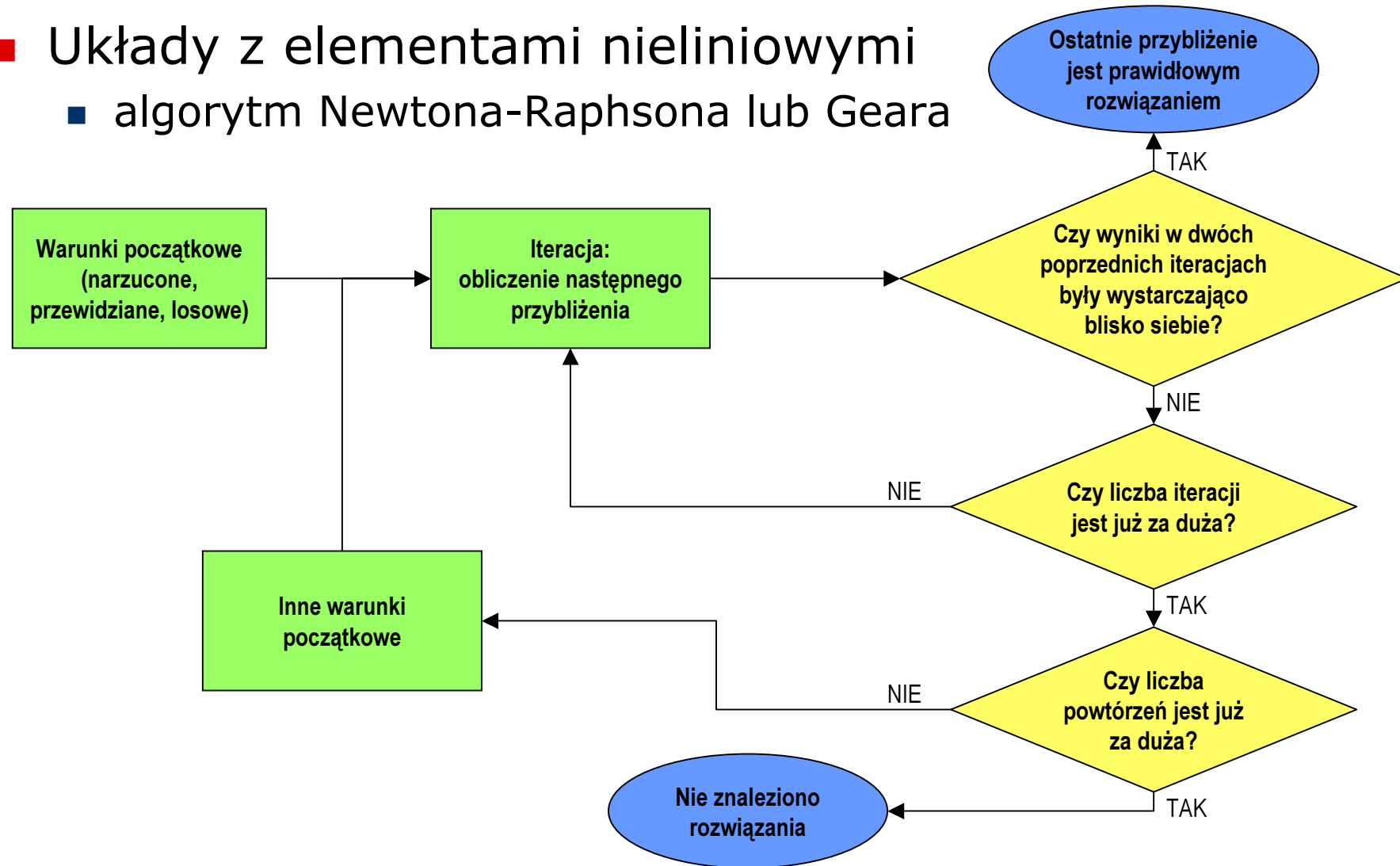


Algorytmy numeryczne

- Układy z elementami nieliniowymi
 - algorytm Newtona-Raphsona lub Geara



Warunek zbieżności obliczeń

- Wyniki są uzyskiwane w procesie iteracyjnym – stopniowego dochodzenia do rozwiązania, które ostatecznie zostaje uznane za wystarczająco bliskie rzeczywistości
- Warunek zbieżności – uznania rozwiązania za wystarczająco dokładne („Czy wyniki w dwóch poprzednich iteracjach były wystarczająco blisko siebie?”)
 - spełnione oba poniższe warunki
 - prądy gałęzi nieliniowych zmieniają się (z iteracji na iterację) o mniej niż 0,1% lub 10^{-12} A (pod uwagę brana jest większa z tych dwóch granic)
 - potencjały węzłów zmieniają się (z iteracji na iterację) o mniej niż 0,1% lub 10^{-6} V (pod uwagę brana jest większa z tych dwóch granic)

Rozwiązywanie problemów ze zbieżnością

- Analiza stałoprądowa (w tym punktu pracy)
 - z reguły błąd w opisie obwodu (topologia – np. brak połączeń, błędne połączenia; wartości elementów; nierzeczywisty schemat obwodu, np. brak rezystancji pasożytniczych)
 - wymusić wstępne (dla zerowej iteracji) wartości potencjałów instrukcją NODESET – trzeba mieć pojęcie, jak układ powinien działać; działa szczególnie w układach ze sprzężeniami zwrotnymi
 - zwiększyć maksymalną liczbę iteracji (domyślnie 100) – parametr ITL1
 - ... służy do tego instrukcja .OPTIONS
 - **.OPTIONS ITL1=500**
 - opisać źródła stałoprądowe jako narastające w pewnym czasie do wartości ustalonej, wykonać analizę czasową; uzyskany wynik wykorzystać w instrukcji NODESET

Rozwiązywanie problemów ze zbieżnością

■ Analiza czasowa

- najczęstszy błąd symulacji:
Internal time step too small in transient analysis.
Zbyt mały wewnętrzny krok czasowy w analizie czasowej.
 - krok czasowy symulacji (między kolejnymi chwilami, dla których obliczane są punkty na osi czasu) jest zmienny
 - w przypadku nieuzyskania zbieżności, krok jest dzielony przez 8, aż do osiągnięcia pewnej granicy (nie może być zmieniona przez użytkownika)
- wymusić warunki początkowe (dla chwili $t = 0$) – instrukcja IC lub deklaracja UIC w instrukcji TRAN
 - często najlepiej wymusić zerowe warunki początkowe
- zwiększyć maksymalną liczbę iteracji ITL4 (na punkt czasowy, domyślnie 10) i/lub ITL5 (całkowitą, domyślnie 5000)
- zmienić algorytm całkowania z trapezów na Geara – opcja `METHOD=TRAPEZOIDAL` → `METHOD = GEAR`

Rozwiązywanie problemów ze zbieżnością

- Dla obu typów analiz
 - zwiększyć margines zbieżności przez modyfikację odpowiednich parametrów
 - RELTOL – tolerancja względna
 - ABSTOL – tolerancja prądów gałęzi nieliniowych
 - VNTOL – tolerancja potencjałów węzłów

Nazwa parametru	Wartość domyślna	Aby przyspieszyć zbieżność	Aby wymusić zbieżność
RELTOL	0,001	0,01	0,1
ABSTOL	1 pA	1 nA	1 mA
VNTOL	1 μ V	1 mV	10 mV