

Inhalt

1 Einführung

1.1	Begriffe	11
1.2	Aufbau und Funktion ölhydraulischer Antriebe	12
1.3	Technische Eigenschaften ölhydraulischer Antriebe	15
1.4	Geschichtliche Entwicklung der Ölhydraulik	16

2 Grundlagen für Entwicklung und Betrieb ölhydraulischer Antriebe

2.1	Grundlagen über Druckflüssigkeiten	20
2.1.1	Aufgaben und Anforderungen	20
2.1.2	Arten und Stoffdaten	21
2.1.3	Physikalisches Verhalten	24
	2.1.3.1 Viskositätsverhalten. 2.1.3.2 Dichteverhalten.	
	2.1.3.3 Luftaufnahmevermögen	
2.2	Grundlagen aus der Hydrostatik	31
2.2.1	Hydrostatisches Verhalten von Flüssigkeiten	31
2.2.2	Energiewandlung mit Kolben und Zylinder	32
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. 2.3.3.2 Laminare Rohr-	
	strömung. 2.3.3.3 Turbulente Rohrströmung	
2.3.4	Druckverlust in Krümmern und Leitungselementen	43
2.3.5	Druckverlust in Ventilen und Geräten	46
2.3.6	Volumenstrom durch Drosseln	46
2.3.7	Leckölverlust durch Spalte	48
2.3.8	Kraftwirkung strömender Flüssigkeiten	49
2.4	Grundlagen aus der Gleitlagertechnik	50
2.5	Schaltzeichen	53

3 Energiewandler für stetige Bewegung (Hydropumpen und -motoren)

3.1	Axialkolbenmaschinen	59
3.1.1	Schrägachsenmaschinen	59
3.1.2	Schrägscheibenmaschinen	62
3.1.3	Taumelscheibenmaschinen	64
3.1.4	Berechnung von Axialkolbenmaschinen	65

3.2	Radialkolbenmaschinen	68
3.2.1	Innenbeaufschlagte Maschinen	68
3.2.2	Außenbeaufschlagte Maschinen	70
3.2.3	Berechnung von Radialkolbenmaschinen	70
3.3	Zahnrad- und Zahnringmaschinen	71
3.3.1	Außenzahnradmaschinen	71
3.3.2	Innenzahnradmaschinen	73
3.3.3	Zahnringmaschinen	74
3.3.4	Berechnung von Zahnrad- und Zahnringmaschinen	75
3.4	Flügelzellenmaschinen	75
3.4.1	Einhubige Maschinen	76
3.4.2	Mehrhubige Maschinen	76
3.4.3	Berechnung von Flügelzellenmaschinen	77
3.5	Sperr- und Rollflügelmaschinen	77
3.5.1	Sperrflügelmaschinen	77
3.5.2	Rollflügelmaschinen	78
3.5.3	Berechnung von Sperr- und Rollflügelmaschinen	78
3.6	Schraubenmaschinen	79
3.7	Betriebsverhalten von Verdrängermaschinen	80
3.7.1	Betriebseigenschaften der Bauarten	80
3.7.2	Wirkungsgrade und Kennlinienfelder	80
3.7.3	Förderstrom- und Druckpulsation	88
3.7.4	Pulsationsdämpfung	92

4 Energiewandler für absätzigte Bewegung (Hydrozylinder, Schwenkmotoren)

4.1	Einfachwirkende Zylinder	96
4.1.1	Plunger- oder Tauchkolbenzylinder	96
4.1.2	Normaler einfachwirkender Zylinder	96
4.1.3	Mehrfach- oder Teleskopzylinder	97
4.2	Doppeltwirkende Zylinder	99
4.2.1	Zylinder mit zweiseitiger Kolbenstange (Gleichlaufzylinder)	99
4.2.2	Zylinder mit einseitiger Kolbenstange (Differentialzylinder)	100
4.3	Detailgestaltung und Einbau von Hydrozylindern	101
4.3.1	Endlagendämpfung	101
4.3.2	Einbau von Hydrozylindern	102
4.4	Schwenkmotoren	102
4.4.1	Schwenkmotoren mit mechanischer Übersetzung	103
4.4.2	Schwenkmotoren mit direkter Beaufschlagung	104

5 Elemente und Geräte zur Energiesteuerung und -regelung (Ventile)

5.1	Betätigungsmittel für Ventile	105
5.1.1	Übersicht	105
5.1.2	Schaltende elektromechanische Wandler	107

5.1.3	Proportionalwirkende elektromechanische Wandler	109
5.1.3.1	Geschichtliche Entwicklung. 5.1.3.2 Torque-Motoren.	
5.1.3.3	Tauchspulen. 5.1.3.4 Proportionalmagnete	
5.2	Wegeventile.	114
5.2.1	Konstruktive Gestaltung	114
5.2.2	Nichtdrosselnde Wegeventile	118
5.2.2.1	Direkt betätigte nichtdrosselnde Wegeventile. 5.2.2.2	
	Über Vorsteuerventil betätigte nichtdrosselnde Wegeventile	
5.2.3	Drosselnde Wegeventile	120
5.2.3.1	Mechanisch betätigte drosselnde Wegeventile. 5.2.3.2	
	Elektromechanisch betätigte proportionalwirkende Wegeventile	
5.2.4	Betriebsverhalten von Wegeventilen	126
5.2.4.1	Druckabfall in Wegeventilen. 5.2.4.2 Statisches und	
	dynamisches Verhalten von proportionalwirkenden Wegeventilen	
5.3	Sperrventile	131
5.3.1	Einfache Rückschlagventile	132
5.3.2	Entsperrbare Rückschlagventile.	132
5.3.3	Drosselrückschlagventile	132
5.4	Druckventile	133
5.4.1	Druckbegrenzungsventile	134
5.4.2	Druckverhältnisventile (Druckstufenventile)	135
5.4.3	Folgeventile (Zuschaltventile)	136
5.4.4	Druckregel- oder Druckreduzierventile (Druckminderventile) . .	137
5.4.5	Differenzdruckregelventile (Druckgefälleventile)	137
5.4.6	Verhältnisdruckregelventile (Druckverhältnisventile).	138
5.4.7	Kombinierte Druckventile	138
5.4.8	Proportional-Druckventile	140
5.4.9	Betriebsverhalten von Druckventilen	141
5.5	Stromventile	143
5.5.1	Drosselventile	143
5.5.2	Stromregelventile	144
5.5.3	Stromteilventile	146
5.5.4	Proportional-Stromventile	147
5.5.5	Betriebsverhalten von Stromventilen	148
5.6	2-Wege-Einbauventile	149
5.7	Ventilanschluß- und Verknüpfungsarten	154

6 Elemente und Geräte zur Energieübertragung

6.1	Verbindungselemente	156
6.1.1	Rohr- und Schlauchleitungen	156
6.1.2	Rohr- und Schlauchverbindungen	159
6.2	Dichtungen	160
6.2.1	Statische Dichtungen	160
6.2.2	Dynamische Dichtungen	161

6.2.3	Betriebsverhalten von Dichtungen	162
6.3	Ölbehälter	163
6.3.1	Allgemeines	163
6.3.2	Offene Ölbehälter	163
6.3.3	Geschlossene Ölbehälter	164
6.4	Filter	165
6.4.1	Allgemeines	165
6.4.2	Filterelemente	166
6.4.3	Einsatzarten und Filterbauarten	167
6.5	Hydrospeicher	169
6.5.1	Allgemeines	169
6.5.2	Speicherbauarten	169
6.5.3	Berechnung von Speichern	171
6.5.4	Sicherheitsbestimmungen	173
6.6	Wärmetauscher	174
6.6.1	Heizer (Vorwärmer)	174
6.6.2	Kühler	174
6.7	Schalt- und Meßgeräte	176

7 Steuerung und Regelung hydrostatischer Antriebe

7.1	Allgemeines	178
7.2	Methoden zur Veränderung des Volumenstroms	179
7.2.1	Verwendung von Doppel- oder Mehrfachpumpen	180
7.2.2	Verwendung von Konstantpumpe und Drosselventil	181
7.2.3	Verwendung von verstellbaren Verdrängermaschinen	183
7.3	Steuerung mit Verstellpumpen	185
7.3.1	Grundlagen	185
7.3.2	Steuerungsarten	186
	7.3.2.1 Mechanische und elektrische Steuerungen. 7.3.2.2	
	Hydraulische Steuerungen. 7.3.2.3 Kombinierte Steuerungen	
7.4	Regelung mit Verstellpumpen	192
7.4.1	Grundlagen	192
7.4.2	Regelungsarten	193
	7.4.2.1 Druckregelungen. 7.4.2.2 Stromregelungen. 7.4.2.3	
	Leistungsregelungen. 7.4.2.4 Kombinierte Regelungen	

8 Planung und Betrieb hydrostatischer Anlagen

8.1	Schaltungsbeispiele	200
8.1.1	Schaltungen für einzelne Verbraucher	201
8.1.2	Schaltungen für mehrere Verbraucher	204
8.1.3	Systemschaltungen	207
8.2	Planung und Berechnung	211

8 Inhalt

8.2.1	Bestimmung der Grunddaten	212
8.2.1.1	Planungsschritte. 8.2.1.2 Funktionsdiagramme.	
8.2.1.3	Antriebsart und Betriebsdruck. 8.2.1.4 Planungs-	
	beispiel	
8.2.2	Leistungsfluß und Wirkungsgrade	222
8.2.3	Wärmetechnische Auslegung.	223
8.2.3.1	Grundlagen. 8.2.3.2 Erwärmungsverlauf. 8.2.3.3 Be-	
	rechnungsbeispiel	
8.3	Überlegungen zum Betriebsverhalten	229
8.3.1	Schwingungs- und Kavitationerscheinungen	229
8.3.2	Eigenschaften der Druckflüssigkeit	230
8.3.3	Sonstige Einflüsse	231

9 Anwendungsbeispiele

9.1	Hydrostatische Getriebe	232
9.2	Sekundäreregelte hydrostatische Antriebe	236
9.3	Hydraulik in mobilen Arbeitsmaschinen	242
9.4	Hydraulik in stationären Arbeitsmaschinen	255

Normen und Richtlinien	261
----------------------------------	-----

Literaturverzeichnis	263
--------------------------------	-----

Sachverzeichnis	267
---------------------------	-----