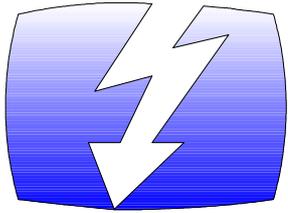


<p><b>Praktikum</b> <b>Elektrische</b> <b>Energietechnik</b></p> <p>Teil 1 Leistungselektronik/ Elektrische Antriebe</p>	<p><b>Versuch 02</b></p> <p><b>Vollgesteuerte</b> <b>Brückenschaltungen</b></p> <p><b>Blattanzahl: 6</b></p>	
--	--	---

## 1. Versuchsziel

- Vertiefung der Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise von netzgeführten Stromrichterschaltungen,
- experimentelle und rechnerische Ermittlung von Strömen und Spannungen in einer vollgesteuerten B6-Brückenschaltung und einer vollgesteuerten B2-Brückenschaltung,
- experimentelle und rechnerische Ermittlung der Steuerkennlinie von netzgeführten Stromrichterschaltungen

## 2. Versuchsvorbereitung

### 2.1. Aufbau und Wirkungsweise netzgeführter Stromrichter

Machen Sie sich mit der Wirkungsweise von vollgesteuerten Brückenschaltungen vertraut, wobei folgende Schwerpunkte in Ihre Vorbereitung einzubeziehen sind:

- Thyristorauswahlgrößen,
- Trafodimensionierung,
- Berechnung des Effektiv- und Mittelwertes periodischer, zeitlich veränderlicher Größen,
- Ermittlung von Steuerkennlinien von netzgeführten Stromrichtern  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$ !

In der Versuchsvorbereitung sind für die quantitativen Vorbetrachtungen die in den Anlagen angegebenen Werte der Lastwiderstände und der Eingangsspannungen zu verwenden!

### 2.2. Vollgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung mit ohmscher Last

- 2.2.1. Konstruieren Sie den quantitativen Verlauf des Kathoden-  $\varphi_K$  und Anodenpotentials  $\varphi_A$  sowie der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$  und des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$  bei einem Zündwinkel von  $90^\circ$ !
- 2.2.2. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der ungesteuerten Ausgangsgleichspannung  $U_{D0}$  in Abhängigkeit von der Netzeingangsspannung ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$ )!
- 2.2.3. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$ )!
- 2.2.4. Berechnen Sie den Effektivwert der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha\text{eff}}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$ )!
- 2.2.5. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$ ,  $R_L = 33\Omega$ )!

- 2.2.6. Berechnen Sie den Effektivwert des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha\text{eff}}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ ,  $R_L = 33\Omega$ )!
- 2.2.7. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$ !

### 2.3. Vollgesteuerte 2-Puls-Brückenschaltung mit ohmsch-induktiver Last

- 2.3.1. Konstruieren Sie den quantitativen Verlauf des Kathoden-  $\phi_K$  und Anodenpotentials  $\phi_A$ , der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$ , des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$ , einer Ventilspannung  $U_{TH}$ , eines Ventilstromes  $I_{TH}$  und des Netzstromes  $I_N$  einer Phase bei einem Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$ !
- 2.3.2. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der ungesteuerten Ausgangsgleichspannung  $U_{D0}$  in Abhängigkeit von der Netzeingangsspannung ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ )!
- 2.3.3. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ )!
- 2.3.4. Berechnen Sie den Effektivwert der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha\text{eff}}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ )!
- 2.3.5. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ ,  $R_L = 33\Omega$ )!
- 2.3.6. Berechnen Sie den Effektivwert des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha\text{EFF}}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=40\text{V}$ ,  $R_L = 33\Omega$ )!
- 2.3.7. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$ !

### 2.4. Vollgesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung mit ohmscher Last

- 2.4.1. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf des Kathoden-  $\phi_K$  und Anodenpotentials  $\phi_A$  sowie der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$  und des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$  bei einem Zündwinkel von  $90^\circ$ !
- 2.4.2. Welche Werte der Ausgangsgleichspannung stellen sich bei Zündwinkeln von  $\alpha > 120^\circ$  ein!

### 2.5. Vollgesteuerte 6-Puls-Brückenschaltung mit ohmsch-induktiver Last

- 2.5.1. Konstruieren Sie den quantitativen Verlauf des Kathoden-  $\phi_K$  und Anodenpotentials  $\phi_A$ , der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$ , des Ausgangsgleichstroms  $I_{D\alpha}$ , einer Ventilspannung  $U_{TH}$ , eines Ventilstromes  $I_{TH}$  und des Netzstromes  $I_{N1}$  einer Phase bei einem Zündwinkel von  $\alpha = 45^\circ$ !
- 2.5.2. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der ungesteuerten Ausgangsgleichspannung  $U_{D0}$  in Abhängigkeit von der Netzeingangsspannung ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $U_{\text{Eff}}=30\text{V}$  - Strang)!
- 2.5.3. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der Ausgangsgleichspannung  $U_{D\alpha}$  als Funktion des Zündwinkels  $\alpha$  in allgemeiner Form und speziell für die Zündwinkel  $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  und  $180^\circ$  ( $U_{\text{Eff}}=30\text{V}$  - Strang)!
- 2.5.4. Zeichnen Sie den quantitativen Verlauf der Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$ !

### 3. Literatur

Felderhoff, R.: Leistungselektronik. Carl Hanser Verlag, München Wien, 1984

Michel, M.: Leistungselektronik. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1992

Lappe, R. u.a.: Handbuch Leistungselektronik. Verlag Technik GmbH, Berlin München, 1994

### 4 Versuchsdurchführung

Die Versuchsvorbereitung entsprechend Punkt 2.2 bis 2.5 ist bei Beginn der Versuchsdurchführung vorzulegen!

#### 4.1 Vollgesteuerte B2-Schaltung mit ohmscher Last

$$U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$$

$$R_L = 33\Omega$$

Bauen Sie die Versuchsschaltung entsprechend dem Schaltplan in Anlage 1 mit rein ohmscher Last auf!

$$U_{\text{st}} = 0 \dots 10\text{V} \quad \alpha = \left(1 - \frac{U_{\text{st}}}{10\text{V}}\right) \cdot 180^\circ$$

- 4.1.1. Oszillografieren und messen Sie mit Hilfe eines Volt-/Amperemeters für die Steuerwinkel  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $135^\circ$  die zeitlichen Verläufe der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{T1}(t)$  über dem Ventil  $T_1$ !
- 4.1.2. Nehmen Sie die quantitative Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$  auf!
- 4.1.3. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Stroms durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{TH}(t)$  in ein Zeitdiagramm zu übernehmen!

#### 4.2 Vollgesteuerte B2-Schaltung bei ohmsch-induktiver Last

$$U_{\text{Eff}} = 40\text{V}$$

$$R_L = 33\Omega$$

$$L = 25\text{mH}$$

Bauen Sie die Versuchsschaltung entsprechend dem Schaltplan in Anlage 1 mit ohmsch-induktiver Last auf!

$$U_{\text{st}} = 0 \dots 10\text{V} \quad \alpha = \left(1 - \frac{U_{\text{st}}}{10\text{V}}\right) \cdot 180^\circ$$

- 4.2.1. Oszillografieren und messen Sie mit Hilfe eines Volt-/Amperemeters für die Steuerwinkel  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $135^\circ$  die zeitlichen Verläufe der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{TH}(t)$  über dem Ventil  $T_1$ !
- 4.2.2. Nehmen Sie die quantitative Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$  auf!
- 4.2.3. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Stroms durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{TH}(t)$  in ein Zeitdiagramm zu übernehmen!

#### 4.3. Vollgesteuerte B6-Brückenschaltung bei ohmscher Last

$$U_{\text{Eff}} = 30\text{V (Strang)}$$

$$R_L = 33\Omega$$

Bauen Sie die Versuchsschaltung entsprechend dem Schaltplan in Anlage 2 mit rein ohmscher Last auf!

$$U_{st} = 0 \dots 10V \quad \alpha = \left(1 - \frac{U_{st}}{10V}\right) \cdot 180^\circ$$

- 4.3.1 Oszillografieren und messen Sie mit Hilfe eines Volt-/Amperemeters für die Steuerwinkel  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $135^\circ$  die zeitlichen Verläufe der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{TH}(t)$  über dem Ventil  $T_1$ !
- 4.3.2 Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  in ein Zeitdiagramm zu übernehmen!

#### 4.4. Vollgesteuerte B6-Brückenschaltung bei ohmsch-induktiver Last

$$U_{Eff} = 30V \text{ (Strang)} \quad R_L = 33\Omega \quad L = 25mH$$

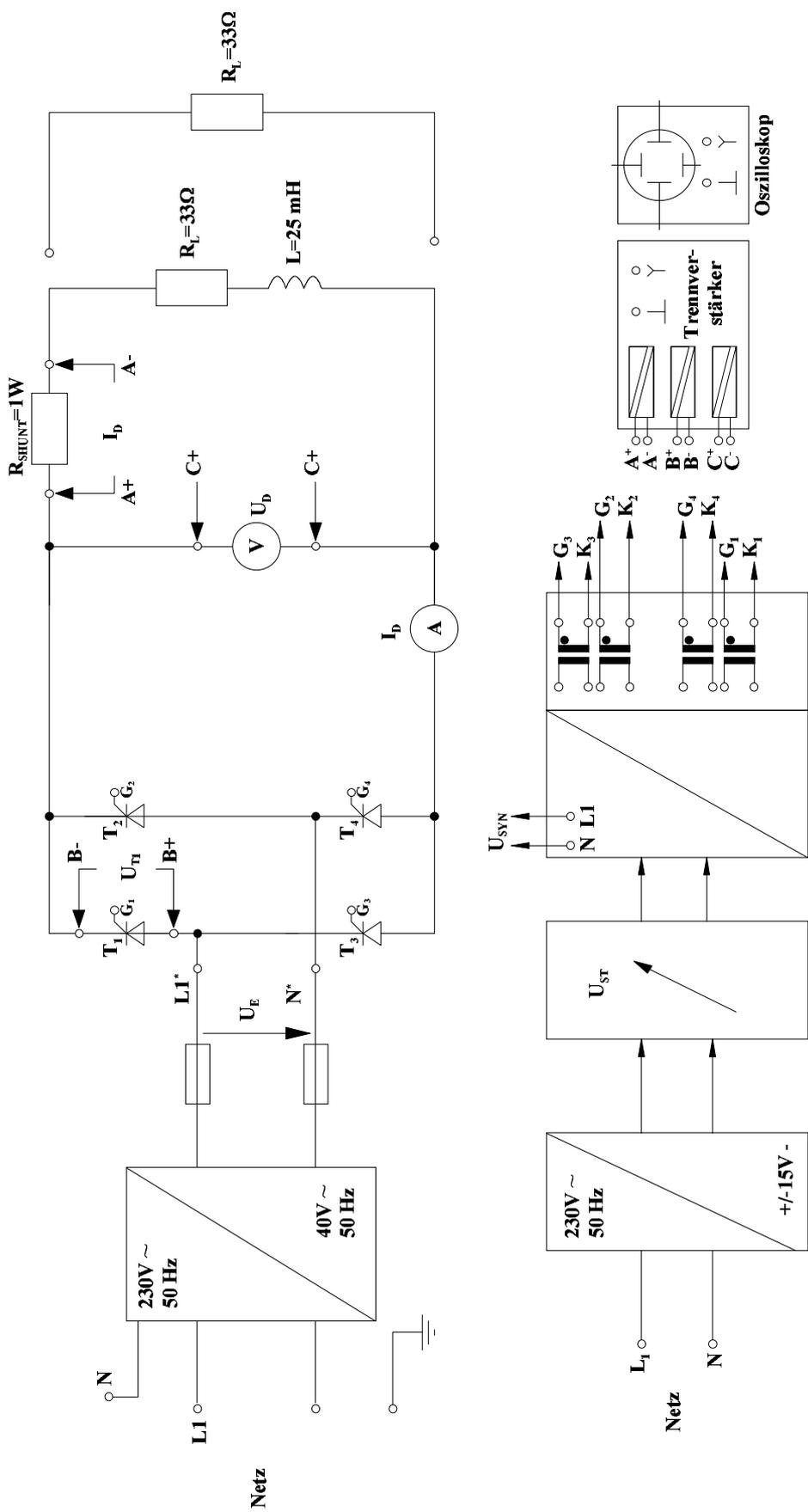
Bauen Sie die Versuchsschaltung entsprechend dem Schaltplan in Anlage 2 mit ohmsch-induktiver Last auf!

$$U_{st} = 0 \dots 10V \quad \alpha = \left(1 - \frac{U_{st}}{10V}\right) \cdot 180^\circ$$

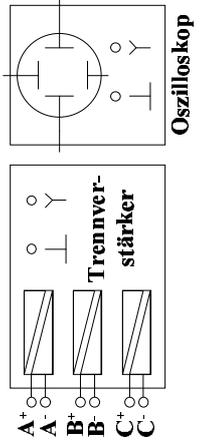
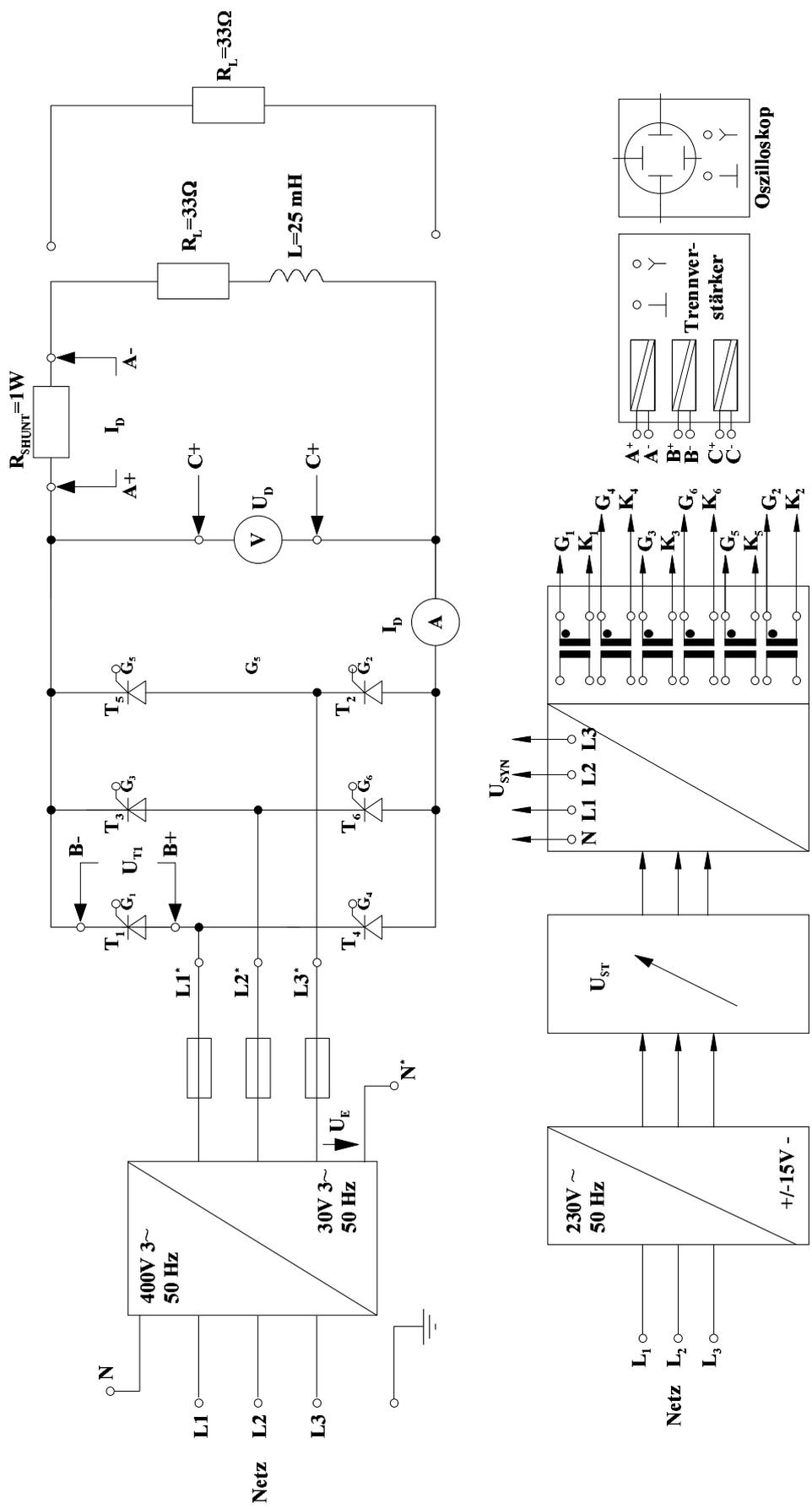
- 4.2.1. Oszillografieren und messen Sie mit Hilfe eines Volt-/Amperemeters für die Steuerwinkel  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $135^\circ$  die zeitlichen Verläufe der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , den Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und die Spannung  $U_{TH}(t)$  über dem Ventil  $T_1$ !
- 4.2.2. Nehmen Sie die quantitative Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$  auf!
- 4.2.3. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 45^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung  $U_{TH}(t)$  in ein Zeitdiagramm zu übernehmen!

### 5. Versuchsauswertung

- 5.1. Die gemessene Steuerkennlinie  $U_{D\alpha} = f(\alpha)$  ist in das Diagramm einzuzeichnen, in dem sich auch die rechnerisch ermittelte Steuerkennlinie der Versuchsvorbereitung befindet und eventuelle Abweichungen sind zu erläutern (für B2 ohmsche Last, B2 ohmsch-induktive Last und B6 ohmsch induktive Last)!
- 5.2. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$  und des Stroms durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  der B2-Brückenschaltung bei ohmscher Last den in der Versuchsvorbereitung in Punkt 2.2.1. ermittelten Verläufen gegenüber zu stellen!
- 5.3. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung über einem Ventil  $U_{TH}$  der B2-Brückenschaltung bei ohmscher-induktiver Last den in der Versuchsvorbereitung in Punkt 2.3.1. ermittelten Verläufen gegenüber zu stellen!
- 5.4. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 90^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$  und des Stroms durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  der B6-Brückenschaltung bei ohmscher Last den in der Versuchsvorbereitung in Punkt 2.2.1. ermittelten Verläufen gegenüber zu stellen!
- 5.5. Für einen Zündwinkel von  $\alpha = 45^\circ$  sind die oszillographierten Werte der Spannung über der Last  $U_{D\alpha}(t)$ , des Strom durch die Last  $I_{D\alpha}(t)$  und der Spannung über einem Ventil  $U_{TH}$  der B6-Brückenschaltung bei ohmscher-induktiver Last den in der Versuchsvorbereitung in Punkt 2.3.1. ermittelten Verläufen gegenüber zu stellen!



Anlage 1: Meßanordnung für vollgesteuerte B2-Schaltung



**Anlage 2: Meßanordnung für vollgesteuerte B6-Schaltung**