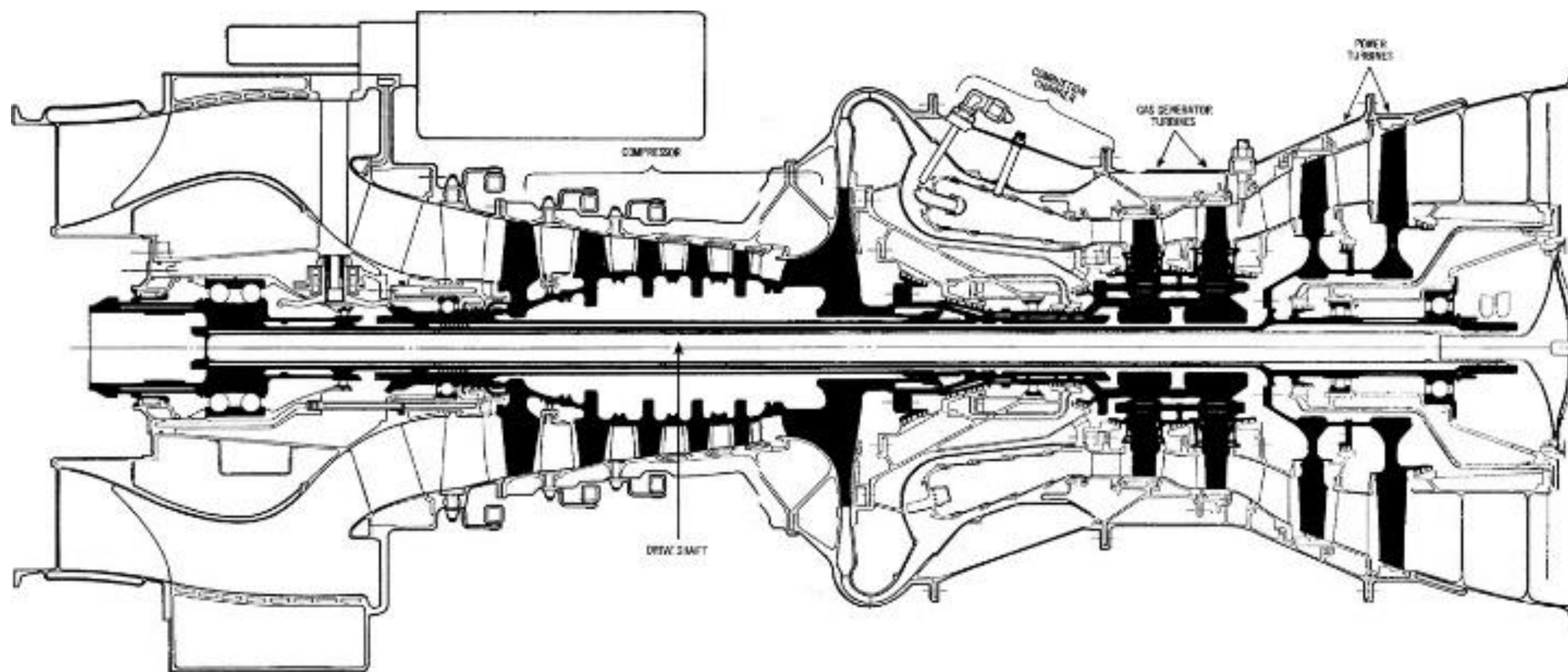


Analiza rzeczywistego modelu silnika

4

Model silnika turbośmigłowego: GE CT-7

Zastosowanie: śmigłowce (Black Hawk), samoloty (Saab 340).



Model symulacyjny

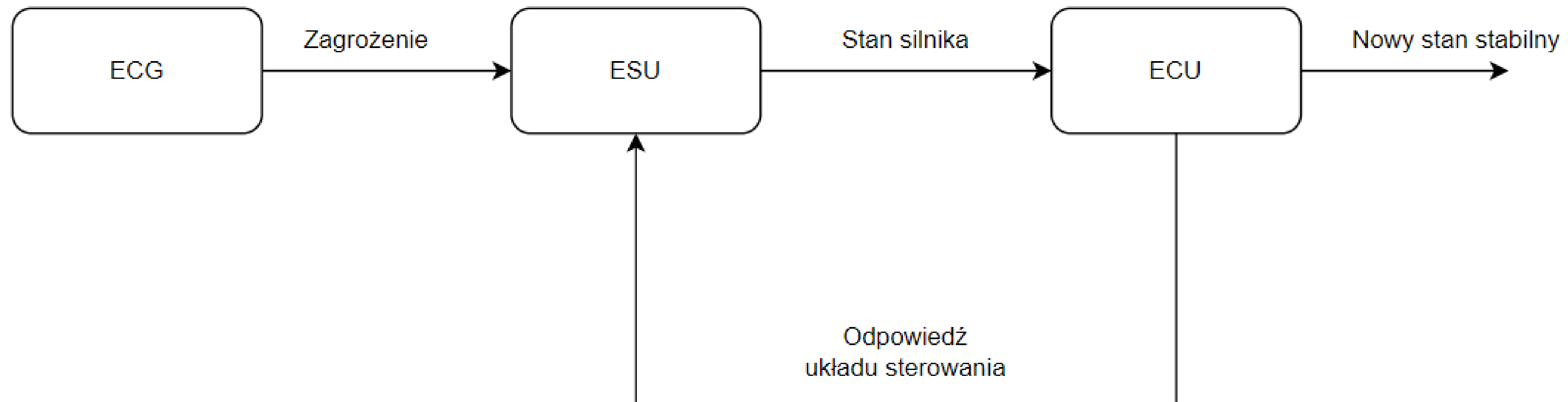
5

Model symulacyjny został podzielony na 3 podsystemy:

*+generator stanów awaryjnych (**ECG**)*

*+aktualizator stanu silnika (**ESU**)*

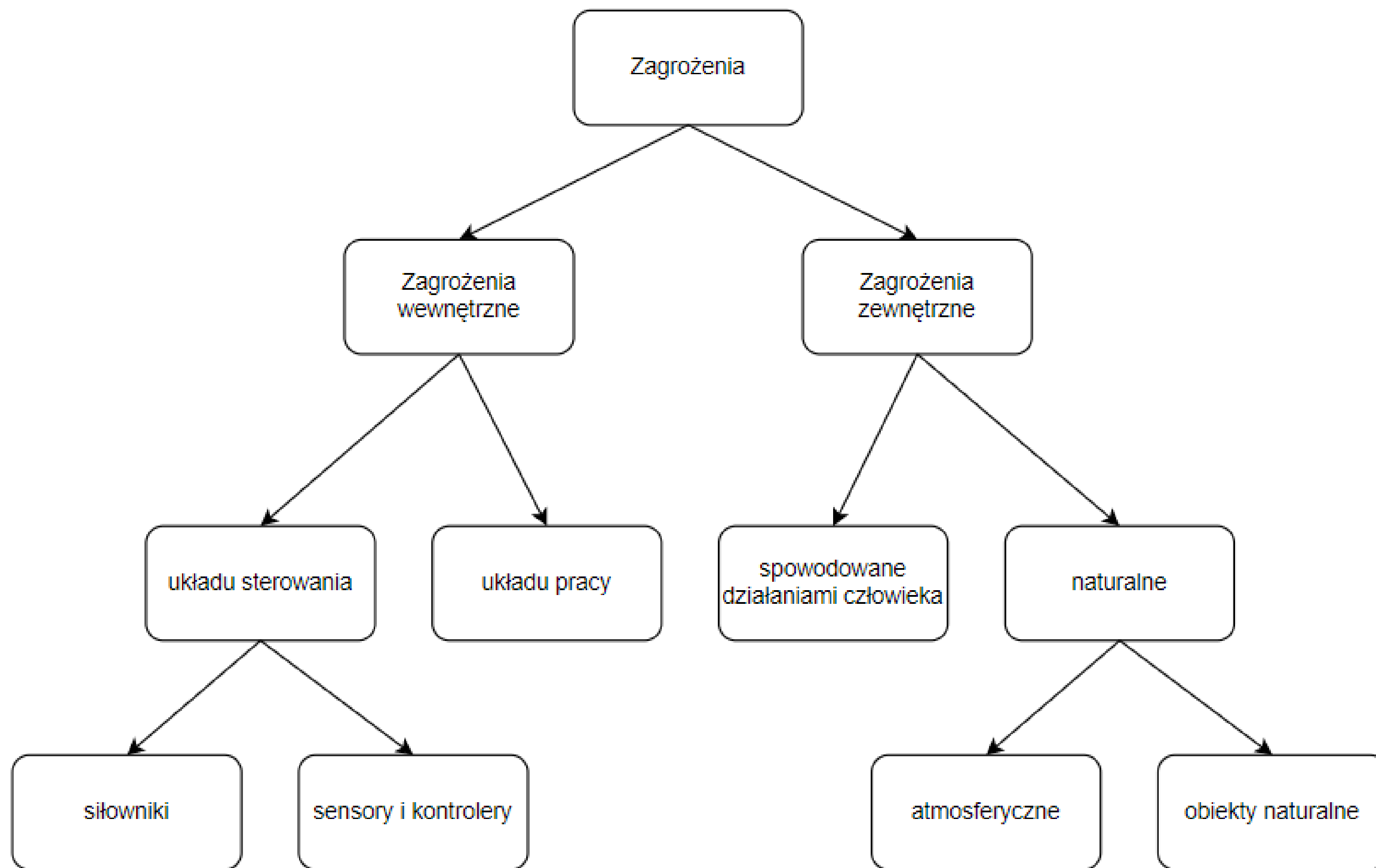
*+jednostka sterująca silnikiem (**ECU**)*



Rysunek 3: schemat blokowy całego systemu

Generator stanów awaryjnych (ECG)

6

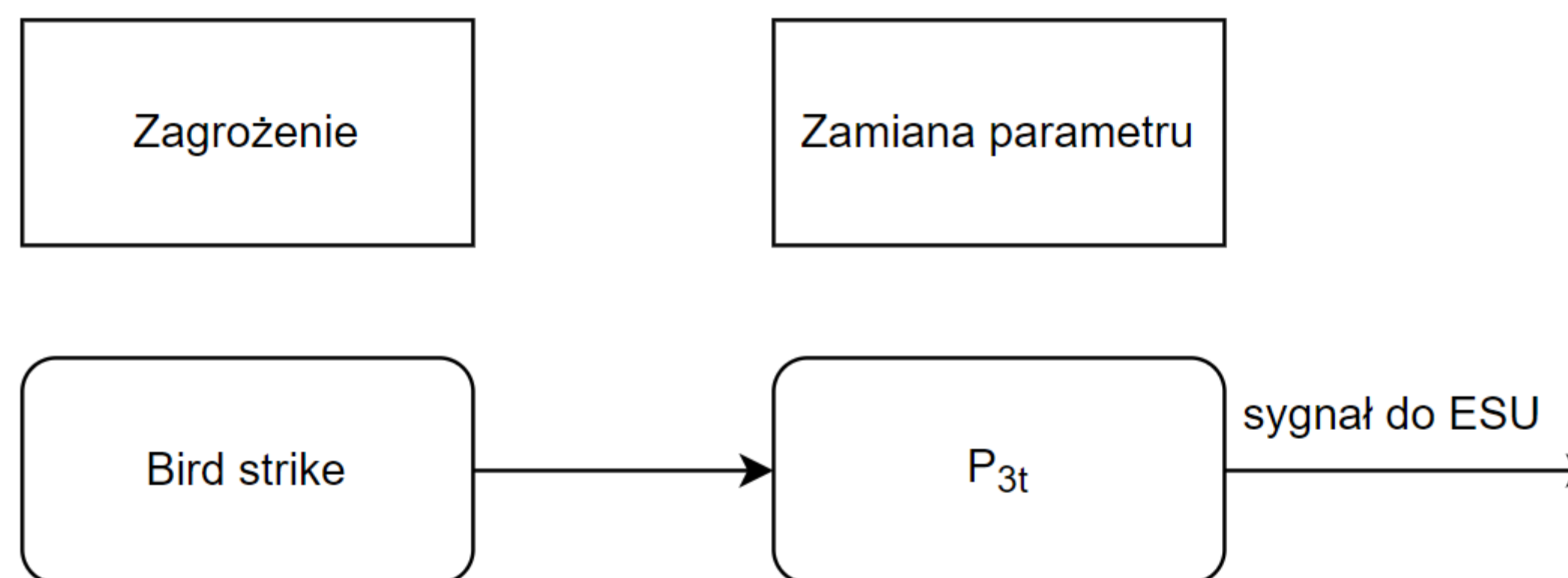


Rysunek 4: Podział zagrożeń

Generator stanów awaryjnych (ECG)

7

Przykład: W trakcie lotu na wysokości 20 000 ft doszło do „bird strike”. Ptak wessany do silnika trafił do kompresora niszcząc jego łopatki i kierownice, co zmieniło rozkład ciśnienia za sprężarką (P_{3t}). Z powodu zmiany P_{3t} zmieniają się inne podstawowe parametry silnika zgodnie z logiką ESU.

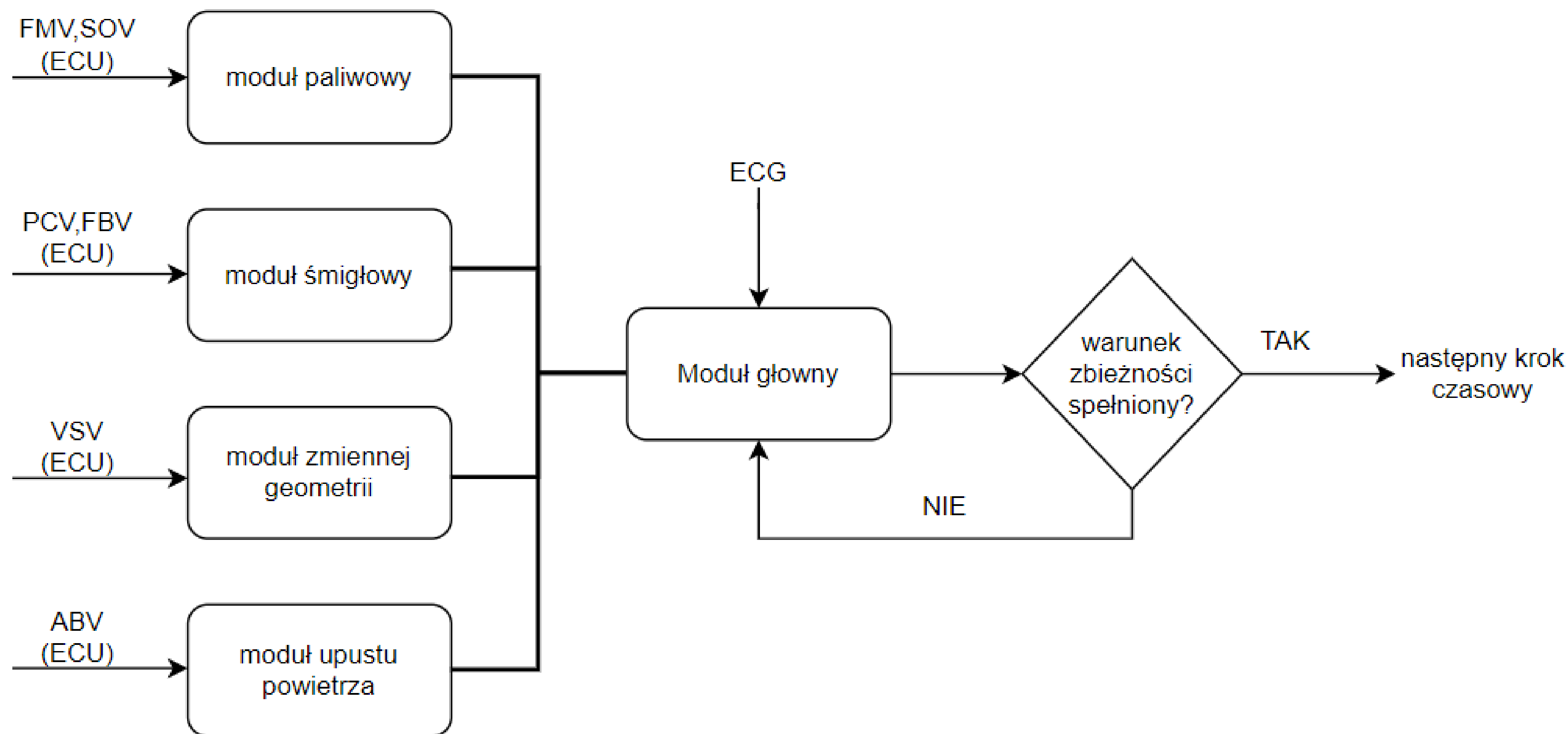


Rysunek 5: Przykład zagrożenia

Aktualizator stanów silnika (ESU)

8

*ESU został podzielony na 5 modułów: **Moduł główny**, **Moduł paliwowy**, **Moduł śmigłowy**, **Moduł zmiennej geometrii**, **Moduł upustu powietrza**,*



Jednostka sterująca silnikiem (ECU)

9

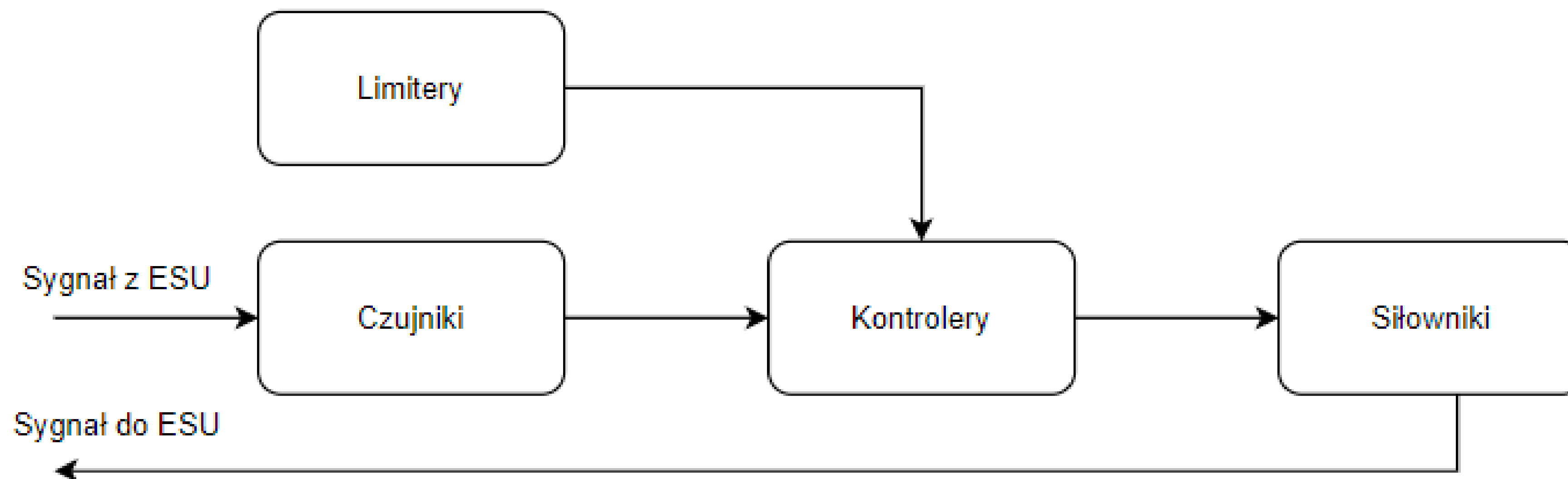
ECU składa się z 4 podstawowych modułów:

Czujniki- odpowiadają za odczytywanie kluczowych parametrów;

Limitery- posiadają w pamięci wartości limitujące własności silnika;

Kontrolery- porównują wartości z czujników i limiterów;

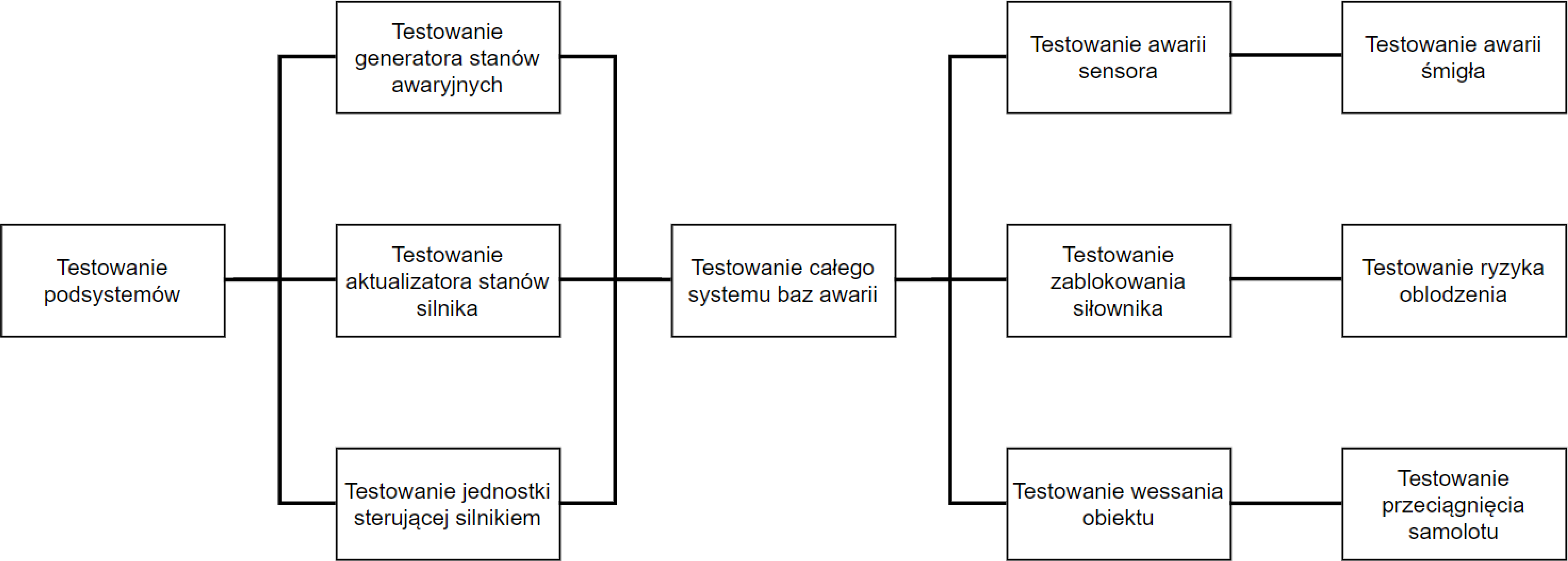
Siłowniki- wykonują reakcje układu i przekazują sygnał do ESU.



Rysunek 7: Schemat blokowy jednostki sterowania silnikiem

Wymagania całego układu
Bez zagrożeń: Układ jest stabilny.
Awaria sensora: Układ jest stabilny, parametry mają większą rozbieżność.
Awaria siłownika: Zwiększenie kąta nastawienia VG.
Awaria śmigła: Zchorągiewkowanie śmigła i odcięcie dopływu paliwa.
Przeciągnięcie samolotu: Zwiększenie ilości dostarczanego paliwa.
Spadek temperatury: Zmniejszenie kąta nastawienia VG.
Wessanie obiektu: Zwiększenie ilości dostarczanego paliwa.

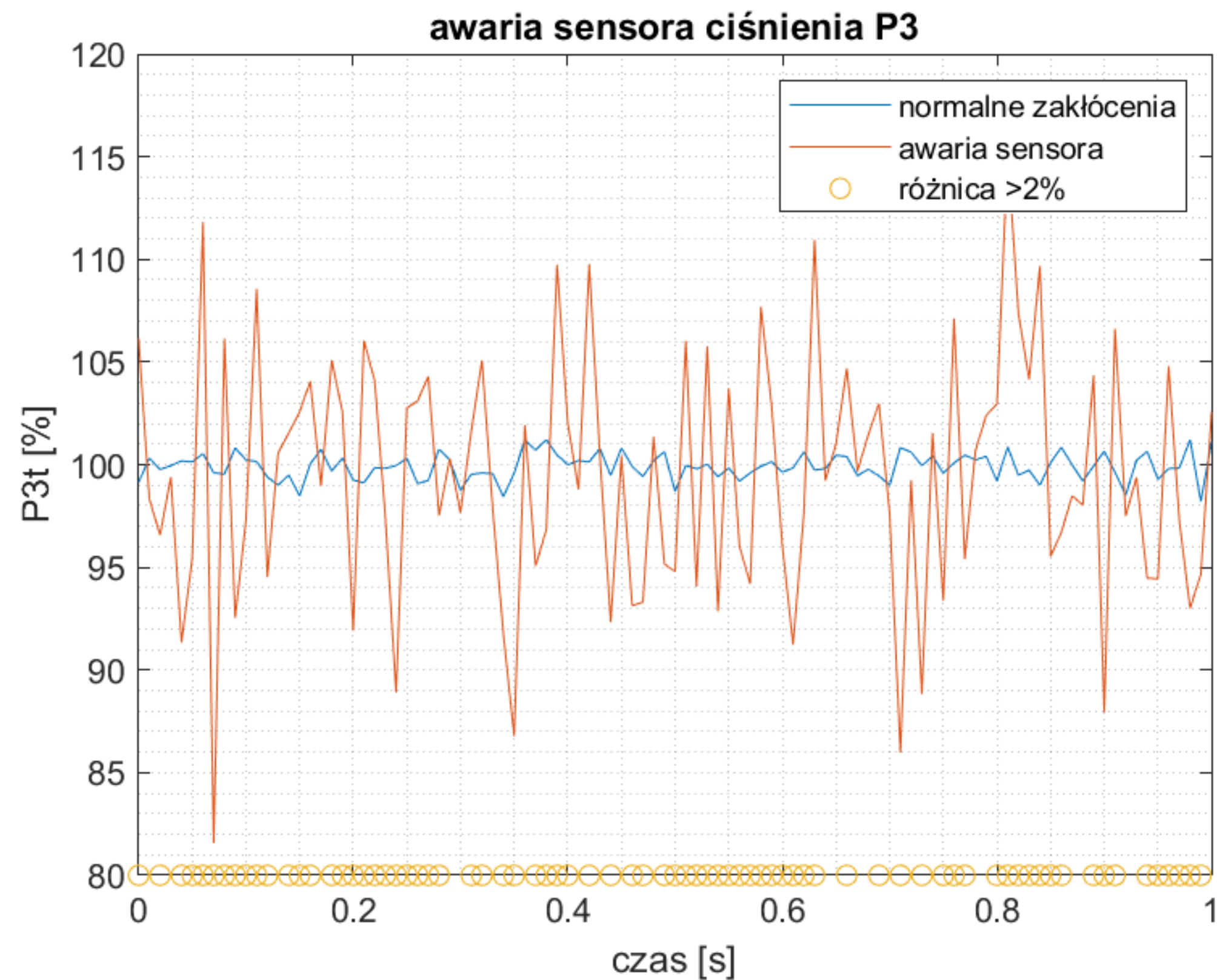
Rysunek 9: Wymagania całego układu



Rysunek 10: Podział testowania

Przykładowy testy ECG

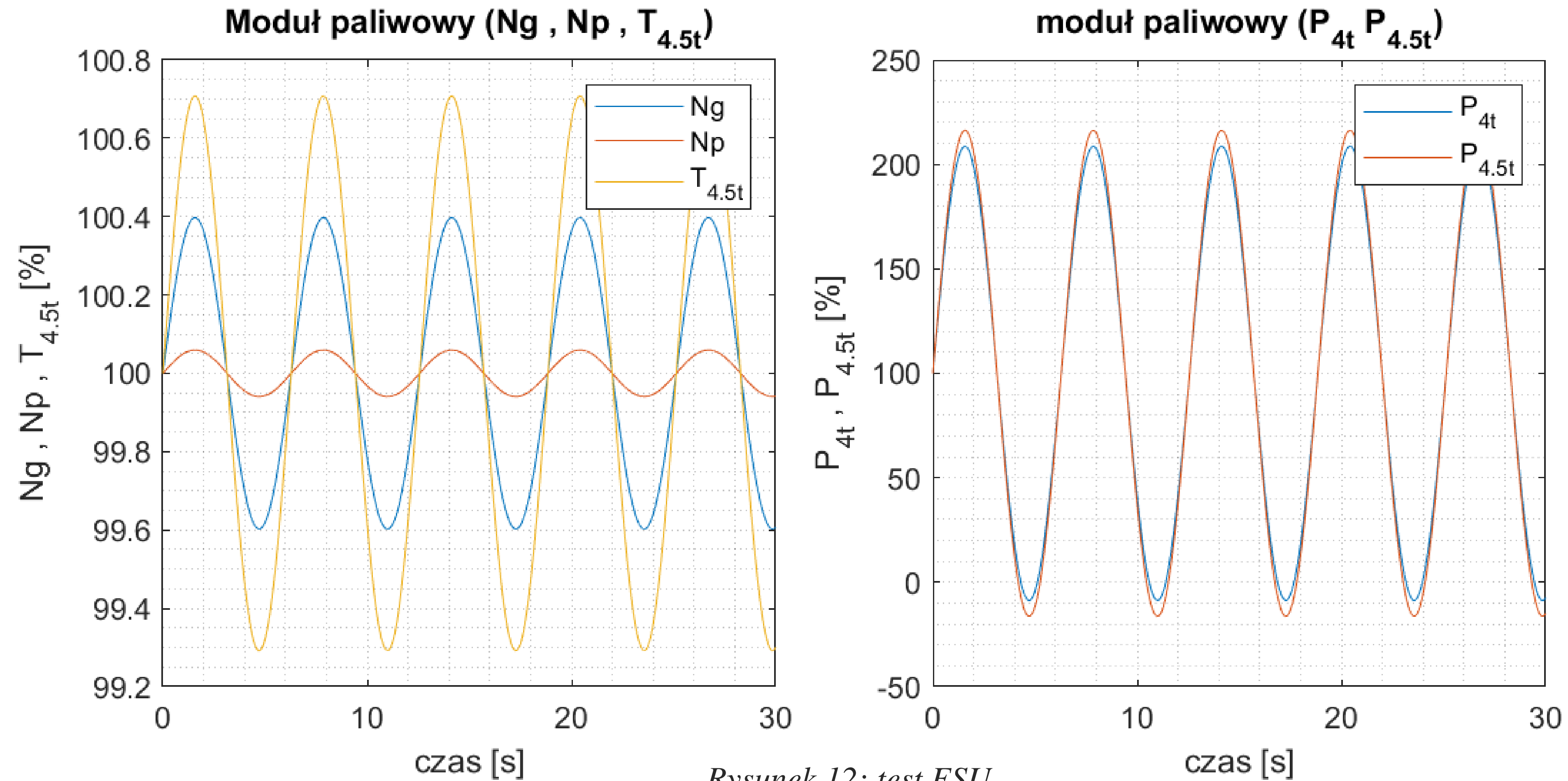
12



Rysunek 11: testy ECG

Przykładowy test ESU

13

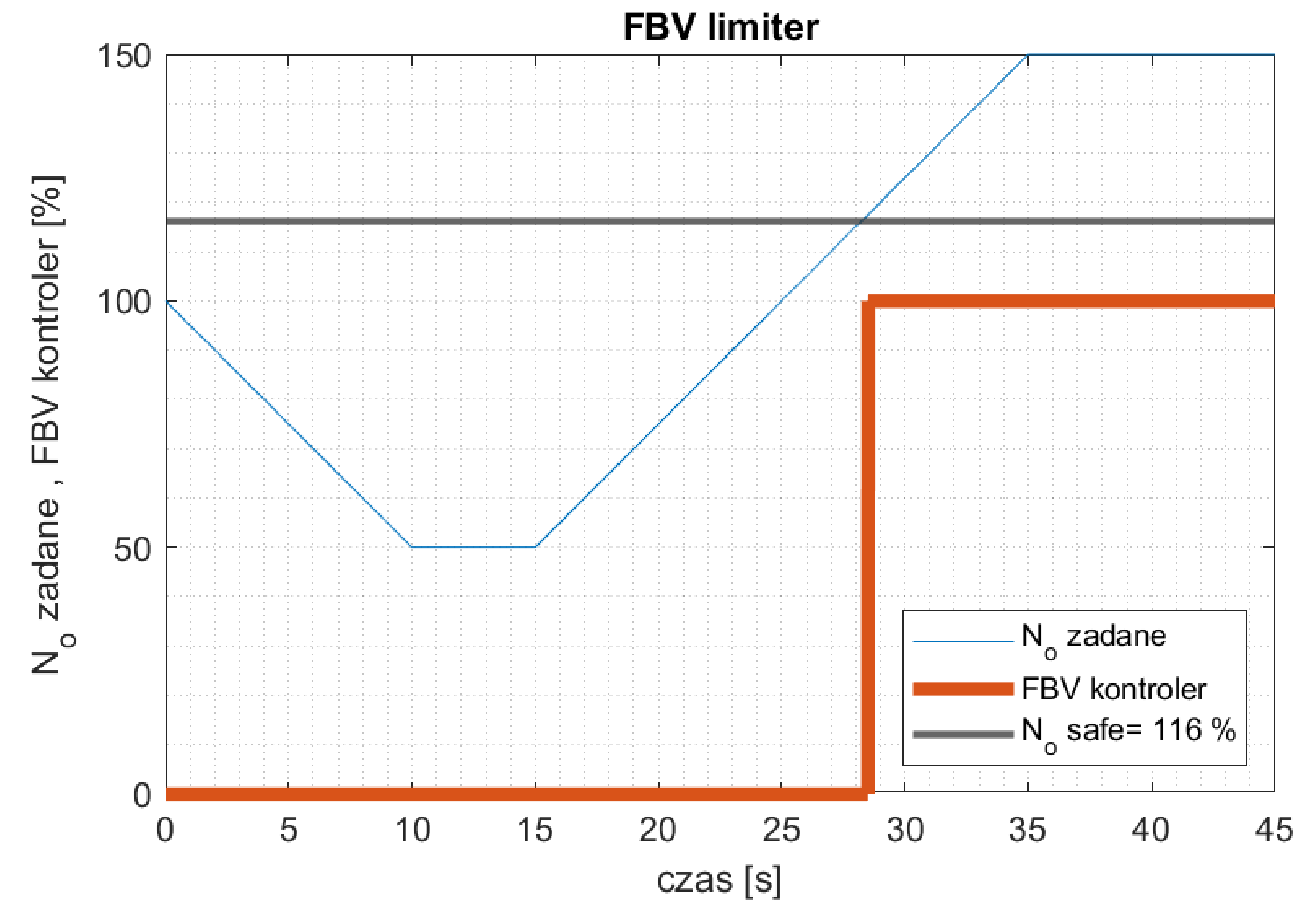
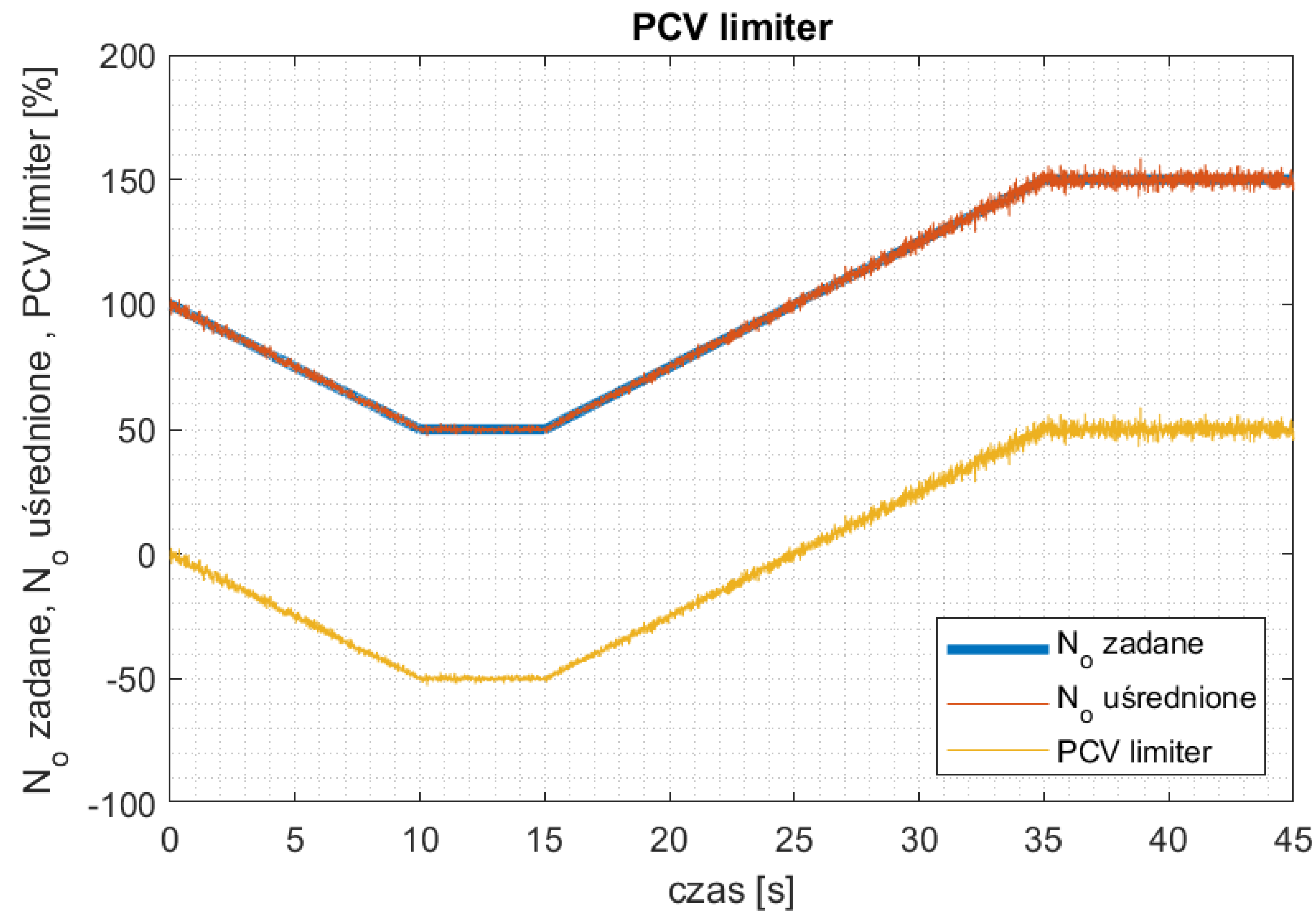


Rysunek 12: test ESU

Przykładowy test ECU

14

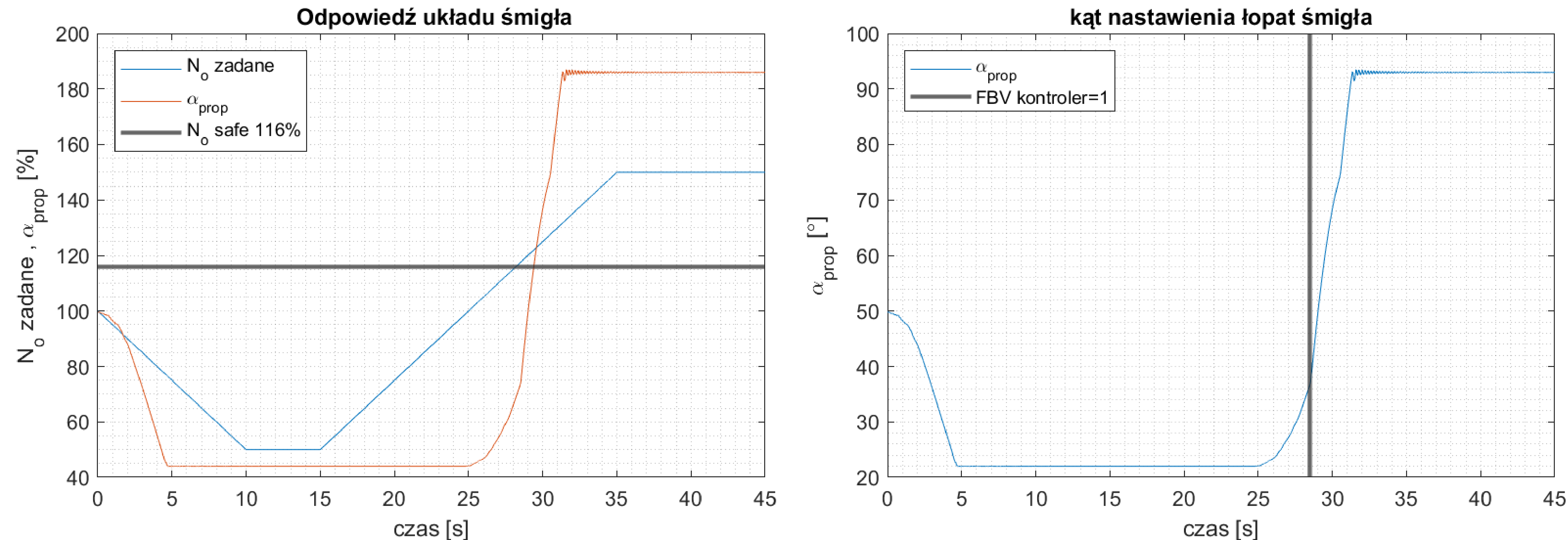
test 3.3



Rysunek 13: test ECU

Przykładowy test ECU

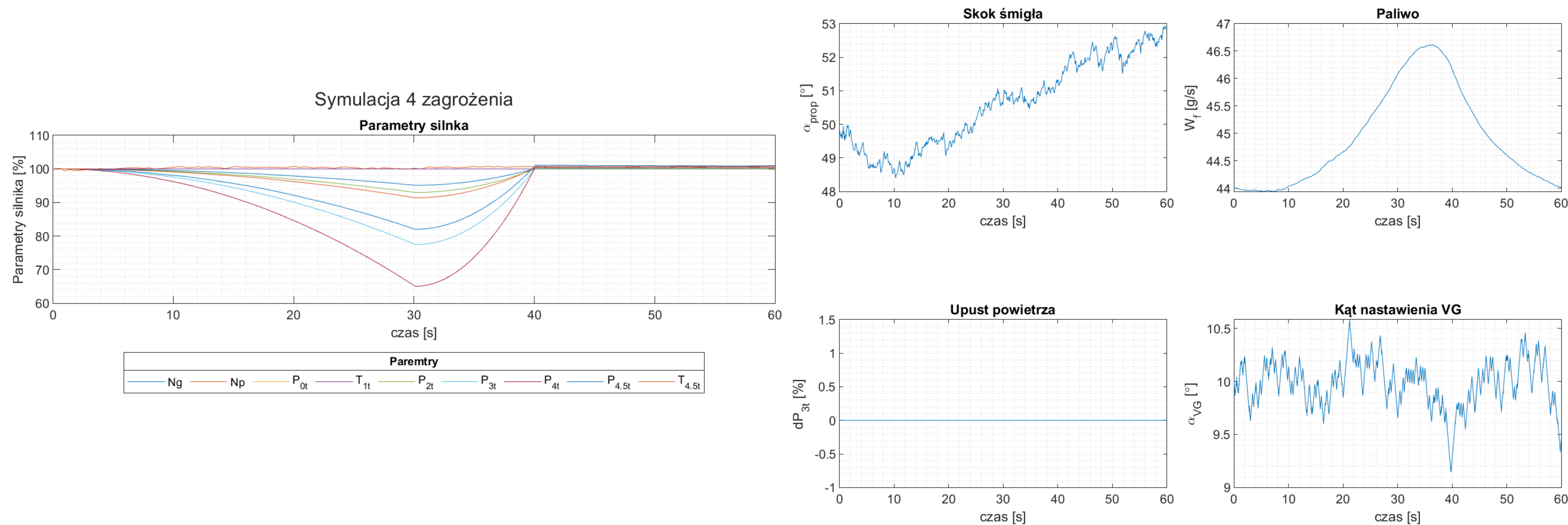
15



Rysunek 13: test ECU

Testowanie przeciągnięcia samolotu

16



Rysunek 14: test przeciągnięcia samolotu

Wykonanie pracy zostało podzielone na 3 etapy: przygotowanie, projektowanie i testowanie.

Przygotowanie- przegląd literatury, analiza układów sterowania, zdefiniowanie wymagań;

Projektowanie- przygotowanie struktury całego systemu, podział na moduły, przygotowanie interfejsu pomiędzy modułami, implementacja funkcjonalności poszczególnych modułów;

Testowanie- weryfikacja poprawności implementacji symulacji pod względem wymagań systemu;

Dalsze plany- poszerzenie symulacji na wszystkie obszary pracy silnika od uruchomienia do wyłączenia.

Dziękuję za uwagę