

4 Visualisierung

Die Möglichkeiten eines Menschen, einen Sachverhalt zu erfassen, sind sehr stark von dem Medium abhängig, über das ihm der Zusammenhang nahe gebracht wird. Beim Medium Papier gibt es drei Darstellungsformen: Text, Formeln und Bilder. Welche Form die geeignete ist, hängt stark von der Art des Sachverhalts ab. Bei Gesetzen wird Text verwendet. Wenn man an die Erbfolge denkt, wäre dagegen ein Diagramm sicher besser geeignet. Für die Politik ist die Karikatur eine eindrucksvolle Darstellung. Mathematische Zusammenhänge stellt man einfach in Formeln dar, technische Sachverhalte erklärt man am besten anhand von Bildern. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, solche Bilder zu gestalten. Fotografien und Konstruktionszeichnungen will ich hier nicht behandeln, sondern Schaltpläne und Diagramme, die der Elektrotechnik angepasst sind. Ich beschränke mich dabei auf die Beschreibung von elektrischen Schaltungen. Anordnungen von elektrotechnischen Geräten betrachte ich nicht.

4.1 Schaltpläne

Eine elektrische Schaltung besteht aus Bauelementen, das sind: Spannungsquellen, Stromquellen, Widerstände, Spulen, Kondensatoren, Transformatoren, Dioden, Transistoren usw. Wir verwenden nur die ersten fünf, sie werden elektrisch verknüpft.

Das Gebilde, das dann entsteht, ist eine *elektrische Schaltung*. Sie lässt sich gut in einem *Schaltplan* darstellen (**Bild 4.1**). Die einzelnen Bauelemente

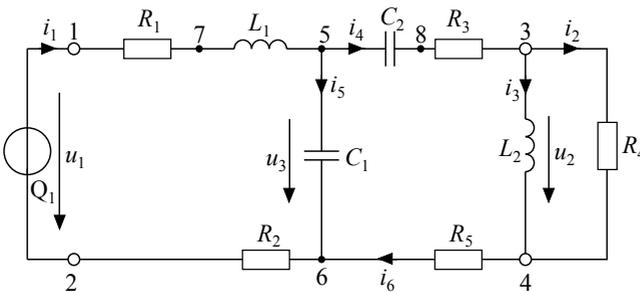


Bild 4.1 Schaltplan eines Netzes mit sieben Knoten

werden benannt Q_1, R_1, C_1 usw. Weiterhin werden ihnen bestimmte Werte zugeordnet, z. B.

$$u_1 = u_{Q1} = 5 \text{ V} \cdot \sin(314 \text{ s}^{-1} t)$$

$$R_1 = 6 \Omega \quad C_1 = 1 \mu\text{F}$$

Stehen die Werte im Vordergrund, sind die Bezeichnungen Formelzeichen und werden kursiv geschrieben. Steht das Element im Vordergrund, schreibt man sie gerade.

Die Verknüpfung der Bauelemente erfolgt in Knoten, die ebenfalls gekennzeichnet werden, z. B. durch einen Punkt. Außerdem werden sie bezeichnet, z. B. durch eine Zahl. Knoten, die eine hervorgehobene Bedeutung haben, sind besonders zu kennzeichnen, z. B. durch Kreise.

Aufgabe 4.1

Geben Sie die gewöhnlichen Gleichungen und Differentialgleichungen der in Bild 4.1 dargestellten Schaltung an! Unterscheiden Sie dabei zwischen den Gleichungen, die ein Element beschreiben, und denen, die die Verknüpfung zwischen den Elementen herstellen!

4.2 Gleichungen

In der vorherigen Aufgabe haben Sie die Beschreibungsgleichungen der Schaltung in Bild 4.1 aufgestellt. Es handelt sich dabei um gewöhnliche Gleichungen und Differentialgleichungen erster Ordnung, z. B.

$$u_{17} = R_1 \cdot i_1$$

$$u_{75} = L_1 \frac{di_1}{dt} \tag{4.1}$$

Die Lösung der Gleichungen liefert Zeitfunktionen für die einzelnen Größen i und u . Neben der Darstellung eines Netzes durch Differentialgleichungen gibt es noch die Operatordarstellung; bei ihr wird d/dt durch das Formelzeichen s ersetzt. Zur Lösung kann man dann die *Laplace-Transformation* anwenden, die nicht zu den Grundlagen gehört. Interessiert man sich für den ausgeglichenen Zustand, so bietet sich die komplexe Rechnung an. Bei ihr wird anstelle des Differentialquotienten d/dt bzw. des Operators s der Operator $j\omega$ gesetzt; es entstehen dann Gleichungen der Form

$$\underline{U}_{12} = R_1 \underline{I}_1$$

$$\underline{U}_{75} = L_1 \cdot j \omega \underline{I}_1 = j \omega L_1 \underline{I}_1 = j X_1 \underline{I}_1 = \underline{Z}_1 \underline{I}_1 \quad (4.2)$$

Wird nur mit einer festen Frequenz, z. B. der Netzfrequenz, gearbeitet, rechnet man mit Reaktanzen X . Steht das Verhalten der Schaltung bei veränderlichen Frequenzen im Vordergrund, behält man den Ausdruck $j\omega L$ bei.

Transformation

Die Beschreibung in Form von Differentialgleichungen (Gl. (4.1)) erfolgt im Zeitbereich, die Beschreibung in Form von komplexen Größen (Gl. (4.2)) im Frequenzbereich. Beim Übergang von einer Darstellungsform in die andere spricht man von einer *Transformation*. Der Zeitbereich wird oft als *Originalbereich* und der transformierte Bereich als *Bildbereich* bezeichnet.

Aufgabe 4.2

Geben Sie die komplexen Beschreibungsgleichungen der Schaltung in Bild 4.1 an!

Die mathematischen Beschreibungen der Schaltung im Zeit- oder Frequenzbereich sind vollständig. Man kann also aus ihnen auch den Schaltplan in Bild 4.1 ableiten. Versuchen Sie es!

4.3 Blockschaltbilder

Die grafische Darstellung des Schaltplans in Bild 4.1 und die Gleichungssysteme, die Sie in den beiden Aufgaben aufgestellt haben, sind vom Informationsgehalt her gleichwertig und deshalb auch ineinander überführbar. Um jemanden, gegebenenfalls mithilfe seines Rechners, in die Lage zu versetzen, die Gleichung zu lösen, sind Rechenanweisungen notwendig. Diese geben beispielsweise die Reihenfolge an, nach der ein Rechenprogramm die einzelnen Gleichungen behandeln soll. Eine Darstellung, die dies liefert, ist das aus der Regelungstechnik stammende *Blockschaltbild*. In **Bild 4.2** ist ein solches für die Schaltung aus Bild 4.1 angegeben; es enthält folgende Elemente:

Eingänge: Die Eingänge eines Blocks sind durch Pfeile gekennzeichnet, die auf den Block hinweisen. Summierer haben mehrere Eingänge.