FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2497

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
vom Minister für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau

Prof. Dr. -Ing. Wolfgang Backe
Dr. -Ing. Dipl. -Wirtsch. -Ing. Helmut Tatar

Institut für hydraulische und
pneumatische Antriebe und Steuerungen
der Rhein. -Westf. Techn. Hochschule Aachen

Untersuchung des Einflusses
von Störkräften auf den Schaltvorgang
bei Wegeventilen der Hydraulik

Westdeutscher Verlag 1975

© 1975 by Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

ISBN-13: 978-3-531-02497-4 e-ISBN-13: 978-3-322-88292-9
DOI: 10.1007/978-3-322-88292-9

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Seite

Verwendete Kurzbezeichnungen

1.	Einleitung	1
1.1	Stand der Technik	2
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Bei Wegeventilen auftretende Störkräfte	4
2.	Systematik der Strömungskräfte bei verschiedenen Wegeventil-Schaltungstypen	5
2.1	Berechnung der stationären Strömungskraft an einer Steuerkante	5
2.2	Elemente für die Erstellung von Widerstandersatzschaltbildern und untersuchte Lastfälle	6
2.3	Widerstandersatzschaltbilder zur Berechnung der Strömungskraft bei verschiedenen Schaltungstypen	7
2.3.1	Symmetrisch aufgebaute Ventile	8
2.3.2	Unsymmetrisch aufgebaute Ventile	11
2.4	Grundsaltungen für die Erstellung komplexer Ersatzschaltbilder	13
2.4.1	Grundsaltung 1: Einlaßkante und Verbraucher sind hintereinander geschaltet	13
2.4.2	Grundsaltung 2: Verbraucher und Auslaßkante sind hintereinander geschaltet	13
2.4.3	Grundsaltung 3: Einlaßkante, Verbraucher und Auslaßkante sind hintereinander geschaltet	14
2.4.4	Grundsaltung 4: Schließende Steuerkante bzw. Steuerkanten und Verbraucher bilden eine Parallelschaltung zweier bzw. dreier Widerstände	14
2.4.5	Kombinationen der Grundsaltungen	14
3.	Berechnung der Strömungskräfte bei den Grundtypen und Kombinationen aus diesen Typen	15
3.1	Grundtyp 1	15
3.1.1	Berechnung des Strömungskraftmaximums bei Grundsaltung 1	15

	<u>Seite</u>
3.1.2	Berechnung des Strömungskraftmaximums bei Grundschtaltung 2 17
3.1.3	Berechnung des Strömungskraftmaximums bei Grundschtaltung 3 19
3.2	Grundtyp 2 23
3.2.1	Berechnung des Extremwertes der Strömungskraft bei Grundtyp 2 24
3.3	Aus den Grundschtaltungen kombinierte Ersatzschaltbilder 25
3.3.1	Berechnung des Strömungskraftverlaufes bei Ventiltyp 6 26
3.3.2	Verminderung des Stellkraftbedarfes beim Zurückschalten des Ventiltyps 6 in Nullstellung 26
4.	Messung und Berechnung der stationären Strömungskräfte bei ausgeführten Schaltungstypen 30
4.1	Gemessene Stellkraftverläufe bei verschiedenen Ventiltypen 33
4.1.1	Stellkraftverläufe bei Ventiltyp 2 33
4.1.2	Stellkraftverläufe bei Ventiltyp 3 34
4.1.3	Stellkraftverläufe bei Ventiltyp 5 35
4.1.4	Stellkraftverläufe bei Ventiltyp 6 35
4.2	Berechnung des Strömungskraftverlaufes bei Grundschtaltung 1 und scharfen Steuerkanten 35
4.2.1	Der Strömungswinkel bei scharfen Steuerkanten 36
4.2.2	Durchfluß und Differenzdruck an einer Steuerkante 36
5.	Durchflußbeiwert und Strömungswinkel für die untersuchten Ventile mit rechtwinkligen Steuerkanten 42
6.	Experimentelle Ermittlung der Strömungskräfte für verschiedene Grundschtaltungen und Lastfälle 44
7.	Dynamische Strömungskräfte 47
8.	Hydraulische Klemmkräfte 50
9.	Messung statischer und dynamischer Kraft-Hub-Kennlinien von Gleichspannungsmagneten 55

		<u>Seite</u>
9.1	Statische Kennlinien von Gleichspannungsmagneten	55
9.2	Dynamische Kennlinien von Gleichspannungsmagneten	56
10.	Schaltzeiten bei Wegeventilen mit Gleichspannungsmagneten	57
11.	Einschaltvorgänge bei Wegeventilen mit Wechselspannungsmagneten	63
11.1	Statische Kennlinien von Wechselspannungsmagneten	63
11.2	Dynamische Kraftverläufe bei Wechselspannungsmagneten	65
12.	Zusammenfassung	70
	Literaturverzeichnis	72
	Bilderliste	76

Zeichenerklärung

(Bezeichnungen von örtlicher Bedeutung werden an der Stelle ihrer Verwendung erläutert)

1. Bezeichnungen, Formelzeichen

A	Strömungsquerschnitt
A_{Ring}	Ringfläche
A_1	Kolbenringfläche
A_2	Kolbenringfläche
a	Übersetzungsverhältnis am Verbraucher
B_{DR}	Durchflußkennwert
B	Flußdichte (Scheitelwert)
b	Drosselexponent
b_n	Ringnutbreite des Gehäuses
b_{St}	Stegbreite des Kolbens
c_{Fed}	Federkonstante
D	Bohrungsdurchmesser
E	Ersatzkompressionsmodul
F	Kraft
F_{ax}	Stationäre Strömungskraft
F_{Fed}	Federkraft
F_{max}	Strömungskraftmaximum
F_{um}	Umfangskraft
F_v	Federvorspannkraft
F_w	Widerstandskraft
G	Hydraulischer Leitwert
I	elektr. Strom: Gleichstrom; Effektivwert
i	elektr. Strom: Augenblickswert
I_E	Eintretender Impuls
I_A	Austretender Impuls

2. Indices

A	Arbeitsanschluß A
AT	zwischen Anschluß A und T
B	Arbeitsanschluß B
BTB	vom Arbeitsanschluß B zum Tankanschluß T bei B
DBV	Druckbegrenzungsventil
DR	Drossel
dyn	dynamisch
eff	effektiv
ext	von außen einwirkend
F _e	Eisen
Fed	Feder
L	Last
PB	zwischen Anschluß P und B
stat	stationär
um	auf Umfang wirkend
vol	volumetrisch
1, 2, 3, 4	Steuerkanten

L	Induktivität
R	Ohm'scher Widerstand
U	elektr. Spannung: Gleichspannung; Effektivwert
u	elektr. Spannung: Augenblickswert
w	Windungszahl
α_D	Durchflußbeiwert
α'_D	Durchflußbeiwert, der zusätzliche Verluste im Ventil berücksichtigt
α	Schaltwinkel
γ	Spez. Gewicht des Öles
δ	Luftspalt
η_{vol}	Volumetrischer Wirkungsgrad
μ_0	Induktionskonstante
μ_r	Reibbeiwert
ν	Kinematische Zähigkeit des Öles
ξ	Widerstandsbeiwert
$\emptyset$	Magnetischer Fluß (Scheitelwert)
φ	Phasenverschiebung