

Handhabung

Nach dem Start des Programms erscheinen in der Kopfzeile die Menüs „Projekt“ und „Hilfe“.

Mit dem Hilfe-Menü steht ein ausführliches Hilfesystem zur Verfügung, in dem alle Programmkomponenten detailliert beschrieben sind.

Wie im Windows-Hilfesystem üblich, besteht zusätzlich die Möglichkeit, in einer alphabetischen Liste nach Stichworten zu suchen.

Im Projekt-Menü werden Projekte geöffnet, gespeichert und ausgedruckt.

Nach dem Start des Programms ist hier ein bereits bestehendes Projekt zu laden oder unter dem Menüpunkt „Öffnen“ ein neues Projekt zu beginnen.

Danach erscheinen in der Kopfzeile zusätzlich die Menüs Netzwerk, Regler, Zustandsnetz, Funktionen und Berechnung, die im folgenden näher erläutert werden.

Netzwerk

Eine elektrische Schaltung wird in Form eines idealisierten Netzwerkes modelliert, das aus einzelnen Bauelementen (Widerständen, Kondensatoren, Transistoren usw.) besteht.

Ein einfaches Netzwerk ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zu Beginn der Netzwerkeingabe sind alle Knoten zu nummerieren, wobei ein Knoten als Bezugsknoten mit der Nummer „0“ zu bezeichnen ist.

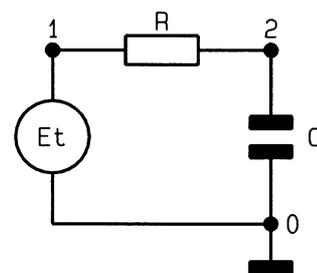


Bild 1:
Einfaches Netzwerk

Die Bauteile werden aus einer Liste ausgewählt und anschließend mit einem Namen und einem Wert versehen.

Die Position des Bauelementes im Netzwerk wird anhand der Knoten beschrieben, zwischen die das Element geschaltet ist.

Die Spannungsquelle liegt zum Beispiel zwischen den Knoten „0“ und „1“, wodurch die Position eindeutig beschrieben wird.

Das Ausgangssignal der Spannungsquelle ist anhand einer Zeitfunktion zu beschreiben.

Der Widerstand und der Kondensator sind ebenfalls mit einem Namen und einem Wert zu kennzeichnen. Die Position des Widerstandes wird durch die Knoten „1“ und „2“ und die Position des Kondensators

EASY-SIM

Simulationssoftware

Die Simulation von Schaltungen und Systemen, die aus verschiedenen Komponenten der Elektronik sowie Steuer- und Regelungstechnik bestehen, ermöglicht diese komfortable Software.

Allgemeines

Ob und wie eine Schaltung funktioniert bzw. ein System arbeitet, läßt sich in konventioneller Weise durch den praktischen Aufbau und mit entsprechenden Messungen prüfen. Besonders komfortabel sind die entsprechenden Betrachtungen jedoch auch mit einer hochwertigen Simulationssoftware am Computer möglich. Hier können in effektiver Weise schnell und umfassend sowohl Teilschaltungen und Systeme als auch komplexe Einheiten untersucht und analysiert werden.

Seitdem schnelle und leistungsfähige Rechner zu recht günstigen Kosten verfügbar sind, erleben Simulationsprogramme einen besonderen Boom. Sie dienen dem Techniker als Werkzeug, mit dem entwicklungsbegleitend gearbeitet wird; so läßt sich manch Hardwareaufbau einsparen.

2 wichtige Anforderungen sind an ein Simulationsprogramm zu stellen:

Zum einen muß das Ergebnis der Berechnungen so genau sein, daß dieses mit den Messungen an einem Probeaufbau vergleichbar ist.

Zum anderen muß die Bedienung des Simulatorprogrammes einfach und übersichtlich gestaltet sein, damit der Techniker effektiv damit arbeiten kann.

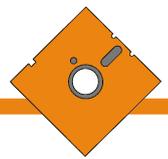
Simulationsprogramme für elektrische

Netzwerke, Regelungs- und Digitaltechnik sind in zahlreicher Form erhältlich, wobei große Spannen im Preis, im Bedienkomfort und in der Leistung bestehen.

Im vorliegenden Artikel stellen wir Ihnen mit „EASY-SIM“ eine besonders komfortable und leistungsfähige Simulationssoftware vor, die zudem leicht zu erlernen ist und besonders schnelle Simulationen ermöglicht. „EASY-SIM“ ist ein seit vielen Jahren in der Industrie und an Hochschulen erprobtes Softwarepaket, das nun auch unter Windows verfügbar ist und professionelle Simulationen bei optimierter Übereinstimmung zwischen Simulation und Praxis ermöglicht.

Im Regelfall besteht ein System aus verschiedenen Komponenten der Elektrotechnik sowie aus der Regelungs- und Steuerungstechnik. Ein solches Gesamtsystem läßt sich mit den bekannten Simulatoren nicht ohne weiteres bearbeiten. Zum Beispiel ist ein digitaler Regler mit einem Netzwerksimulator kaum zu verarbeiten, und ein analoger Regler muß in einzelne Komponenten (Operationsverstärker, Widerstände und Kondensatoren) aufgeteilt werden.

Mit „EASY-SIM“ steht ein Softwaresimulator bereit, der Gesamtsysteme bearbeiten kann, die aus den Komponenten elektrisches Netzwerk, elektrischer Antrieb, Regelungstechnik und Steuerungstechnik bestehen.



durch die Knoten „2“ und „0“ beschrieben.

Die Zahlen können in der Gleitpunkt- (z.B. 0.012) oder Exponentialschreibweise (z.B. 12E-3) eingegeben werden. Um die Werteeingabe der Bauteile im Netzwerkeditor zu erleichtern, sind die bekannten Abkürzungen (p, n, u, m, k und M) verwendbar.

Ein Kondensatorwert von 10pF darf somit als „10p“ oder „10E-12“ eingegeben werden.

Eine Besonderheit ist bei der Verwendung von Transistoren, Thyristoren und Triacs zu beachten.

Klassische Analog-Simulatoren verursachen häufig Fehler, wenn sprunghafte Änderungen von Eingangsgrößen (Rechteck- und Sägezahnsignale) im System auftreten.

Aber auch Schaltungen, deren Funktionsprinzip auf Schaltern (d.h. Schalttransistoren, Thyristoren usw.) beruht, sind mit solchen Simulationsprogrammen nur bedingt berechenbar.

Im Gegensatz dazu ist „EASY-SIM“ speziell auf solche Schaltverhalten und sprunghafte Änderungen im System optimiert und damit vielen anderen Simulatoren überlegen.

Schaltvorgänge können auf einfache Weise simuliert werden, da die Bauteile Transistor, Thyristor und Triac als Schalter realisiert sind, bei denen die Bedingung für das Durchsteuern angegeben wird.

Da diese Bauteile nicht ideal sind, ist das Schaltverhalten mit zu berücksichtigen, das in Form einer Kennlinie mit in die Berechnung einbezogen wird.

Soll ein Transistor in einer Schaltung nicht im Schaltbetrieb, sondern im linearen Betrieb arbeiten, so ist der Transistor in Form einer Ersatzschaltung in die Simulation einzubringen.

Regler

Mit diesen Modellelementen werden regelungstechnische Komponenten eines Systems nachgebildet.

Es sind insgesamt 12 verschiedene Regler wie zum Beispiel Integrator, Differenzierer und Sample and Hold vordefiniert, die ein Eingangssignal mit der Übertragungsfunktion bewerten und das Ergebnis ausgeben.

Selbstverständlich sind alle Reglerparameter vom Anwender frei wählbar.

Zusätzlich sind Summations-, Multiplikations-, Maximum- und Minimumglieder verfügbar, mit denen mehrere Eingangsgrößen miteinander verknüpft werden können.

Als weitere Option bietet das System die Möglichkeit, beliebige Regler zu realisieren, indem die linearen Übertragungsfunktionen in der Form $G(z)$ für stetige Über-

tragungsfunktionen oder $G(z)$ für zeitdiskrete Übertragungsfunktionen eingegeben werden.

Zustandsnetz

Dieses Modul realisiert beliebige Ursache-Wirkung-Beziehungen. Sie dienen dazu, während der Laufzeit der Simulation im System Änderungen hervorzurufen.

Zustandsnetze bilden logische Zusammenhänge nach, um „wenn-dann“-Aussagen mit minimalem Aufwand in die Simulation einzubringen.

Sie können zum Beispiel zur Ansteuerung von gesteuerten Bauteilen und zur Änderung von Reglerparametern genutzt werden.

Das einfachste Zustandsnetz ist in Abbildung 2 dargestellt.

Ein Zustandsnetz besteht aus Zuständen, Aktionen und Übergangsbedingungen. Die Zustände sind als Kreise dargestellt und mit z1 und z2 bezeichnet.

Jeden Zustand kann man mit Wertezuweisungen versehen, auch als „Aktionen“

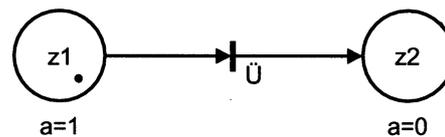


Bild 2: Einfaches Zustandsnetz

bezeichnet. Diese sind zur Ansteuerung von Bauelementen (z.B. Transistoren, Reglern usw.) nutzbar.

Im Beispiel ist dem Zustand „z1“ die Aktion $a = 1$ zugeordnet. Die Übergangsbedingung ist mit einem waagerechten Strich und einem Pfeil gekennzeichnet.

Wenn der Zustand z1 aktiv und die Übergangsbedingung „Ü“ erfüllt ist, wird in den Zustand z2 gewechselt. z1 ist dann passiv und z2 aktiv.

Der Pfeil gibt die Richtung der Zustandsänderungen an, d. h. im Beispiel kann nur von Zustand z1 nach z2 gewechselt werden, aber nicht zurück.

Zustandsnetze können beliebig erweitert und mit Verzweigungen versehen werden.

Funktionen

Das Menü ist in verschiedene Untermenüs aufgeteilt.

Das erste Untermenü „Zeitfunktionen“ beschreibt zeitabhängige Vorgänge zur Einbindung in beliebige andere Module. Sie können zum Beispiel im Netzwerk zur Steuerung von zeitabhängigen Bauelementen (z.B. Spannungsquellen) oder zur Ansteuerung von steuerbaren Elementen (z.B. Transistor) verwendet werden.

Der Simulator bietet eine Vielzahl von vordefinierten Zeitfunktionen wie z. B. Sinus, Rechteck, Dreieck und Sägezahn, wobei Amplitude, Frequenz, Phase, Wie-

derhol- und Endzeit frei wählbar sind.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Funktionen als Formel $f(t)$ oder als XY-Wertepaare einzugeben. Somit sind nahezu alle Signalformen beschreibbar.

Das Untermenü „Kennlinien“ definiert Kennlinien, die zur Beschreibung von Bauelementen erforderlich sind. Diese werden als Ersatzgerade, Exponential-Funktion, $f(x)$ oder Wertepaare frei definiert.

Im Untermenü „Zusatz-Formeln“ können Ausdrücke und Formeln eingegeben werden, die zur Simulation des Systems notwendig sind. Die Module Zeitfunktionen, Netzwerk, Regler, Zustandsnetz und Ausgaben werden nacheinander zu festen Zeitpunkten berechnet. In dem Formelfenster sind feste Einträge für die genannten Module vorhanden. Es besteht die Möglichkeit, in die Liste Formeln und Ausdrücke einzufügen, deren Bearbeitung zwischen der Berechnung der Module erfolgt.

Ausdrücke, die vor der Zeile

„— — — — t < t-end“

stehen, werden zu Beginn der Berechnung einmalig bearbeitet und dienen zur Beschreibung von Startwerten und zur Definition von Hilfsgrößen.

Zur Bildung der Formeln und Ausdrücke bietet der Formeleditor zahlreiche Optionen wie logische Operatoren und arithmetische Funktionen, die eine Vielzahl an Möglichkeiten bieten.

Damit auf alle wichtigen Werte der Systemkomponenten zugegriffen werden kann, erfolgt die Beschreibung anhand eines Namens und eines Qualifizierers, d. h. ein Widerstand ist durch seinen Namen (z.B. R1) eindeutig beschrieben.

Um nun auf den Strom oder die Spannung des Widerstandes zugreifen zu können, wird ein Qualifizierer verwendet, der mit einem Punkt an den Namen angehängt wird. Die Bezeichnung R4.I beschreibt z.B. den Strom durch den Widerstand R4 und L3.U beschreibt die Spannung an der Spule L3.

Zuweisungen können genutzt werden, um gezielt Systemkomponenten zu steuern oder zu verändern.

Die Zuweisung „st1 = R1.U < min“ weist zum Beispiel der Variable „st1“ den Wert 1 zu, wenn die Spannung am Widerstand R1 unter den Minimalwert absinkt.

Durch die Zuweisung „C.WERT = a * b“ wird die Kapazität des Kondensators während der Laufzeit durch die Multiplikation der Variablen „a“ und „b“ bestimmt.

Im letzten Untermenü „XY-Wertepaare“ können Wertepaare eingegeben und dann in einer Datei gespeichert werden. Dadurch sind beliebige funktionale Abhängigkeiten im zu berechnenden System realisierbar, die zur Definition von Kennlinien und zur Beschreibung von Zeitfunktionen dienen.

Berechnung

Im Berechnungs-Menü ist über die Option „Ausgaben“ auszuwählen, welche Systemgrößen ausgegeben werden sollen. Um die Übersichtlichkeit zu steigern, sind die Größen in verschiedenen Farben darstellbar.

Die Ausgaben erfolgen im Zeitbereich, wobei analoge und digitale Werte ausgegeben werden können.

Die Wertebereiche der x- und y-Achse der grafischen Ausgabe sind ebenfalls in diesem Menüpunkt wählbar.

Im Menüpunkt „num. Parameter“ wird die gewünschte Rechengenauigkeit vorgegeben. Durch Verkleinerung der Rechenschritte erhöht sich die Genauigkeit des Ergebnisses. Dabei ist allerdings zu beachten, daß ein erhöhter Rechenaufwand zu längeren Berechnungszeiten führt.

Im Menüpunkt „Simulation“ erfolgt dann die eigentliche Berechnung mit grafischer Ausgabe.

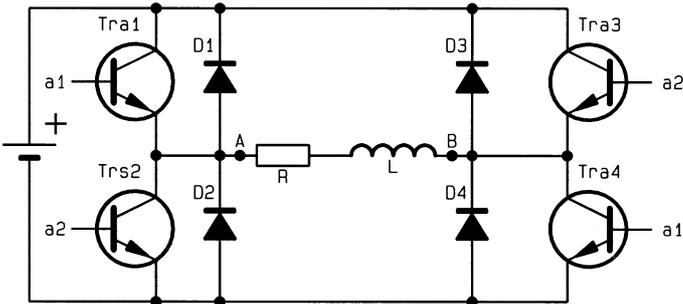
Funktionsbeispiel

Um die Funktionsweise von „EASY-SIM“ darzustellen, wollen wir als Beispiel den Einsatz des Simulators anhand einer Wechselrichterschaltung verdeutlichen, die zur Ansteuerung einer Wechselstromlast eingesetzt wird.

Das Schaltbild der Leistungsstufe ist in Abbildung 3 dargestellt.

Mit der Reihenschaltung des Widerstandes R und der Spule L an den Klemmen A und B ist die Last nachgebildet.

Durch abwechselndes Schalten der Tran-



sistorpaare Tra1, Tra4 und Tra2, Tra3 wechselt die Polarität an den Anschlüssen A und B, so daß an diesen Klemmen eine Rechteckspannung anliegt.

Durch die Induktivität L folgt der resultierende Strom der Rechteckspannung nicht, sondern bildet den Mittelwert, der sich der Sinusform nähert.

Die Reglerstufe ist als Zweipunktregler realisiert, der die Transistorpaare so schaltet, daß der resultierende Strom der Sinusform nahekommt.

Die Eingabe beginnt mit dem Öffnen einer Datei im Menü „Projekt“.

Als erstes ist die Kennlinie der verwen-

deten Transistoren einzugeben.

Dies geschieht im Menüpunkt „Kennlinien“, wo bei dem Beispiel der Typ „Ersatzgerade“ gewählt wird.

Es öffnet sich ein Zusatzfenster (siehe Abbildung 4), um der Kennlinie einen Namen zuzuordnen und um Daten einzugeben.

Als nächstes ist die Regelung zu realisieren. Diese wird nicht mit Reglerelementen aufgebaut, sondern kann in „EASY-SIM“ einfach mit Hilfe des Zustandsnetzes beschrieben werden. Das entsprechende Zustandsnetz ist in Abbildung 5 dargestellt.

Zu Beginn ist der Zustand „PLUS“ aktiv. Seine Aktion schaltet die Transistoren Tra1 und Tra4 durch (positive Spannung zwischen den Punkten A und B). Steigt der

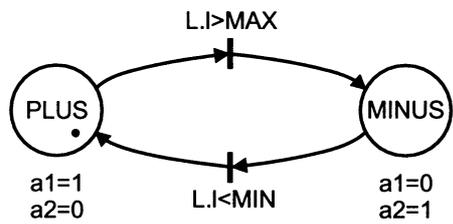


Bild 5: Zustandsnetz zur Beschreibung der Wechselrichteransteuerung

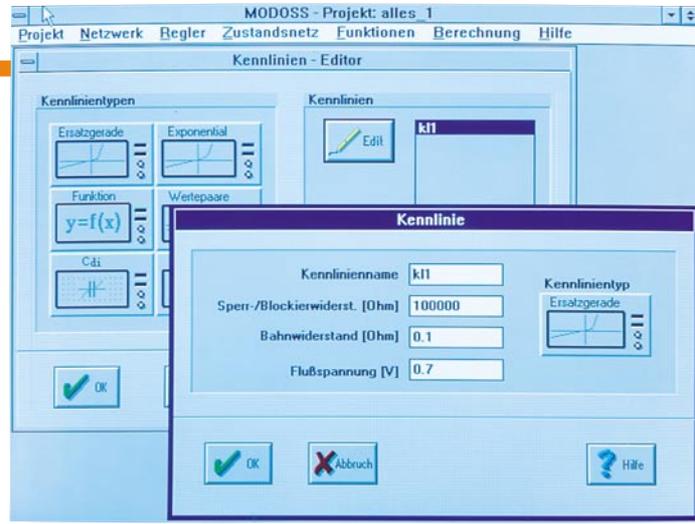


Bild 4: Editor zur Beschreibung von Kennlinien

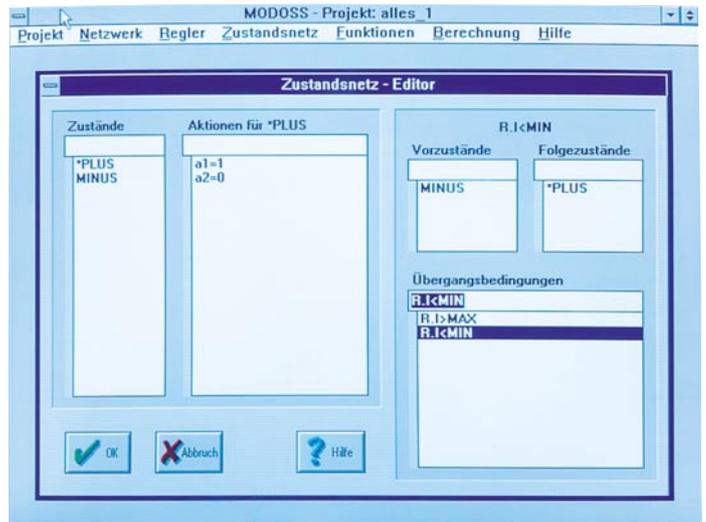


Bild 6: Editor zur Eingabe eines Zustandsnetzes

Strom über das erlaubte Maximum ($L.I > MAX$), dann wird der Zustand „MINUS“ aktiv. Die dadurch angesteuerten Transistoren Tra2 und Tra3 kehren die Spannung an den Punkten A und B um. Unterschreitet der Laststrom die zulässige Grenze ($L.I < MIN$), so wird wieder der Zustand „PLUS“ aktiv usw.

Die Eingabe des Zustandsnetzes erfolgt im Menüpunkt „Zustandsnetz“ (siehe Abbildung 6).

Im Fenster „Zustände“ sind die Zustände einzugeben, wobei der Anfangszustand mit einem Stern zu kennzeichnen ist.

Zu jedem Zustand werden im Fenster „Aktionen“ die zugehörigen Werte zuweisungen eingetragen. Diese dienen später zum Beschreiben der Ansteuerungen der Transistoren.

Im Fenster „Übergangsbedingungen“ sind die Bedingungen einzutragen, bei denen die Zustände gewechselt werden.

In den Fenstern „Vorzustände“ und „Folgezustände“ sind die dazugehörigen Zustände aufzuführen.

Nun folgt die Eingabe der Schaltung im Menüpunkt „Netzwerk“, wo die einzelnen Bauteile aus einer Liste ausgewählt werden.

Zu jedem ausgewählten Bauelement öffnet sich ein Zusatzfenster, in dem eine Bezeichnung, die Position und zusätzliche Parameter einzugeben sind.

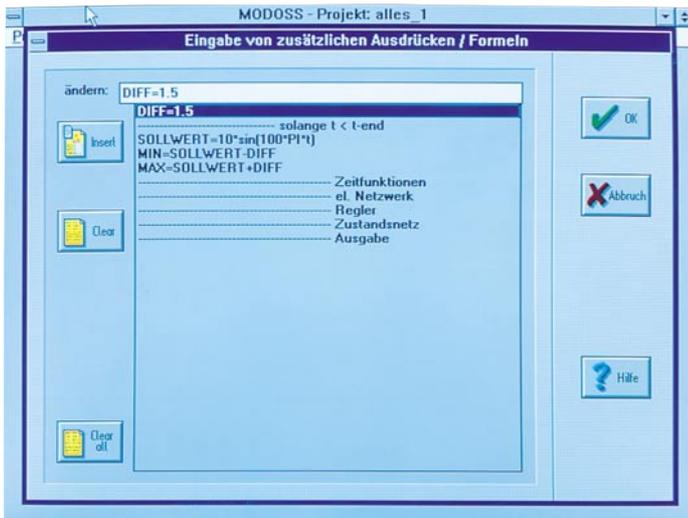
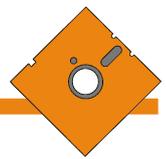


Bild 7: Eingabe von Zusatz-Formeln

Das Titelfoto zeigt das Zusatzfenster zum Transistor Tra4. Dem Bauteil wird eine Bezeichnung zugeordnet und die Position anhand der Knotennummern im Netzwerk beschrieben. Zusätzlich muß die Kennlinie des Transistors angegeben werden. Hier ist die Bezeichnung der zuvor definierten Kennlinie anzugeben.

Als nächstes erfolgt die Eingabe der Ansteuerung. Sie bestimmt, wann der Transistor durchgesteuert ist. Für den Transistor Tra4 wird hier die Ansteuerung über das Signal a1 gewählt, das zuvor im Zustandsnetz definiert wurde.

Den Abschluß bildet die Eingabe der Zusatzformeln (siehe Abbildung 7).

Hier werden die Sinusform des Ausgangssignals und die Minimal- und Maximalwerte für die Regelung definiert.

Der Sollwert ist in der Formel-Schreibweise mit „SOLLWERT = 10 * sin (100 * PI * t)“ dargestellt.

Die Minimal- und Maximalwerte werden beschrieben, indem zum Sollwert eine Differenz addiert oder davon subtrahiert wird.

Damit sind die Eingaben abgeschlossen, und es folgt die Simulation.

Dazu ist im Menü „Berechnung“ das Untermenü „Ausgabe“ anzuwählen. In diesem Fenster (siehe Abbildung 8) ist der Wertebereich der grafischen Ausgabe festzulegen. Über eine ASCII-Datei können die Simulationsergebnisse gespeichert werden, damit diese für weitere Berechnungen zur Verfügung stehen.

Sind alle Vorgaben gemacht, wird im Menü „Berechnung“ der Unterpunkt „Simulation“ angewählt. Es folgt nun die Berechnung mit gleichzeitiger Ausgabe auf dem Bildschirm (siehe Abbildung 9).

Zu sehen sind hier die Minimal- und Maximalwerte des Ausgangsstroms, die als rote und grüne Verläufe dargestellt sind. Der Istwert des Stromes durch die Last ist

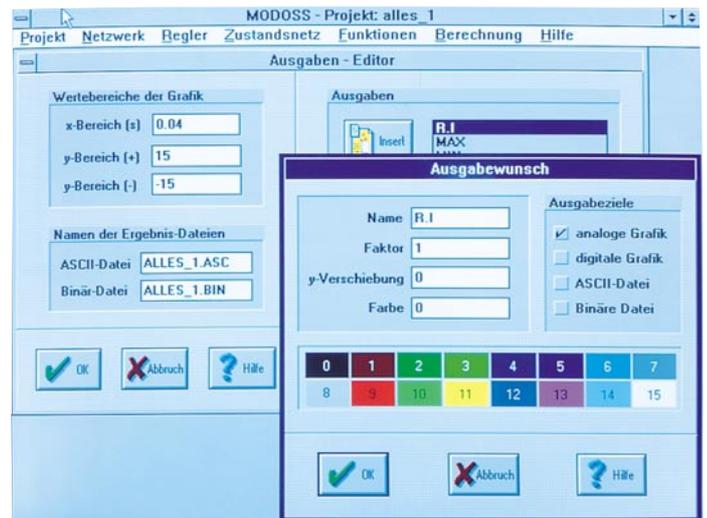


Bild 8: Wahl der Ausgabegrößen für die Simulation

als schwarze Funktion gezeigt.

Das Beispiel ist bereits unter dem Projektnamen „ALLES_1.PRO“ im Unterverzeichnis „BEISPIEL“ gespeichert und kann mit der Light- oder Masterversion von „EASY-SIM“ bearbeitet werden.

Light- und Master-Version

Mit dem Simulator „EASY-SIM“ steht dem Entwickler ein leistungsfähiges Software-Werkzeug zur Verfügung, das die Arbeiten im Entwicklungslabor aber auch im Test- und Prüffeld und bei der Fehlersuche ganz entscheidend unterstützen und vereinfachen kann.

Um einem möglichst großen Anwenderkreis die Möglichkeiten von EASY-SIM

Gleichstrom-Nebenschlußmotors und Harvariesimulationen mit Asynchronmaschine (Beispiele im Benutzerhandbuch) sind mit der Light-Version zu bearbeiten und zeigen, daß z. B. Studenten und private Nutzer vielfältige Systeme modellieren und berechnen können.

Die Master-Version hat keine Begrenzungen bezüglich der Anzahl der verschiedenen Modellelemente, was dem konsequent objektorientierten „Innenleben“ von EASY-SIM zu verdanken ist. Zusätzlich sind lizenzierte Anwender der Master-Version zur Nutzung der von Profis geführten Hotline berechtigt.

Abschließend sei noch die interessante Möglichkeit angesprochen, daß im Bereich der industriellen Nutzung der Master-Ver-

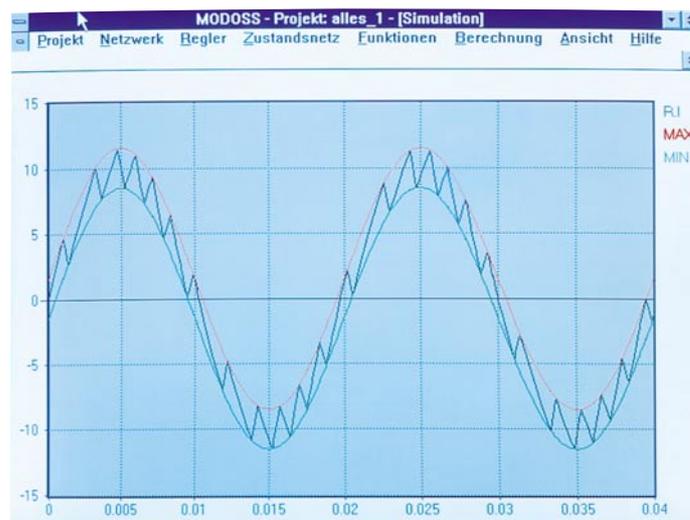


Bild 9: Ergebnis der Simulation

zu erschließen, steht eine Light-Version mit besonders günstigem Preis-/Leistungsverhältnis zur Verfügung. Sie unterscheidet sich nur quantitativ von der Master-Version für den professionellen Industrie-einsatz. Systeme wie das vorgestellte Wechselrichter-Beispiel, die Regelung eines

das Softwarepaket in Absprache mit dem Entwickler und Urheber von „EASY-SIM“ individuell den Kundenwünschen angepaßt werden kann, so daß auch ganz spezielle elektronische und zum Teil auch mechanische Komponenten mit hoher Präzision simulierbar sind.

ELV