

# Inhaltsverzeichnis

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | Berechnung von Ausgleichsvorgängen mit Differentialgleichungen                               | 1  |
| 1.1     | Differentielle Beziehungen   | 1  |
| 1.2     | Anfangswerte   | 1  |
| 1.3     | Aus- und Einschaltvorgänge   | 2  |
| 2       | Berechnungsbeispiele von Schaltungen mit einem Energiespeicher mittels Differentialgleichung | 3  |
| 2.1     | Das RC-Glied   | 3  |
| 2.1.1   | Ausschaltvorgang   | 3  |
| 2.1.2   | Einschaltvorgang   | 5  |
| 2.1.2.1 | Gleichspannung   | 5  |
| 2.1.2.2 | Rampenspannung   | 6  |
| 2.1.2.3 | Wechselspannung  | 7  |
| 2.1.2.4 | Rechteckspannung   | 9  |
| 2.1.3   | Das belastete RC-Glied   | 9  |
| 2.1.4   | Das CR-Glied   | 10 |
| 2.2     | Das RL-Glied   | 12 |
| 2.2.1   | Ausschaltvorgang   | 12 |
| 2.2.2   | Einschaltvorgang   | 13 |
| 2.2.2.1 | Gleichspannung   | 13 |
| 2.2.2.2 | Rampenspannung   | 13 |
| 2.2.2.3 | Wechselspannung  | 14 |
| 3       | Berechnung von Ausgleichsvorgängen mit Laplace-Transformation                                | 16 |
| 3.1     | Einschaltvorgang   | 16 |
| 3.1.1   | Übertragungsfunktion   | 16 |
| 3.1.2   | Spektralfunktion   | 17 |
| 3.1.3   | Rücktransformation   | 17 |
| 3.2     | Ausschaltvorgang   | 17 |
| 3.2.1   | Integrodifferentialgleichung   | 17 |
| 3.2.2   | Spektralbereich  | 17 |
| 3.2.3   | Anfangswerte   | 18 |
| 3.2.4   | Algebraische Gleichung   | 18 |
| 3.2.5   | Rücktransformation   | 18 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4       | Berechnungsbeispiele von Schaltungen mit einem<br>Energiespeicher mittels Laplace-Transformation | 23 |
| 4.1     | Das RC-Glied   | 23 |
| 4.1.1   | Einschaltvorgang   | 23 |
| 4.1.1.1 | Gleichspannung   | 23 |
| 4.1.1.2 | Rampenspannung   | 24 |
| 4.1.1.3 | Wechselspannung  | 24 |
| 4.1.2   | Ausschaltvorgang   | 25 |
| 4.2     | Das RL-Glied   | 26 |
| 4.2.1   | Einschaltvorgang   | 26 |
| 4.2.1.1 | Gleichspannung   | 26 |
| 4.2.1.2 | Rampenspannung   | 27 |
| 4.2.1.3 | Wechselspannung  | 27 |
| 4.2.2   | Ausschaltvorgang   | 28 |
| 5       | Die numerische Berechnung von Ausgleichsvorgängen<br>mit einem Energiespeicher                   | 29 |
| 5.1     | Das Polygonzugverfahren  | 29 |
| 5.2     | Das Flußdiagramm   | 31 |
| 5.3     | Programmierung der Differentialgleichung   | 33 |
| 5.3.1   | Taschenrechner hp 25   | 33 |
| 5.3.1.1 | Bedienungsanweisung  | 33 |
| 5.3.1.2 | Programm   | 34 |
| 5.3.1.3 | Beispiel   | 35 |
| 5.3.2   | Taschenrechner hp 67/Tischrechner hp 97  | 35 |
| 5.3.2.1 | Bedienungsanweisung  | 36 |
| 5.3.2.2 | Programm   | 36 |
| 5.3.2.3 | Beispiel   | 37 |
| 5.3.3   | Taschenrechner SR 56   | 38 |
| 5.3.3.1 | Bedienungsanweisung  | 38 |
| 5.3.3.2 | Programm   | 38 |
| 5.3.3.3 | Beispiel   | 40 |
| 5.3.4   | Taschenrechner SR 52   | 40 |
| 5.3.4.1 | Bedienungsanweisung  | 40 |
| 5.3.4.2 | Programm   | 41 |
| 5.3.4.3 | Beispiel   | 42 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 6       | Numerische Berechnungsbeispiele von Schaltungen mit einem Energiespeicher           | 43 |
| 6.1     | Das RC-Glied  | 43 |
| 6.1.1   | Gleichspannung  | 45 |
| 6.1.2   | Rampenspannung  | 47 |
| 6.1.3   | Wechselspannung   | 47 |
| 6.1.3.1 | Sinusspannung   | 47 |
| 6.1.3.2 | Rechteckspannung  | 49 |
| 6.1.4   | Einweggleichrichtung  | 50 |
| 6.2     | Das RL-Glied  | 52 |
| 6.2.1   | Einschalten einer Gleichspannung  | 54 |
| 6.2.2   | RL-Glied mit variablem R  | 55 |
| 6.2.2.1 | Glühlampe   | 57 |
| 6.2.2.2 | Lichtbogen  | 59 |
| 6.2.3   | RL-Glied mit variablem L (Eisendrossel)   | 61 |
| 7       | Berechnung von Schaltungen mit zwei Energiespeichern mittels Differentialgleichung  | 65 |
| 7.1     | Schalten einer RLC-Reihenschaltung  | 65 |
| 7.1.1   | Ausschaltvorgang  | 65 |
| 7.1.2   | Einschaltvorgang  | 68 |
| 7.1.2.1 | Gleichspannung  | 68 |
| 7.2     | Schalten einer RLC-Parallelschaltung  | 69 |
| 7.2.1   | Ausschaltvorgang  | 70 |
| 7.2.2   | Einschaltvorgang  | 71 |
| 7.2.2.1 | Gleichspannung  | 71 |
| 7.2.2.2 | Sinuswechselspannung  | 72 |
| 7.2.3   | Erweiterte RLC-Parallelschaltung  | 73 |
| 8       | Berechnung von Schaltungen mit zwei Energiespeichern mittels Laplace-Transformation | 75 |
| 8.1     | Schalten einer RCRC-Schaltung (aktiver Tiefpass)                                    | 75 |
| 8.1.1   | Einschalten einer Gleichspannung  | 75 |
| 8.2     | Schalten einer RLC-Reihenschaltung  | 76 |
| 8.2.1   | Ausschaltvorgang  | 76 |
| 8.3     | Schalten einer RLC-Parallelschaltung  | 77 |
| 8.3.1   | Einschaltvorgang  | 78 |
| 8.3.1.1 | Gleichspannung  | 78 |
| 8.3.1.2 | Sinuswechselspannung  | 79 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 9        | Numerische Berechnung von Schaltungen mit zwei Energiespeichern           | 81  |
| 9.1      | Flußdiagramm  | 81  |
| 9.2      | Programmierung der Differentialgleichung                                  | 82  |
| 9.2.1    | Taschenrechner hp 25  | 82  |
| 9.2.1.1  | Bedienungsanweisung   | 82  |
| 9.2.1.2  | Programm  | 83  |
| 9.2.1.3  | Beispiel  | 84  |
| 9.2.2    | Taschenrechner hp 67/Tischrechner hp 97                                   | 84  |
| 9.2.2.1  | Bedienungsanweisung   | 84  |
| 9.2.2.2  | Programm  | 85  |
| 9.2.2.3  | Beispiel  | 86  |
| 9.2.3    | Taschenrechner SR 56  | 86  |
| 9.2.3.1  | Bedienungsanweisung   | 86  |
| 9.2.3.2  | Programm  | 87  |
| 9.2.3.3  | Beispiel  | 88  |
| 9.2.4    | Taschenrechner SR 52  | 89  |
| 9.2.4.1  | Bedienungsanweisung   | 89  |
| 9.2.4.2  | Programm  | 89  |
| 9.2.4.3  | Beispiel  | 91  |
| 10       | Numerische Berechnungsbeispiele von Schaltungen mit zwei Energiespeichern | 93  |
| 10.1     | Das RCRC-Glied  | 93  |
| 10.1.1   | Aktiver Tiefpass  | 93  |
| 10.1.2   | Aktiver Hochpass  | 98  |
| 10.2     | RLC-Reihenschaltung   | 101 |
| 10.3     | RLC-Parallelschaltung   | 103 |
| 11       | Numerische Berechnung dynamischer Regelsysteme                            | 107 |
| 11.1     | Grundlagen des Programms  | 107 |
| 11.2     | Regelstrecke zweiter Ordnung mit PI-Regler                                | 108 |
| 11.2.1   | Signalflußplan  | 108 |
| 11.2.2   | Programmierung  | 109 |
| 11.2.2.1 | Bedienungsanweisung   | 110 |
| 11.2.2.2 | Programm  | 110 |
| 11.2.3   | Beispiel  | 112 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 12   | Hinweise für die Taschenrechner hp 19C, hp 29C<br>und TI 58, TI 59 | 114 |
| 12.1 | Taschenrechner hp 19C und hp 29C                                   | 114 |
| 12.2 | Taschenrechner TI 58 und TI 59                                     | 117 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Literatur |  | 121 |
|-----------|--|-----|