

ETH ZURICH CONVERTER LAB

Die nachfolgend beschriebenen Laborübungen sollen Ihnen die experimentelle Analyse der Grundsaltungen der modernen Leistungselektronik näher bringen. Die Übungen IE1 - IE14 sind sämtlich auf einem universellen, in industrienaher Leiterplatten- und Schaltungstechnik realisierten Lehrsystem (ETH Zurich Converter Lab) durchzuführen, welches an der Professur speziell für den universitären Unterricht entwickelt wurde und für die unterschiedlichen Übungen konfiguriert werden kann (siehe Abb.1). Sie erlernen dabei den Umgang mit leistungselektronischen Systemen bei für industrielle Anwendungen typischen Schaltfrequenzen und werden mit dem Einsatz moderner Messgeräte wie Power Analyzer, Digitalspeicheroszilloskop, Stromzange und Differentialastkopf vertraut.

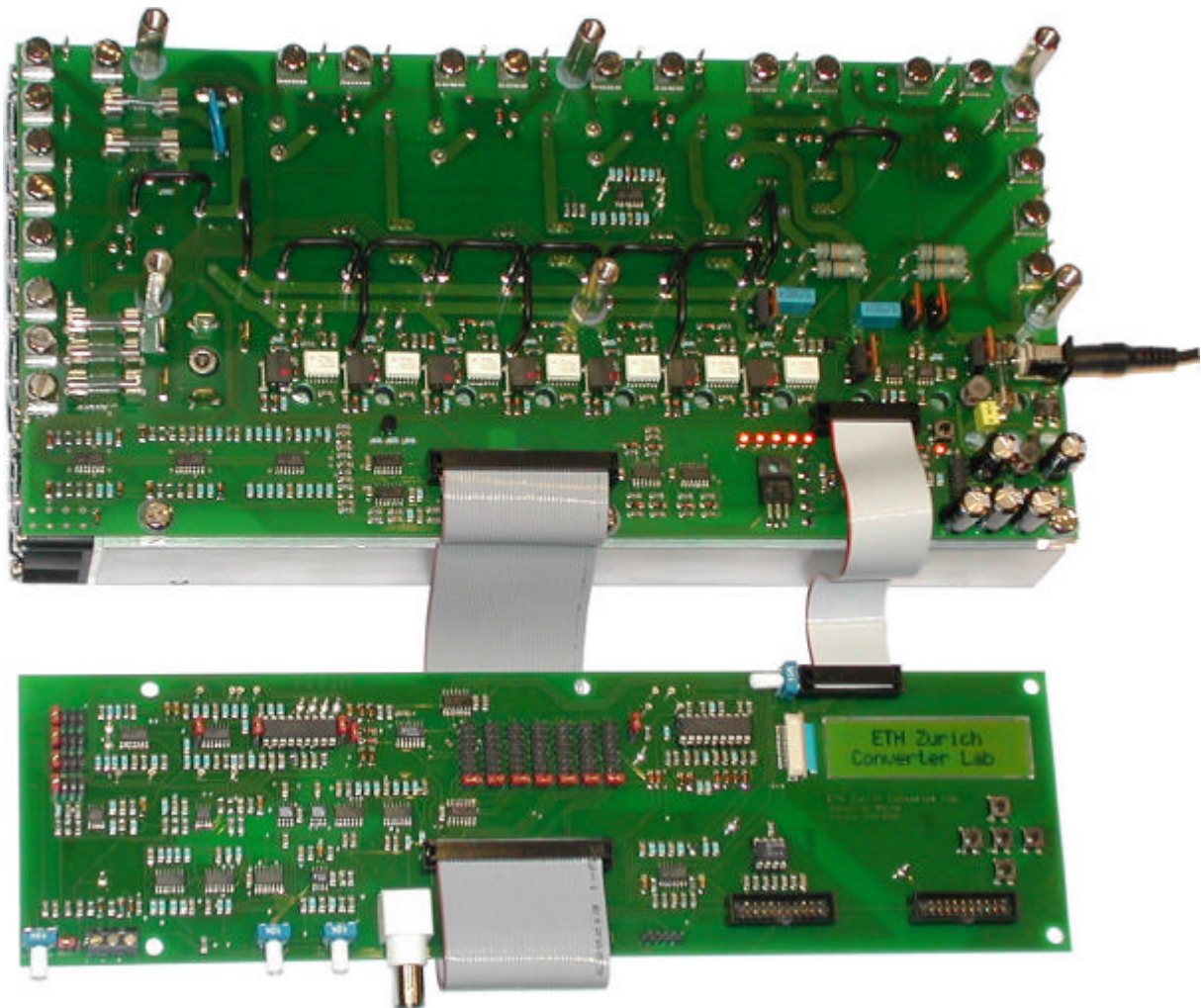


Abb.1: Foto des „ETH Zurich Converter Lab“. Oben: Leistungsteil, unten: Steuerteil mit LC-Display.

Bei allen nachfolgend beschriebenen Übungen werden die Verläufe charakteristischer Ströme und Spannungen ermittelt, die Spannungs- und Strombeanspruchungen der Leistungshalbleiter, Induktivitäten und Kapazitäten analysiert, der Einfluss von Nichtidealitäten der Komponenten diskutiert und das Verhalten der geregelten Größen auf sprungförmige Führungs- oder Störgrößenänderungen untersucht und teilweise optimiert.

Die Laborübungen sind in drei Ausbildungsstufen gegliedert. In der ersten Stufe „BASIC“ wird Ihnen das Lehrsystem mit seinen Funktionen vorgestellt, sowie einführende Übungen (DC/DC Konverter ohne galvanische Trennung) durchgeführt. Die zweite Stufe ist als Aufbauübung zu verstehen und wird als Ausbildungsstufe „EXPERIENCED“ bezeichnet. Dabei werden bereits DC/DC Konverter mit galvanischer Trennung behandelt. In der Stufe „ADVANCED“ lernen Sie ein- und dreiphasige Pulsleich- und -umrichter kennen und untersuchen die wichtigsten elektrischen Maschinen im Vierquadrantenbetrieb.

BASIC

- IE1: Ein- und dreiphasige Diodengleichrichtung
- IE2: DC/DC Konverter / Tiefsetzsteller
- IE3: DC/DC Konverter / Hochsetzsteller
- IE4: DC/DC Konverter / Hoch-Tiefsetzsteller

EXPERIENCED

- IE5: Sperrwandler
- IE6: Zwei-Transistor Sperrwandler
- IE7: Durchflusswandler
- IE8: Vollbrücken-Durchflusswandler

ADVANCED

- IE9: Einphasen-Diodenbrückenschaltung mit sinusförmigem Eingangsstrom
- IE10: Einphasiges bidirektionales Pulsumrichtersystem
- IE11: Dreiphasiges Pulsleichrichtersystem
- IE12: Drehzahl geregelter Vierquadranten-Gleichstrommaschinenantrieb
- IE13: Spannungszwischenkreis-Pulswechselrichter /
Drehzahl geregelter Drehstrommaschinenantrieb
- IE14: DC/DC Konverter / Regelungstechnische Modellbildung

EINFÜHRUNG

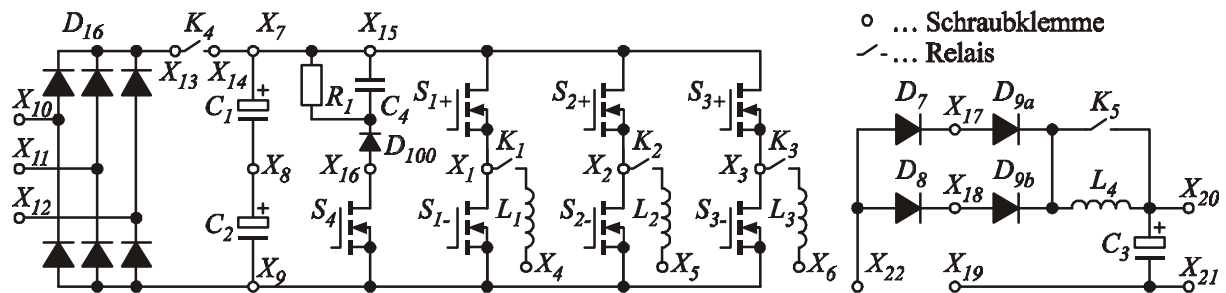


Abb.2: Topologie des Laborlehrsystems „ETH Zurich Converter Lab“.

Die Topologie des „ETH Zurich Converter Lab“ ist in **Abb.2** dargestellt. Es besteht im Wesentlichen aus drei Brückenzeigen S_{i+} , S_{i-} und L_i ($i = 1 \dots 3$), die jeder für sich einen Tiefsetzgleichstromsteller mit aktiver Gleichrichtung bilden. Der Spannungszwischenkreis, bestehend aus den beiden Kondensatoren C_1 und C_2 , kann mittels der passiven Dreiphasenbrücke D_{16} vom Netz, das an die Klemmen $X_{10} \dots X_{12}$ angeschlossen werden muss, versorgt werden. Die Relaiskontakte $K_1 \dots K_5$ ermöglichen eine Umschaltung der Schaltungstopologie mittels des integrierten Mikrocontrollers. Für jede Übung sind nur gewisse Kontaktkonfigurationen erlaubt, diese müssen vor dem Übungsbeginn richtig mittels der Drucktasten und der LCD – Anzeige eingestellt werden (**Abb.3**).

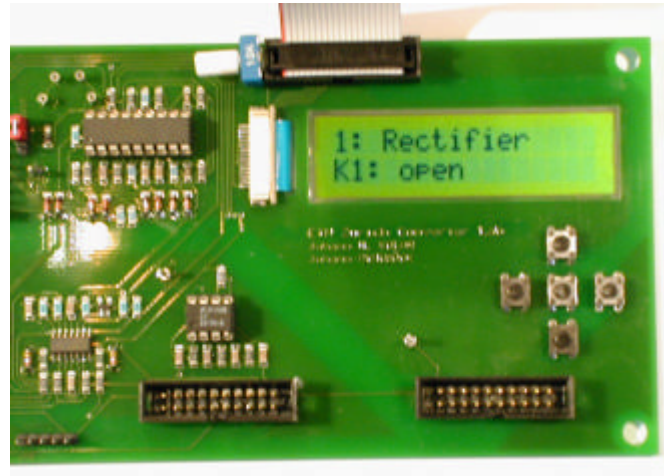


Abb.3: Auswahl der Relaiskontakte mittels Drucktasten und LCD abhängig von der ausgewählten Übung.

Der zusätzliche MOSFET S_4 kann zur Aktivierung eines externen Bremswiderstandes, angeschlossen an die Klemmen $X_{15} - X_{16}$, beim Bremsen der Gleichstrommaschine verwendet werden. Alternativ kann S_4 auch zur Realisierung des Tiefsetz/Hochsetzgleichstromstellers, des Sperrwandlers und des Einschalter-Durchflusswandlers verwendet werden. Bei diesen und einigen anderen Übungen muss man dann auch den Ausgangskreis bestehend aus D_7 , D_8 , D_{9a} , D_{9b} , L_4 and C_3 miteinbeziehen.

Das Laborlehrsystem hat einige charakteristische Eigenschaften, die es zu beachten gilt:

- Die Zwischenkreisspannung und die Ausgangsspannung betragen typisch 48VDC. Bei einer Überschreitung einer dieser Spannungen über den Grenzwert von 50V meldet das System einen Fehler und sperrt sofort alle Schaltsignale. Das System kann jedoch trotzdem durch Anlegen von zu großen Spannungen zerstört werden!
- In der Anzeige ist die Zwischenkreisspannung und bei manchen Übungen die Ausgangsspannung abzulesen. Dies ist lediglich als eine Indikation zu verstehen und hat nicht den Charakter einer Messung, da die Gesamtgenauigkeit der Messung nur ca. $\pm 5\%$ beträgt.
- Die einzelnen Zweige sind mit herkömmlichen flinken 10A Sicherungen abgesichert. Zusätzlich existiert eine elektronische Stromüberwachung, die einen Spitzenwert von 25A mit einer Messzeitkonstanten von $3\mu\text{s}$ zulässt. D.h. die Stromabschaltung ist nicht unendlich schnell und das System kann durch unsachgemäße Handhabung zerstört werden. Es existiert eine zweite, langsamere elektronische Stromüberwachung, die auf einen Mittelwert von 15A bei einer Zeitkonstanten von 1ms ausgelegt ist. Diese soll die Halbleiter und die Leiterplatte vor Überhitzung schützen.
- Die Temperatur des Kühlkörpers wird mittels eines NTC Widerstandes und dem Mikrocontroller erfasst. Bei einer Kühlkörpertemperatur von 45°C werden automatisch die Lüfter eingeschalten. Sollte sich der Kühlkörper dann wieder abkühlen, so schalten sich die Lüfter bei 39°C wieder aus. Bei einer Kühlkörpertemperatur von 50°C meldet das System „Overtemp!“ und sperrt alle Schaltsignale.
- Sollten beide Schalter eines Brückenweiges (S_{i+} und S_{i-}) eingeschalten werden, so wird dies vom System automatisch unterbunden. Es kann jedoch nicht garantiert werden, welcher der beiden Schalter auf „aus“ gezwungen wird. Im Leistungsteil des Systems ist auch die Totzeitüberwachung der Schaltsignale (ca. 700ns) integriert.
- Das System muss mit einem geregelten 24V ($\pm 5\%$), 1A Netzgerät versorgt werden, die Polarität ist egal. Die internen Versorgungsspannungen werden aus diesen 24V gebildet und betragen $\pm 15\text{V}$ und $+5\text{V}$.
- Die Schaltsignale für die MOSFETs werden auf der Steuerplatine gebildet. Durch geeignete Wahl der Kurzschlussbrücken (Jumper) wird das richtige Schaltsignal an den richtigen MOSFET geleitet.

Die Messungen in den Anleitungen erfolgten mit:

- Speicheroszilloskop LeCroy LT264 (350MHz, 1GS/s, 4Kanäle)
- Stromzange LeCroy AP015 (30A, 50MHz)
- Differentialtastkopf ADP305 (1.4kV, 100MHz)
- Power Analyzer NORMA 4000