

Dossier Wegventielen

Om pneumatische aandrijvingen te besturen of om de energietoevoer naar de verschillende onderdelen van een pneumatisch systeem te regelen heeft men wegventielen nodig.
In dit dossier worden de meest gebruikte wegventielen besproken.

Festo Belgium nv
Kolonel Bourgstraat 101
BE-1030 Brussel

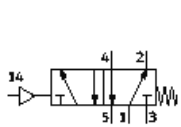
Tel.: +32 2 702 32 39
Info_be@festo.com
www.festo.com

De verschillende ventielen

Pneumatische ventielen worden, volgens hun functie, in drie hoofdgroepen onderverdeeld:

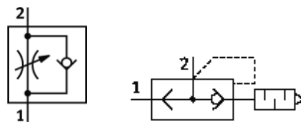
Wegventielen

2/2-ventiel
3/2-ventiel
4/2-ventiel
5/2-ventiel
4/3-ventiel
5/3-ventiel



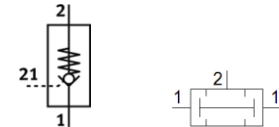
Regelventielen

Smoring
Snelheidsregelventiel
Snelontluchter



Terugslagventielen

Terugslagklep
Gestuurde terugslagklep
Wisselventiel (OF-functie)
Tweedrukventiel (EN-functie)



Wegventielen

In dit dossier gaan we het uitvoerig hebben over de wegventielen.

De naam zegt het zelf al een beetje, wegventielen bepalen de weg die de perslucht volgt. Ze leiden de perslucht in banen, maar kunnen de weg ook volledig afsluiten.

Een wegventiel kan twee, drie, vier of vijf aansluitpoorten hebben om de perslucht naar de aangesloten componenten te leiden.

Zoals steeds gebruiken we symbolen om wegventielen schematisch voor te stellen. De symbolen vertellen ons wel iets over de functie en de werking van het ventiel, maar niet over de constructie ervan.

De symbolen

Het symbool van een ventiel tekent men meestal horizontaal.

Per schakelstand dat een wegventiel kan bereiken tekent men één vierkant. Een ventiel met 2 schakelstanden, bijvoorbeeld een open of een gesloten stand, wordt dus voorgesteld met 2 vierkanten (Fig. 1).



Fig. 1.

De rustpositie tekent men meestal rechts. De rustpositie is de positie waarin het ventiel zich bevindt wanneer het niet bediend wordt (Fig. 2).

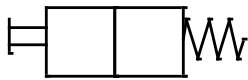


Fig. 2.

De benaming

De benaming van een ventiel bestaat uit 2 getallen en is afhankelijk van het aantal aansluitpoorten en het aantal schakelstanden waarover het ventiel beschikt.

De weg, die de perslucht in een bepaalde toestand volgt in het ventiel, tekent men in het overeenkomstige vierkant. Zo duidt een verbinding tussen twee aansluitpoorten aan dat er perslucht doorstroomt. De pijl die op de verbinding staat duidt de richting aan waarin de perslucht stroomt (Fig. 3).



Fig. 3.

Afgesloten aansluitpoorten tekent men afgestopt (Fig. 4).



Fig. 4.

De aansluitingen van het ventiel verbindt men aan de rustpositie van het ventiel. Voeding en ontluchting komen onderaan het symbool en de uitgangen aan de bovenzijde (Fig. 5).

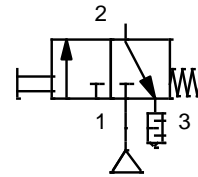


Fig. 5.

Het eerste getal (X) in de naamgeving geeft het aantal aansluitpoorten weer, maar dan wel zonder rekening te houden met de stuurpoorten van het ventiel.

Het tweede getal (Y) geeft het aantal schakelstanden weer.

Een ventiel met 5 aansluitpoorten (stuurpoorten niet meegerekend) en 2 schakelstanden is dus een 5/2-ventiel (Fig. 6).

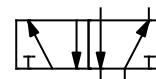


Fig. 6.

De sturingen

Om een ventiel te bedienen is er minimaal één sturing nodig.

De sturing van een ventiel kan manueel, mechanisch, pneumatisch of elektrisch gebeuren.

Om de verschillende sturingen voor te stellen zijn er verscheidene stuursymbolen beschikbaar (Fig. 7).

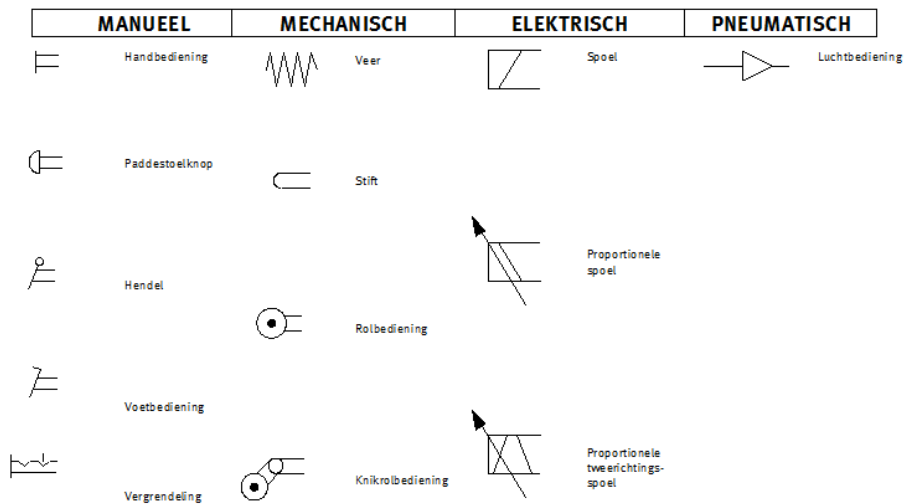


Fig. 7.

Monostabiele en bistabiele ventielen

We onderscheiden twee types van ventielen:

- Monostabiele ventielen
- Bistabiele ventielen

Monostabiele ventielen.

Deze ventielen moeten gedurende de omschakeltijd blijvend bediend worden. Wordt de bediening opgeheven dan neemt het ventiel zijn ruststand terug in door veerkracht of luchtdruk. Dat wil zeggen dat het ventiel terug in de fase van vóór de bediening komt. Dit 'gedrag' noemen we monostabiel (Fig. 8).

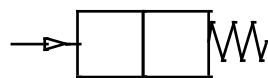


Fig. 8.

Bistabiele ventielen

Deze ventielen kunnen door een kortstondige bediening blijvend omgeschakeld worden. Dus wanneer men de bediening opheft, gaat het ventiel niet terug naar de toestand van vóór de bediening. Het ventiel heeft twee standen en voor iedere stand is een aparte bediening nodig. Dit gedrag noemt men bistabiel (Fig. 9).

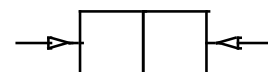


Fig. 9.

De verschillende ventieltypes

Het 2/2 ventiel

We beginnen bij het meest eenvoudige ventiel, de afsluitkraan.

De afsluitkraan heeft een toevoeraansluiting en een afvoeraansluiting, dus 2 aansluitingen. Anderzijds heeft de afsluitkraan ook 2 toestanden: open en gesloten. We kunnen stellen dat een afsluitkraan een 2/2-ventiel is.

2/2-ventielen vindt men in pneumatische Installaties waar perslucht moet afgesloten kunnen worden.

2/2 ventielen kunnen monostabiel of bistabiel zijn (Fig. 10).

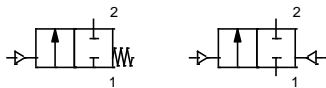


Fig. 10.

Monostabiele 2/2 ventielen kunnen in 2 varianten aangeboden worden naargelang ze in rusttoestand de lucht afsluiten of doorlaten. Men onderscheid het normaal gesloten 2/2 ventiel (Fig. 11) en het normaal open 2/2 ventiel (Fig. 12).

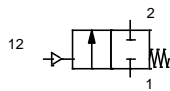


Fig. 11: 2/2 ventiel NG.

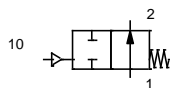


Fig. 12: 2/2 ventiel NO.

De poorten van het 2/2 ventiel worden genummerd om ons toe te laten het ventiel probleemloos aan te sluiten (Fig. 13):

- 1 Aansluitpoort voor de voeding
- 2 Aansluitpoort voor de uitgang
- 12 Stuurpoort die het ventiel opent
- 10 Stuurpoort die het ventiel sluit

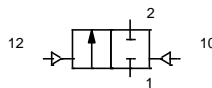


Fig. 13.

In figuur 14 zien we de werking van een normaal gesloten 2/2 ventiel met mechanische bediening.

Indien het ventiel niet bediend wordt is de voedingspoort (1) afgesloten.

Bij bediening van het ventiel kan de lucht van de voedingspoort (1) naar de uitgangspoort (2) stromen.

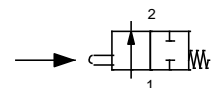
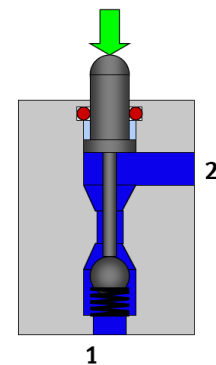
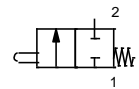
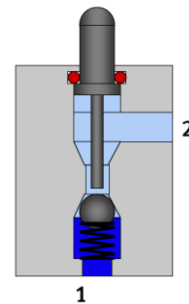


Fig. 14.

Het 3/2 ventiel

Een enkelwerkende cilinder moet via het ventiel ontluicht kunnen worden (Fig. 15) om nadien een nieuwe werkslag te kunnen realiseren (Fig. 16).

We hebben dus een 3^e aansluitpoort nodig die toelaat om de cilinderkamer te ontluichten. Het te gebruiken ventiel moet 3 aansluitpoorten hebben en is dus een 3/2-ventiel.

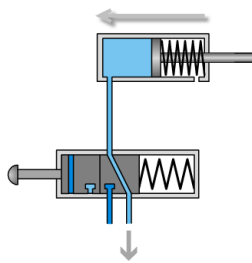


Fig. 15.

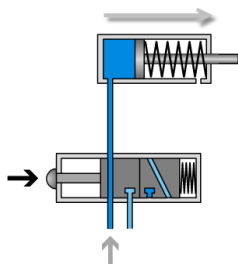


Fig. 16.



[Animatie 3/2 ESNU](#)

3/2 ventielen kunnen net zoals 2/2 ventielen monostabiel of bistabiel zijn (Fig. 17).

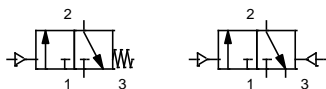


Fig. 17.

Monostabiele 3/2 ventielen kunnen in 2 varianten aangeboden worden naargelang ze in rusttoestand de toevoerlucht afsluiten of doorlaten. Men onderscheid het normaal gesloten 3/2 ventiel (Fig. 18)

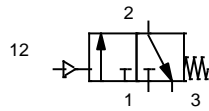


Fig. 18

en het normaal open 3/2 ventiel (Fig. 19).

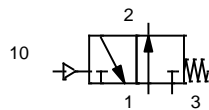


Fig. 19

De poorten van het 3/2 ventiel worden genummerd om ons toe te laten het ventiel probleemloos aan te sluiten (Fig. 20):

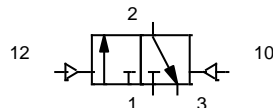


Fig. 20.

- 1 Aansluitpoort voor de voeding
- 2 Aansluitpoort voor de uitgang
- 3 Aansluitpoort voor de ontluichting
- 12 Stuurpoort die het ventiel opent
- 10 Stuurpoort die het ventiel sluit

Figuur 22 stelt een normaal gesloten 3/2 ventiel met mechanische bediening voor.

Indien het ventiel niet bediend wordt is de uitgangspoort (2) in verbinding met de ontluichtingspoort (3), de voedingspoort (1) is afgesloten.

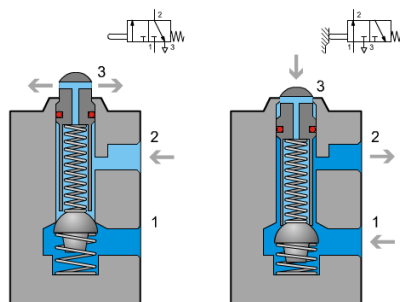


Fig. 22

Bij bediening van het ventiel wordt de ontluichtingspoort (3) afgesloten en kan de lucht van de voedingspoort (1) naar de uitgangspoort (2) stromen.



Afbeelding luchtbediend monostabiel 3/2 ventiel type VL/O-3-1/8-B

- [Documentatie](#)
- [Informatieblad](#)
- [Accessoires](#)
- [CAD](#)



Afbeelding monostabiel 3/2 ventiel met paddestoelknop type VHEM-PTC-M32C-M-G18

- [Documentatie](#)
- [Informatieblad](#)
- [Accessoires](#)
- [CAD](#)

Het 4/2 en het 5/2 ventiel

Om een dubbelwerkende cilinder te sturen zijn er 2 ventieluitgangen nodig.

Het is dan ook mogelijk om een dubbelwerkende cilinder te sturen met twee 3/2 ventielen (Fig. 24 + 25).

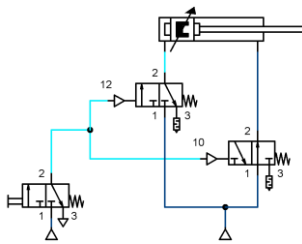


Fig. 24.

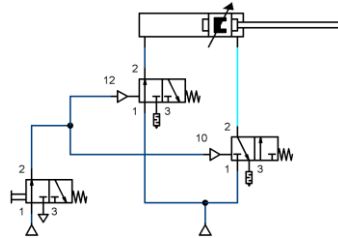


Fig. 25.

Bouwen wij deze twee 3/2 ventielen samen tot één geheel met gemeenschappelijke voeding en ontlufting (Fig. 26), dan kunnen wij dit beschouwen als een 4/2-ventiel (Fig. 27).

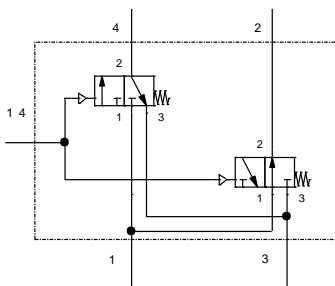


Fig. 26.

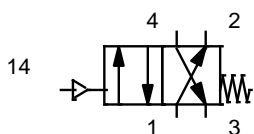


Fig. 27.

De sturing van een dubbelwerkende cilinder door een 4/2 ventiel gebeurt zoals afgebeeld in figuur 28.

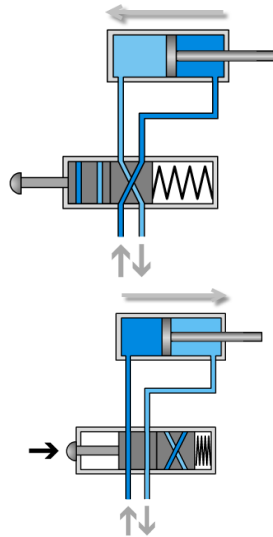


Fig. 28.

4/2 ventielen kunnen net zoals 3/2 ventielen monostabiel of bistabiel zijn (Fig. 29).

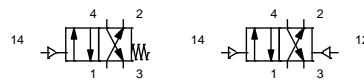


Fig. 29.

De poorten van het 4/2 ventiel worden genummerd om ons toe te laten het ventiel probleemloos aan te sluiten (Fig. 30):

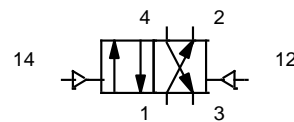


Fig. 30.

- 1 Aansluitpoort voor de voeding
- 2 + 4 Aansluitpoorten voor de uitgangen
- 3 Aansluitpoort voor de ontlufting
- 12 Stuurpoort die de lucht van poort 1 naar poort 2 stuurt
- 14 Stuurpoort die de lucht van poort 1 naar poort 4 stuurt

Bouwen wij de twee 3/2 ventielen die onze dubbelwerkende cilinder sturen samen tot één geheel met gemeenschappelijke voeding en 1 ontlufting per uitgang (Fig. 31), dan kunnen wij dit beschouwen als een 5/2-ventiel (Fig. 32).

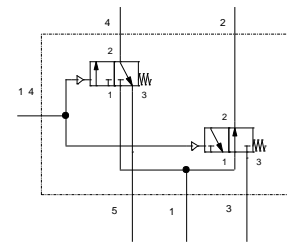


Fig. 31.

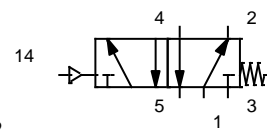


Fig. 32.

5/2 ventielen kunnen eveneens monostabiel of bistabiel zijn (Fig. 33).

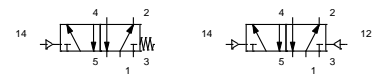


Fig. 33.

De poorten van het 5/2 ventiel worden genummerd om ons toe te laten het ventiel probleemloos aan te sluiten (Fig. 34):

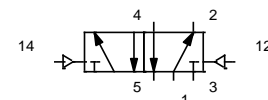


Fig. 34.

- 1 Aansluitpoort voor de voeding
- 2 + 4 Aansluitpoorten voor de uitgangen
- 3 Ontlufting van de uitgangspoort 2
- 5 Ontlufting van de uitgangspoort 4
- 12 Stuurpoort die de lucht van poort 1 naar poort 2 stuurt
- 14 Stuurpoort die de lucht van poort 1 naar poort 4 stuurt

Figuur 35 stelt een bistabiel 5/2 ventiel voor met pneumatische sturingen.

Door een drukpuls te geven op de stuurpoort (12) schakelt het ventiel en verplaatst de schuif zich naar links. We krijgen een doorstroming van (1) naar (2), vandaar de cijferwaarde 12 op de stuurpoort, de uitgang (4) ontluicht langs (5).

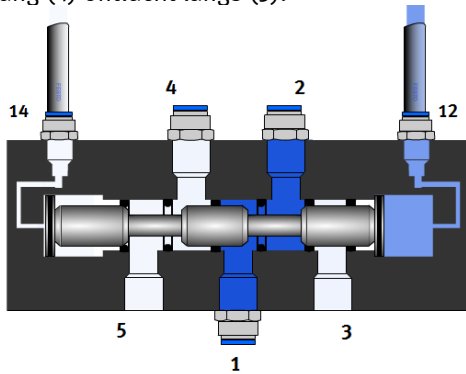


Fig. 35

Geven wij nu een drukpuls op de stuurpoort (14), dan schakelt het ventiel om en verplaatst de schuif zich naar rechts. Hierdoor krijgen wij een doorstroming van (1) naar (4), vandaar de cijferwaarde 14 op de stuurpoort, de uitgang (2) ontluicht over (3).

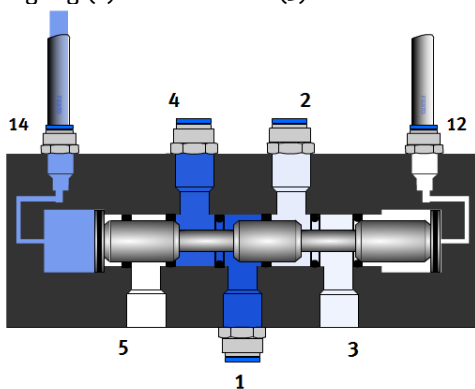


Fig. 35

Figuur 36 stelt een monostabiel 5/2 ventiel voor met mechanische veerterugbrenging.

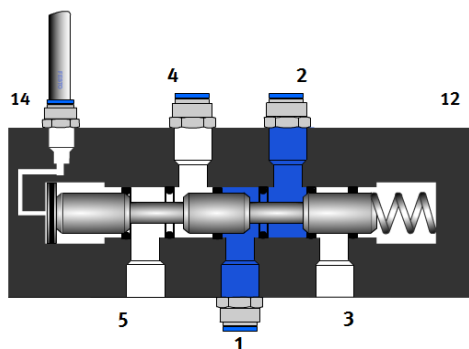


Fig. 36



[Animatie 5/2 bi](#) [Animatie 5/2 mono](#)

De sturing van een dubbelwerkende cilinder door een 5/2 ventiel gebeurt zoals afgebeeld in figuur 37.

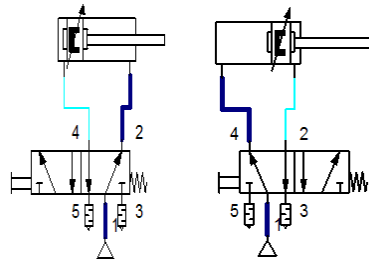


Fig. 37.

De persluchtpoort (1) wordt afwisselend verbonden met de twee uitgangen (2) of (4) naar de verbruiker (cilinder). Elke uitgang heeft zijn eigen ontluichtingspoort.

Zo heeft uitgang (2) zijn ontluichting via poort (3) en uitgang (4) zijn ontluichting via poort (5).



[Animatie 5/2 DSBC](#)



Afbeelding hefboombediend 5/2 ventiel type **VHEM-L-M52-A-G18**

- Documentatie
- Informatieblad
- Accessoires
- CAD

Afbeelding hefboombediend 5/2 ventiel type **JH-5-1/8**

- Documentatie
- Informatieblad
- Accessoires
- CAD



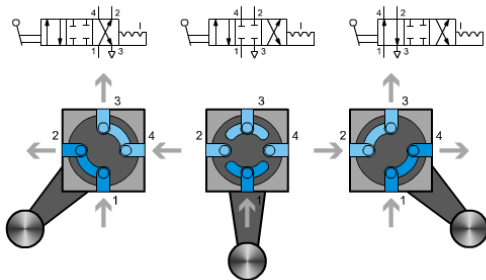
Het 4/3 en het 5/3 ventiel

Naast de ventielen met twee standen vindt men eveneens ventielen met een derde stand, de 4/3 en 5/3 ventielen. Deze ventielen laten toe om een dubbelwerkende cilinder in een tussenpositie te doen stoppen (zie dossier positioneren voor meer informatie).

4/3 ventielen hebben meestal een constructie met een draaischuif en worden manueel aan de hand van een hefboom bediend (Fig. 38).

Deze ventielen hebben 3 vergrendelbare posities

Afbeelding hefboombediend 5/2 ventiel type **VHER-AH-M04C-G18-LD**



- Documentatie
- Informatieblad
- Accessoires
- CAD



Fig. 38.

4/3 Ventielen zijn standaard in 2 varianten beschikbaar, het 4/3 ventiel met gesloten middenstand (Fig. 39 links) en het 4/3 ventiel met ontluichte middenstand (Fig. 39 rechts).

Bij het ventiel met ontluichte middenstand staan de 2 uitgangspoorten in ontluchting in de middenstand.

Men kan eveneens het 4/3 ventiel met ontluichte middenstand via de poort 3 voeden, in dit geval bekomen we de beluchting van de uitgangspoorten 2 en 4 in de middenpositie.



Fig. 39.

5/3 ventielen hebben meestal een constructie met een stuurschuif en worden elektrisch of pneumatisch bediend (Fig. 40). Deze ventielen zijn monostabiel en worden bij het ontbreken van de sturing terug naar hun middenpositie gebracht door veerkracht.

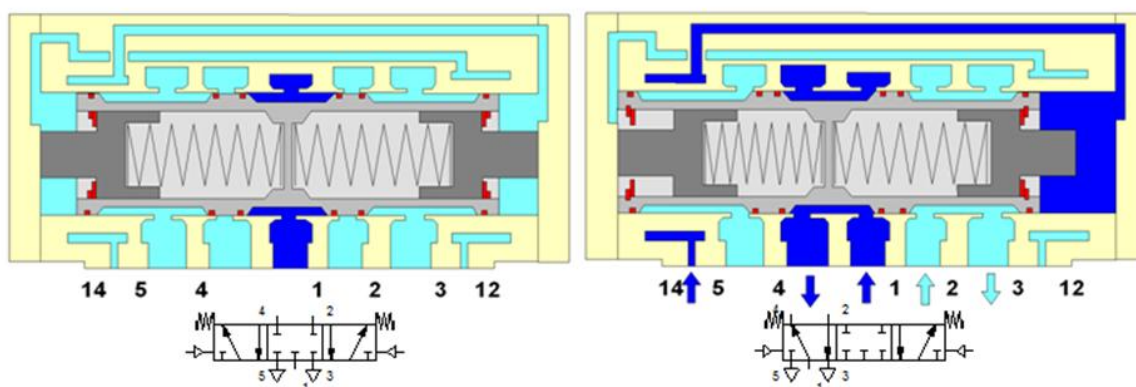


Fig. 40.

5/3 Ventielen zijn standaard in 3 varianten beschikbaar, het 5/3 ventiel met gesloten middenstand (Fig. 41 links), het 5/3 ventiel met ontluichte middenstand (Fig. 41 midden) en het 5/3 ventiel met beluchte middenstand (Fig. 41 rechts).

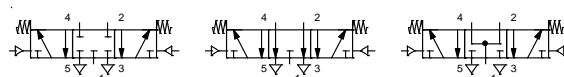


Fig. 41.

De constructie

Qua constructie onderscheiden we hoofdzakelijk:

- klepventielen
- schuifventielen

Klepventielen (Fig.42)

De persluchtdoorlaat bij klepventielen wordt door een kogel, een schotel of een kegel afgesloten.

De afdichting op de ventielzitting gebeurt meestal op een eenvoudige manier met behulp van elastische pakkingen. Klepventielen hebben praktisch geen onderdelen die aan slijtage onderhevig zijn waardoor ze een lange levensduur hebben. Klepventielen zijn robuust en minder gevoelig voor vuil dan schuifventielen. Het sluiten van de doorlaat gebeurt door druk wat een goede afdichting verzekert.

De bedieningskracht is bij klepventielen verhoudingsgewijs groot omdat de luchtdruk op het oppervlak van de klep en de kracht van de terugbrengeveer moeten overwonnen worden. In de meeste gevallen zijn klepventielen ventielen die maar in één richting afdichten. Dat is dan ook de reden waarom de pijl in het symbool maar in één richting wordt getekend.

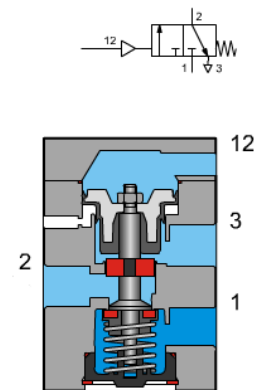


Fig. 42: Normaal gesloten 3/2 ventiel met klepzitting .

Schuifventielen (Fig. 43)

Het schuifventiel bezit als stuuerelement een ronde of vlakke schuif. Door een afwisselende axiale beweging van de schuif wordt het ventiel geschakeld.

De bedieningskracht kan gering zijn, omdat de druk van de perslucht geen of weinig invloed heeft op de schakelkracht. Ook de kracht van een eventueel aanwezige retourveer is maar gering. De schakelweg bij schuifventielen is langer dan bij klepventielen, hierdoor zijn schuifventielen minder geschikt als constructievorm voor mechanisch bediende ventielen.

Een constructieprobleem bij schuifventielen is de afdichting. Een schuifventiel dicht nooit volledig af, er is altijd een geringe luchtlek over de dichtingen. Bij schuifventielen mag de lucht in twee richtingen door het ventiel stromen. Hierdoor wordt het ventiel bidirectioneel, dit wordt in het symbool aangegeven door een pijl in beide richtingen te tekenen.

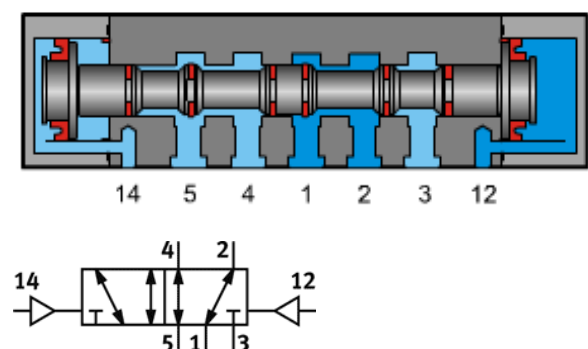


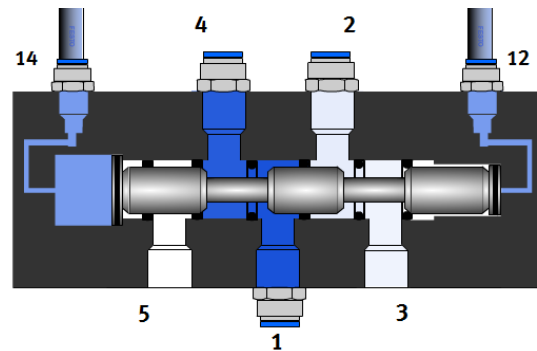
Fig. 43: 5/2 Schuifventiel.

Differentieelventielen (Fig. 44)

Differentieelventielen zijn ventielen waarbij één van beide sturingen dominant is. Indien het ventiel aan beide zijden wordt gestuurd zal het ventiel steeds een welbepaalde positie innemen.

De stuurschuif van deze ventielen is asymmetrisch gemaakt waardoor één van de beide sturingen steeds een grotere kracht uitoefent op de stuurschuif.

Figuur 44 stelt een differentieelventiel voor waarbij de stuurschuif links een grotere stuuroppervlakte heeft dan rechts. Indien dit ventiel aan beide zijde wordt gestuurd zal de schuif zich steeds naar rechts toe bewegen en de lucht naar de uitgangspoort 4 stromen.



Symbolisch wordt dit voorgesteld door een asymmetrische oppervlakte te tekenen.

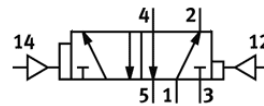


Fig. 44: 5/2 differentieelventiel.



[Animatie 5/2 dif](#)

Overlappen

Bij pneumatische ventielen onderscheid men ventielen met positieve overlapping en ventielen met negatieve overlapping

Positieve overlapping

Bij een progressieve bediening van het ventiel worden eerst alle poorten afgesloten en pas dan maakt men de gewenste doorlaat. Een ventiel met positieve overlapping (Fig. 45) heeft dus een overgangstoestand waarbij alle poorten afgesloten zijn.

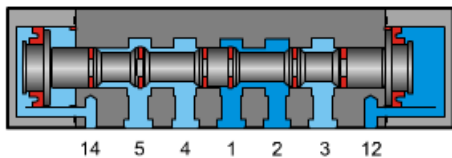


Fig. 45.

Negatieve overlapping

Tijdens de beweging van een ventiel met negatieve overlapping (Fig. 46) worden eerst alle poorten met elkaar verbonden (Fig. 47) en nadien pas de nodige poorten afgesloten (Fig. 48). Dit heeft tot gevolg dat bij langzame bewegingen van de schuif alle poorten met elkaar verbonden zijn tijdens de overgangsfase van de ene toestand naar de andere waardoor er persluchtverlies optreedt. Om deze reden zijn ventielen met negatieve overlapping minder geschikt voor mechanisch of manueel bediende ventielen.

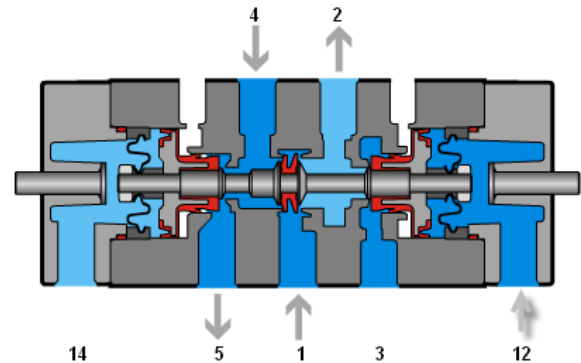


Fig. 46.

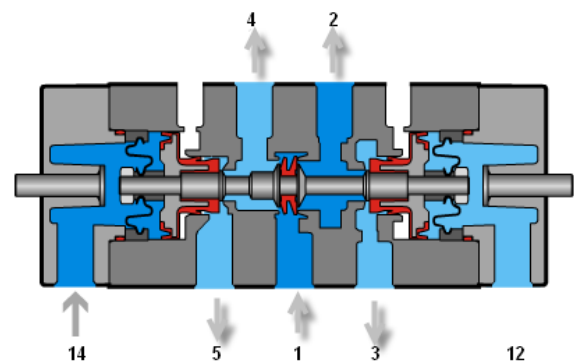


Fig. 47.

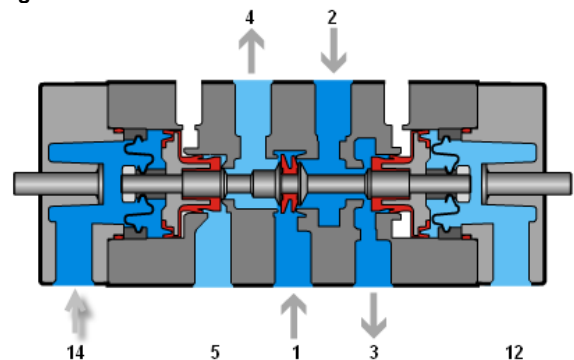


Fig. 48.

Indirect gestuurde ventielen

Schuifventielen zijn minder geschikt als constructievorm voor mechanisch bediende ventielen omwille van hun lange schakelafstand.

Daarom worden mechanisch bediende ventielen hoofdzakelijk als klepventiel uitgevoerd.

Nadeel van een klepventiel is echter dat de bedieningskracht verhoudingsgewijs groot is en toeneemt met de bouwgrrootte van het ventiel.

Om de schakelkracht klein te houden bij ventielen met een relatief grote doorlaat en dus grote bouwgrrootte wordt een indirecte besturing toegepast.

Indirect gestuurde ventielen worden samengesteld uit twee ventielen (Fig. 49), een mechanisch bediend stuurventiel met kleine doorlaat (1) en een pneumatisch bediend hoofdventiel (2).

Wanneer het stuurventiel bekrachtigd wordt zal deze het hoofdventiel pneumatisch sturen, de mechanische schakelkracht wordt hierdoor beperkt.

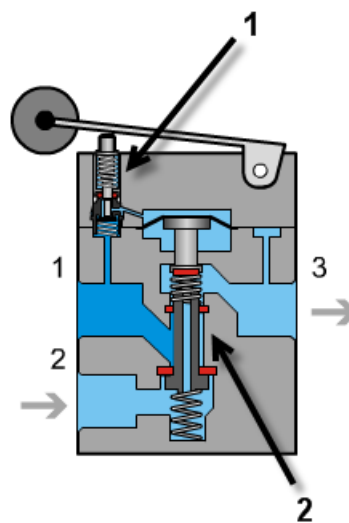
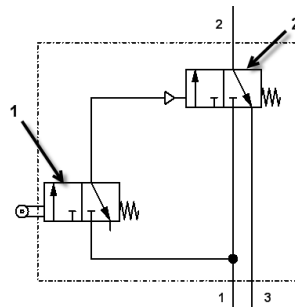


Fig. 49.

Om de indirecte sturing voor te stellen bestaat een apart stuursymbool (Fig. 50).



Fig. 50.

In plaats van twee ventielen voor te stellen zoals afgebeeld in figuur 49 bovenaan gebruiken we een vereenvoudigd symbool waarbij we de mechanische en de indirecte bediening gecombineerd voorstellen (Fig. 51).

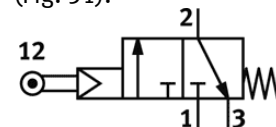


Fig. 51.

Nadeel van ventielen met indirecte besturing is dat er een minimale voedingsdruk nodig is die volgens het ventieltype kan oplopen van 0,15 tot 0,3 MPa. Indien de voedingsdruk te laag is zal het hoofdventiel niet schakelen bij het schakelen van het stuurventiel.

Drukbereik

Bij de keuze van een ventiel is het belangrijk om na te gaan of het ventiel geschikt is om te werken bij de vereiste voedingsdruk.

Sommige ventielen zijn enkel geschikt om te werken met overdruk en zijn dus niet geschikt voor vacuüm.

Indirect gestuurde ventielen eisen meestal een bepaalde minimale druk die, al naargelang het type, 0,1 tot 0,3 MPa kan bedragen, deze ventielen zijn dus niet geschikt om met vacuüm of met vrij lage drukken te werken.

Alle ventielen hebben een maximale toelaatbare werkdruk die niet mag worden overschreden.

Bepalen van het debiet van een ventiel

In functie van de vereiste cilindersnelheid moet men een ventiel kiezen dat een bepaald minimaal debiet kan leveren. Het debiet is daarom maatgevend voor de keuze van een ventiel.

Men mag echter niet vergeten dat er slechts een debiet door een ventiel stroomt als er een drukval over dat ventiel is.

Om het debiet van een ventiel te bepalen (Fig. 52) laat men lucht door het ventiel stromen. De druk op de ingang (p_1) wordt ingesteld en een smoring voor de debietmeter wordt opengedraaid tot er een vooraf bepaalde drukval (Δp) over het ventiel gemeten wordt

($\Delta p = p_1 - p_2$). Het debiet door het ventiel bij deze voedingsdruk en drukval wordt aan de hand van de debietmeter gemeten.

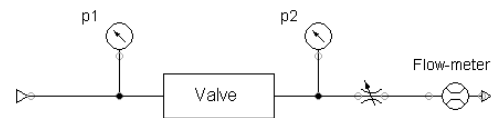


Fig. 52.

In principe wordt het referentiedebiet (Q_n) bepaald bij een ingangsdruk (p_1) van 0,6 MPa, en een drukverlies (Δp) van 0,1 MPa.

Het debiet varieert echter wanneer de voedingsdruk of de drukval over het ventiel verandert.

- Bij toenemende voedingsdruk of toenemende drukval zal het debiet toenemen
- Bij afnemende voedingsdruk of afnemende drukval zal het debiet afnemend

Als de waarde Q_n bekend is, kunnen we het debiet bij andere drukken of drukvallen bepalen met behulp van een nomogram.

Bepalen van het debiet Q van een ventiel bij verschillende drukken en drukvallen.

Voorbeeld:

We hebben een ventiel waarvan we het referentiedebiet Q_n kennen.
 $Q_n = 800$ l/min.

Dit referentiedebiet werd bepaald bij:
 $p_1 = 0,6$ MPa
 $\Delta p = 0,1$ MPa.

We willen echter het debiet kennen bij volgende gegevens:
 $p_1 = 0,8$ MPa
 $\Delta p = 0,05$ MPa

Om dit te kunnen bepalen kunnen we gebruik maken van een nomogram (Fig. 53)

Werkwijze:

Eerst moeten we p_2 berekenen door middel van de onderstaande formule:
 $p_2 = p_1 - \Delta p = (0,8 - 0,05)$ Mpa
 $p_2 = 0,75$ MPa

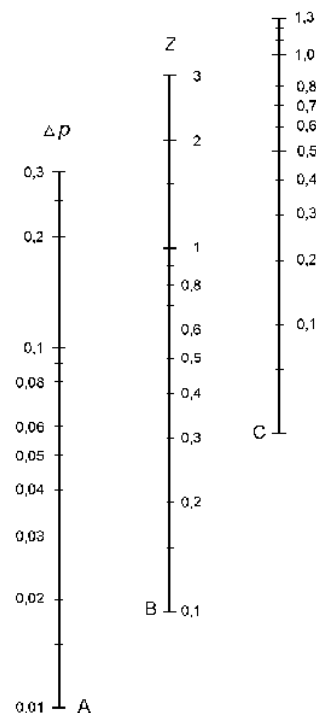


Fig. 53.

Nu trekken we een lijn tussen de gegeven Δp waarde op aslijn A (Fig. 51) en de berekende p_2 waarde op aslijn C. Deze lijn snijdt de aslijn B op een bepaald punt dat ons de Z-waarde aangeeft.

De Z-waarde vermenigvuldigd met de Q_n waarde geeft ons het gevraagde debiet Q .

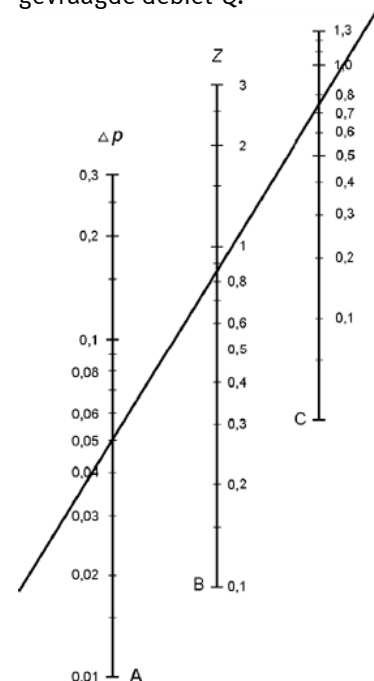


Fig. 54.

In ons geval
 $Z = 0,85$ (zie Fig. 54)
 $Q = Z \times Q_n = 0,85 \times 800$ l/min
 $Q = 680$ l/min