

11. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, welche Störkräfte wesentlichen Einfluß auf die Schaltsicherheit von direktgesteuerten Wegeventilen der Nenngröße 10 haben. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, daß bei mit Gleichspannungsmagneten betätigten Ventilen in erster Linie Feder- und Strömungskräfte Bedeutung haben und daß insbesondere die hydraulischen Klemmkräfte nur in Sonderfällen eine Rolle spielen.

Für die Berechnung des Strömungskraftverlaufes als Funktion der Steuerkantenöffnung konnten einfache Gleichungen gefunden werden, bei denen davon ausgegangen wird, daß im betrachteten System bis zum Auftreten des Strömungskraftmaximums eine Konstantdruck- und danach eine Konstantstromquelle vorliegt. Aus dem Gleichungssystem läßt sich auch die dem Strömungskraftmaximum zugeordnete Steuerkantenöffnung ermitteln.

Die Höhe der Strömungskräfte hängt u.a. von der zu schaltenden hydraulischen Last ab. Maßgebend für die Strömungskraft an einer Kante sind der effektive Förderstrom und die maximal anliegende Druckdifferenz. Förderstrom und Druckdifferenz können durch eine auf den Verbraucher einwirkende externe Kraft vergrößert oder verkleinert werden. Die zahlreichen möglichen Lastarten wurden auf nur drei Lastfälle reduziert.

Da sich die Steuerkanten eines Ventils beim Schalten in einem kleinen Bereich der Steuerkolbenauslenkung wie stetig veränderliche hydraulische Widerstände verhalten, läßt sich für jeden beliebigen Schaltungstyp ein Widerstandsersatzschaltbild angeben. Die Analyse der Widerstandsersatzschaltbilder ergab, daß diese auf nur vier Grundsaltungen zurückgeführt werden können.

Die Berechnung der Strömungskraftmaxima bei den vier Grundschaltungen und den verschiedenen Lastfällen zeigte charakteristische Unterschiede:

Bei Ventilen mit in Mittelstellung positiven Überdeckungen treten Strömungskräfte gegen die Magnetkraft auf, die Strömungskräfte bei Ventilen mit in Nullstellung negativen Überdeckungen wirkt zusätzlich zur Magnetkraft. Der kritische Schaltvorgang für diese Ventile ist das von der Feder vorgenommene Zurückschalten des Ventilkolbens in die Mittelstellung. Gezielte Versuche bestätigen die Berechnung der Strömungskraftmaxima bei den Grundschaltungen und verschiedenen Lastfällen.

Die meisten Schaltungstypen sind Kombinationen aus den vier Grundschaltungen. Durch geeignete Dimensionierung der positiven und negativen Überdeckungen ist eine Reduzierung der Strömungskraftmaxima möglich, wie ein Berechnungsbeispiel aufzeigt.

Mit Hilfe eines Rechnerprogramms und mit aus Versuchen ermittelten Kennlinien für Durchflußbeiwerte und Strömungswinkel an technischen 90° -Steuerkanten konnte der Verlauf der Strömungskräfte bei einem ausgeführten Ventil mit guter Näherung bestimmt werden.

Den Feder- und Strömungskräften steht die Magnetkraft gegenüber. Über die Schaltsicherheit von Wegeventilen geben die gemessenen statischen Kraft-Hub-Kennlinien der Magnete Auskunft. Für die Schaltgeschwindigkeit und damit für die tatsächliche Gesamtschaltzeit sind der Verlauf des Stellkraftbedarfes und die gemessenen dynamischen Kraft-Hub-Kennlinien von Bedeutung.

Ein aus der Literatur bekanntes numerisches Näherungsverfahren zur Berechnung der Gesamtschaltzeit eines Magneten bei konstanter Gegenkraft wurde für einen besonders un-

günstigen Stellkraftverlauf modifiziert:

Tritt zusätzlich zur Federkraft eine Strömungskraft gegen die Bewegungsrichtung des Magneten auf, so ist eine u.U. erhebliche von der Höhe der Strömungskraft abhängige Schaltzeitverlängerung die Folge. Die Übereinstimmung der nach dem modifizierten Näherungsverfahren berechneten Schaltzeitverlängerung mit gemessenen Werten kann als gut bezeichnet werden.