

HYDRAULIEK



Voorwoord:

Voor u ligt het boek Hydrauliek.

De betekenis van dit boek spreekt voor zich.

Het boek bevat enerzijds basiskennis die minimaal noodzakelijk is om op verantwoorde wijze om te gaan met de hydraulische installatie en haar componenten.

Anderzijds biedt dit boek ook dat praktisch inzicht wat nodig is om de verschillende componenten, deel uitmakend van hydraulische systemen beter te kunnen begrijpen.

Het boek is op verzoek van geraadpleegde potentiële gebruikers daarom zo opgebouwd dat het gebruikt en geraadpleegd kan worden door studenten, docenten, constructeurs en technici om hun meer inzicht te verschaffen over het "hoe, wat en waarom" van hydraulische installaties.

Ik heb dan ook getracht de over het algemeen versnipperde kennis over dit vakgebied zoveel mogelijk bijeen te brengen en te selecteren op de praktische en theoretische bruikbaarheid.

In de tweede druk zijn diverse grafieken en tabellen duidelijker gemaakt, tevens is op verzoek van de gebruikers een hoofdstuk toegevoegd over het open en gesloten systeem.

Grote dank is verschuldigd aan onderstaande bedrijven die hun welwillende medewerking en waardevolle kennis beschikbaar gesteld hebben voor de totstandkoming van dit boek.

| | |
|----------------------------|-------------|
| Hydrauline | Boxtel |
| Olaer Nederland BV | Prinsenbeek |
| IPAR Industrial Partner BV | Venlo |
| Hydrowa | Eindhoven |
| Danfoss (ITHO BV) | Delft |
| DMI Europe BV | Zwolle |

Ook is veel dank verschuldigd aan alle niet genoemde personen die meegewerkt hebben en opbouwende kritiek geleverd hebben bij de totstandkoming van dit boek.

Ondergetekende ontvangt gaarne suggesties die de kwaliteit en bruikbaarheid van dit boek kan vergroten.

Ing. A.J. de Koster

Adviesbureau de Koster v.o.f.
Dorpsstraat 5
4513 AL Hoofdplaat
Tel. 0117-348223
info@martechopleidingen.nl
www.martechopleidingen.nl

ISBN 978-90-78142-29-4

Eerste druk april 2003
Tweede druk januari 2013

© Adviesbureau de Koster, Dorpsstraat 5, 4513 AL Hoofdplaat. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Dit is tevens van toepassing op gehele of gedeeltelijke bewerking van deze uitgave.

Hoewel dit boek met veel zorg is samengesteld, aanvaarden wij geen aansprakelijkheid voor schade ontstaan door eventuele fouten en / of onvolkomenheden in dit boek.

Inhoud

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1.0 | Symbolenlijst volgens ISO1219-1/ NEN3348 | 6 |
| 1.1 | Opgaven | 17 |
| 2.0 | Hydraulische schema's | 18 |
| 2.1 | Het tekenen van hydraulische schema's | 18 |
| 2.2 | Opbouw van hydraulische systemen | 19 |
| 2.3 | Voorbeelden, eenvoudige schema's | 20 |
| 2.4 | Opgaven | 24 |
| 3.0 | Rendementen | 25 |
| 3.1 | Volumetrisch rendement | 26 |
| 3.2 | Hydraulisch rendement | 27 |
| 3.3 | Mechanisch rendement | 28 |
| 3.4 | Berekeningsvoorbeeld | 28 |
| 3.5 | Opgaven | 33 |
| 4.0 | Hydraulische componenten | 34 |
| 4.1 | Uitvoeringen van stuurventielen | 34 |
| 4.1.1 | Voorbeelden | 37 |
| 4.1.2 | Opgaven | 38 |
| 4.1.3 | Praktische Uitvoering | 39 |
| 4.2 | Veiligheidsventielen | 39 |
| 4.2.1 | De veiligheidsklep als maximaal drukregeling | 39 |
| 4.2.2 | Het volgorde ventiel | 44 |
| 4.2.3 | Het afschakelventiel | 45 |
| 4.3 | Uitvoeringen van reduceren | 46 |
| 4.4 | Smoringen en stroomregelventielen | 48 |
| 4.4.1 | Smoringen | 48 |
| 4.4.2 | Stroomregelventielen | 50 |
| 5.0 | Pompen | 53 |
| 5.1 | Uitvoeringen van pompen | 53 |
| 5.1.1 | Tandwielpompen met uitwendige vertanding | 53 |
| 5.1.2 | Tandwielpomp met inwendige vertanding | 54 |
| 5.1.3 | Tandringpomp | 55 |
| 5.1.4 | Schottenpomp met interne toe- en afvoer | 55 |
| 5.1.5 | Schottenpomp met externe toe- en afvoer | 57 |
| 5.1.6 | Wormpomp | 58 |
| 5.1.7 | Axiale plunjerpomp | 58 |
| 5.1.8 | Radiale plunjerpomp | 59 |
| 5.1.9 | Lineaire plunjerpomp | 60 |
| 5.2 | Regelingen van pompen | 61 |
| 5.2.1 | Constante druk of p-regeling | 61 |
| 5.2.2 | Constante opbrengst of Q-regeling | 68 |
| 5.2.3 | Vermogensregeling of P-regeling | 70 |
| 5.2.4 | De Belastingafhankelijke regeling, Load Sensing | 72 |
| 5.3 | Pompberekeningen | 75 |
| 5.3.1 | Voorbeelden | 75 |
| 5.4 | Opgaven | 78 |
| 6.0 | Motoren | 79 |
| 6.1 | Uitvoeringen van motoren | 79 |
| 6.1.1 | Tandradmotoren | 79 |
| 6.1.2 | Orbit motoren | 80 |
| 6.1.3 | Axiale plunjer motoren | 82 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 6.1.4 | Radiale plunjer motoren | 84 |
| 6.2 | Regelingen van motoren | 84 |
| 6.2.1 | Hydraulische verstelling, stuurdruk afhankelijk | 85 |
| 6.2.2 | Hydraulische tweepuntsverstelling | 85 |
| 6.2.3 | Automatische verstelling, hoge druk afhankelijk | 86 |
| 6.2.4 | Elektrische verstelling | 87 |
| 6.3 | Motor berekeningen | 89 |
| 7.0 | Filters | 92 |
| 7.1 | Uitvoeringen van filters | 92 |
| 7.1.1 | Het beluchtingsfilter | 92 |
| 7.1.2 | Het vulfilter | 93 |
| 7.1.3 | Het zuigfilter | 93 |
| 7.1.4 | Het middeldruk filter | 94 |
| 7.1.5 | Het hogedruk filter | 95 |
| 7.1.6 | Het retourfilter | 96 |
| 7.2 | Reinheidsklassen van filters /olie | 97 |
| 7.2.1 | ISO en NAS | 99 |
| 7.3 | Filter berekeningen | 101 |
| 7.4 | Andere filtratiemethoden | 103 |
| 7.4.1 | Bypass-filtratie | 104 |
| 7.4.2 | Off-line filtratie | 105 |
| 7.4.3 | Vacuüm filtratie | 106 |
| 8.0 | Accumulatoren | 107 |
| 8.1 | Uitvoeringen van accumulatoren | 108 |
| 8.1.1 | De lage druk accu | 111 |
| 8.1.2 | De hoge druk accu | 111 |
| 8.2 | Toepassingen van accumulatoren | 112 |
| 8.2.1 | De accu als energieopslag | 113 |
| 8.2.2 | De accu als pulsatedemper | 114 |
| 8.2.3 | De accu als hydraulische veer | 114 |
| 8.2.4 | De transferaccu | 114 |
| 8.3 | Accumulator berekeningen | 116 |
| 8.4 | Berekeningsvoorbeelden | 121 |
| 8.5 | Nuttige wenken bij accumulatoren | 124 |
| 8.6 | Accuontlastkleppen | 125 |
| 8.6.1 | Handbediend ontlastingsventiel | 125 |
| 8.6.2 | Elektrisch bediend ontlastventiel | 126 |
| 8.7 | Gamma waarde in de praktijk | 127 |
| 9.0 | Koelers | 128 |
| 9.1 | Uitvoeringen van koelers | 128 |
| 9.1.1 | Lucht gekoelde olie koelers | 128 |
| 9.1.2 | Water gekoelde oliekoelers | 130 |
| 9.2 | Berekeningen van koelers | 132 |
| 10.0 | Cilinders | 138 |
| 10.1 | Uitvoeringen van cilinders | 138 |
| 10.1.1 | Dubbelwerkende cilinders | 140 |
| 10.1.2 | Enkelwerkende cilinders | 140 |
| 10.1.3 | Telescoop cilinder | 141 |
| 10.2 | Cilinderberekeningen | 141 |
| 10.2.1 | Algemene berekeningen | 142 |
| 10.2.2 | Knikberekening | 148 |
| 10.3 | Voorbeelden | 154 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 11.0 | Corrosie | 156 |
| 11.1 | Corrosiewering bij reservoirs | 156 |
| 11.2 | Corrosiewering bij plunjerstangen | 156 |
| 11.3 | Het Nikkelbad | 160 |
| 11.4 | Het Chroombad | 160 |
| 12.0 | Hydraulische vloeistoffen | 163 |
| 12.1 | Eigenschappen van hydraulische olie | 163 |
| 12.2 | Dopes | 164 |
| 12.3 | De viscositeit | 165 |
| 12.4 | Water als medium | 166 |
| 12.5 | Biologisch afbreekbare oliën | 167 |
| 13.0 | Proportionaaltechniek | 168 |
| 13.1 | Uitvoering van ventielen | 168 |
| 13.2 | Praktische uitvoering ventielen | 175 |
| 14.0 | Geluidsreductie | 181 |
| 14.1 | Pulsatiedemping | 181 |
| 14.1.1 | De TDP-Silencer | 183 |
| 14.1.2 | Het Helmholtz-filter | 183 |
| 14.1.3 | Het vloeistof gevulde Helmholtz-filter | 184 |
| 14.1.4 | Het gasge vulde Helmholtz-filter | 187 |
| 15.0 | Open en gesloten systeem | 190 |
| 15.1 | Het open systeem | 190 |
| 15.2 | Het gesloten systeem | 192 |
| 15.3 | Voorbeeld van een hydraulische kraan | 194 |
| 15.4 | Voorbeeld van een hydraulische stuurmachine | 195 |

15.0 Open en gesloten systeem

In de hydrauliek kennen we een aantal systemen, ook wel kringlopen genoemd, deze zijn:

- Open kringloop of open systeem
- Gesloten kringloop of gesloten systeem
- Halfgesloten kringloop of halfgesloten systeem

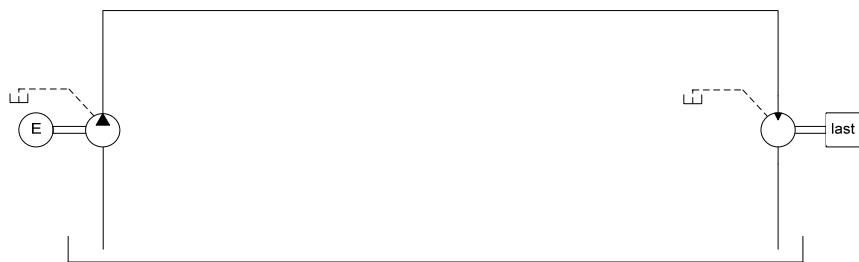
We beperken ons in dit hoofdstuk tot het open en het gesloten systeem. Het halfgesloten systeem wordt namelijk gebruikt als volumecompensatie bij nazuigkleppen moet gebeuren, denk hierbij aan differentiaalcilinders.

15.1 Het open systeem

Het open systeem heeft een aantal typische kenmerken, deze zijn:

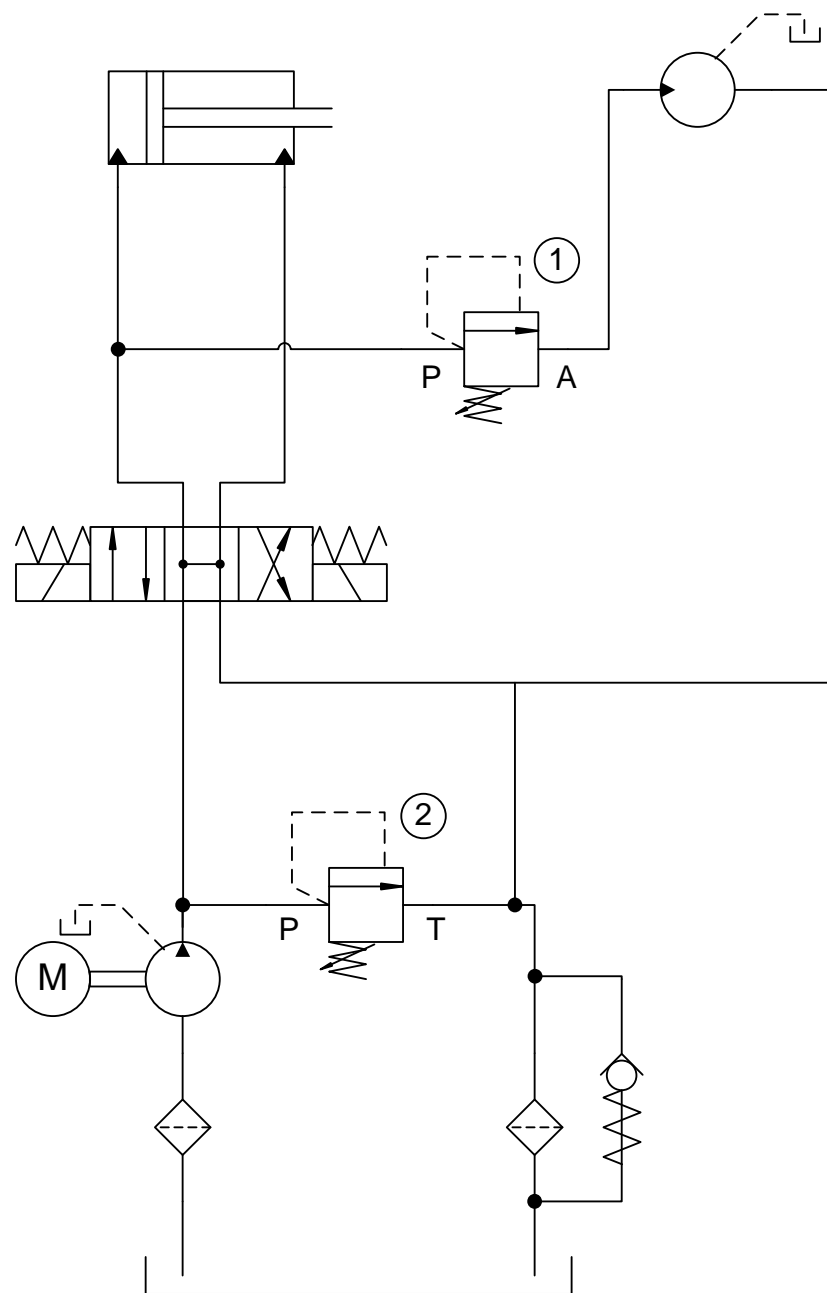
- De zuigleidingen hebben grote diameters en zijn zo kort mogelijk uitgevoerd.
- De grootte van de schuifkleppen is afhankelijk van de volumestroom.
- De afmetingen van koelers en pers en retourfilters zijn afhankelijk van de volumestroom.
- De tankinhoud in liters is een veelvoud van de volumestroom in liters.
- De pomp is altijd naast of onder het reservoir of tank geplaatst.
- Het toerental van de aandrijving wordt beperkt door de zuighoogte.

“Open” bij het open systeem betekent over het algemeen dat de zuigleiding van de pomp in een tank zit die verbonden is met de atmosferische druk. De pomp zuigt de vloeistof, olie, aan en pompt deze via stuurschuiven naar de verbruiker en van de verbruiker stroomt de vloeistof weer terug de tank in. Het open systeem wordt ook wel als het standaard systeem gezien. Op afbeelding 15.1 is een eenvoudige weergave van het systeem weergegeven, terwijl op afbeelding 15.2 een uitvoeriger open systeem is weergegeven.



Afbeelding 15.1: Eenvoudige weergave open systeem.

We zien hier dat de vloeistof door de pomp wordt aangezogen, naar de verbruiker wordt gepompt en van de verbruiker rechtstreeks de tank in wordt gevoerd.



Afbeelding 15.2: Uitvoerder weergave van een open systeem.

In afbeelding 2 zien we dat de pomp via een filter uit de tank, reservoir, zuigt en dit via een elektrisch 4/3 ventiel naar een cilinder perst. Tijdens het in of uitsturen van de cilinder wordt de olie rechtstreeks naar de tank teruggevoerd. Als de cilinder volledig uit of in is gestuurd, opent het veiligheidsventiel 1, in dit geval is het een volgorde ventiel, dit heeft tot gevolg dat de hydraulische motor nu wordt aangedreven. De olie wordt weer via de stuurschijf naar de tank teruggevoerd, kenmerkend voor het open systeem.

15.2 Het gesloten systeem

Het gesloten systeem heeft een aantal typische kenmerken, deze zijn:

- Kleine nominale grootte van de stuurschijven met betrekking tot de voorsturing.
- Voor filters en koelers hebben we te maken met kleine volumestromen, dus kleine afmetingen.
- De tank is relatief klein, de maat hoeft enkel op de volumestroom van de "hulppomp" ook wel voedingpomp genoemd, te zijn afgestemd.
- Er kan met hoge toerentallen gewerkt worden omdat de olie "onder druk" aan de pomp wordt toegevoerd.
- De aandrijving is volledig omkeerbaar door de nulstand.
- De lastondersteuning vindt plaats door de hydraulische motor.
- Terugvoer van de remenergie.

"Gesloten" bij het gesloten systeem wil zeggen dat de vloeistof die van de verbruiker terugkomt direct weer aan de pomp wordt toegevoerd. Er is in dit systeem een hoge druk en een lage druk zijde die wisselt afhankelijk, van de belastingsrichting.

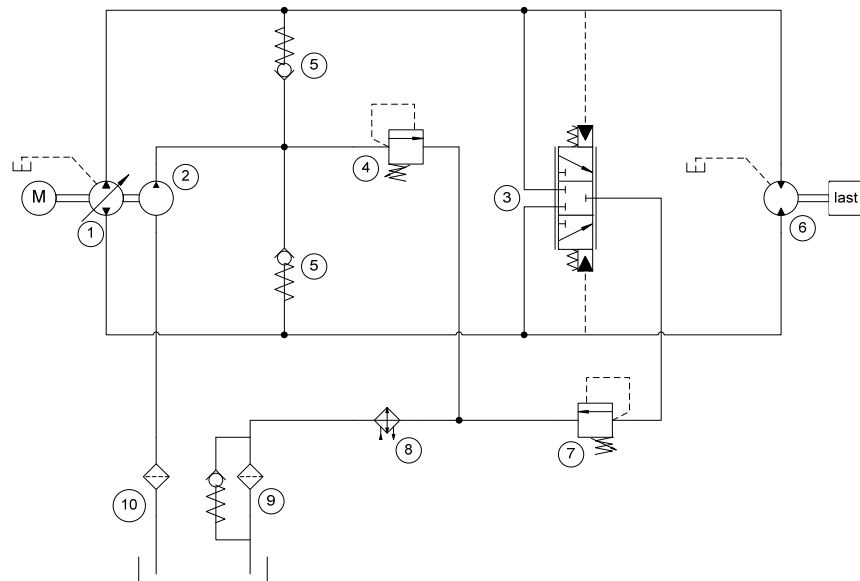
In dit systeem dient enkel de lekolie die van de pomp en motor naar de tank terugstroomt vervangen te worden, dit geschiedt door de voedingpomp. Deze voedingpomp is aan de hoofdpomp gekoppeld en zuigt uit een relatief klein reservoir en perst de "lekolie" dit een terugslagklep naar de lage druk zijde van het gesloten systeem. In het open systeem is een zogenaamd spoelventiel opgenomen die een deel van de olie via een filter en koeler terugvoert naar de tank. Op deze manier wordt voorkomen dat de olie in het gesloten systeem te warm wordt. Deze systemen hebben over het algemeen een hoger rendement dan het open systeem omdat de zuigdruk wat hoger is.

Op afbeelding 15.3 is een eenvoudige weergave van een gesloten systeem weergegeven. Op afbeelding 15.44 is ook een gesloten systeem weergegeven, maar nu met de minimaal benodigde componenten.



Afbeelding 15.3: Eenvoudige weergave van het gesloten systeem.

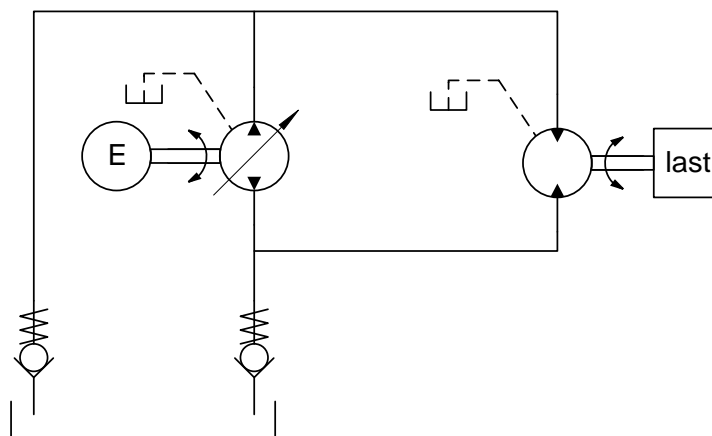
Op afbeelding 15.3 zien we dat de pomp de vloeistof naar de verbruiker pompt en dat het van de verbruiker rechtstreeks in de zuig van de pomp wordt teruggevoerd. Het zal duidelijk zijn dat eventuele lekolie gecompenseerd moet worden en dat er constant olie uit het systeem gevoerd moet worden om gekoeld te worden.



Afbeelding 15.4: Uitvoerige weergave van het gesloten systeem.

De hoofdpomp (1) perst de vloeistof via de leiding naar de motor (6). Omdat er altijd een kleine lekkage van de motor en de pomp plaatsvindt, is er voorzien in een voedingpomp (2). De voedingpomp (2) zuigt de olie via het zuigfilter (10) uit de tank en voert het via een van de terugslagkleppen (5) in de lage druk zijde van het systeem. Als de olie steeds rond staat te pompen zal het systeem veel te warm worden, om die reden is voorzien in een spoelventiel (3). We nemen aan dat de pomp via de bovenste leiding olie naar de motor voert, de voedingpomp perst dan via de onderste terugslagklep (5) olie naar het lage druk gedeelte. Het spoelventiel (3) zal via de stuurleiding "omlaag" gedrukt worden, uit het hoge druk gedeelte van het systeem wordt nu olie via het spoelventiel afgevoerd, de olie stroomt nu via veiligheid (7) door de oliekoeler (8) en retourfilter (9) terug naar de tank. Op deze manier wordt voorkomen dat het systeem te warm wordt.

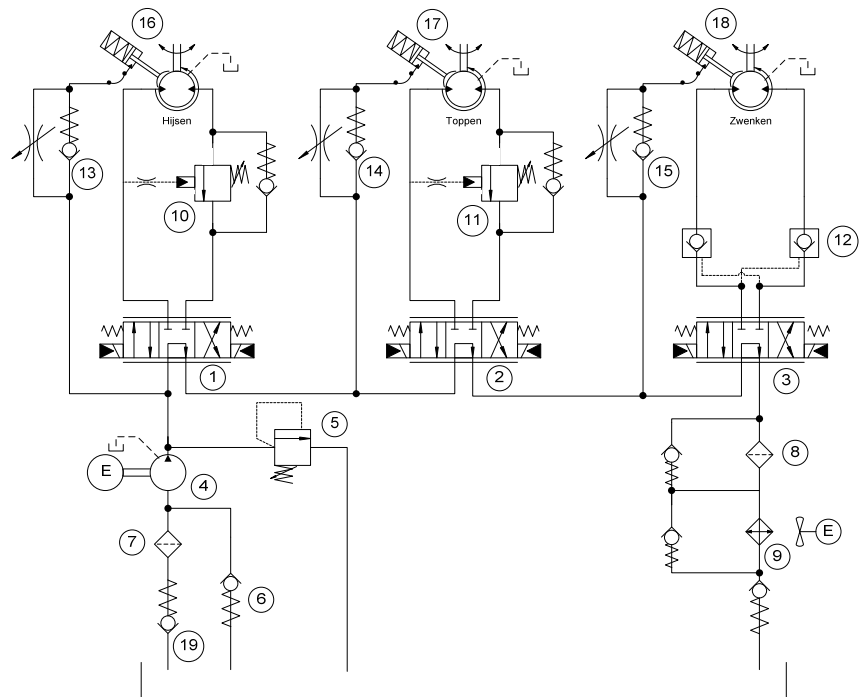
Op afbeelding 15.5 is tenslotte een schematische weergave te zien van het half gesloten systeem. Ook hier wordt de terugstromende olie van de hydromotor rechtstreeks in de zuig van de pomp gevoerd. Een eventueel tekort aan olie, lekkage of andere oorzaken, wordt via de nazuig terugslagkleppen uit de tank aangezogen.



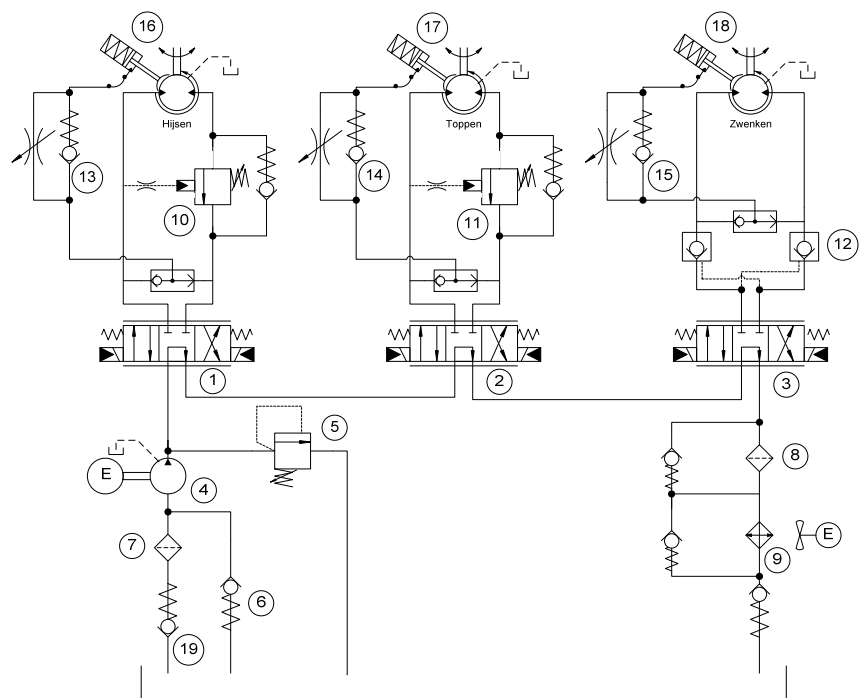
Afbeelding 15.5: Halfgesloten systeem, schematische weergave.

15.3 Voorbeeld van een hydraulische kraan

Op afbeelding 15.6 en 15.7 is een schema weergegeven van een hydraulische kraan.



Afbeelding 15.6: Schematische weergave van een hydraulische kraan.



Afbeelding 15.7: Schematische weergave van een hydraulische kraan.

De beide schema's zien er in eerste instantie hetzelfde uit, enkel zijn de componenten 13, 14 en 15 op een andere plaats aangesloten.