

Inhalt

1 Einführung

1.1 Begriffe	1
1.2 Aufbau und Funktion ölhydraulischer Antriebe	2
1.3 Technische Eigenschaften ölhydraulischer Antriebe.	5
1.3.1 Grundlegende Eigenschaften	5
1.3.2 Systemeigenschaften ölhydraulischer und elektrischer Antriebe.	6
1.3.3 Physikalische Analogien Ölhydraulik – Elektrik	6
1.4 Historische und wirtschaftliche Entwicklung der Ölhydraulik	7
1.5 Normung in der Ölhydraulik	11
1.5.1 Normungsziele	11
1.5.2 Trend zu internationalen Normen	11
1.5.3 Grafische Symbole für Schaltpläne	12
Literaturverzeichnis	16

2 Physikalische Grundlagen ölhydraulischer Systeme

2.1 Grundlagen über Druckflüssigkeiten	17
2.1.1 Aufgaben und Anforderungen	17
2.1.2 Arten und Stoffdaten	18
2.1.3 Physikalisches Verhalten	24
2.1.3.1 Viskositätsverhalten	24
2.1.3.2 Dichte-Verhalten	28
2.1.3.3 Temperaturverhalten bei adiabater Druckänderung	29
2.1.3.4 Luftaufnahmevermögen	30
2.2 Grundlagen aus der Hydrostatik	31
2.2.1 Hydrostatisches Verhalten von Flüssigkeiten	31
2.2.2 Energiewandlung mit Kolben und Zylinder.	31
2.2.3 Energiewandlung mit rotierendem Verdränger	33
2.3 Grundlagen aus der Hydrodynamik	34
2.3.1 Kontinuitätsgleichung	34
2.3.2 Bernoulli'sche Bewegungsgleichung	35
2.3.3 Druckverlust in Rohrleitungen	36
2.3.3.1 Grundlegende Betrachtungen	36
2.3.3.2 Laminare Rohrströmung	38
2.3.3.3 Turbulente Rohrströmung.	41
2.3.4 Druckverlust in Krümmern und Leitungselementen	43
2.3.5 Strömungsmechanik hydraulischer Widerstände	45
2.3.6 Leckölverlust durch Spalte	47
2.3.7 Kraftwirkung strömender Flüssigkeiten, Druckstöße	49
2.4 Tragende Ölfilme.	51
Literaturverzeichnis	54

3 Energiewandler für stetige Bewegung (Hydropumpen und -motoren)

3.1 Axialkolbenmaschinen	57
3.1.1 Schrägachsenmaschinen	60
3.1.2 Schrägscheibenmaschinen	63
3.1.3 Taumelscheibenmaschinen	65
3.1.4 Berechnung der Axialkolbenmaschinen	65
3.2 Radialkolbenmaschinen	67
3.2.1 Maschinen mit Außenabstützung	67
3.2.2 Maschinen mit Innenabstützung	68
3.2.3 Berechnung von Radialkolbenmaschinen	69
3.3 Zahnrad- und Zahnringmaschinen	69
3.3.1 Außenzahnradmaschinen	69
3.3.2 Innenzahnradmaschinen	71
3.3.3 Zahnringmaschinen	72
3.3.4 Berechnung von Zahnrad- und Zahnringmaschinen	72
3.4 Flügelzellenmaschinen	73
3.4.1 Einhubige Maschinen	74
3.4.2 Mehrhubige Maschinen	74
3.4.3 Berechnung von Flügelzellenmaschinen	75
3.5 Sperr- und Rollflügelmaschinen	75
3.5.1 Sperrflügelmaschinen	75
3.5.2 Rollflügelmaschinen	76
3.5.3 Berechnung von Sperr- und Rollflügelmaschinen	76
3.6 Schraubenmaschinen	77
3.7 Übersicht zur Auswahl von Verdrängermaschinen	77
3.8 Betriebsverhalten von Verdrängermaschinen	81
3.8.1 Wirkungsgrade und Kennlinienfelder	81
3.8.2 Förderstrom- und Druckpulsation	88
3.8.3 Pulsationsdämpfung	91
Literaturverzeichnis	94

4 Energiewandler für absätzig Bewegung (Hydrozylinder, Schwenkmotoren)

4.1 Einfach wirkende Zylinder	97
4.1.1 Plunger- oder Tauchkolbenzylinder	97
4.1.2 Normaler einfach wirkender Zylinder	97
4.1.3 Mehrfach- oder Teleskopzylinder	98
4.2 Doppelt wirkende Zylinder	99
4.2.1 Zylinder mit einseitiger Kolbenstange (Differenzialzylinder)	99
4.2.2 Zylinder mit zweiseitiger Kolbenstange (Gleichlaufzylinder)	102
4.3 Endlagendämpfung und Einbau von Hydrozylindern	102
4.3.1 Endlagendämpfung	102
4.3.2 Einbau von Hydrozylindern	103

4.4 Schwenkmotoren	104
4.4.1 Schwenkmotoren mit mechanischer Übersetzung	104
4.4.2 Schwenkmotoren mit direkter Beaufschlagung	105
Literaturverzeichnis	105
5 Geräte zur Energiesteuerung und -regelung (Ventile)	
5.1 Betätigungsmittel für Ventile	107
5.1.1 Übersicht	107
5.1.2 Schaltende elektromechanische Wandler	108
5.1.3 Proportional wirkende elektromechanische Wandler	109
5.1.3.1 Geschichtliche Entwicklung	109
5.1.3.2 Torque-Motoren	110
5.1.3.3 Tauchspulen	111
5.1.3.4 Proportionalmagnete	112
5.1.3.5 Piezo-Aktoren	114
5.2 Wegeventile	115
5.2.1 Konstruktive Gestaltung des mechanischen Kernbereiches	115
5.2.2 Nicht drosselnde Wegeventile einschließlich Ansteuerung	120
5.2.2.1 Direkt betätigte nicht drosselnde Wegeventile	120
5.2.2.2 Über Vorsteuerventil betätigte nicht drosselnde Wegeventile	120
5.2.3 Drosselnde Wegeventile	122
5.2.3.1 Mechanisch betätigte drosselnde Wegeventile	123
5.2.3.2 Elektromechanisch betätigte Proportional-Wegeventile	124
5.2.4 Betriebsverhalten von Wegeventilen	128
5.2.4.1 Druckabfall in Wegeventilen	128
5.2.4.2 Statisches u. dyn. Verhalten von prop. wirkenden Wegeventilen	129
5.3 Sperrventile	132
5.3.1 Einfache Rückschlagventile	132
5.3.2 Entsperrbare Rückschlagventile	133
5.3.3 Drosselrückschlagventile	133
5.4 Druckventile	134
5.4.1 Druckbegrenzungsventile	134
5.4.2 Druckverhältnisventile	136
5.4.3 Folgeventile	136
5.4.4 Druckregel- oder Druckreduzierventile	137
5.4.5 Differenzdruckregelventile	137
5.4.6 Kombinierte Druckventile	138
5.4.7 Proportional-Druckventile	140
5.4.8 Betriebsverhalten von Druckventilen	140
5.5 Stromventile	142
5.5.1 Drosselventile	142
5.5.2 Stromregelventile	143
5.5.3 Stromteilventile	145
5.5.4 Proportional-Stromventile	145
5.5.5 Betriebsverhalten von Stromventilen	146

5.6 2-Wege-Einbauventile	149
5.7 Ventilanschlüsse und Verknüpfungsarten	153
Literaturverzeichnis	157

6 Elemente und Geräte zur Energieübertragung

6.1 Verbindungselemente	159
6.1.1 Rohr- und Schlauchleitungen	159
6.1.2 Rohr- und Schlauchverbindungen	162
6.2 Dichtungen	164
6.2.1 Statische Dichtungen	165
6.2.2 Dynamische Dichtungen	165
6.2.3 Betriebsverhalten von Dichtungen	167
6.3 Ölbehälter	168
6.3.1 Anforderungen	168
6.3.2 Offene Ölbehälter	168
6.3.3 Geschlossene Ölbehälter	169
6.4 Filter	170
6.4.1 Verschmutzungsbewertung, Filterfeinheit, Anforderungen	170
6.4.2 Filterelemente	172
6.4.3 Filteranordnung, Filterbauarten, Betriebsverhalten	173
6.5 Hydrospeicher	175
6.5.1 Aufgaben und Anforderungen	175
6.5.2 Speicherbauarten und Faustwerte	176
6.5.3 Berechnung von Speichern	178
6.5.4 Sicherheitsbestimmungen	179
6.6 Wärmetauscher	180
6.6.1 Heizer (Vorwärmer)	180
6.6.2 Kühler	181
6.7 Schalt- und Messgeräte, Sensoren	182
Literaturverzeichnis	186

7 Steuerung und Regelung hydrostatischer Antriebe

7.1 Bedeutung, Begriffe, Vorteile	188
7.2 Übertragungsverhalten von Elementen und Systemen	190
7.3 Methoden zur Veränderung des Volumenstroms	191
7.3.1 Konstantpumpen mit Drosselsteuerungen	191
7.3.2 Geschaltete parallele Konstantpumpen	192
7.3.3 Konstantpumpen mit stufenlos verstellbarem Antrieb	193
7.3.4 Verstellpumpen	193
7.4 Steuerung mit Verstellpumpen	194
7.4.1 Grundlagen	194
7.4.2 Steuerungsarten	194

7.5 Regelung mit Verstellpumpen	199
7.5.1 Grundlagen.	199
7.5.2 Regelungsarten	199
7.5.2.1 Druckregelungen	199
7.5.2.2 Volumenstromregelungen	202
7.5.2.3 Leistungsregelungen	203
7.5.2.4 Kombinierte Regelungen	203
7.6 Steuerung und Regelung mit Stellmotoren.	204
Literaturverzeichnis	206

8 Planung, Berechnung und Betrieb hydraulischer Anlagen

8.1 Grundschriftpläne	208
8.1.1 Elementare Grundfragen der Schaltungstechnik	208
8.1.2 Grundordnung der Kreislaufsysteme	212
8.1.3 Systemvergleich für drei Kreislaufsysteme	218
8.1.4 Weitere Grundschriftpläne	219
8.1.4.1 Grundschriftpläne für einzelne Verbraucher	219
8.1.4.2 Grundschriftpläne für mehrere Verbraucher.	223
8.2 Anlagenplanung und Berechnungsbeispiele	228
8.2.1 Konzept- und Entwurfsphase	228
8.2.2 Typische Arbeitsdrücke der Ölhydraulik.	229
8.2.3 Funktionsdiagramme und Berechnungsbeispiele	230
8.3 Wärmetechnische Auslegung	235
8.3.1 Thermodynamische Grundlagen	235
8.3.2 Erwärmungsverlauf mit Berechnungsbeispiel	237
8.4 Überlegungen zum Bau geräuscharmer Anlagen	241
Literaturverzeichnis	244

9 Anwendungsbeispiele

9.1 Stufenlose hydrostatische Getriebe.	247
9.1.1 Direkte stufenlose hydrostatische Fahrtriebe.	247
9.1.2 Stufenlose hydrostatische Fahrtriebe mit Leistungsverzweigung	252
9.2 Hydrostatische Hilfskraftlenkungen	255
9.3 Hydraulik in mobilen Arbeitsmaschinen	259
9.4 Hydraulik in Straßenfahrzeugen	266
9.5 Hydraulik in großen Flugzeugen	268
9.6 Hydraulik in stationären Maschinen	270
9.7 Energie sparen durch Hydraulik	275
Literaturverzeichnis	284

Kurzaufgaben	287
-------------------------------	-----

Namensliste zu den neun Literaturverzeichnissen	292
---	-----

Sachwortverzeichnis	293
-------------------------------	-----