



## Doctoral Thesis

# Limit cycles of a second order linear sampled-data control system containing a saturation type nonlinear element

**Author(s):**

Hamdy, Seif Elnasr Ahmed

**Publication Date:**

1968

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088566> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Dissertation No. 4160

**LIMIT CYCLES OF A SECOND ORDER  
LINEAR SAMPLED-DATA CONTROL  
SYSTEM CONTAINING A SATURATION  
TYPE NONLINEAR ELEMENT**

DISSERTATION

submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

**SEIF EL-NASR AHMED HAMDY**

B. Sc., Electrical Engineering Ain-Shams University  
born October 1, 1934  
citizen of U. A. R.

Accepted on the recommendation of  
Prof. Ed. Gerecke  
P. D. Dr. H. R. Schwarz

Print-office  
C. Goldiger Zurich  
1968

## Zusammenfassung

- Teil I Das in der Regelstrecke liegende nichtlineare Element ist eine Sättigungs-Funktion, ( $y = \text{sat}(x/h)$  mit  $h = 1$ ).
1. Kapitel Mittels numerischer Methoden werden die transienten Vorgänge des nichtlinearen abgetasteten Regelkreises bestimmt. Es wird das Auftreten selbsterregter Schwingungen festge - stellt.
  2. Kapitel In der ( $K_1, T_s$ ) - Ebene werden die stationären Zustände des mit einer Schrittfunktion am Eingang angeregten Systems mit zu Null gesetzten Anfangsbedingungen theoretisch untersucht. Insbesondere werden die verschiedenen Grenzen der Schwin - gungs-Modi bestimmt. Auf dem Analogrechner PACE wird das System simuliert und die Resultate mit den theoretischen Untersuchungen verglichen und als gut übereinstimmend be - funden. Den vorgängigen theoretischen Berechnungen nicht entnehmbare Phänomene werden auf dem PACE festgestellt.
  3. Kapitel Wie Kapitel 2, jedoch ohne Eingangsgrösse und mit vorgege - benen Anfangsbedingungen.
  4. Kapitel Theoretische Untersuchungen der stationären Zustände für den Fall, dass die Nichtlinearität zwischen zwei linearen Gliedern liegt.
- Teil II Das in der Regelstrecke liegende nichtlineare Element ist eine Sättigungs-Funktion, ( $y = \text{sat}(x/h)$  mit  $h \neq 0$ ).
5. Kapitel In der ( $C, \dot{C}$ )-Phasenebene wird wie in Kapitel 3, jedoch mit verschiedenen Anfangszuständen, das stationäre Verhalten des Systems theoretisch für die Modi 2 und 4 bestimmt. Auf dem Analogrechner PACE wird sodann für die Tastperioden  $T_s = 0, 5$  und 1 Sekunde die Verteilung der möglichen Modi in der Phasenebene untersucht.
- Teil III Das in der Regelstrecke liegende nichtlineare Element ist eine schiefe Hysterese-Funktion, ( $y = \text{hys}(x_k, x_{k-1})$ ).
6. Kapitel Es wird das Verfahren der Discrete-Sequence-Method zur Identifizierung der möglichen Grenzyklen beschrieben. Die Methode stellt explizit eine Beziehung dar zwischen selbster - regter Schwingung und "relevant system parameters". Es gibt

keine Einschränkung in Bezug auf die Ordnung des linearen Gliedes.

7. Kapitel Theoretische Untersuchungen der stationären Zustände für den Fall, dass die Nichtlinearität zwischen zwei linearen Gliedern liegt, wobei die numerische Methode unter Verwendung eines zwischen dem ersten linearen Glied und der Nichtlinearität liegenden ideellen Tasters, zur Anwendung gelangt.
8. Kapitel In der  $(K_1, T_S)$ -Ebene werden die stationären Zustände des nichtangeregten Systems mit vorgegebenen Anfangsbedingungen theoretisch untersucht. Geradzahlige (bis und mit 14) Modi werden auf dem PACE festgestellt und anschliessend theoretisch behandelt. Ferner werden auf dem PACE ungeradzahlige Modi (9 und 11) mit asymmetrischen Grenzyklen festgestellt.