

10 Vierpoltheorie

10.1 Grundlegende Zusammenhänge der Vierpoltheorie

Aufgabe der Vierpoltheorie

Elektrische Schaltungen zur Übertragung von Energien oder zur Verarbeitung von Informationen sind in den meisten Fällen „Zweitore“ oder „Vierpole“, also Schaltungen mit zwei Eingangsklemmen und zwei Ausgangsklemmen. Sie erhalten die Energie bzw. die Information von einem Netzwerk, das an den Eingang des Vierpols geschaltet ist und durch einen aktiven Zweipol ersetzt werden kann. Sie geben die Energie bzw. die Information an ein Netzwerk weiter, das an den Ausgang des Vierpols geschaltet ist und durch einen passiven Zweipol ersetzt werden kann.



Bild 10.1
Prinzipielle
Vierpolschaltung

Beispiel: Empfangseinrichtung einer Nachrichten-Übertragung

aktiver Zweipol:	Antenne
Vierpol:	Übertragungsstrecke mit Verstärkern
passiver Zweipol:	Endgerät, z. B. Lautsprecher

Vierpolschaltungen findet man in vielen Anwendungsbereichen der Nachrichten- und Schaltungstechnik, z. B. bei

- Transformatoren und Übertragern,
- Filter- und Siebschaltungen,
- Verstärkerschaltungen mit Transistoren und Röhren,
- Oszillatorschaltungen und
- Leitungen.

Für derartige Schaltungen gibt es unter bestimmten Voraussetzungen allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten, die unter dem Begriff „Vierpoltheorie“ zusammengefasst sind. Mit Hilfe dieser Theorie ist es möglich, das Übertragungsverhalten von Vierpolen allgemeingültig zu beschreiben, Vierpolschaltungen zu analysieren, Vierpolschaltungen für vorgegebene Kenngrößen zu entwickeln (Vierpolsynthese) und die Vierpole in Zusammenschaltung ihrer elektrischen Umgebung zu erfassen.

Voraussetzungen für eine allgemeingültige Behandlung von Vierpolschaltungen sind die Linearität und die Stabilität der Vierpole:

„Lineare Vierpole“ sind Schaltungen mit strom- und spannungsunabhängigen ohmschen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten und mit Transistoren und Röhren, deren Kennlinien in Bereichen linear angenommen werden.

„Stabile Vierpole“ liegen vor, wenn ohne anliegende Spannungen die Ströme des Vierpols Null sind. Strom- oder Spannungsquellen dürfen sich also nicht unabhängig verändern, sondern müssen von anliegenden Spannungen oder Strömen gesteuert sein.

Wie im vorigen Kapitel beschrieben, lassen sich periodische und aperiodische Größen durch Summen von sinusförmigen Größen mit diskreten und kontinuierlichen Spektren darstellen. Deshalb kann sich die Vierpoltheorie auf die Behandlung sinusförmiger Ströme und Spannungen beschränken, die nach den Erfahrungen mit der „Symbolischen Methode“ im Kapitel 4 im Band 2 selbstverständlich im Bildbereich erfolgt. Die Vierpol-schaltung mit den sinusförmigen Eingangsgrößen u_1 , i_1 und den sinusförmigen Ausgangsgrößen u_2 , i_2 wird also in komplexen Effektivwerten mit den im Bild 10.2 festgelegten Richtungen angegeben.

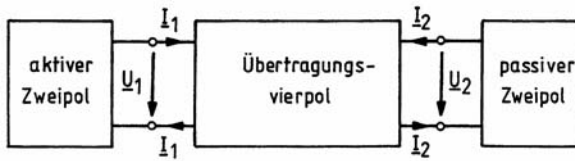


Bild 10.2
Prinzipielle Vierpolschaltung im Bildbereich

Diese Richtungsdefinitionen sind in der nachrichtentechnischen Literatur üblich. Autoren der theoretischen Elektrotechnik bevorzugen die umgekehrte Richtung des Ausgangsstroms I_2 , so dass bei der Übernahme von Ergebnissen auf Vorzeichen zu achten ist. Welchen Einfluss geänderte Richtungen von Strömen und Spannungen auf Größen haben, die den Vierpol beschreiben, wird später erläutert.

Ist bei einem Vierpol eine Eingangsklemme mit einer Ausgangsklemme durch eine durchgehende Leitung verbunden, dann handelt es sich um den Sonderfall eines Vierpols, den Dreipol, der genauso wie ein echter Vierpol behandelt wird (z. B. Transistor).

Ehe auf Einzelheiten von Vierpolschaltungen eingegangen werden kann, sollen die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen den Betriebskenngrößen, den Vierpolzusammenschaltungen, den Vierpolgleichungen, den Vierpolparametern und den Ersatzschaltungen erläutert werden.

Betriebskenngrößen von Vierpolschaltungen

Die Energieübertragung erfolgt also vom aktiven Zweipol (Sender) über den Übertragungs-vierpol zum passiven Zweipol (Empfänger). Diese normale Betriebsschaltung heißt „Vorwärtsbetrieb“, wobei der aktive Zweipol häufig als Ersatzstromquelle angenommen und der passive Zweipol durch einen Leitwert ersetzt wird:

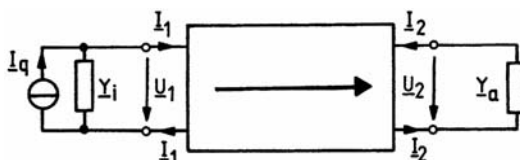


Bild 10.3
Vierpolschaltung im Vorwärtsbetrieb