



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
05.10.94 Patentblatt 94/40

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01F 7/16**

②① Anmeldenummer : **91111897.4**

②② Anmeldetag : **17.07.91**

⑤④ **Magnetsystem.**

③⑩ Priorität : **28.07.90 DE 4024054**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
05.02.92 Patentblatt 92/06

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
05.10.94 Patentblatt 94/40

⑥④ Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-A- 3 230 162
DE-A- 3 237 532
DE-A- 3 239 153
DE-A- 3 921 151

⑦③ Patentinhaber : **ROBERT BOSCH GMBH**
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart (DE)

⑦② Erfinder : **Graner, Jürgen, Dipl.-Ing.**
Grossachsenheimer Strasse 19
W-7126 Sersheim (DE)
Erfinder : **Kubach, Hans, Dipl.-Ing.**
Bahnhofstrasse 47
W-7154 Hemmingen (DE)
Erfinder : **Kirchner, Marcel, Dipl.-Ing. (FH)**
Schwarenbergstrasse 147
W-7000 Stuttgart (DE)
Erfinder : **Bantleon, Günther, Dipl.-Ing.**
Hohenstaufenstrasse 2
W-7335 Salach (DE)

EP 0 469 385 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Magnetsystem für Magnetventile zur Steuerung von Flüssigkeiten, insbesondere für Kraftstoffeinspritzventile, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Zum Beispiel in der DE 39 21 151 A1 (nicht vorveröffentlicht) ist ein solches Magnetsystem für ein Kraftstoffeinspritzventil angegeben (vergl. Fig. 3), das zur Verdeutlichung seines prinzipiellen Aufbaus in Fig. 1 skizziert ist.

Das bekannte Magnetsystem gemäß Fig. 1 weist einen Elektromagneten 1 mit einer Erregerspule 2 auf, die einen einen Magnetpol mit Polfläche bildenden zylindrischen Magnetkern 3 umgibt. Koaxial zum Magnetkern 3 ist die Erregerspule 2 von einem Magnetgehäuse 4 umschlossen, das einerseits über ein Rückschlußjoch 5 an der von der Polfläche abgekehrten Stirnseite des Magnetkerns 3 und andererseits über einen Ringsteg 6 mit magnetischer Engstelle 7 nahe der Polfläche des Magnetkerns 3 mit diesem magnetisch leitend verbunden ist. Auf dem Ringsteg 6 sitzt koaxial zum Magnetkern 3 ein dünner, scheibenförmiger Permanentmagnet 8, der von einem ringförmigen Polplättchen 9 abgedeckt ist. Dem von dem Magnetkern 3 gebildeten Magnetpol liegt ein Anker 10 gegenüber, der sich teilweise über das Polplättchen 9 erstreckt und zur Polfläche einen Arbeitsluftspalt 11 ausbildet. Die Anordnung des Permanentmagneten 8 und die Durchflutung der Erregerspule 2 ist so getroffen, daß die Magnetflüsse von Permanentmagnet 8 und Elektromagnet 1 im Arbeitsluftspalt 11 einander entgegengerichtet sind. Der mit dem Ventilglied des Magnetventils fest verbundene Anker 10 ist freifliegend ausgebildet. Bei unerregtem Elektromagneten 1 wird er von dem Permanentmagneten 8 entgegen dem in der Ventilkammer auf das Ventilglied wirkenden hydraulischen Druck am Magnetkern 3 angezogen gehalten. Mit Erregung des Elektromagneten 1 wird der Magnetfluß des Permanentmagneten 8 im Arbeitsluftspalt 11 geschwächt, so daß dessen auf den Anker 10 wirkende Haltekraft soweit abnimmt, bis der Anker 10 aufgrund der hydraulischen Gegenkraft vom Magnetkern 3 abhebt und dadurch das Ventil öffnet.

Der von der Erregerspule 2 erzeugte Magnetfluß ist in Fig. 1 mit ϕ_E und der vom Permanentmagnet 8 erzeugte Magnetfluß mit ϕ_P bezeichnet. Deutlich ist zu erkennen, daß der Magnetfluß ϕ_E , sich über Anker 10, Arbeitsluftspalt 11, Magnetkern 3, Rückschlußjoch 5, Magnetgehäuse 4, Permanentmagnet 8 und Polplättchen 9 in zwei zur Achse des Magnetsystems symmetrischen Magnetkreisen ausbildet. Da der Permanentmagnet 8 eine Permeabilität wie die von Luft hat, erzeugt er in dem Magnetkreis des Elektromagneten 1 einen relativ hohen magnetischen Widerstand, der durch erhöhte Ansteuerleistung der Erregerspule kompensiert werden muß. Zur Reduzierung des magnetischen Widerstandes macht man daher die Querschnittsfläche des Permanentmagneten 8 relativ groß, während sich die dadurch geringe mögliche Dicke des Permanentmagneten 8 aus der erforderlichen magnetischen Spannung und der möglichst großen Koerzitivfeldstärke ergibt. Wegen seiner größeren Fläche werden auch die Wirbelstromverluste in dem Permanentmagneten 8 größer. Dünne, große Permanentmagnete 8 sind bei ihrer Bearbeitung einer erheblichen Bruchgefahr ausgesetzt, was die Herstellungskosten beträchtlich erhöht. Zur Reduzierung der Wirbelstromverluste ist der Permanentmagnet 8 aus Kobalt-Samarium hergestellt, das relativ niederohmig ist, dafür allerdings sehr spröde, so daß die Bruchgefahr bei der Magnetbearbeitung noch weiter verstärkt wird. Wie bereits erwähnt, wird der freifliegende Anker 10 ausschließlich von dem auf das Ventilglied des Magnetventils wirkenden hydraulischen Gegendruck vom Magnetpol abgehoben. Der hydraulische Gegendruck nimmt während der Öffnungsphase des Magnetventils stark ab und wird teilweise sogar negativ. Daher wäre zum sicheren Offenhalten des Ventils eine umpolende Magnetkraft erwünscht. Auch bei Umkehrung des Magnetflusses im Anker 10 ist dies unmöglich, da die Magnetkraft proportional zu $(\phi_P - \phi_E)^2$ ist, also proportional zum Quadrat der Magnetflußdifferenz.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Magnetsystem mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß der Magnetkreis des Elektromagneten sich nunmehr über den Gegenpol, den zweiten Arbeitsluftspalt, den Anker, den ersten Arbeitsluftspalt, den Magnetkern, das Rückschlußjoch und das Magnetgehäuse schließt und damit der Permanentmagnet mit seinem großen magnetischen Widerstand nicht mehr im Magnetkreis des Elektromagneten liegt. Dadurch wird einerseits die Ansteuerleistung für den Elektromagneten geringer, insbesondere bei vom Permanentmagneten abgefallenen Anker, und andererseits eine größere Freiheit in der Dimensionierung des Permanentmagneten und in dessen Materialauswahl gewonnen. Der Permanentmagnet braucht nicht mehr nach dem Gesichtspunkt des minimierten magnetischen Widerstandes bemessen zu werden. Der Permanentmagnet kann damit dicker gemacht werden, so daß seine Bruchfestigkeit vergrößert wird. Als Magnetmaterial kann anstelle des bisher wegen seines geringen Temperaturkoeffizienten der Remanenz verwendeten Kobalt-Samarium jetzt auch Eisen-Neodym verwendet werden, das bei vergleichbarer magnetischer Energie etwa doppelt so hochohmig ist und wegen seines hohen Temperaturkoeffizienten der Remanenz bisher nicht in Betracht gezogen wurde. Eisen-Neodym ist nicht so spröde wie Kobalt-Samarium

und läßt sich besser verarbeiten. Insgesamt läßt sich bei dem erfindungsgemäßen Magnetsystem der Permanentmagnet wesentlich kostengünstiger fertigen.

Bei der konstruktiven Ausbildung des erfindungsgemäßen Magnetsystems mit Gegenpol und zweitem Arbeitsluftspalt wird mit Erregung des Elektromagneten auf den Anker eine Abhebekraft ausgeübt, die der Anzugskraft des Permanentmagneten entgegengerichtet ist. Wie Fig. 3 zeigt, nimmt die auf den Anker wirkende Anzugskraft von Permanentmagnet und Elektromagnet (bei konstantem Arbeitsluftspalt) mit zunehmender Erregung des Elektromagneten ab und wird schließlich negativ, so daß der Anker nicht nur vom Hydraulikdruck im Magnetventil vom Magnetpol abgezogen wird, sondern zusätzlich durch eine elektromagnetisch erzeugte Abhebekraft. Diese negative Magnetkraft ist bei der Verwendung des Magnetsystems in Hydraulikventilen, insbesondere Kraftstoffeinspritzventilen, erwünscht, da bei diesen der über das Ventilglied auf den Anker wirkende hydraulische Druck während des Öffnungshubs des Magnetsystems sehr klein wird und nicht mehr ausreichend ist, den Anker in einer definierten Endlage, in welcher das Magnetventil definiert geöffnet ist, zu halten. Diese "negative Anzugskraft" auf den Anker wird ohne Stromumkehr in der Erregerspule des Elektromagneten erzeugt, so daß ein Eingriff in die Steuerelektronik nicht erforderlich ist. Bei abgeschalteter Magnet-
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55
 60
 65
 70
 75
 80
 85
 90
 95
 100
 105
 110
 115
 120
 125
 130
 135
 140
 145
 150
 155
 160
 165
 170
 175
 180
 185
 190
 195
 200
 205
 210
 215
 220
 225
 230
 235
 240
 245
 250
 255
 260
 265
 270
 275
 280
 285
 290
 295
 300
 305
 310
 315
 320
 325
 330
 335
 340
 345
 350
 355
 360
 365
 370
 375
 380
 385
 390
 395
 400
 405
 410
 415
 420
 425
 430
 435
 440
 445
 450
 455
 460
 465
 470
 475
 480
 485
 490
 495
 500
 505
 510
 515
 520
 525
 530
 535
 540
 545
 550
 555
 560
 565
 570
 575
 580
 585
 590
 595
 600
 605
 610
 615
 620
 625
 630
 635
 640
 645
 650
 655
 660
 665
 670
 675
 680
 685
 690
 695
 700
 705
 710
 715
 720
 725
 730
 735
 740
 745
 750
 755
 760
 765
 770
 775
 780
 785
 790
 795
 800
 805
 810
 815
 820
 825
 830
 835
 840
 845
 850
 855
 860
 865
 870
 875
 880
 885
 890
 895
 900
 905
 910
 915
 920
 925
 930
 935
 940
 945
 950
 955
 960
 965
 970
 975
 980
 985
 990
 995
 1000
 1005
 1010
 1015
 1020
 1025
 1030
 1035
 1040
 1045
 1050
 1055
 1060
 1065
 1070
 1075
 1080
 1085
 1090
 1095
 1100
 1105
 1110
 1115
 1120
 1125
 1130
 1135
 1140
 1145
 1150
 1155
 1160
 1165
 1170
 1175
 1180
 1185
 1190
 1195
 1200
 1205
 1210
 1215
 1220
 1225
 1230
 1235
 1240
 1245
 1250
 1255
 1260
 1265
 1270
 1275
 1280
 1285
 1290
 1295
 1300
 1305
 1310
 1315
 1320
 1325
 1330
 1335
 1340
 1345
 1350
 1355
 1360
 1365
 1370
 1375
 1380
 1385
 1390
 1395
 1400
 1405
 1410
 1415
 1420
 1425
 1430
 1435
 1440
 1445
 1450
 1455
 1460
 1465
 1470
 1475
 1480
 1485
 1490
 1495
 1500
 1505
 1510
 1515
 1520
 1525
 1530
 1535
 1540
 1545
 1550
 1555
 1560
 1565
 1570
 1575
 1580
 1585
 1590
 1595
 1600
 1605
 1610
 1615
 1620
 1625
 1630
 1635
 1640
 1645
 1650
 1655
 1660
 1665
 1670
 1675
 1680
 1685
 1690
 1695
 1700
 1705
 1710
 1715
 1720
 1725
 1730
 1735
 1740
 1745
 1750
 1755
 1760
 1765
 1770
 1775
 1780
 1785
 1790
 1795
 1800
 1805
 1810
 1815
 1820
 1825
 1830
 1835
 1840
 1845
 1850
 1855
 1860
 1865
 1870
 1875
 1880
 1885
 1890
 1895
 1900
 1905
 1910
 1915
 1920
 1925
 1930
 1935
 1940
 1945
 1950
 1955
 1960
 1965
 1970
 1975
 1980
 1985
 1990
 1995
 2000
 2005
 2010
 2015
 2020
 2025
 2030
 2035
 2040
 2045
 2050
 2055
 2060
 2065
 2070
 2075
 2080
 2085
 2090
 2095
 2100
 2105
 2110
 2115
 2120
 2125
 2130
 2135
 2140
 2145
 2150
 2155
 2160
 2165
 2170
 2175
 2180
 2185
 2190
 2195
 2200
 2205
 2210
 2215
 2220
 2225
 2230
 2235
 2240
 2245
 2250
 2255
 2260
 2265
 2270
 2275
 2280
 2285
 2290
 2295
 2300
 2305
 2310
 2315
 2320
 2325
 2330
 2335
 2340
 2345
 2350
 2355
 2360
 2365
 2370
 2375
 2380
 2385
 2390
 2395
 2400
 2405
 2410
 2415
 2420
 2425
 2430
 2435
 2440
 2445
 2450
 2455
 2460
 2465
 2470
 2475
 2480
 2485
 2490
 2495
 2500
 2505
 2510
 2515
 2520
 2525
 2530
 2535
 2540
 2545
 2550
 2555
 2560
 2565
 2570
 2575
 2580
 2585
 2590
 2595
 2600
 2605
 2610
 2615
 2620
 2625
 2630
 2635
 2640
 2645
 2650
 2655
 2660
 2665
 2670
 2675
 2680
 2685
 2690
 2695
 2700
 2705
 2710
 2715
 2720
 2725
 2730
 2735
 2740
 2745
 2750
 2755
 2760
 2765
 2770
 2775
 2780
 2785
 2790
 2795
 2800
 2805
 2810
 2815
 2820
 2825
 2830
 2835
 2840
 2845
 2850
 2855
 2860
 2865
 2870
 2875
 2880
 2885
 2890
 2895
 2900
 2905
 2910
 2915
 2920
 2925
 2930
 2935
 2940
 2945
 2950
 2955
 2960
 2965
 2970
 2975
 2980
 2985
 2990
 2995
 3000
 3005
 3010
 3015
 3020
 3025
 3030
 3035
 3040
 3045
 3050
 3055
 3060
 3065
 3070
 3075
 3080
 3085
 3090
 3095
 3100
 3105
 3110
 3115
 3120
 3125
 3130
 3135
 3140
 3145
 3150
 3155
 3160
 3165
 3170
 3175
 3180
 3185
 3190
 3195
 3200
 3205
 3210
 3215
 3220
 3225
 3230
 3235
 3240
 3245
 3250
 3255
 3260
 3265
 3270
 3275
 3280
 3285
 3290
 3295
 3300
 3305
 3310
 3315
 3320
 3325
 3330
 3335
 3340
 3345
 3350
 3355
 3360
 3365
 3370
 3375
 3380
 3385
 3390
 3395
 3400
 3405
 3410
 3415
 3420
 3425
 3430
 3435
 3440
 3445
 3450
 3455
 3460
 3465
 3470
 3475
 3480
 3485
 3490
 3495
 3500
 3505
 3510
 3515
 3520
 3525
 3530
 3535
 3540
 3545
 3550
 3555
 3560
 3565
 3570
 3575
 3580
 3585
 3590
 3595
 3600
 3605
 3610
 3615
 3620
 3625
 3630
 3635
 3640
 3645
 3650
 3655
 3660
 3665
 3670
 3675
 3680
 3685
 3690
 3695
 3700
 3705
 3710
 3715
 3720
 3725
 3730
 3735
 3740
 3745
 3750
 3755
 3760
 3765
 3770
 3775
 3780
 3785
 3790
 3795
 3800
 3805
 3810
 3815
 3820
 3825
 3830
 3835
 3840
 3845
 3850
 3855
 3860
 3865
 3870
 3875
 3880
 3885
 3890
 3895
 3900
 3905
 3910
 3915
 3920
 3925
 3930
 3935
 3940
 3945
 3950
 3955
 3960
 3965
 3970
 3975
 3980
 3985
 3990
 3995
 4000
 4005
 4010
 4015
 4020
 4025
 4030
 4035
 4040
 4045
 4050
 4055
 4060
 4065
 4070
 4075
 4080
 4085
 4090
 4095
 4100
 4105
 4110
 4115
 4120
 4125
 4130
 4135
 4140
 4145
 4150
 4155
 4160
 4165
 4170
 4175
 4180
 4185
 4190
 4195
 4200
 4205
 4210
 4215
 4220
 4225
 4230
 4235
 4240
 4245
 4250
 4255
 4260
 4265
 4270
 4275
 4280
 4285
 4290
 4295
 4300
 4305
 4310
 4315
 4320
 4325
 4330
 4335
 4340
 4345
 4350
 4355
 4360
 4365
 4370
 4375
 4380
 4385
 4390
 4395
 4400
 4405
 4410
 4415
 4420
 4425
 4430
 4435
 4440
 4445
 4450
 4455
 4460
 4465
 4470
 4475
 4480
 4485
 4490
 4495
 4500
 4505
 4510
 4515
 4520
 4525
 4530
 4535
 4540
 4545
 4550
 4555
 4560
 4565
 4570
 4575
 4580
 4585
 4590
 4595
 4600
 4605
 4610
 4615
 4620
 4625
 4630
 4635
 4640
 4645
 4650
 4655
 4660
 4665
 4670
 4675
 4680
 4685
 4690
 4695
 4700
 4705
 4710
 4715
 4720
 4725
 4730
 4735
 4740
 4745
 4750
 4755
 4760
 4765
 4770
 4775
 4780
 4785
 4790
 4795
 4800
 4805
 4810
 4815
 4820
 4825
 4830
 4835
 4840
 4845
 4850
 4855
 4860
 4865
 4870
 4875
 4880
 4885
 4890
 4895
 4900
 4905
 4910
 4915
 4920
 4925
 4930
 4935
 4940
 4945
 4950
 4955
 4960
 4965
 4970
 4975
 4980
 4985
 4990
 4995
 5000
 5005
 5010
 5015
 5020
 5025
 5030
 5035
 5040
 5045
 5050
 5055
 5060
 5065
 5070
 5075
 5080
 5085
 5090
 5095
 5100
 5105
 5110
 5115
 5120
 5125
 5130
 5135
 5140
 5145
 5150
 5155
 5160
 5165
 5170
 5175
 5180
 5185
 5190
 5195
 5200
 5205
 5210
 5215
 5220
 5225
 5230
 5235
 5240
 5245
 5250
 5255
 5260
 5265
 5270
 5275
 5280
 5285
 5290
 5295
 5300
 5305
 5310
 5315
 5320
 5325
 5330
 5335
 5340
 5345
 5350
 5355
 5360
 5365
 5370
 5375
 5380
 5385
 5390
 5395
 5400
 5405
 5410
 5415
 5420
 5425
 5430
 5435
 5440
 5445
 5450
 5455
 5460
 5465
 5470
 5475
 5480
 5485
 5490
 5495
 5500
 5505
 5510
 5515
 5520
 5525
 5530
 5535
 5540
 5545
 5550
 5555
 5560
 5565
 5570
 5575
 5580
 5585
 5590
 5595
 5600
 5605
 5610
 5615
 5620
 5625
 5630
 5635
 5640
 5645
 5650
 5655
 5660
 5665
 5670
 5675
 5680
 5685
 5690
 5695
 5700
 5705
 5710
 5715
 5720
 5725
 5730
 5735
 5740
 5745
 5750
 5755
 5760
 5765
 5770
 5775
 5780
 5785
 5790
 5795
 5800
 5805
 5810
 5815
 5820
 5825
 5830
 5835
 5840
 5845
 5850
 5855
 5860
 5865
 5870
 5875
 5880
 5885
 5890
 5895
 5900
 5905
 5910
 5915
 5920
 5925
 5930
 5935
 5940
 5945
 5950
 5955
 5960
 5965
 5970
 5975
 5980
 5985
 5990
 5995
 6000
 6005
 6010
 6015
 6020
 6025
 6030
 6035
 6040
 6045
 6050
 6055
 6060
 6065
 6070
 6075
 6080
 6085
 6090
 6095
 6100
 6105
 6110
 6115
 6120
 6125
 6130
 6135
 6140
 6145
 6150
 6155
 6160
 6165
 6170
 6175
 6180
 6185
 6190
 6195
 6200
 6205
 6210
 6215
 6220
 6225
 6230
 6235
 6240
 6245
 6250
 6255
 6260
 6265
 6270
 6275
 6280
 6285
 6290
 6295
 6300
 6305
 6310
 6315
 6320
 6325
 6330
 6335
 6340
 6345
 6350
 6355
 6360
 6365
 6370
 6375
 6380
 6385
 6390
 6395
 6400
 6405
 6410
 6415
 6420
 6425
 6430
 6435
 6440
 6445
 6450
 6455
 6460
 6465
 6470
 6475
 6480
 6485
 6490
 6495
 6500
 6505
 6510
 6515
 6520
 6525
 6530
 6535
 6540
 6545
 6550
 6555
 6560
 6565
 6570
 6575
 6580
 6585
 6590
 6595
 6600
 6605
 6610
 6615
 6620
 6625
 6630
 6635
 6640
 6645
 6650
 6655
 6660
 6665
 6670
 6675
 6680
 6685
 6690
 6695
 6700
 6705
 6710
 6715
 6720
 6725
 6730
 6735
 6740
 6745
 6750
 6755
 6760

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 2 ist schematisch ein Längsschnitt eines Magnetsystems für Magnetventile zur Steuerung von Flüssigkeiten dargestellt, der den prinzipiellen Aufbau des Magnetsystems verdeutlicht. Das Magnetsystem besteht aus einem Elektromagneten 20 und aus einem Permanentmagneten 21. Der Elektromagnet 20 weist in bekannter Weise eine Erregerspule 38 auf, die einen einen Magnetpol 22 mit Polfläche 23 bildenden Magnetkern 24 ringförmig umgibt und ihrerseits von einem Magnetgehäuse 25 umschlossen ist. Das Magnetgehäuse 25 ist einerseits über ein Rückschlußjoch 26 mit der von der Polfläche 23 abgekehrten Stirnseite des Magnetkerns 24 und andererseits über einen Ringsteg 27 nahe der Polfläche 23 mit dem Magnetkern 24 verbunden. Magnetkern 24, Magnetgehäuse 25, Rückschlußjoch 26 und Ringsteg 27 bestehen aus dem gleichen ferromagnetischen Material. Der ringförmige Permanentmagnet 21 liegt auf dem Ringsteg 27 auf und umschließt den Magnetkern 24. Er wird am Ringsteg 27 ausschließlich durch seine Magnetkraft gehalten und überdeckt nur einen Teil der Fläche des Ringstegs 27. Der Permanentmagnet kann aus Eisen-Neodym hergestellt sein.

Dem Magnetpol 22 liegt ein scheibenförmiger Anker 28 unter Ausbildung eines ersten Arbeitsluftspaltes 31 freifliegend gegenüber und überdeckt einen Teilbereich des Permanentmagneten 21 unter Ausbildung eines größeren Ringluftspaltes 33. Auf der vom Arbeitsluftspalt 31 abgekehrten Seite des Ankers 28 liegt ein magnetischer Gegenpol 29, dessen Polfläche 30 zum Anker 28 einen zweiten Arbeitsluftspalt 32 ausbildet. Der Gegenpol 29 mit seiner ringförmigen Polfläche 30 ist auf einer Polplatte 35 ausgebildet, die mit einem Randsteg 36 den Permanentmagneten 21 umgreift und über einen ringförmigen Streuluftspalt 34 an dem Ringsteg 27 und damit am Magnetgehäuse 25 angekoppelt ist. Die Polplatte 35 ist mit einem Halteelement 37 an dem Magnetgehäuse 25 befestigt und weist eine kreisförmige Ausnehmung zum Durchtritt eines mit dem Anker 28 zu verbindendes Ventilieds auf. Das Halteelement 37 besteht entweder aus unmagnetischem Material oder aus weichmagnetischem Material mit einer Curie-Temperatur von ca. 80°C. Ein solches Beispiel für ein weichmagnetisches Material ist Nickel-Eisen. Letzteres wird bevorzugt dann verwendet, wenn der Permanentmagnet 21 aus Eisen-Neodym hergestellt ist. Mit dem großen Temperaturgang der niedrig liegenden Sättigungsinduktion des Nickel-Eisens kann der hohe Temperaturgang des Permanentmagneten 21 aus Eisen-Neodym exakt kompensiert werden. Die durch eingetragene Symbole charakterisierte Durchflutung der Erregerspule 38 des Elektromagneten 20 und die Anordnung des in Axialrichtung magnetisierten Permanentmagneten 21 ist so getroffen, daß die Magnetflüsse ϕ_E und ϕ_P von Elektromagnet 20 und Permanentmagnet 21 im Arbeitsluftspalt 31 einander entgegengerichtet sind. Die beiden Magnetflüsse bilden sich symmetrisch zur Achse des Magnetsystems aus. Der Übersichtlichkeit halber ist in Fig. 2 der jeweilige Magnetfluß nur in einer Symmetriehälfte dargestellt. Der Magnetfluß ϕ_P des Permanentmagneten 21 teilt sich in zwei Teilflüsse ϕ_{P1} und ϕ_{P2} auf. Ein Streufluß ϕ_{P3} bildet sich über den Streuluftspalt 34 aus. ϕ_{P2} geht in dem den Anker 28 überragenden Bereich 67 des Permanentmagneten 21 nicht über den Anker 21 und dient der magnetischen Vorspannung des Streuluftspaltes 34.

In dem Ringsteg 27 ist durch Einbringen einer Ringnut 39 eine magnetische Engstelle 40 ausgebildet. Diese Engstelle 40 reduziert den Teilfluß ϕ_{P2} auf einen Wert, der für die Aussteuerung des Flusses im Magnetkern 24 in beiden Richtungen optimal ist. Außerdem kann die Engstelle 40 gezielt gesättigt werden, so daß verhindert wird, daß ein Streufluß von ϕ_E über diesen Pfad fließt. Die Bewegung des Ankers 28 ist durch hier nicht dargestellte Anschläge begrenzt, so daß jeweils ein Restluftspalt zwischen den Polflächen 23 bzw. 30 und dem am Anschlag liegenden Anker verbleibt. Der Ringluftspalt 33 ist etwa doppelt so groß bemessen wie der maximale Arbeitsluftspalt 31 bzw. der maximale Arbeitsluftspalt 32, der dem maximalen Hub des Ankers 28 entspricht. Die ringförmige Querschnittsfläche des Permanentmagneten 21 ist dabei etwa 1,5 mal größer gemacht als die Summe der Polflächen 23,30 von Magnetpol 22 und Gegenpol 29.

Die Kraft F , die auf den Anker 28 nach oben, d.h. zum Magnetpol 22 hin, wirkt, ist in Fig. 3 in Abhängigkeit von der Durchflutung θ für die beiden Anschlagstellungen des Ankers (an = angezogen; ab = abgefallen) dargestellt. Ist die Durchflutung θ der Erregerspule 38 Null, so wird der Anker 28 mit maximalen Kräften $F_{\max-an}$, $F_{\max-ab}$ beaufschlagt, die ausschließlich vom Permanentmagneten 21 erzeugt werden. Mit zunehmender Durchflutung θ der Erregerspule 38 oder durch Veränderung des Streuluftspaltes 34 wird der Magnetfluß des Permanentmagneten 21 im Arbeitsluftspalt 31 geschwächt. Zugleich wird im Arbeitsluftspalt 32 eine den Anker 28 in Gegenrichtung beaufschlagende Gegenkraft erzeugt. Die auf den Anker 28 nach oben wirkende Kraft nimmt gemäß Fig. 3 ab und wird schließlich negativ.

In Fig. 4 ist im Längsschnitt ein Kraftstoffeinspritzventil dargestellt, in dem das beschriebene Magnetsystem eingesetzt ist. Soweit Bauteile mit denen in Fig. 2 übereinstimmen, sind sie mit gleichen Bezugszeichen versehen. Das Magnetsystem ist in einem Siebgehäuse 41 eingesetzt, in dem ein Kraftstoffzufluß 42 und ein Kraftstoffabfluß 43 vorgesehen sind. Kraftstoffzufluß 42 und Kraftstoffabfluß 43 sind durch ein eingespritztes Filter oder Sieb 44 von axialen Axialkanälen 45,66 getrennt, die sich bis zur Polplatte 35 des Magnetsystems erstrecken. Zwischen den Axialkanälen 45,66 sind eine Mehrzahl von Kraftstoffleitstücken 55 eingesetzt (Fig.

5). Die Polplatte 35 schließt das Siebgehäuse 41 stirnseitig ab und ist mit unmagnetischen bzw. temperaturabhängig magnetisch gesättigten Anschlußstücken 46, die dem Halteelement 37 in Fig. 2 entsprechen, an dem Magnetgehäuse 25 angeschweißt. Durch die kreisförmige Aussparung 47 der Polplatte 35 tritt ein Ventilkörper 48 hindurch, der fest mit dem Anker 28 verbunden ist. Konzentrisch zu der Aussparung 47 trägt die Polplatte 35 auf der von dem Anker 28 abgekehrten Seite eine Aussparung 49, an welcher ein Ventilsitz 50 ausgebildet ist, mit dem der Ventilkörper 48 zum Schließen und Öffnen des Kraftstoffeinspritzventils zusammenwirkt. Oberhalb des Ventilsitzes 50 trägt der Ventilkörper 48 eine Umlaufnut 51, die über in der Polplatte 35 im Bereich der Durchtrittsöffnung 47 angeordnete Radialschlitze 52 mit einem den Anker 28 kreisförmig umgebenden Strömungsspalt 53 in Verbindung steht, der seinerseits über Kanäle 56 mit den Axialkanälen 66 in Verbindung steht. Die Kraftstoffströmung in Kanälen 54 zwischen den Axialkanälen 45 und 66 soll vorzugsweise die Polplatte 35 kühlen. Die Kraftstoffströmung im Strömungsspalt 53 kühlt den vorderen Bereich des Ventils. Bei Heißstart kann sich der flüssige Teil des Kraftstoffs unterhalb der Kanäle 54 in dem Raum 56 (Fig. 4) sammeln und von den gasförmigen Komponenten so trennen, daß nur flüssiger Kraftstoff eingespritzt wird.

Die Bereiche 57 des Siebgehäuses 41 sind federnd ausgebildet, so daß sich das Siebgehäuse 41 unabhängig von der Größe eines O-Rings 58 gegen einen Anschlag 59 an der Polplatte 35 anpreßt. Die Erregerspule 38 des Elektromagneten 20 wird von einem Spulenkörper 60 getragen und ist mit Anschlußstiften 61 verbunden. Diese wiederum sind mit Steckerstiften 62 in einem Steckergehäuse 63 verschweißt. Das Steckergehäuse 63 ist mit dem Magnetgehäuse 25 durch eine Umbördelung 64 fest verbunden. Der Magnetkern 24 mit daran einstückig befestigtem Rückschlußjoch 26 und Erregerspule 38 sind im Magnetgehäuse 25 durch eine Vergußmasse 65 vergossen.

Patentansprüche

1. Magnetsystem für Magnetventile zur Steuerung von Flüssigkeiten, insbesondere für Kraftstoffeinspritzventile, mit einem Elektromagneten (20), der einen einen Magnetpol (22) bildenden Magnetkern (24), eine den Magnetkern (24) umschließende Erregerspule (38) und ein dazu koaxiales, die Erregerspule umgebendes Magnetgehäuse (25) aufweist, das als magnetischer Rückschluß über ein Rückschlußjoch (26) mit der von der Polfläche (23) abgekehrten Stirnseite des Magnetkerns (24) verbunden ist, mit einem ringförmigen Permanentmagneten (21) mit axialer Magnetisierungsrichtung, der koaxial zum Magnetkern (24) nahe dessen Polfläche (23) angeordnet ist, und mit einem etwa scheibenförmigen Anker (28), der dem Magnetpol (22) unter Ausbildung eines Arbeitsluftspaltes zu dessen Polfläche (23) freiliegend gegenüberliegt, wobei die Durchflutung der Erregerspule (38) und die Anordnung des Permanentmagneten (21) so getroffen ist, daß die Magnetflüsse von Elektromagnet und Permanentmagnet im Arbeitsluftspalt einander entgegengerichtet sind, dadurch gekennzeichnet, daß auf der vom Arbeitsluftspalt (31) abgekehrten Seite des Ankers (28) ein magnetischer Gegenpol (29) unter Ausbildung eines zweiten Arbeitsluftspaltes (32) zwischen dessen Polfläche (30) und dem Anker (28) angeordnet ist, der über ein den Permanentmagneten (21) umgreifendes Flußleitelement (35) an das Magnetgehäuse (25) angekoppelt ist.
2. Magnetsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankopplung des Gegenpols (29) mit Flußleitelement (35) an dem Magnetgehäuse (25) über einen Streuluftspalt (34) vorgenommen ist.
3. Magnetsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Rückschlußjoch (26) abgekehrte Stirnseite des Magnetgehäuses (25) über einen vorzugsweise einstückigen Ringsteg (27) mit dem Magnetkern (24) nahe dessen Polfläche (30) verbunden ist, daß der Permanentmagnet (21) auf dem Ringsteg (27) aufliegt und daß der Ringsteg (27) eine in Radialrichtung wirkende Engstelle (40) aufweist.
4. Magnetsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetische Engstelle (40) so ausgebildet ist, daß sie magnetisch gesättigt ist oder bei Anlegen eines elektrischen Erregerstroms an die Erregerspule (38) diesen Sättigungszustand sehr schnell erreicht.
5. Magnetsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetische Engstelle (40) durch eine in den Ringsteg (27) eingebrachte Ringnut (39) realisiert ist.
6. Magnetsystem nach einem der Ansprüche 3 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Gegenpol (29) mit Flußleitelement als einstückige Polplatte (35) ausgebildet ist, die den Permanentmagneten (21) mit Radialabstand umgreift und an dem Ringsteg (27) und/oder Magnetgehäuse (25) anliegt.
7. Magnetsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Polplatte (35) und dem

Ringsteg (27) bzw. dem Magnetgehäuse (25) ein Streuluftspalt (34) ausgebildet ist, der mittels eines Magnetflusses magnetisch vorgespannt wird, der am Permanentmagneten (21) in dessen den Anker (28) überragenden Bereich (67) abgegriffen ist.

- 5 8. Magnetsystem nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Polplatte (35) eine konzentrische Durchtrittsöffnung (47) für ein mit dem Anker (28) fest verbundenes Ventilglied (48) des Magnetventils aufweist.
9. Magnetsystem nach einem der Ansprüche 6 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Polplatte (35) über einen Halter (37) am Magnetgehäuse (25) befestigt ist und daß der Halter (37) aus unmagnetischem Material oder aus weichmagnetischem Material mit einer Curie-Temperatur von 80°C, z.B. Eisen-Nickel, besteht.
- 10 10. Magnetsystem nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß die parallel zur Polfläche (23) des Magnetpols (23) gegenüber dem Anker (28) liegende ringförmige Querschnittsfläche des Permanentmagneten etwa 1,5mal größer ist als die Summe der Polflächen (23,30) von Magnetpol (22) und Gegenpol (29).
- 15 11. Magnetsystem nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (21) aus Eisen-Neodym hergestellt ist.
- 20 12. Magnetsystem nach einem der Ansprüche 1 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Anker (28) den Permanentmagneten (21) unter Ausbildung eines Ringspaltes (33) mindestens teilweise übergreift und der Permanentmagnet (21) zur Polfläche (23) des Magnetpols (23) so weit zurückversetzt ist, daß bei minimalem Arbeitsluftspalt (31) zwischen dem Anker (28) und der Polfläche (23) des Magnetpols (22) der Ringluftspalt (33) zwischen Anker (28) und Permanentmagnet (21) dem maximalem Hub des Ankers (28) entspricht.
- 25

Claims

- 30 1. Magnetic system for solenoid valves for controlling liquids, in particular for fuel-injection valves, having an electromagnet (20) which has a magnet core (24) forming a magnet pole (22), a field coil (38) surrounding the magnet core (24), and a magnet housing (25) which is coaxial therewith and surrounds the field coil and is connected as a magnetic return path via a yoke (26) to the end face of the magnet core (24) which is averted from the pole face (23), having an annular permanent magnet (21), which has an axial direction of magnetization and is arranged coaxially with the magnet core (24) near the pole surface (23) thereof, and having an approximately disc-shaped armature (28) which is situated opposite the magnet pole (22) in a self-supporting fashion with the formation of a working air gap relative to the pole face (23) thereof, the magnetomotive force of the field coil (38) and the arrangement of the permanent magnet (21) being such that the magnetic fluxes of the electromagnet and permanent magnet are directed opposite to one another in the working air gap, characterized in that a magnetic antipole (29), which is coupled to the magnet housing (25) via a flux concentrating element (35) embracing the permanent magnet (21) is arranged on the side of the armature (28) averted from the working air gap (31) with the formation of a second working air gap (32) between the pole face (30) of said antipole and the armature (28).
- 35 2. Magnetic system according to Claim 1, characterized in that the coupling of the antipole (29) to the flux concentrating element (35) is undertaken on the magnet housing (25) via a dispersion air gap (34).
- 40 3. Magnetic system according to Claim 1 or 2, characterized in that the end face of the magnet housing (25) averted from the yoke (26) is connected to the magnet core (24) near the pole face (30) thereof via a preferably one-piece annular web (27), in that the permanent magnet (21) rests on the annular web (27), and in that the annular web (27) has a constriction (40) acting in the radial direction.
- 45 4. Magnetic system according to Claim 3, characterized in that the magnetic constriction (40) is constructed such that it is magnetically saturated or very quickly reaches this saturation state upon application of an electric field current to the field coil (38).
- 50 5. Magnetic system according to Claim 3 or 4, characterized in that the magnetic constriction (40) is imple-
- 55

mented by an annular groove (39) introduced into the annular web (27).

- 5 6. Magnetic system according to one of Claims 3-5, characterized in that the antipole (29) with flux concentrating element is constructed as a one-piece pole plate (35) which embraces the permanent magnet (21) with a radial clearance and bears against the annular web (27) and/or magnet housing (25).
- 10 7. Magnetic system according to Claim 6, characterized in that there is constructed between the pole plate (35) and the annular web (27) or the magnet housing (25) a dispersion air gap (34) which is magnetically biased by means of a magnetic flux which is tapped at the permanent magnet (21) in the region (67) thereof overlapping the armature (28).
- 15 8. Magnetic system according to Claim 6 or 7, characterized in that the pole plate (35) has a concentric passage opening (47) for a valve member (48) of the solenoid valve which is permanently connected to the armature (28).
- 20 9. Magnetic system according to one of Claims 6-8, characterized in that the pole plate (35) is fastened to the magnet housing (25) via a holder (37), and in that the holder (37) consists of non-magnetic material or of magnetically soft material with a Curie temperature of 80°C, for example iron-nickel.
- 25 10. Magnetic system according to one of Claims 1-9, characterized in that the annular cross-sectional area of the permanent magnet which is situated parallel to the pole face (23) of the magnet pole (22) opposite the armature (28) is approximately 1.5 times larger than the sum of the pole faces (23, 30) of the magnet pole (22) and antipole (29).
- 30 11. Magnetic system according to one of Claims 1-10, characterized in that the permanent magnet (21) is produced from iron-neodymium.
- 35 12. Magnetic system according to one of Claims 1-11, characterized in that the armature (28) at least partially overlaps the permanent magnet (21) with the formation of an annular gap (33), and the permanent magnet (21) is set back so far relative to the pole face (23) of the magnet pole (22) that in the case of the minimum working air gap (31) between the armature (28) and the pole face (23) of the magnet pole (22), the annular air gap (33) between the armature (28) and permanent magnet (21) corresponds to the maximum stroke of the armature (28).

35 Revendications

- 40 1. Système magnétique pour soupape magnétique commandant des liquides, notamment pour des soupapes d'injection de carburant ou injecteurs, comportant un électroaimant (20) qui est formé d'un noyau magnétique (24) constituant un pôle magnétique (22), d'une bobine d'excitation (38) entourant le noyau magnétique (24), et d'un boîtier d'aimant (25) entourant coaxialement la bobine d'excitation, reliés par une culasse de retour (26) pour le retour du flux magnétique à la face frontale du noyau d'aimant (24) opposée à la surface polaire (23) et à un aimant permanent annulaire (21) à aimantation suivant l'axe, cet aimant étant prévu coaxialement au noyau magnétique (24) à proximité de sa surface polaire (23) et à un induit (28) sensiblement en forme de disque qui se trouve libre en regard du pôle magnétique (23) en formant un entrefer par rapport à sa surface polaire (23), le passage du flux de la bobine d'excitation (38) et la disposition de l'aimant permanent (21) étant choisis pour que les flux magnétiques de l'électroaimant et de l'aimant permanent soient opposés l'un à l'autre dans l'entrefer, système caractérisé en ce que sur la surface de l'induit (28) opposé à l'entrefer (31), il y a un pôle magnétique antagoniste (29) formant un second entrefer (32), entre sa surface polaire (30) et l'induit (28), pour être couplé par élément de guidage de flux (35) entourant l'aimant permanent (21), au boîtier d'aimant (25).
- 50 2. Système magnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le couplage du pôle antagoniste (29) et de l'élément de guidage de flux (35) sur le boîtier d'aimant (25) se fait par l'intermédiaire d'un entrefer de dispersion (34).
- 55 3. Système magnétique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la face frontale du boîtier d'aimant (25) opposée à la culasse de retour de flux (26) est reliée par un bord annulaire (27) de préférence en une seule pièce, avec le noyau magnétique (24) à proximité de sa surface polaire (30), l'aimant per-

manent (21) s'appuyant sur le bord annulaire (27) et ce bord annulaire (27) comportant un point rétréci (40) agissant dans la direction radiale.

- 5 4. Système magnétique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le point rétréci (40), magnétique, est réalisé pour être à saturation magnétique ou pour qu'en appliquant un courant d'excitation électrique à la bobine d'excitation (38), il atteigne très rapidement son état de saturation.
- 5 5. Système magnétique selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le point rétréci (40), magnétique, est formé par une rainure annulaire (39) réalisée dans le bord annulaire (27).
- 10 6. Système magnétique selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le pôle antagoniste (29) est réalisé avec l'élément de guidage de flux sous la forme d'une plaque polaire (35) d'une seule pièce qui entoure l'aimant permanent (21) en laissant une distance radiale, et s'appuie contre le bord annulaire (27) et/ou le boîtier d'aimant (25).
- 15 7. Système magnétique selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'entre la plaque polaire (35) et le bord annulaire (27) ou le boîtier d'aimant (25), il y a un entrefer dispersé (34) précontraint magnétiquement par un flux magnétique provenant de l'aimant permanent (21) dans sa zone (67) débordant de l'induit (28).
- 20 8. Système magnétique selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la plaque polaire (35) comporte un passage (47) concentrique pour un organe de soupape (48) de la soupape magnétique, relié solidai-
rement à l'induit (28).
- 25 9. Système magnétique selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la plaque polaire (35) est fixée au boîtier d'aimant (25) par un support (37), et ce support (37) est en une matière non magnétique ou en une matière magnétique douce ayant une température de Curie de 80°C, par exemple du fer-nickel.
- 30 10. Système magnétique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la section de l'aimant permanent, annulaire, située en regard de l'induit (28) et qui est parallèle à la surface polaire (23) du pôle magnétique, est supérieure d'environ 1,5 fois la somme des surfaces polaires (23, 30) du pôle magnétique (22) et du pôle antagoniste (29).
- 35 11. Système magnétique selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'aimant permanent (21) est en fer-néodyme.
- 40 12. Système magnétique selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'induit (28) dépasse l'aimant permanent (21) au moins partiellement en formant un intervalle annulaire (33), et l'aimant per-
manent (21) est en retrait de la surface polaire (23) du pôle magnétique (22) pour qu'avec un entrefer minimum (31) entre l'induit (28) et la surface polaire (23) du pôle magnétique (22), l'entrefer annulaire (33) entre l'induit (28) et l'aimant permanent (21) corresponde à la course maximale de l'induit (28).

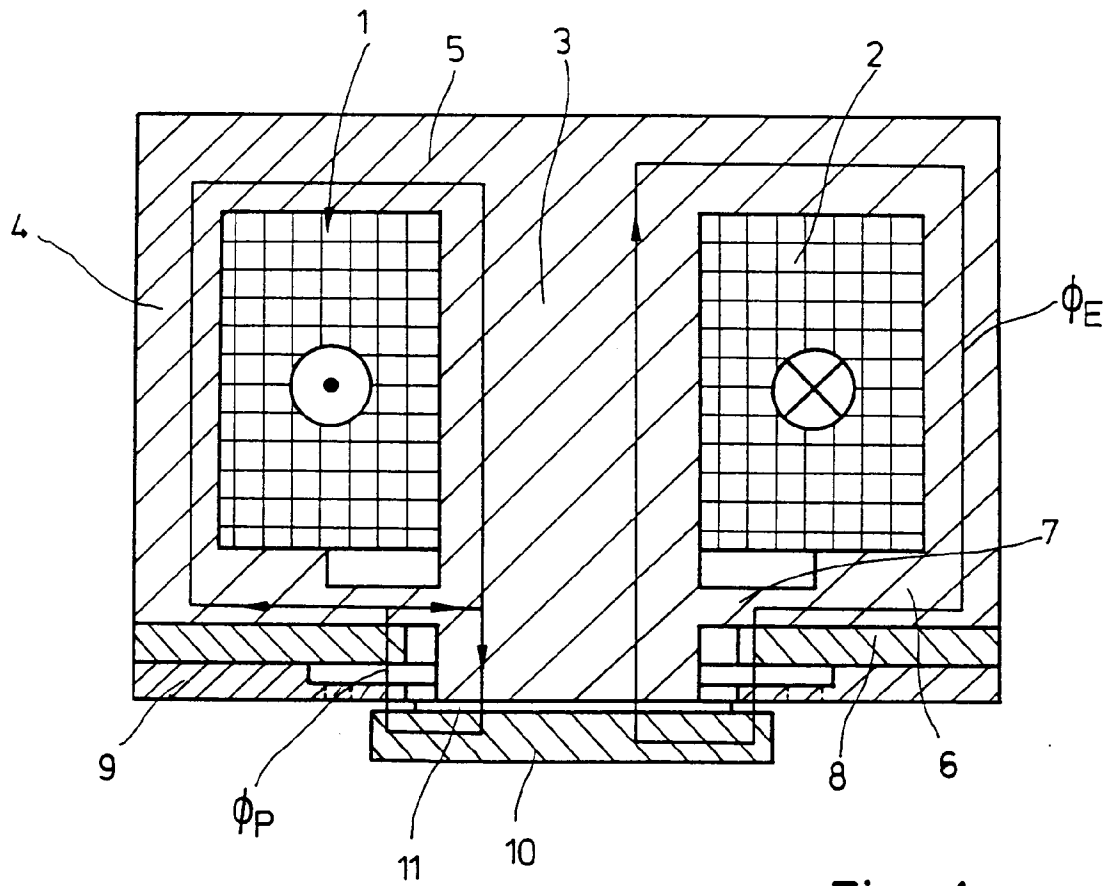


Fig. 1

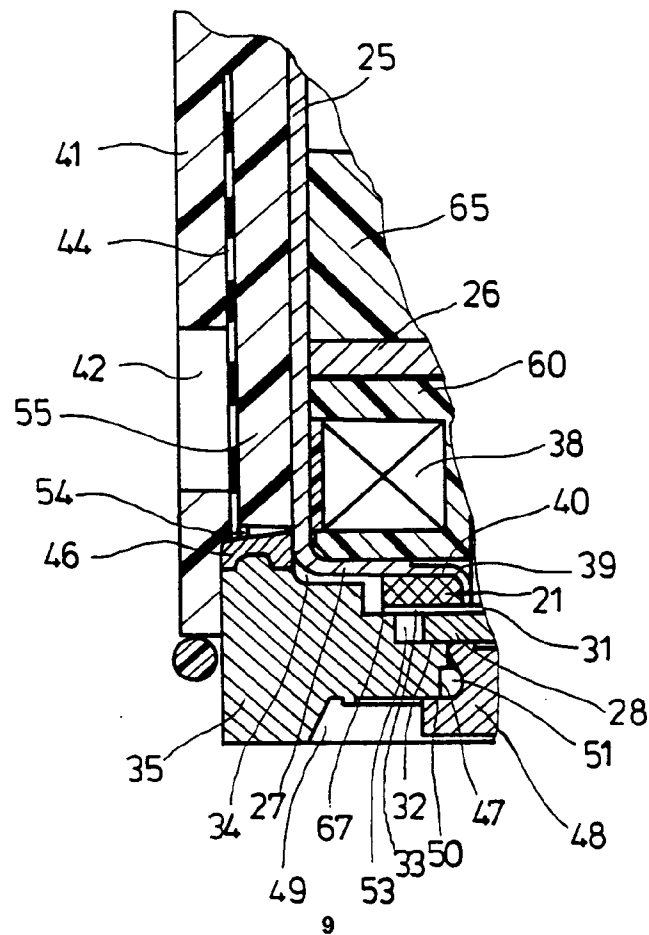


Fig. 5

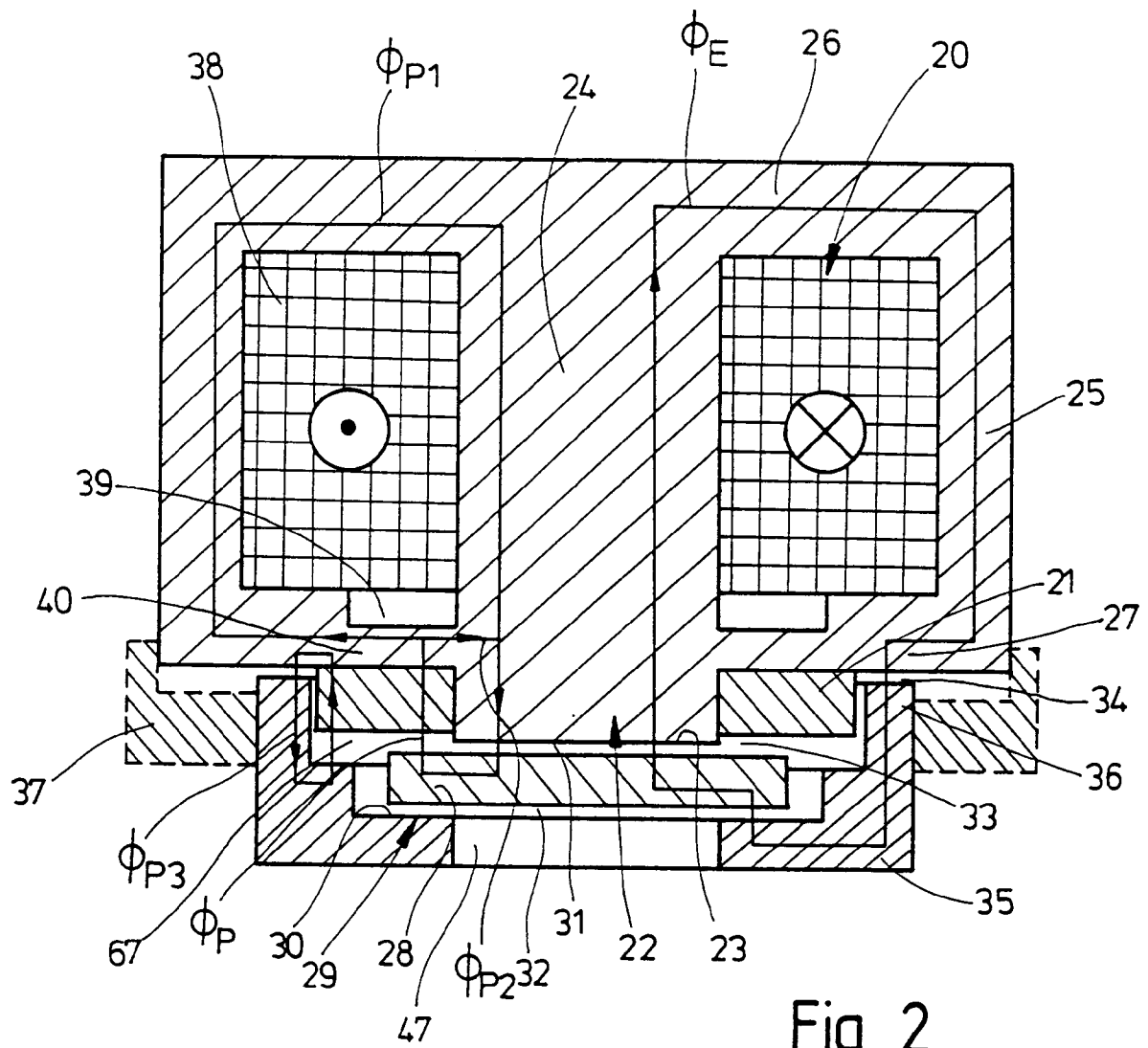


Fig. 2

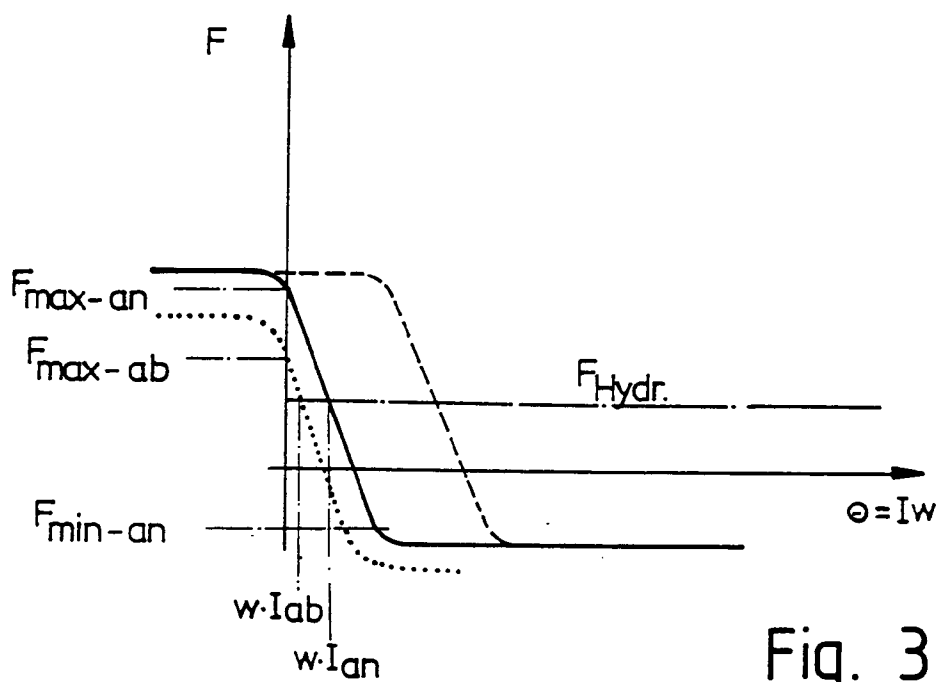


Fig. 3

Fig. 4

