

Kurzanleitung zum Erstellen von PLECS-Simulationsskripten

Jonathan Koeppen

16. Juli 2024

Inhaltsverzeichnis

1.1	Werkzeugübersicht	2
1.2	Stationäre Analyse	2
1.3	Kleinsignalanalyse	3
1.3.1	Verwendung im Regelentwurf	4
1.4	Übersicht über die verschiedenen Arten der Kleinsignalanalyse:	5

PLECS Analysis Tool

Die PLECS Analyse-Tools können zur Durchführung von stationären und Kleinsignalanalysen verwendet werden. Mit dem Tool zur stationären Analyse kann der stationäre Arbeitspunkt des Systems gefunden werden, und die Kleinsignalanalyse-Tools können offene und geschlossene Übertragungsfunktionen ermitteln. Es stehen drei Arten von Kleinsignalanalysen zur Verfügung: AC Sweep, Impulsantwortanalyse und Multitonenanalyse.

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Anwendung dieser Tools in der Systemsimulation. Als fortführendes Dokument wird das Dokument `analysis_tool.pdf` empfohlen, welches im Ordner dieses Dokuments abgelegt ist oder unter diesem Link zu finden ist.

1.1 Werkzeugübersicht

PLECS Standalone bietet spezielle stationäre und Kleinsignalanalyse-Tools, die über das Menü Simulation → Analyse-Tools... zugänglich sind.

1.2 Stationäre Analyse

Die meisten dynamischen Systeme durchlaufen einen anfänglichen dynamischen Transientenprozess und erreichen schließlich einen stationären Zustand. Der stationäre Zustand eines Systems wird erreicht, wenn alle Zustandsvariablen entweder nicht mehr ändern (DC-Arbeitspunkt) oder sich periodisch ändern (periodischer Arbeitspunkt).

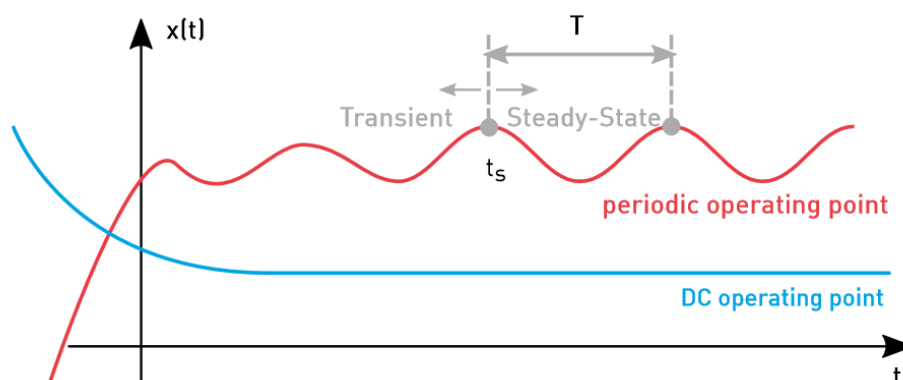


Abbildung 1: Periodische und DC-Arbeitspunkte

Wichtige Anforderungen:

- Die Systemperiode T ist das kleinste gemeinsame Vielfache der Perioden aller Wechselstromquellen im System. Wenn 'auto' ausgewählt ist, versucht PLECS, diese Zahl zu berechnen. Bei speziellen Blöcken, deren Implementierung PLECS unbekannt ist, muss die Systemperiode vom Benutzer berechnet werden.
- Die Systemperiode T muss vor der Analyse bekannt sein und im Parameterfeld 'Systemperiode' angegeben werden.
- Es dürfen während der Analyse keine Transienten im System auftreten, außer bei periodischen Quellen.

Wichtige Parameter:

- Arbeitspunkt: Definiert, ob das System periodisch oder nicht periodisch (DC) ist.
- Systemperiode: Das kleinste gemeinsame Vielfache der Perioden aller Wechselstromquellen im System.
- Simulationsstartzeit: Die Startzeit für die Transientsimulationen.
- Anzahl der finalen Zyklen / Zeitspanne: Anzahl der stationären Zyklen, die am Ende der Analyse angezeigt werden.
- Anzahl der Initialisierungszyklen: Anzahl der zyklusweisen Simulationen vor Beginn der Newton-Iterationen.
- Abbruchtoleranz: Relative Fehlergrenze für die Konvergenz.
- Maximale Anzahl von Iterationen: Maximale erlaubte Iterationen.
- Relative Perturbation für Jacobian: Relative Perturbation zur Berechnung der Jacobian-Matrix.
- Jacobian-Berechnung: Methode zur Berechnung der Jacobian-Matrix-Einträge (vollständig oder schnell).
- Maximale Anzahl von Threads: Maximale erlaubte parallele Threads.

1.3 Kleinsignalanalyse

Die Kleinsignalanalyse-Tools helfen bei der Reglerauslegung, indem sie die Übertragungsfunktion des Systems berechnen und die Stabilität des geschlossenen Regelkreises vorhersagen.

Die verfügbaren Kleinsignalanalysen sind:

- AC Sweep: Verwendet sinusförmige Perturbationen, um die Systemantwort bei verschiedenen Frequenzen zu analysieren.
- Impulsantwortanalyse: Verwendet einen einzelnen Impuls, um das System zu perturbieren und berechnet die Übertragungsfunktion aus der Laplace-Transformation der transienten Antwort.

- Multitonanalyse: Verwendet ein Multiton-Signal, das aus mehreren Sinussignalen besteht, um die Systemantwort zu analysieren.

Wichtige Parameter für Kleinsignalanalysen:

- Arbeitspunkt: Definiert, ob das System periodisch oder nicht periodisch (DC) ist.
- Systemperiode: Das kleinste gemeinsame Vielfache der Perioden aller Quellen.
- Frequenzbereich: Bereich der Perturbationsfrequenzen.
- Amplitude: Amplitude des Perturbationssignals.
- Perturbation: Der während der Analyse aktive Small Signal Perturbation Block.
- Antwort: Der Small Signal Response Block, der die Systemantwort aufzeichnet.
- Simulationsstartzeit: Startzeit für die Transientsimulationen.
- Frequenzskala: Lineare oder logarithmische Verteilung der Sweep-Frequenzen.
- Anzahl der Punkte: Anzahl der automatisch verteilten Frequenzen.
- Zusätzliche Frequenzen: Zusätzliche zu sweepende Frequenzen.
- Maximale Anzahl von Threads: Maximale erlaubte parallele Threads.

1.3.1 Verwendung im Regelentwurf

Übertragungsfunktion der Regelgröße zum Ausgang: Der erste Schritt im Entwurfsprozess besteht darin, die Übertragungsfunktion des Systems zu finden. Diese beschreibt, wie stark und wie schnell sich der Ausgang als Reaktion auf Änderungen des Eingangs ändert.

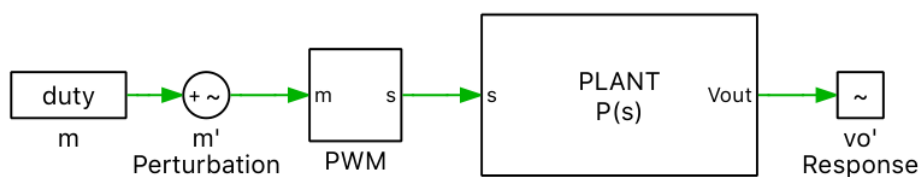


Abbildung 2: System mit offenem Regelkreis (open loop)

Die Übertragungsfunktion des Systems in Abbildung 2 ist:

$$P(s) = \frac{V_o(s)}{m(s)}$$

Komponenten der Kleinsignalanalyse aus der PLECS Control Bibliothek werden verwendet, um diese Übertragungsfunktion zu erhalten. Der SSmall Signal PerturbationBlock erzeugt (oder injiziert) das geeignete Störsignal und der SSmall Signal ResponseBlock misst die Systemantwort für die Kleinsignalanalyse.

Offene Schleifenverstärkung / open loop gain : Nach dem Entwurf des Reglers basierend auf der Übertragungsfunktion kann die Stabilität des geschlossenen Regelkreises durch Berechnung der offenen Schleifenverstärkung vorhergesagt werden. Der „Small Signal Gain“ (oder Loop Gain Meter) Block, wie in Abb. 3 gezeigt, misst die offene Schleifenverstärkung eines geschlossenen Regelkreises. Dieser Block verwendet zunächst den „Small Signal Perturbation“ Block, um eine Störung in eine Rückkopplungsschleife einzuspeisen, und dann den „Small Signal Response“ Block, um die Systemantwort zu messen. Dies ermöglicht es der „Loop Gain Meter“ Komponente, die Rückkopplungsschleife zu unterbrechen, während die Werte des Rückkopplungsausgangs weiterhin aktualisiert werden, um die Schleifenverstärkung zu berechnen. Die gemessene offene Schleifenverstärkung des geschlossenen Regelkreissystems ist $C(s) * P(s)$.

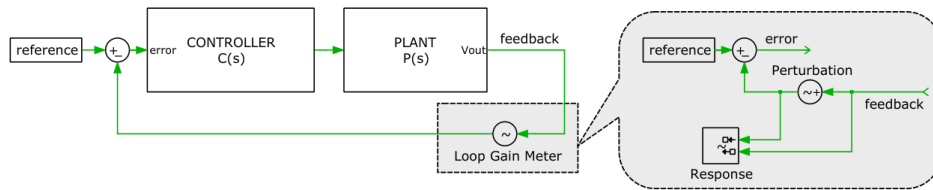


Abbildung 3: System mit geschlossenem Regelkreis (closed loop)

1.4 Übersicht über die verschiedenen Arten der Kleinsignalanalyse:

Tool	# Simulationen pro Analyse	Loop Gain Berechnung	Stationäre Analyse	Typ des stationären Zustands
Multiton	2	Ja	Transient	Periodisch & DC
AC Sweep	n	Ja	Iterativ	Periodisch & DC
Impulsantwort	1	Nein	Iterativ	Periodisch

Tabelle 1: Übersicht der Analyse-Tools

Hauptschlussfolgerungen:

- # Simulationen pro Analyse: Eine Frequenzantwort besteht aus n einzelnen Frequenzen. Je nach Art der Perturbation (sinusförmig, Dirac-Impuls usw.) werden unterschiedliche Anzahlen von Simulationen benötigt.
- Loop Gain Berechnung: Die Impulsantwortanalyse unterstützt keine Loop Gain Berechnung.
- Stationäre Analyse: Nur die Multitonanalyse verwendet eine "brute force" Transientanalyse, um stationäre Bedingungen zu erreichen.