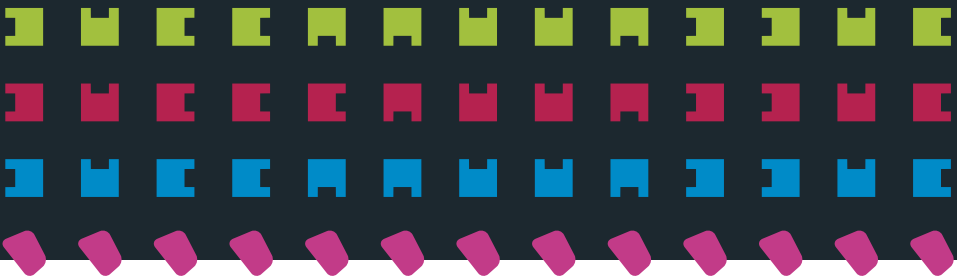


2e
druk

Industriële automatiserings- technieken



A. Drost
C.J. van Beekum



INDUSTRIËLE AUTOMATISERINGSTECHNIKEN

Vormgeving en opmaak

PPMP Prepress, Wolvega

Vormgeving omslag

A. de Graaff

Over ThiemeMeulenhoff

ThiemeMeulenhoff ontwikkelt zich van educatieve uitgeverij tot een learning design company. We brengen content, leerontwerp en technologie samen. Met onze groeiende expertise, ervaring en leeroplossingen zijn we een partner voor scholen bij het vernieuwen en verbeteren van onderwijs. Zo kunnen we samen beter recht doen aan de verschillen tussen lerenden en scholen en ervoor zorgen dat leren steeds persoonlijker, effectiever en efficiënter wordt.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

ISBN 978 90 06 48922 4

Tweede druk, eerste oplage, 2018

© ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2018

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp (www.stichting-pro.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie www.auteursrechtenonderwijs.nl.

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Deze uitgave is volledig CO₂-neutraal geproduceerd.

Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk.

Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

Industriële automatiserings- technieken



Oorspronkelijke auteurs

A. Drost
C.J. van Beekum
A. Sa

Website

www.techniekvoorhbo.nl

Woord vooraf

Deze herziene uitgave behandelt de industriële automatiseringstechnieken voor de technische studierichtingen, met name voor de hbo-engineeringopleidingen werktuigbouwkunde en elektrotechniek en daaraan gerelateerde opleidingen, zoals autotechniek, luchtvaarttechniek, scheepvaarttechniek en industriële automatiseringstechniek.

Door de vele voorbeelden, opgaven en vragen en door de aangebrachte koppelingen met relevante internetsites leent het boek zich ook voor zelfstudie.

Bij de opzet van deze tweede druk is uitgegaan van een aantal doeleinden, te weten:

- logische opbouw van de hoofdstukken, zowel met het oog op de verschillende maatgevende items in de automatiseringstechniek, als op de verdiepingvolgorde in de studieonderwerpen;
- waar mogelijk onderbrenging van items in hoofdstukken die zelfstandig gelezen kunnen worden zonder eerst alle voorgaande hoofdstukken door te moeten nemen;
- aansluiting bij de modernste technieken door informatie van en samenwerking met belangrijke automatiseringsbedrijven, zoals Festo, Siemens, ABB en Koning & Hartman;
- uitwerkingen van de PLC-technieken aan de hand van twee typen, namelijk de Siemens S7 en de Mitsubishi Melsec PLC's;
- uitbreiding van de hoofdstukken over bustechnologie en robotica;
- aanbieding van de leerstof met behulp van een groot aantal voorbeelden, cases, besturingsprojecten en bedrijfsvideo's die ook in de vragen en opdrachten zijn verwerkt.

De automatiseringstechnieken worden in de volgende vormen aan de orde gesteld:

- Fundamentele automatiseringstechniek (besturingsalgebra, logische schema's).
- Toegepaste automatiseringstechniek:
 - pneumatische automatiseringstechniek (componenten, systemen, pneumatische schema's);
 - elektrische automatiseringstechniek (componenten, systemen, stroomkringschema's);
 - softwarematige technieken (PLC-hardware, PLC-programmeringen volgens IEC 61131-3, ladderdiagrammen, SFC's, enz.);
 - flexibele productieautomatisering, door middel van productidentificatie, transport- en handlingsystemen, bustechnologie en robotica.

Het accent verschuift in de loop van het boek steeds meer van de fundamentele automatiseringstechniek naar de flexibele productieautomatiseringstechniek (FPA).

Hierbij zijn een aantal hoofdstukken opgenomen die de volgende basisstof voor de FPA bevatten, te weten:

- de standaard IEC 61131-3 en de programmeeromgeving CoDeSys;
- identificatiesystemen (mechanisch, optisch, vision, radiofrequentie);
- transport- en handlingsystemen;
- netwerken (met PC, PLC's, sensoren, actuatoren en bustechnologie);
- robotica;
- flexibele productieautomatiseringstechniek (FPA).

Naast de in dit werk opgenomen theoretische uitleg is een website beschikbaar die voor een aantal items een verdieping van de leerstof geeft. Dit wordt in de hoofdstukken aangegeven met een QR-code in de kantlijn die een directe toegang tot de website geeft.

Via de website www.techniekvoorhbo.nl is deze informatie ook handmatig te bereiken.

Als auteurs willen wij hartelijk dank zeggen aan:

- de uitgever voor de prettige samenwerking bij de totstandkoming van deze tweede druk;
- de heren J. Mars en S.C. Broos van de firma Festo voor de hulp bij het optimaliseren van dit boek;
- de heer L. van Velzen van de firma Siemens voor zijn inbreng in het PLC-programmeren;
- de heren J. Bronkhorst en E. Meijer van de firma ABB voor de hulp bij het samenstellen van het hoofdstuk over robotica en de uitwerking van enkele voorbeelden;
- de heer M. Schinas van de firma Qua-vac voor de hulp bij het optimaliseren van het hoofdstuk bustechnologie;
- de firma's Festo, ABB, Siemens, en Qua-vac voor het beschikbaar stellen van beeldmateriaal voor deze uitgave en/of de demoprogramma's die via de site toegankelijk zijn voor de gebruikers van dit boek.

Tot slot willen wij u uitnodigen uw opbouwende kritiek op deze uitgave aan ons kenbaar te maken via het e-mailadres: www.thiememeulenhoff.nl/contact.

augustus 2017 A. Drost
 C.J. van Beekum

Inhoud

Auteurs IV
Woord vooraf V

1 Industriële automatiseringstechniek 13

- 1.1 Inleiding 13
- 1.2 Digitale en analoge automatisering 15
- 1.3 Uitvoerorganen 16
 - 1.3.1 Hydraulische uitvoerorganen 17
 - 1.3.2 Pneumatische uitvoerorganen 18
 - 1.3.3 Elektrische aandrijftechniek 22
- 1.4 Hoofdschakelelementen 29
 - 1.4.1 Hoofdschakelelementen van de hydrauliek 29
 - 1.4.2 Hoofdschakelelementen in de pneumatiek 30
 - 1.4.3 Elektrische hoofdschakelelementen 34
- 1.5 Opgaven 35

2 Signalen, signaalgevers en sensoren 37

- 2.1 Inleiding 37
- 2.2 Signalen 38
 - 2.2.1 Signaalopbouw 38
 - 2.2.2 Signaalvormen 38
- 2.3 Signaalgevers 39
 - 2.3.1 Pneumatische signaalgevers 39
 - 2.3.2 Elektrische signaalgevers 41
- 2.4 Sensoren 42
 - 2.4.1 Pneumatische sensoren 43
 - 2.4.2 Magnetische sensoren 43
 - 2.4.3 Inductieve sensoren 46
 - 2.4.4 Capacitieve sensoren 48
 - 2.4.5 Optische sensoren 51
 - 2.4.6 Druk- en krachtsensoren 53
 - 2.4.7 Intelligente sensoren 54
- 2.5 Opgaven 57

3 Basisbesturingsfuncties 59

- 3.1 Inleiding 59
- 3.2 Logische basisfuncties 60
 - 3.2.1 De NIET-functie 60
 - 3.2.2 De EN-functie 61
 - 3.2.3 De OF-functie 62
 - 3.2.4 De JA-functie 63
 - 3.2.5 Hulprelais 63
- 3.3 Combinatorische besturingen 64
 - 3.3.1 Het toepassen van relais 65
- 3.4 Opgaven 70

4 Besturingsalgebra 73

- 4.1 Inleiding 73
- 4.2 Talstelsels 73
 - 4.2.1 Het decimale talstelsel 74
 - 4.2.2 Het tweetallige of binaire stelsel 74
 - 4.2.3 De BCD-code 74
 - 4.2.4 Het achttallige of octale stelsel 75
 - 4.2.5 Het zestientallige of hexadecimale stelsel 75
- 4.3 Opgaven 76
- 4.4 Waarheidstabellen 78
- 4.5 Opgaven 81
- 4.6 Besturingsalgebra (axioma's, wetten en regels) 82
 - 4.6.1 Axioma's 82
 - 4.6.2 Wetten 82
 - 4.6.3 Regels 83
 - 4.6.4 Voorbeelden 85
- 4.7 Opgaven 87
- 4.8 Gray-codes 88
- 4.9 Karnaugh-diagram 90
 - 4.9.1 Minimaal- en maximaaltermen 91
 - 4.9.2 Vormen van Karnaugh-diagrammen 91
 - 4.9.3 Don't care-termen 95
 - 4.9.4 Geïnverteerde oplossingen 98
 - 4.9.5 Het vereenvoudigen van maxtermen 99
- 4.10 Opgaven 101

5 Volgordebesturingen 103

- 5.1 Inleiding 103
- 5.2 De besturingsvoorwaarden 103
- 5.3 Bewegingsdiagram, signalen, commando's en formules 104
- 5.4 Primaire signalen 107
- 5.5 Schematekenregels 110
 - 5.5.1 Het pneumatisch schema 111
 - 5.5.2 Het elektrisch- of stroomkringschema 113
 - 5.5.3 Het ladderdiagram 114
 - 5.5.4 Het logisch schema 117
- 5.6 Opgaven 119

6 Programmable Logic Controllers (PLC's) 123

- 6.1 Inleiding 123
- 6.2 De opbouw van een PLC 124
- 6.3 In- en outputmodule 125
- 6.4 Signalen en adressen 127
 - 6.4.1 Input en output 127
 - 6.4.2 Adressering 128
- 6.5 Werking van de PLC 129
- 6.6 Het programmeren van een PLC 130
 - 6.6.1 Het programmeren 131
 - 6.6.2 Programmeren in Instruction List (IL) 132
 - 6.6.3 Interne geheugenadressen (markers) 134
 - 6.6.4 Programmeren van min- en maxtermen 134
- 6.7 Het intoetsen van een programma 137
- 6.8 Opgaven 138

-
- 7 Geheugens (opbouw en werking) 139**
 - 7.1 Inleiding 139
 - 7.2 Opbouw van een geheugen 140
 - 7.3 Elektrische geheugenschakelingen 142
 - 7.3.1 Dominantie 142
 - 7.4 Pneumatische geheugenschakelingen 143
 - 7.5 Logische geheugens 144
 - 7.6 Geheugens in ladderdiagrammen 145
 - 7.7 Geheugens in een PLC-programma 146
 - 7.8 Geheugens en de Morgan-regel 147
 - 7.9 Samenvatting 150
 - 7.10 Opgaven 151

 - 8 Tijd- en tellerschakelingen (timers en counters) 153**
 - 8.1 Inleiding 153
 - 8.2 Signaal-tijddiagrammen 154
 - 8.3 Timers 155
 - 8.3.1 Pneumatische timers 155
 - 8.3.2 Elektrische timers 158
 - 8.3.3 Logische schema's van timers 159
 - 8.4 Timers in PLC's 159
 - 8.4.1 Programmeren met timers 160
 - 8.4.2 Programmeren met softwaretimers 162
 - 8.5 Voorbeelden 163
 - 8.6 Opgaven 167
 - 8.7 Counters (tellers) 169
 - 8.7.1 Elektronisch tellen 169
 - 8.7.2 De up-counter 170
 - 8.7.3 De down-counter 172
 - 8.7.4 Decimaal tellen 173
 - 8.8 Counters in PLC-programma's 174
 - 8.8.1 Presetwaarde 174
 - 8.8.2 Het programmeren van counters 174
 - 8.8.3 IEC-counters 176
 - 8.9 Opgaven 178

 - 9 Besturingen met tijd- en tellerschakelingen 181**
 - 9.1 Inleiding 181
 - 9.2 Combinatorische besturingen met tijd 182
 - 9.3 Volgordebesturingen met tijd 187
 - 9.4 Opgaven 191
 - 9.5 Besturingen met counters 194
 - 9.6 Opgaven 199

 - 10 Besturingen met geheugens 201**
 - 10.1 Inleiding 201
 - 10.2 Combinatorische besturingen met geheugens 202
 - 10.3 Volgordebesturingen met geheugens 205
 - 10.4 Noodstop 210
 - 10.4.1 Noodstopprocedure: alle uitvoerorganen direct naar ruststand 210
 - 10.5 Opgaven 213

11 Besturingen met stopcycli 217

- 11.1 Inleiding 217
- 11.2 Ongelijkmaakgeheugen 217
 - 11.2.1 Controletelling 218
- 11.3 Besturingsformules: regels 220
- 11.4 Opgaven 223
- 11.5 Gecontroleerde stopprocedure 224
- 11.6 Opgaven 228

12 Sequential Function Charts 231

- 12.1 Inleiding 231
- 12.2 Basisinstructies 232
- 12.3 Opbouw van een SFC 233
- 12.4 Voorwaardelijke herhaling 236
 - 12.4.1 Voorwaardelijke herhaling bij een hardwarematig uitgevoerde besturing 237
 - 12.4.2 Voorwaardelijke herhaling bij een PLC-besturing 238
- 12.5 Voorwaardelijke sprong 240
- 12.6 Opgaven 242
- 12.7 Manipulaties met SFC's 245
 - 12.7.1 AND-divergenties in een SFC 245
 - 12.7.2 OR-divergenties in een SFC 246
 - 12.7.3 Vrij aan te roepen sequentie (subchart) 247
 - 12.7.4 Gememoriseerde acties of commando's 250
- 12.8 Tellers in een SFC 254
- 12.9 Controle van een Sequential Function Chart (SFC) 257
- 12.10 Opgaven 258

13 Cases 263

- 13.1 Inleiding 263
 - Case 1: Manipulator 263
 - Case 2: Vloeistofdoseerinstallatie 267
 - Case 3: Reinigingsinstallatie 268
 - Case 4: Losinstallatie 271
 - Case 5: Beladingseenheid 273
- 13.2 Opgaven 275

14 De standaard IEC 61131-3 281

- 14.1 Inleiding 281
- 14.2 Kenmerken van de softwarestandaard IEC 61131-3 282
- 14.3 Kenmerken van de IEC 61131-3 programmeertalen 282
 - 14.3.1 Instruction List (IL) 283
 - 14.3.2 Structured Text (ST) 283
 - 14.3.3 Ladderdiagram (LD) 283
 - 14.3.4 Function Block Diagram (FBD) 284
 - 14.3.5 Sequential Function Chart (SFC) 284
- 14.4 Technische specificatie in een SFC 285
 - 14.4.1 Soorten acties 285
 - 14.4.2 Actie-qualifiers 285
 - 14.4.3 Voorbeeld actie-qualifiers 286
- 14.5 Goed ontwerpen en bouwen van een besturing 287

- 14.6 Modellen en bouwstenen in de norm 287
 - 14.6.1 Het softwaremodel 287
 - 14.6.2 Het communicatiemodel 288
 - 14.6.3 De programmaorganisatie 288
- 14.7 CoDeSys 289
 - 14.7.1 Datatypen 290
 - 14.7.2 Opbouw van een PLC-programma met behulp van CoDeSys 290
- 14.8 Project 1: Inpakinstallatie 290
 - 14.8.1 Deelproject 1a: Besturing inschuifinstallatie met IL 292
 - 14.8.2 Definiëring inschuifinstallatie 292
 - 14.8.3 Het bouwen van de inschuifbesturing 293
 - 14.8.4 Het bouwen van de visualisatie van de inschuifbesturing 298
- 14.9 Project 2: Buigapparaat 302
- 14.10 Project 3: Besturing met voorwaardelijke herhaling in SFC 307
- 14.11 Step 7 312
- 14.12 Opgaven 313

15 Objectidentificatie 317

- 15.1 Inleiding 317
- 15.2 Mechanische identificatie 319
 - 15.2.1 Mechanische identificatie met vaste platen 319
 - 15.2.2 Mechanische identificatie met stiften 319
- 15.3 Optische identificatie 321
 - 15.3.1 Eendimensionale optische codes 322
 - 15.3.2 Tweedimensionale optische codes 331
 - 15.3.3 Visionsystemen 334
- 15.4 Radiofrequentie-identificatie 340
- 15.5 Opgaven 343

16 Transport- en handlingsystemen 345

- 16.1 Inleiding 345
- 16.2 Transportsystemen 346
 - 16.2.1 Automated Guided Vehicle (AGV) 346
- 16.3 Transportbanen 349
- 16.4 Transferbanen 353
- 16.5 Opgaven 359
- 16.6 Handlingsystemen 360
 - 16.6.1 Cilinders en lineaire motoren 360
 - 16.6.2 Opspan- en kruistafels 361
 - 16.6.3 Trilvoeders 362
- 16.7 Pick and place-units 363
 - 16.7.1 Vast programmeerbare pick and place-unit 364
 - 16.7.2 Vrij programmeerbare pick and place-unit 366
- 16.8 Meetsystemen bij vrij programmeerbare P&P's 369
- 16.9 Opgaven 372

17 Bustechnologie 375

- 17.1 Inleiding 375
- 17.2 I/O-multiplexing 376
- 17.3 Datacommunicatie 378
 - 17.3.1 Parallele transmissie 378
 - 17.3.2 Seriele transmissie 379

- 17.4 Remote I/O 380
 - 17.4.1 Gedistribueerde remote I/O 383
- 17.5 Busprotocollen 384
- 17.6 SCADA-systeem 386
- 17.7 Netwerktopologie 388
- 17.8 Opgaven 390

18 Industriële robots 391

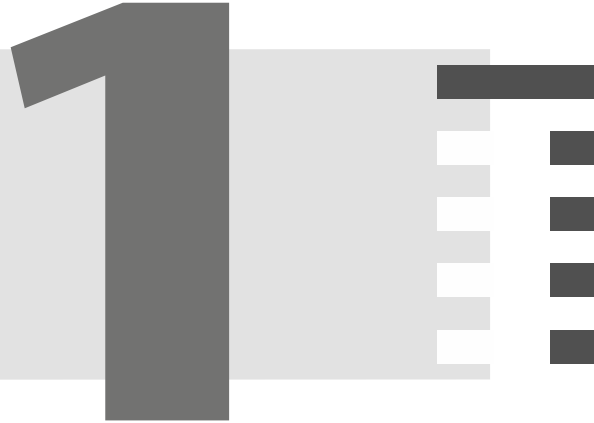
- 18.1 Inleiding 391
- 18.2 De industriële robot 392
- 18.3 Robottypen en -modelleringen 393
 - 18.3.1 Robottypen 393
 - 18.3.2 Robotmodelleringen 395
- 18.4 Robottoepassingen 395
- 18.5 Architectuur van een robot 399
- 18.6 Aandrijving van de robotassen 403
 - 18.6.1 Elektromotor 403
 - 18.6.2 Vertraging 403
 - 18.6.3 Remsysteem 404
 - 18.6.4 Meetsysteem 404
 - 18.6.5 Besturingssysteem 404
- 18.7 Robotprogrammering 406
 - 18.7.1 Coördinatensystemen 406
 - 18.7.2 Het Tool Center Point (TCP) 407
 - 18.7.3 De handbesturingsunit 408
 - 18.7.4 Online programmeren 409
 - 18.7.5 Voorbeeld van online programmeren met een FlexPendant 411
 - 18.7.6 Offline programmering 421
 - 18.7.7 Voorbeeld van offline programmeren met RobotStudio 425
- 18.8 Veiligheid bij het toepassen van robots 425
 - 18.8.1 Normen en richtlijnen 426
 - 18.8.2 Robotbeveiliging 427
 - 18.8.3 Geavanceerde beveiliging 430
- 18.9 Opgaven 431

19 Flexibele Productie Automatisering (FPA) 433

- 19.1 Inleiding 433
- 19.2 Apparatuur 436
- 19.3 Organisatie 437
- 19.4 Informatie 440
- 19.5 Systemen 441
 - 19.5.1 Flexibele fabricagesystemen 441
 - 19.5.2 Flexibele assemblagesystemen 445
- 19.6 Opgaven 447

Trefwoordenregister/Index 449

Illustratieverantwoording 457



Industriële automatiseringstechniek



1.1 Inleiding

De ontwikkeling van de techniek vanaf het begin van onze jaartelling tot ongeveer 1800 verloopt langzaam en is voor het grootste deel ambachtelijk. Alle gebruiksvoorwerpen en producten worden gemaakt met behulp van spierkracht (mens of dier), of door gebruikmaking van wind- of water-energie. Deze situatie veranderde aanmerkelijk door de technische verbetering van de stoommachine door de Engelsman James Watt rond 1800 en de ontwikkelingen van diverse soorten productiemachines. De resultaten hiervan worden ook wel de eerste industriële revolutie genoemd. In plaats van spierkracht of wind- of waterkracht worden machines aangedreven door de mechanische energie van een stoommachine, een elektromotor, enzovoort. We spreken ook wel van het toepassen van *aandrijftechnieken*. Bij deze *aandrijftechnieken*, zie figuur 1.1a, is de mens nog steeds aanwezig om het produceren in goede banen te leiden door de machines te bedienen. Wanneer we door middel van technische hulpmiddelen (besturingen) zorgen dat alle routinehandelingen worden overgenomen en het produceren zelfwerkend verloopt, spreken we van *mechanisering*, zie figuur 1.1b.

Mechanisering is het toepassen van technische hulpmiddelen (besturingen) die een aandrijftechniek zelfwerkend maken.

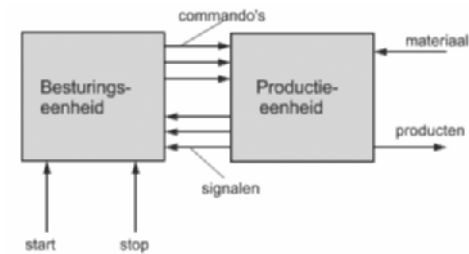
De technische hulpmiddelen die nodig zijn voor mechanisering noemen we in een groot aantal gevallen *besturingen*. Hiermee is het mogelijk routinehandelingen en gebruik van het geheugen van de mens over te laten nemen door logische systemen.



Figuur 1.1 Blokschema van een aandrijftechniek en een mechanisering

Wanneer we een mechanisering verder gaan uitbreiden en wel zodanig dat de machines, naast zelfwerkend, ook zelfcontrolerend zijn spreken we van automatisering.

Automatisering is een ver doorgevoerde mechanisering, waarbij een gedeelte van het controleren en corrigeren van de mens wordt overgenomen.



a Blokschema



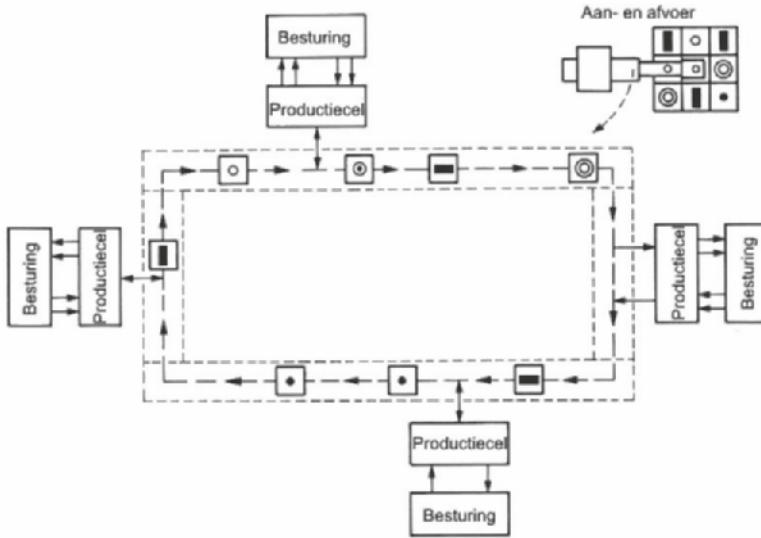
b CNC-machine

Figuur 1.2 Automatisering

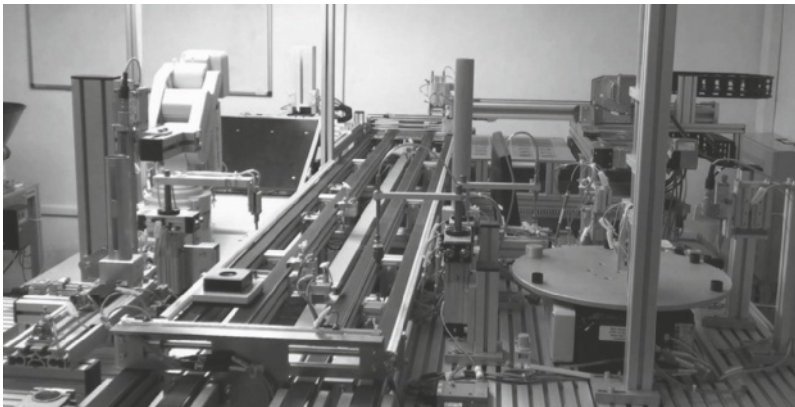
In figuur 1.2a zien we een blokschema van de werking van een geautomatiseerde machine en in figuur 1.2b een voorbeeld van een dergelijke machine in de vorm van een computergestuurde draaimachine, ook wel Computer Numerical Control ofwel CNC-machine genoemd.

De invloed van de mens is alleen nog merkbaar door de programma's die hij schrijft en doordat hij materialen moet aanvoeren en producten en productieafval afvoeren. Verder controleert hij het product en zal hij bij een voldoende aantal producten de installatie stoppen. Hierna kan het besturingsprogramma gewijzigd worden, zodat we een volgend product in productie kunnen nemen.

De recente ontwikkeling van de computer heeft een zo grote sprong gemaakt dat de invloed hiervan enorm is toegenomen. Na de tweede industriële revolutie door verbeteringen in de materiaalproductie (1850-1914) spreken we tegenwoordig dan ook van een derde industriële revolutie. Door toepassing van een of meerdere computersystemen is een automatisering nog verder uit te breiden. Zo kunnen een aantal productie-eenheden bijeengebracht worden rondom een transportsysteem, waarbij de producten worden gemaakt naar de behoefte van de gebruikers. We spreken nu van Flexibele Productie Automatisering (FPA). In figuur 1.3 zien we het principe hiervan weergegeven. Deze vorm van automatiseren vinden we terug in de verspanende, de niet-verspanende en de assemblerende productie. Met dit soort automatisering is het mogelijk om producten van een bepaalde productfamilie zonder omstellen van machines of productiecellen te produceren, naar behoefte van het bedrijf of de gebruikers. Later in dit boek zullen we hierop uitgebreid ingaan.



a Schema



b Uitvoering

Figuur 1.3 Flexibele Productie Automatisering (FPA)

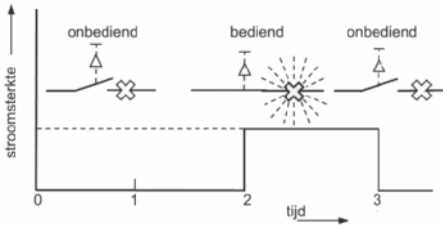
1.2 Digitale en analoge automatisering

Commando's die door een besturingseenheid worden gegeven of signalen die worden ontvangen, kunnen we verdelen in twee soorten:

- digitale technieken;
- analoge technieken.

Onder digitale techniek verstaan we een systeem waarbij een commando of signaal twee waarden kan bezitten, namelijk hoog of laag ('1' of '0').

Als voorbeeld nemen we een gewone lichtsakelaar. In figuur 1.4 zien we horizontaal een tijdlijn uitgezet en verticaal een elektrische stroom. In punt 1 is de schakelaar open, er loopt geen stroom door het systeem. In punt 2 wordt de schakelaar gesloten en door het systeem loopt nu een stroom. De schakelaar blijft gesloten tot punt 3, waar hij weer opent en de stroom wegvalt.



Figuur 1.4 Digitale schakelaar

Digitale technieken worden vaak toegepast in:

- elektrische besturingen;
- elektronische besturingen;
- pneumatische besturingen;
- programmeerbare besturingen.

In tegenstelling tot de digitale technieken worden bij analoge technieken alle waarden tussen hoog en laag gebruikt. Analoge technieken worden slechts beperkt in de besturingsfeer toegepast.

1.3 Uitvoerorganen

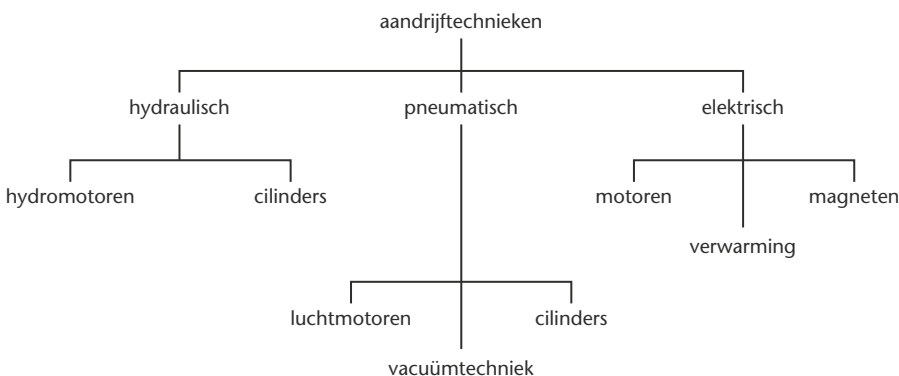
De aan een machine toegevoerde energie zal door aandrijftechnieken worden omgezet in bewegingen, krachten of combinaties daarvan. Deze aandrijftechnieken kunnen worden bestuurd door de mens of door een besturingseenheid. Een aandrijftechniek kan op verschillende manieren werken. Cilinders, motoren, magneten en verwarmingselementen zijn voorbeelden van componenten van een aandrijftechniek. Deze aandrijvers en energieomzetters noemen we uitvoerorganen.

Een uitvoerorgaan is een deel van een aandrijftechniek dat van een besturing een commando ontvangt en dat uitvoert.

De aandrijftechnieken die veel in automatiseringen worden toegepast, zijn:

- hydraulische aandrijftechnieken;
- pneumatische aandrijftechnieken;
- elektrische aandrijftechnieken.

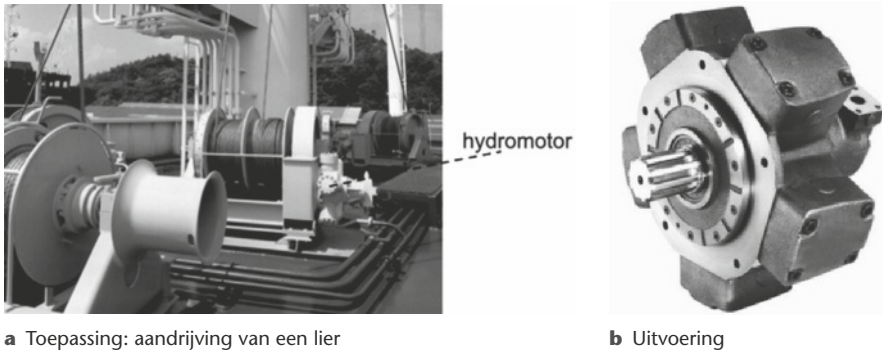
In het schema van figuur 1.5 zien we deze aandrijftechnieken met een aantal bijbehorende uitvoerorganen aangegeven.



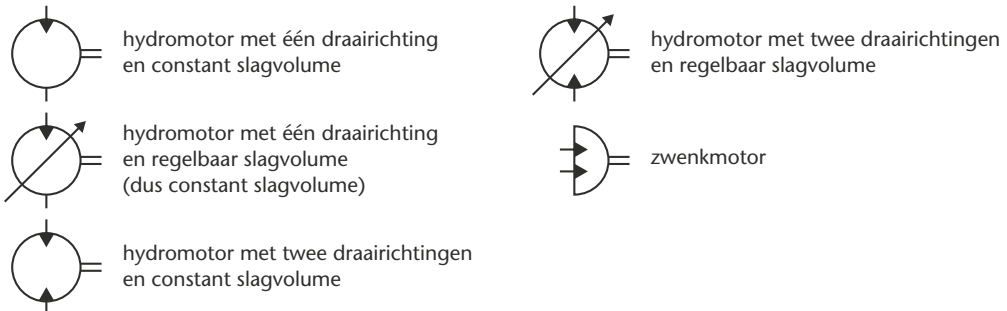
Figuur 1.5 Schema van de aandrijftechnieken

1.3.1 Hydraulische uitvoerorganen

Bij de hydraulische uitvoerorganen wordt de energie toegevoerd in de vorm van stroming en druk in een vloeistof (olie). Wanneer we een ronddraaiende beweging willen realiseren, kunnen we gebruikmaken van hydraulische motoren, meestal *hydromotoren* genoemd (figuur 1.6). In figuur 1.7 zien we van een aantal hydromotoren de symbolen weergegeven. Door de soms zeer hoge drukken ($100 \cdot 10^5 - 800 \cdot 10^5$ Pa) en de grote vloeistofstromen is het mogelijk met hydromotoren zeer grote vermogens en/of krachten te realiseren, vaak bij relatief lage toerentallen.

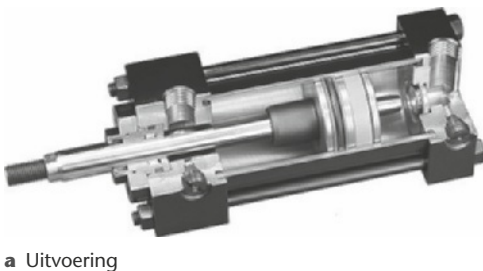


Figuur 1.6 Hydromotor

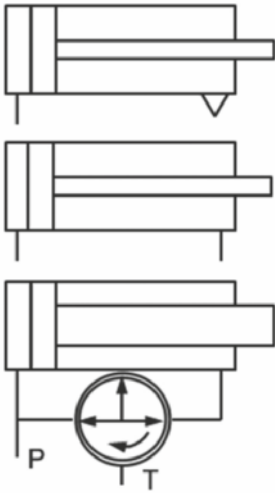


Figuur 1.7 Symbolen van hydromotoren

Willen we met behulp van hydrauliek een rechtlijnige beweging maken, dan gebruiken we hydraulische cilinders. In figuur 1.8a zien we de uitvoering en in figuur 1.8b zien we de symbolen van een aantal typen cilinders en de mogelijkheden die deze cilinders geven.



a Uitvoering



Enkelwerkende cilinder

Deze cilinder krijgt aan één zijde olie toegevoerd, waardoor de zuigerstang wordt weggeduwd. De terugslag gebeurt door een ingebouwde veer of door een uitwendige kracht.

Dubbelwerkende cilinder

Olie kan worden toegevoerd aan zowel deksel- als stangzijde. Bij deze cilinder geeft oliedruk achter de zuiger (links) de heenslag, oliedruk voor de zuiger zorgt voor de terugslag.

Differentiaalcilinder

Ook deze cilinder heeft twee aansluitingen, maar een dikkere zuigerstang. Hij wordt daar toegepast waar een snelle uitgaande beweging met kleine kracht moet overgaan in een langzame beweging met grote kracht. In de getekende stand zal de weggeperste olie uit de stangzijde aan de dekselzijde worden toegevoegd, wat een hogere snelheid tot gevolg heeft.

b Symbolen

Figuur 1.8 Hydraulische cilinders

1.3.2 Pneumatische uitvoerorganen

Pneumatische uitvoerorganen worden veel toegepast om bepaalde bewegingen tot stand te brengen. Met pneumatiek kunnen hoge snelheden en toerentallen bereikt worden, echter voor grote krachten en vermogens is pneumatiek minder geschikt en kunnen we beter hydrauliek gebruiken. De energie wordt aan een pneumatisch uitvoerorgaan toegevoerd in de vorm van lucht onder druk. Voor ronddraaiende bewegingen kunnen we kiezen voor luchtmotoren, zie figuur 1.9.

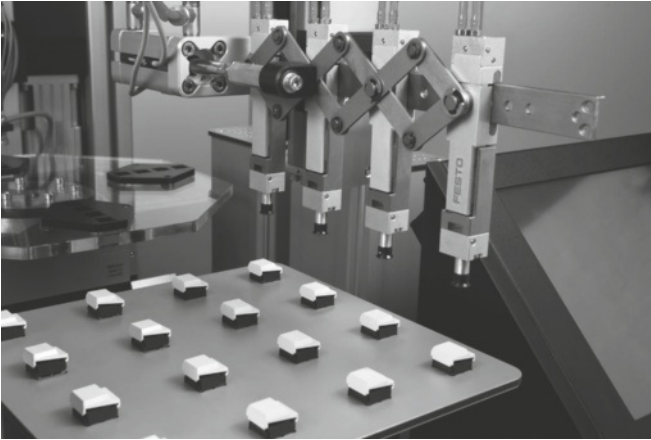


a Toepassingen

b Symbool

Figuur 1.9 Luchtmotoren

Een bijzondere vorm van pneumatiek is het gebruik van vacuümtechniek. Hierbij staat de lucht niet onder overdruk, maar heerst er in het systeem een onderdruk. Een bekende toepassing is het gebruik van zuignappen om onderdelen of producten op te pakken, zie figuur 1.10. Om afdichtings- en uitgasproblemen en problemen met leidingdichtsnoering te voorkomen, zijn de toegepaste componenten voor vacuümtechniek vaak speciaal ontwikkeld. De besturing komt overeen met die van de pneumatische overdruktechnieken.



Figuur 1.10 Vacuümtechniek voor het opnemen van producten

Voor het uitvoeren van een rechtlijnige beweging kunnen we bij de pneumatiek kiezen uit een aantal typen luchtcilinders. Omdat deze veel worden toegepast, zullen we er een aantal behandelen:

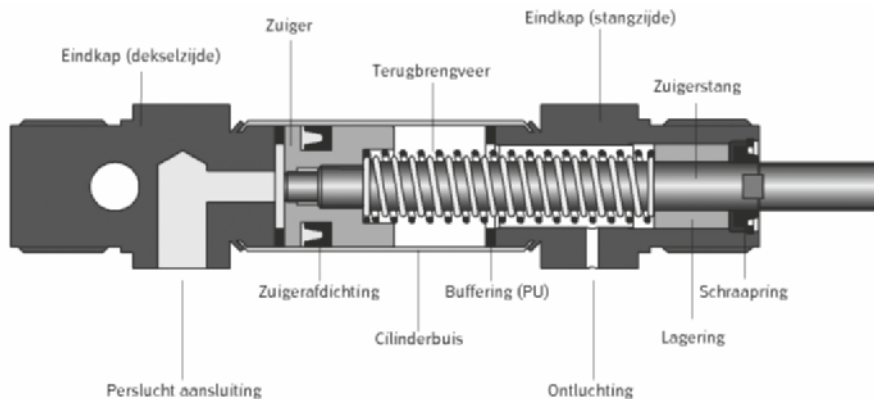
- enkelwerkende luchtcilinder;
- dubbelwerkende luchtcilinder.

Enkelwerkende luchtcilinder

Deze wordt gebruikt wanneer alleen een kracht tijdens de uitgaande slag wordt gevraagd.

Figuur 1.11a toont een enkelwerkende luchtcilinder. Figuur 1.11b geeft de symbolen voor:

- een enkelwerkende cilinder met terugloop door een uitwendige kracht (links);
- een enkelwerkende cilinder met terugloop door een veer (rechts).



a Uitvoering



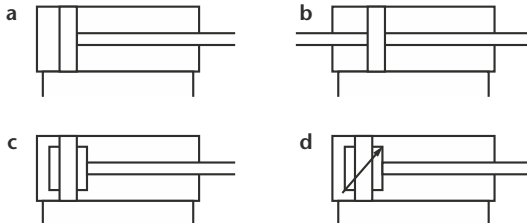
b Symbolen

Figuur 1.11 Enkelwerkende cilinders zonder buffer

Aan de stangzijde zien we een driehoekje aangegeven, waarmee bedoeld wordt dat hier een ontluchting aanwezig is om tijdens de uitgaande slag een drukopbouw aan de stangzijde te voorkomen.

Dubbelwerkende luchtcilinder

Bij een dubbelwerkende cilinder wordt lucht toegevoerd aan de dekselzijde voor de uitgaande slag en aan de stangzijde voor de ingaande slag. In figuur 1.12 zijn de symbolen van een viertal cilinders weergegeven.



- a dubbelwerkende cilinder met zuigerstang aan één zijde;
- b dubbelwerkende cilinder met doorlopende zuigerstang;
- c dubbelwerkende cilinder met buffer aan twee zijden;
- d dubbelwerkende cilinder met instelbare buffer aan twee zijden.

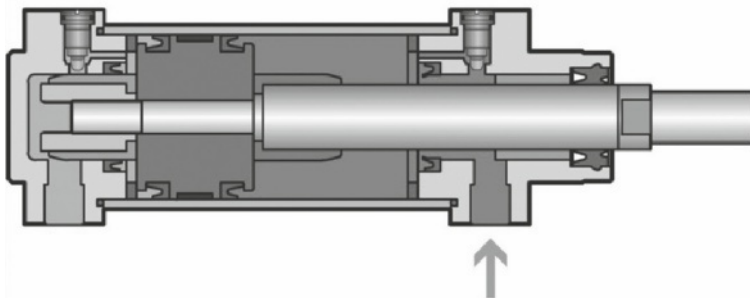
Figuur 1.12 Dubbelwerkende cilinders

Buffering van cilinders

Buffering wordt toegepast om te voorkomen dat bij grote uit- en inloopsnelheden de zuiger met grote kracht tegen het bodemdeksel of het lagerdeksel slaat (zie figuur 1.13). Er zijn drie soorten buffering beschikbaar:

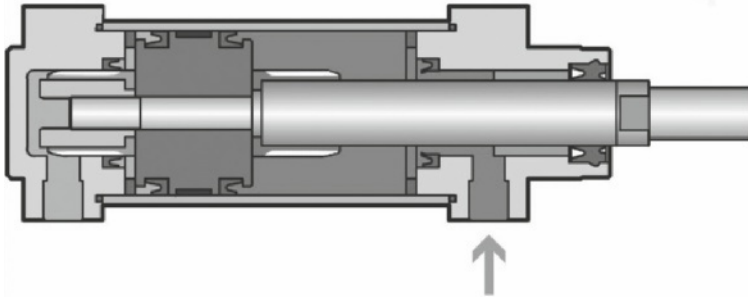
- vaste buffering;
- instelbare buffering;
- zelfinstellende buffering.

Bij de instelbare buffering zijn aan beide zijden van de zuiger speciale bufferzuigers aangebracht die aan het einde van een zuigerslag een uitstroomopening afsluiten. Daardoor wordt de in de cilinder aanwezige lucht samengeperst. Deze lucht zal via een regelbare smoring alsnog de cilinder kunnen verlaten, waardoor het laatste gedeelte van de slag gecontroleerd verloopt. In figuur 1.13 zien we de doorsnede van een dubbelwerkende cilinder met aan twee zijden instelbare buffers. Het nadeel van deze buffering is dat hij moeilijk instelbaar is wanneer een cilinder op een ingesloten plaats in een installatie is ingebouwd.

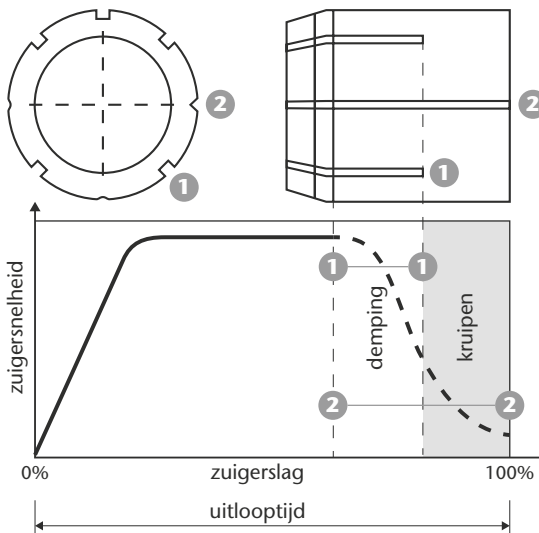


Figuur 1.13 Dubbelwerkende cilinder met instelbare buffering

Een nieuwe methode om de snelheid van de zuiger te bufferen zonder dat hiervoor verstelbare smoringen hoeven te worden toegepast, is gevonden door de ontwikkeling van een cilinder met zelfinstellende buffering. Hierbij zijn in de bufferzuigers aan beide zijden van de zuiger een aantal speciale dempingzuigers aangebracht, zie figuur 1.14a.



a Dubbelwerkende cilinder met dempingzuigers



b Werking van de dempingzuiger

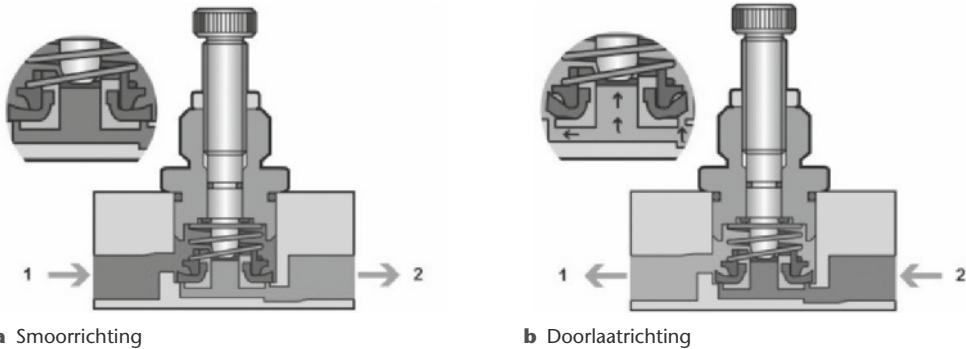
Figuur 1.14 Dempingzuiger

In de dempingzuigers zijn groeven aangebracht. Bij het uit- of inlopen van de zuiger zal de bufferzuiger de uitstroomopening niet geheel afsluiten, maar kan de lucht via deze gleuven nog weglekken. Daardoor vindt een drukopbouw plaats, en is er dus een bepaalde buffering aangebracht, zie figuur 1.14b. Omdat de gleuven tapsvormig zijn, zal de tegendrukopbouw bij het einde van de slag steeds hoger worden totdat de zuiger tegen het deksel tot stilstand is gebracht.

Snelheidsregeling van pneumatische cilinders

Om de snelheid waarmee een pneumatische cilinder uit- en inloopt te kunnen regelen, worden in de aangesloten luchtleidingen snelheidsregelventielen aangebracht. Deze snelheidsregelventielen, ook wel doorstroomregelventielen genoemd, worden bij pneumatische cilinders zodanig gemonteerd dat de lucht naar de cilinder ongesmoord de cilinder kan binnenstromen, terwijl de lucht die de cilinder verlaat via de smoring naar de ontluftung van het hoofdschakelement stroomt, zie figuur 1.15. Op deze wijze zal er altijd lucht van de volle druk naar de cilinder stromen en wordt

een 'slipstick-effect' voorkomen. Het slipstick-effect ontstaat als we de lucht via een restrictie toevoeren en is het hortend bewegen van de zuiger ten gevolge van het telkens opbouwen van luchtdruk om de zuiger over de wrijving heen te drukken. Op het moment dat de zuiger een stukje bewogen heeft, zal de druk weer gedaald zijn, waardoor de zuiger langzamer gaat bewegen of stil gaat staan. Vervolgens loopt via de restrictie de luchtdruk weer op en volgt een nieuwe beweging.



Figuur 1.15 Snelheidsregelventiel

1.3.3 Elektrische aandrijftechniek

Zoals het schema van figuur 1.5 aangeeft, kunnen we als uitvoerorganen van de elektrische aandrijftechniek onderkennen:

- elektromotoren;
- magneten;
- verwarmingselementen (deze laten we hier buiten beschouwing).

De meest toegepaste elektromotoren in de automatisering zijn:

- draaistroommotoren;
- gelijkstroommotoren;
- servomotoren;
- stappenmotoren.

Draaistroommotor

Bij draaistroommotoren onderkennen we twee typen, namelijk de synchrone en de asynchrone draaistroommotor. De synchrone draaistroommotor wordt alleen in speciale gevallen en bij grotere vermogens gebruikt. De asynchrone draaistroommotor, ook wel inductiemotor genoemd, wordt van alle soorten en typen elektromotoren het meest gebruikt en heeft de grootste vermogensrange. Hij bestaat in principe uit een vaste stator, die een aantal draaistroomwikkelingen met een vast aantal poolparen bevat, en een rotor die gescheiden door een luchtspleet binnen de stator is gelagerd. Deze rotor, in de praktijk vaak nog anker genoemd, kan in twee vormen voorkomen:

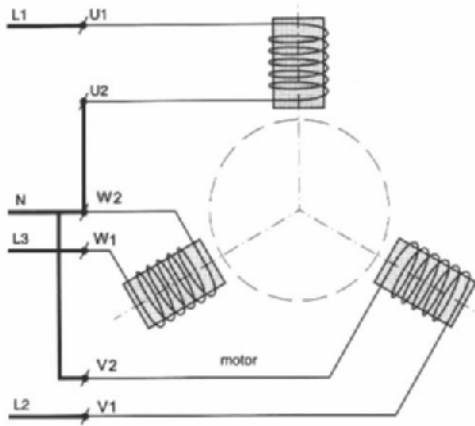
- als kortsluitankermotor (KA-motor);
- als sleep-ringankermotor (SA-motor).

Deze twee motortypen zijn in principe gelijk van uitvoering, alleen de uitvoering van de ankers verschilt. De asynchrone kortsluitankermotor wordt in de praktijk het meest toegepast, omdat dit type de eenvoudigste constructie heeft en weinig onderhoud vraagt. Denk bijvoorbeeld aan bewerkingsmachines, pompen en compressoren. In deze paragraaf wordt alleen de asynchrone draaistroommotor met kortsluitanker (KA-motor) behandeld.

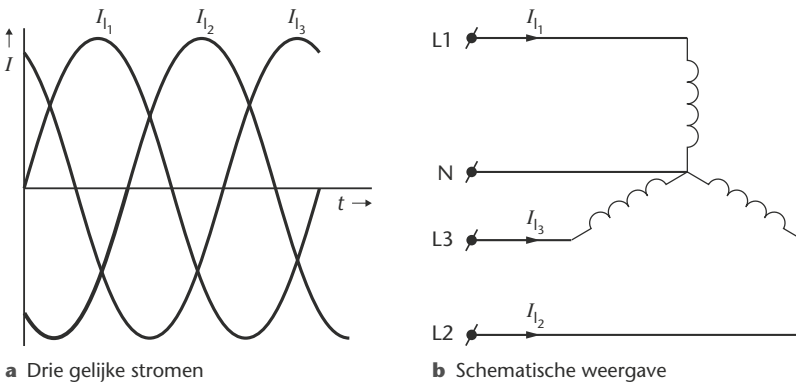
Magnetisch draaiveld

In figuur 1.16 zien we een configuratie van een draaistroommotor. Hierbij zijn de spoelen in 'ster'-schakeling aangesloten op het draaistroomnet.

Over de spoelen zal nu een wisselspanning staan. De stromen door de spoelen kunnen we op dezelfde manier tekenen als de spanning. In figuur 1.17 is dit op een veelgebruikte manier weer-gegeven.



Figuur 1.16 Aansluiting van een draaistroommotor



Figuur 1.17 Stromen door de spoelen van een draaistroommotor

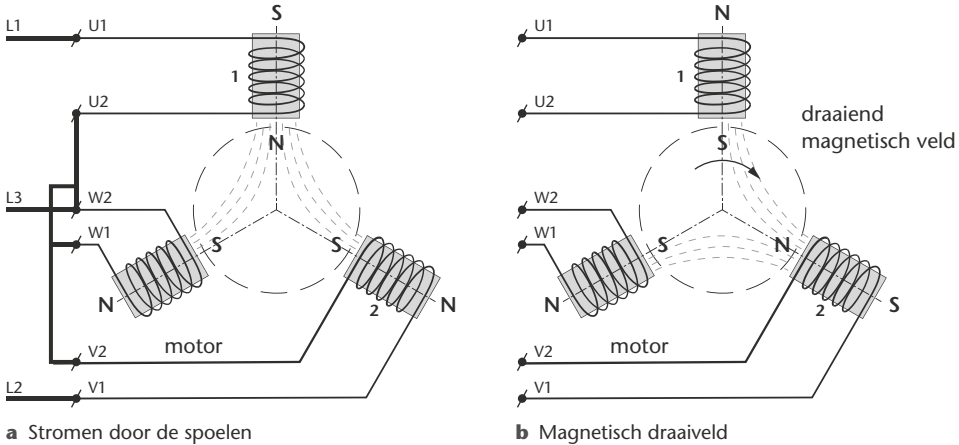
Aangezien de spoelen hetzelfde zijn zullen ook de stromen door de spoelen gelijk zijn. In figuur 1.17b zien we de stromen weergegeven die in het net lopen. Volgens de *eerste wet van Kirchhoff* zal de stroom door de nul (I_N) gelijk zijn aan:

$$\vec{I}_N = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3$$

Als we de stromen vectorieel optellen, zien we dat de som van de stromen in alle gevallen nul is. We kunnen hieruit concluderen dat de nulleider geen functie heeft. Voor de draaistroommotor zijn daarom vaak maar drie aansluitingen nodig (indien de motor 'in driehoek' geschakeld is, is een nulaansluiting zelfs niet mogelijk). Om veiligheidsredenen moet bij een draaistroommotor wel altijd een aardaansluiting aanwezig zijn. In de spoelen worden door de stromen wisselende magnetische velden opgewekt. In de schematische weergave in figuur 1.18a zien we een situatie waarbij door spoel 1 een maximale stroom wordt gevoerd. Hierdoor ontstaat in de spoel een maximaal magne-

tisch veld, wat aan de binnenzijde een noordpool N en aan de buitenzijde een zuidpool S geeft. In de spoelen 2 en 3 zullen de stromen in omgekeerde richting lopen, waardoor deze aan de binnenzijde een zuidpool geven. De draaistroom door de spoelen levert dus binnen de spoelen een magnetisch veld op met de noordpool bij spoel 1 en de zuidpool tussen de spoelen 2 en 3. We noemen dit een *poolpaar*. Omdat er één poolpaar per spoelgroep is, wordt de motor ook wel tweepolige draaistroommotor genoemd.

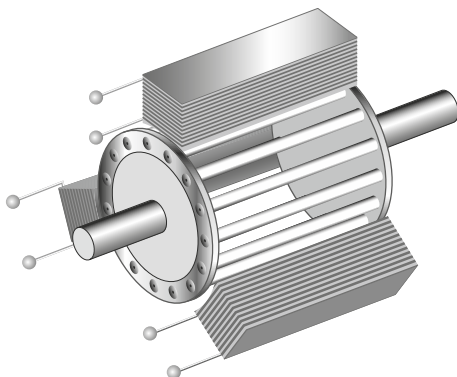
Wanneer de spanning en de stroom door spoel 1 dalen, nemen deze af tot nul, waarna de richting omkeert. Doordat de spanning en de stroomsterkte in spoel 2 hoger worden, verschuift de noordpool in de richting van spoel 2. Er ontstaat binnen de spoelen dus een magnetisch veld dat continu ronddraait. We noemen dit een magnetisch draaiveld, zie figuur 1.18b.



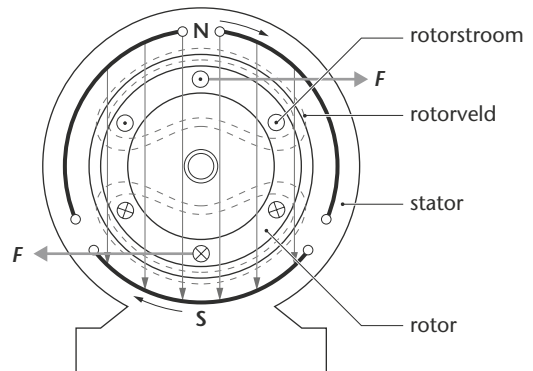
Figuur 1.18 Werking van de draaistroommotor

KA-motor

Bij asynchrone KA-draaistroommotoren is als rotor een zogenoemde kooi geplaatst, zie figuur 1.19. Het draaiende statorveld wekt in de stilstaande rotorstaven inductiespanningen op. Omdat de staven aan de uiteinden zijn kortgesloten, ontstaan inductiestromen in de staven. Het draaiveld oefent daarvoor Lorentzkrachten uit op de stroomvoerende rotorstaven, zie figuur 1.20.



Figuur 1.19 Draaistroommotor met kooirotor



Figuur 1.20 Lorentzkrachten F

Deze krachten leveren een koppel aan de rotor waardoor deze gaat draaien. Om de magnetische weerstand te verlagen worden de staven in een blikpakket gepakt, wat de motor veel efficiënter maakt.

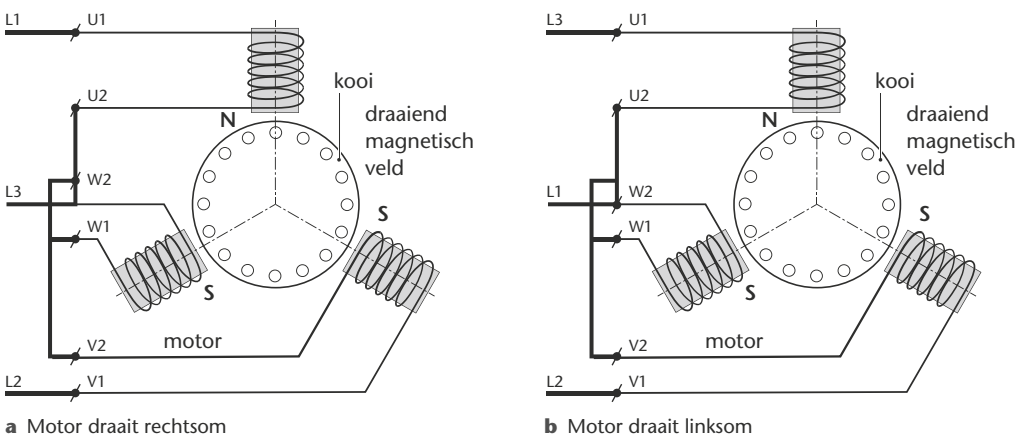
Omdat er alleen inductiespanning in een staaf opgewekt kan worden wanneer de staaf zich in een veranderend magnetisch veld bevindt, zal de draaisnelheid van de rotor nooit gelijk worden aan de draaisnelheid van dat veld. De rotor zal dus een slip hebben ten opzichte van het statordraaiveld, vandaar de benaming 'asynchroon'.

Het toerental van een synchrone draaistroommotor is recht evenredig aan de frequentie van de netspanning. Bij een asynchrone draaistroommotor is het toerental ongeveer evenredig met de netfrequentie, maar bij belasting zal een paar procent slip optreden.

De rotoren zijn in de praktijk eenvoudig te fabriceren. Ze hebben geen sleepringen, koolborstels of spoelen zoals we bij andere typen motoren aantreffen. Het onderhoud van een KA-motor is dus minimaal. Alleen de lagering vergt soms enig onderhoud.

Omkeren van de draairichting van de motor

Bij het elektrisch aansluiten van een asynchrone draaistroommotor kan zich de situatie voordoen dat deze na ingebruikstelling de verkeerde kant op draait. Dit is te verhelpen door twee van de drie aansluitingen op het draaistroomnet te verwisselen. We zullen dit aantonen aan de hand van figuur 1.21.



Figuur 1.21 Verandering van draairichting

In figuur 1.21a zien we de situatie zoals deze is tijdens het in gebruik stellen van de motor. De draairichting van het draaiveld is rechtsom.

In figuur 1.21b zien we dat de lijnaansluitingen L1 en L3 zijn verwisseld. Hierdoor is de richting van het draaiveld, en daarmee ook de draairichting van de motor, veranderd in linksom.

Gelijkstroommotor

Gelijkstroommotoren komen we daar tegen waar we een werktuig met regelbare snelheid willen verplaatsen, bijvoorbeeld de slede van een bestuurd draaimachine, en verder bij een kraan- en brugbedrijf, in voertuigen zoals treinen, trams en elektrische auto's en in veel elektrische gereedschappen. Door de opkomst van de vermogenselektronica zijn snelheids- en positieregelingen tegenwoordig ook met draaistroommotoren relatief eenvoudig uitvoerbaar, met vaak lagere vermogensverliezen in de regelingen, waardoor de gelijkstroommotoren duidelijk terrein verloren hebben.

De werking van een gelijkstroommotor is gebaseerd op het principe dat bij een stroomvoerende draad in een magnetisch veld op de draad een kracht ontstaat loodrecht op de stroomrichting. In figuur 1.22 is dit principe van de werking van een gelijkstroommotor weergegeven.

 **TECHNIEK**

 **AUTOMATISERING**

 **INDUSTRIËLE AUTOMATISERINGSTECHNIEKEN**

Deze herziene uitgave behandelt de industriële automatiseringstechnieken voor de technische studierichtingen, met name gericht op HBO-engineeringsopleidingen Werktuigbouwkunde en Elektrotechniek en daaraan gerelateerde opleidingen, zoals Autotechniek, Luchtvaarttechniek, Scheepvaarttechniek en Industriële Automatiseringstechnieken.

De herziening van het boek betreft enerzijds een actualisering van de inhoud en anderzijds een logischer opbouw van de onderwerpen. De automatiseringstechnieken worden in de volgende vormen aan de orde gesteld:

- **Fundamentele automatiseringstechniek**, waaronder pneumatiek, hydrauliek en elektrische aandrijftechniek, hoofdschakelelementen, signalen, signaalgevers en sensoren, timers, counters, geheugens, opbouw van besturingsformules, besturingsalgebra, combinatorische- en volgordebesturingen pneumatische, elektrische of en logische schema's, etc.
- **Toegepaste automatiseringstechniek**:
 - PLC- en PC-technieken: hardware, directe programmering en programmeringen vlg. IEC 61131-3, Instruction List, ladderdiagrammen, Function Block Diagram, SFC's, programmeeromgeving CodeSys.
 - identificatiesystemen (mechanisch, optisch, vision, radiofrequentie);

- transport- en handlingsystemen;
- netwerken (met PC, PLC's, sensoren, actuatoren en bustechnologie);
- robotica: hardware, configuratie, programmering en bedrijf;
- flexibele productie automatiseringstechniek (FPA).

De diverse onderwerpen in het boek worden ondersteund door:

- een groot aantal voorbeelden, cases, vraagstukken en opdrachten;
- directe verwijzingen in de tekst naar verdiepings- en verbredingsstof op de eigen en diverse andere websites.

www.techniekvoorhbo.nl

Dit boek is een onmisbaar hulpmiddel voor iedere student die zich technische automatiseringstechnieken op een praktische manier eigen wil maken.

