

Veranstaltungsinformationen

Anmeldung: www.ClusterLE.de/veranstaltungen

Anmeldeschluss:

30. Oktober 2024



Teilnahmegebühr:

Kurs gesamt (Kursmodule I – III) (alle 3 Schulungstage)	Paketpreis 1.480,00 € zzgl. MwSt.
Kursmodul einzeln* jeweils	560,00 € zzgl. MwSt.

* Die Kursmodule können auch einzeln gebucht werden, wobei Kursmodul I Grundlage für die beiden anderen ist.

- Die Teilnahmegebühr beinhaltet das Mittagessen, Kaffeepausen/Kaltgetränke sowie die Schulungsunterlagen. Weitere Informationen erhalten Sie mit der Anmeldebestätigung.
- Teilnehmenden von ECPE-Mitgliedsfirmen wird ein Rabatt von 25% gewährt.
- Mit Erhalt der Anmeldebestätigung sind Sie für die Veranstaltung registriert und erhalten die Rechnung via E-Mail.
- Bei Nichterreichen der Mindestteilnehmerzahl behalten wir uns eine Stornierung der Veranstaltung vor.
- Der Rücktritt ist bis 2 Wochen vor Veranstaltungsbeginn kostenfrei möglich. Erfolgt der Rücktritt später, bleibt die Verpflichtung zur Zahlung von 50 % der Teilnahmegebühr. Es kann jedoch ein Ersatzteilnehmer gestellt werden.
- Die Teilnehmerzahl ist auf 10 begrenzt.

Allgemeine Hinweise

Veranstalter Cluster Leistungselektronik im ECPE e.V.
Ostendstraße 181
90482 Nürnberg
www.clusterLE.de

Schulungsleiter Ingenieurbüro Horst Edel
Wiesenstraße 24
91469 Hagenbüchach
info@edel-ing.de

Organisation Angela von der Grün, ECPE e.V.
0911 / 81 02 88 - 17
angela.vondergruen@ecpe.org

Veranstaltungsort Kolpinghaus Nürnberg
Rückgebäude, 4. Stock
(Kompetenzraum)
Kolpinggasse 23-27
90402 Nürnberg

Referent

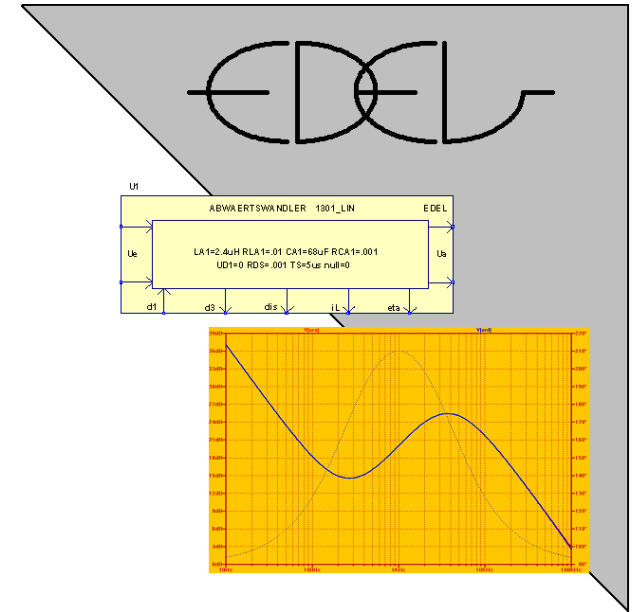
Der Referent Dipl. Ing. Horst Edel hat langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Schaltnetzteilen und in der Anwendung von Programmen zur Schaltungssimulation. Von 1981 bis 1996 war er bei der Firma Gossen im Entwicklungslabor für Laborkonstanter tätig. Seit 1997 betreibt H. Edel ein eigenes Ingenieurbüro für Entwurf und Simulation von Schaltnetzteilen.

Praxiskurs

Der Kurs besteht zum großen Teil aus einem Praktikum am PC, bei dem die Teilnehmer Simulationen an einem Schaltnetzteil mit LTSpice unter Anleitung selbst durchführen.

Die Kurse richten sich an Ingenieure und Techniker, die sich für den fortschrittlichen rechnergestützten Entwurf von Schaltnetzteilen interessieren und die erforderlichen Kenntnisse in konzentrierter Form erwerben wollen.

Die Teilnehmer erhalten alle vorgestellten Modelle, Simulationen und den **Nyquist Tester** per USB-Stick bzw. Download.



Cluster-Praxiskurs

Simulation von Schaltnetzteilen mit LTSpice

Kursmodul I: Effektive Simulation
Kursmodul II: Effektive Regelung
Kursmodul III: Lösung v. Stabilitätsproblemen

(auch einzeln buchbar)

5. - 7. November 2024
(tägl. 9:00 - 17:00 Uhr)
Nürnberg

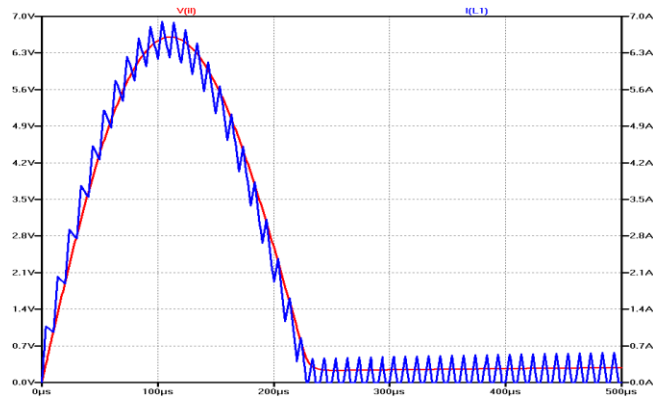
Cluster
Leistungselektronik



**Kursmodul I:
Effektive Simulation
5. November 2024**

Kursziel

Dieses Kursmodul vermittelt die grundlegende Theorie und viel praktisches Wissen zur erfolgreichen Simulation von Schaltnetzteilen. Es ist die Basis für die Kursmodule II + III.



Mit Hilfe einer einfach anzuwendenden Linearisierungsmethode wird gezeigt, wie man mit SPICE, bei vernünftigen Rechenzeiten, zu aussagekräftigen Ergebnissen im Zeit- und Frequenzbereich gelangen kann.

Es werden Linearmodelle von Pulsweitenmodulatoren (PWMs) vorgestellt, die die Simulation eines Schaltnetzteils mit und ohne Stromschleife (current loop) ermöglichen.

LTSpice bietet die Möglichkeit ohne Linearmodelle, direkt aus dem Zeitbereichsverhalten, Frequenzgänge zur Stabilitätsbeurteilung zu berechnen. Diese Methode, mit all ihren Vor- und Nachteilen, wird im Kurs ausführlich behandelt und diskutiert.

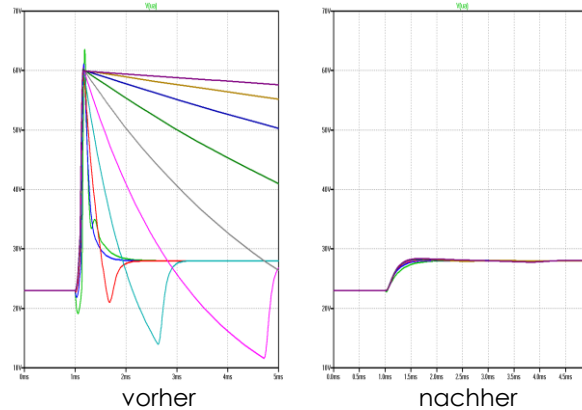
Anhand eines Beispiels wird die Regelschleife eines Schaltnetzteils entworfen und simuliert. Hierbei wird gezeigt, wie man die Offene Schleife, Führungs- und Störverhalten und die Ausgangsimpedanz darstellen kann.

Abschließend wird ein Ausblick gegeben wie diese Methode auch auf andere Topologien wie Sperrwandler, Aufwärtswandler mit sinusförmiger Stromaufnahme und LLC-Resonanzwandler angewendet werden kann.

**Kursmodul II:
Effektive Regelung
6. November 2024**

Kursziel

Aufbauend auf dem Kursmodul I wird etwas Theorie und sehr viel praktisches Wissen zur erfolgreichen Regelung von Schaltnetzteilen vermittelt.



Ein Schaltnetzteil sollte nicht nur stabil arbeiten. Oft sind noch andere Eigenschaften, wie beispielsweise eine maximale Stördämpfung, gefordert. Um alle Forderungen erfüllen zu können, sollten sie schon bei den ersten Simulationen berücksichtigt werden.

Dafür werden Entwurfsmethoden vorgestellt, die es erlauben, für eine gewünschte Wandlertopologie passende Regler zu entwerfen.

Um bei einer Schaltnetzteilentwicklung entscheiden zu können, ob eine analoge oder eine digitale Regelung sinnvoll ist, muss man die Vor- und Nachteile beider Techniken kennen. Dazu werden analoge und digitale Spice Modelle der drei Reglervarianten I, PI und PID zur Verfügung gestellt.

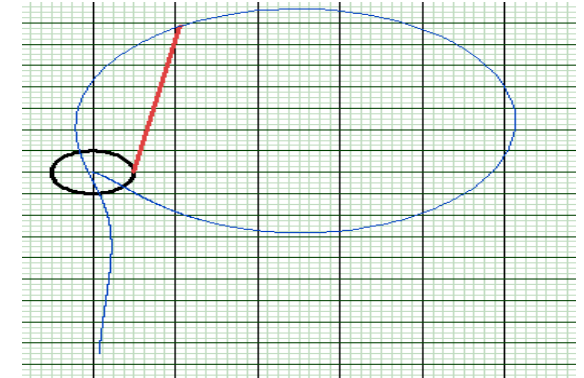
Am Beispiel eines Sperrwandlers wird ausführlich gezeigt, wie man Regelschleifen für Schaltnetzteile dimensionieren kann und damit in die Lage versetzt wird, das vollständige dynamische Verhalten schon vor dem ersten Aufbau zu kennen und zu optimieren.

Außerdem wird gezeigt, wie man auch ohne Stromschleife ein System gezielt dämpfen kann. Abschließend wird noch eine Optimierung für Sollwertsprünge vorgestellt.

**Kursmodul III:
Lösung von Stabilitätsproblemen
7. November 2024**

Kursziel

Aufbauend auf dem Kursmodul I vermittelt dieses Modul die Grundlagen, viele Tricks und Kniffe zur eleganten Lösung von Stabilitätsproblemen bei der Reihenschaltung von Schaltnetzteilen.



Moderne Stromversorgungen werden immer häufiger aus niedrigen Eingangsspannungen mit relativ hohen Strömen betrieben. Das hat zur Folge, dass die negative Eingangsimpedanz der Wandler klein wird. Es kommt deshalb häufig zu Stabilitätsproblemen, wenn diesen Wandlern ein Eingangsfilter vorgeschaltet ist. Bei konservativen Lösungen wird dafür gesorgt, dass die Ausgangsimpedanz des Filters im gesamten Frequenzbereich kleiner bleibt als die Eingangsimpedanz des Wandlers. Bei einigen Anwendungen, wie beispielsweise im Luftfahrtbereich, ist es aber nicht immer möglich die Filterimpedanz niedrig genug zu halten, da beim 400Hz Bordnetz nur relativ kleine Kapazitäten verwendet werden dürfen.

Bei neuen Schaltungstopologien werden häufig mehrere Wandler in Reihe geschaltet um kleine Ausgangsspannungen zu erhalten. Hierbei ergibt sich das Problem, dass Wandler, die für sich alleine stabil arbeiten, in dieser Anordnung aber Stabilitätsprobleme verursachen können.

Es hat sich gezeigt, dass diese Problematiken mit derselben Theorie behandelt werden können. Das geeignete Hilfsmittel dazu ist der unabhängig von LTSpice lauffähige NYQUIST Stabilitätstester.