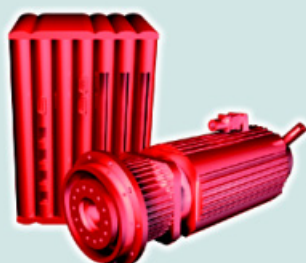
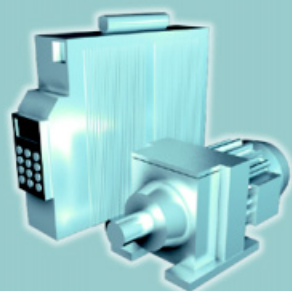




SEW
EURODRIVE



Servotechniek

KB000000

Uitgave 09/2006

11322888 / NL

Aandrijftechniek in de praktijk





1	Inleiding	6
1.1	Definitie en ontwikkeling van de servotechniek	7
1.2	Toepassingsgebieden van de servotechniek.....	7
1.3	Componenten van een servosysteem.....	8
2	Servomotoren	10
2.1	Overzicht van gangbare servomotoren	11
2.2	Kenmerken van synchrone en asynchrone servomotoren.....	12
2.3	Opbouw van synchrone servomotoren	13
2.3.1	Opbouw CMP-motor	14
2.3.2	Opbouw CM-/DS-motor	15
2.3.3	Opbouw CMD-motor	16
2.3.4	Opbouw van de rotor	17
2.4	Werking van synchrone servomotoren.....	18
2.4.1	Optimaal werkpunt.....	19
2.4.2	Stroomverhoudingen in de stator.....	19
2.4.3	Sinusvormige voeding	20
2.4.4	Blokvormige voeding	21
2.4.5	Thermische en dynamische grenskarakteristiek.....	23
2.5	Opbouw van asynchrone servomotoren	25
2.5.1	Opbouw CT/CV-motor	25
2.6	Werking van asynchrone servomotoren.....	26
2.6.1	Motorkarakteristiek	31
2.7	Synchrone lineaire motor.....	33
2.7.1	Principes van synchrone lineaire motoren.....	34
2.7.2	Motorkarakteristiek	36
2.7.3	Accessoires	39
2.8	Remmen voor roterende servomotoren.....	43
2.8.1	Veerdrukrem als houdrem	43
2.8.2	SEW-rem met arbeidsvermogen	44
2.8.3	Permanent bekrachtigde houdrem	45
2.9	Remmen voor lineaire motoren	46
3	Encodersystemen	48
3.1	Incrementele encoders	48
3.1.1	Incrementele pulsgevers met TTL- en HTL-signalen.....	48
3.1.2	Incrementele encoders met sin/cos-kanalen	51
3.2	Absolute encoders.....	52
3.2.1	Absolute encoders met SSI-interface en sin-/cos-signalen	52
3.2.2	Absolute encoders met HIPERFACE®-interface	53
3.2.3	Resolvers.....	56
3.3	Vergelijking / hulp bij keuze voor resolvers, sin-/cos-encoders, TTL-encoders	59
3.3.1	Technische gegevens van de door SEW-EURODRIVE gebruikte encoders	60
3.4	Directe trajectmeetsystemen voor lineaire servomotoren.....	61
3.4.1	Opbouw en werking van optische trajectmeetsystemen.....	61
3.4.2	Opbouw en werking van magnetische trajectmeetsystemen.....	62
3.4.3	Opbouw en werking van inductieve trajectmeetsystemen.....	63
3.5	Begripsdefinities.....	65



4	Servoversterkers	66
4.1	Algemene informatie over servoversterkers	66
4.1.1	De tussenkring	67
4.1.2	De wisselrichter	68
4.1.3	Overbelastingsbewaking	68
4.1.4	EMC-beschouwing	70
4.1.5	Optiekaarten	70
4.2	Het modulaire, meerassige servoversterkersysteem	71
4.2.1	De voedingsmodule	71
4.2.2	Netterugvoeding	73
4.2.3	Remchopper en remweerstand	73
4.2.4	Vergelijking tussen netterugvoeding en remchopper	74
4.2.5	De asmodule	75
4.2.6	24V-voeding	76
4.3	De eenassige versterker	77
4.4	Vergelijking van het modulaire, meerassige systeem met het eenassige systeem	78
4.5	Begripsdefinities	78
5	Regelstructuur en bedrijfsmodi	79
5.1	Overzicht	79
5.2	De stroomregeling	80
5.3	De toerentalregeling	82
5.3.1	Structuur van de toerentalregeling	82
5.3.2	Positie- en toerentalregistratie	83
5.3.3	Filter actueel toerental	85
5.3.4	Toerentalsetpoint genereren	85
5.3.5	Toerentalregelaar	86
5.3.6	Acceleratievooruitsturing	87
5.3.7	Spelingsvrije lastkoppeling	87
5.3.8	Lastkoppeling met speling	88
5.4	Positieregeling	89
5.5	Begripsdefinities	89
6	Industrieel gebruik	90
6.1	Netvoeding	90
6.2	Omgevingscondities	90
6.3	Aanwijzingen bij de motor	90
6.3.1	Synchrone motoren	91
6.3.2	Asynchrone motoren	91
6.4	Bekabeling	91
6.5	Elektromagnetische storing / elektromagnetische compatibiliteit	91
6.6	Regelaarinterfaces	93
6.6.1	Veldbussystemen: koppeling aan een overkoepelende besturing	93
6.6.2	Veldbussysteem Profibus DP	94
6.6.3	Veldbussysteem INTERBUS-S	95
6.6.4	Ethernet in veldbustoepassingen	96
6.6.5	As-naar-as-communicatie	97
6.6.6	Diagnosebus	98
6.7	Begripsdefinities	98



7	Servoreductoren.....	99
7.1	Eisen aan een servoreductor	99
7.2	Algemeen reductoroverzicht.....	100
7.2.1	Planetaire servoreductoren.....	100
7.2.2	Kegelwiel servoreductoren	102
7.2.3	Rechte reductoren	103
7.2.4	Kegelwielreductoren	104
8	Selectie.....	105
8.1	Algemene aanwijzingen.....	105
8.2	Gegevens over aandrijf- en reductorselectie	106
8.3	Selectieprocedure van een servomotorreductor	109
8.4	Selectievoorbeeld van een servomotorreductor.....	114
8.5	Selectieprocedure van een lineaire servoaandrijving	128
8.6	Selectievoorbeeld van een lineaire servoaandrijving SL2	129
9	Index.....	140



1 Inleiding

SEW-EURODRIVE is wereldwijd een vooraanstaande onderneming op het gebied van elektrische aandrijftechniek. De hoofdvestiging van de firma bevindt zich te Bruchsal in Duitsland. In fabrieken in Duitsland, Frankrijk, Finland, VS, Brazilië en China worden de componenten voor de modulaire SEW-aandrijvingen volgens de hoogste kwaliteitseisen vervaardigd. In 58 assemblagebedrijven in meer dan 44 landen van de wereld worden deze componenten op voorraad gehouden in de directe nabijheid van de klant, en kunnen deze met een bijzonder korte levertijd en met gelijkblijvende hoge kwaliteit tot de gewenste aandrijvingen worden samengebouwd. Verkoop, advies, klantenservice en onderdelenservice van SEW-EURODRIVE vindt u wereldwijd in meer dan 60 landen.

De aanwezigheid over de gehele wereld, het omvangrijke productenpakket en het brede dienstenpakket maken SEW tot de ideale partner voor complexe automatiseringsoplossingen.

In het bijzonder de servotechniek heeft zich in de afgelopen jaren ontwikkeld tot een toepassingsgebied met een sterke groei waar de innovaties elkaar in hoog tempo opvolgen. De marktconforme productontwikkeling van SEW-EURODRIVE houdt rekening met deze dynamiek van de markt.

Dit deel uit de reeks "Aandrijftechniek in de praktijk" is bestemd voor technisch gekwalificeerd personeel dat werkt met servotoepassingen. Dit document wil de lezer op inzichtelijke wijze bekend maken met de opbouw en werking van gangbare componenten van de servotechniek en met toepassingsgebieden en selectie.

SEW-EURODRIVE – Driving the world.

Bruchsal, september 2006



1.1 Definitie en ontwikkeling van de servotechniek

De term "servo" is afgeleid van het Latijnse "servus" wat zoveel betekent als slaaf, dienaar of hulp. Deze term was een goede omschrijving van de functie in de tijd dat servoaandrijvingen alleen als hulpaandrijving voor onderliggende taken werden gebruikt, bijvoorbeeld als stelaandrijving in gereedschapsmachines. De redenen voor deze beperkte toepassing waren het lage rendement van de zogenoemde lineaire versterkers met vermogenstransistoren en de beperkte lamellenspanning van de commutatoren bij gelijkstroommachines van ca. 200 V. De aandrijvingen werden analoog geregeld, wat betekende dat de functionaliteit zeer beperkt was en dat elke functie-uitbreiding gepaard ging met hoge kosten en veel inspanningen.

Een grote impuls voor het succes van de huidige servotechniek waren de snelle ontwikkelingen op het gebied van de halfgeleidertechniek en de moderne microcontrollers. Dankzij sterk geïntegreerde en krachtige computersystemen en de bijbehorende geheugenmodules kunnen nu digitale regelingen worden gebruikt. Hierdoor kon de functionaliteit voor de aandrijfsystemen aanzienlijk worden uitgebreid.

Als gevolg van deze ontwikkeling worden moderne servosystemen tegenwoordig steeds vaker gebruikt als hoofdaandrijving en steeds minder voor ondersteunende taken.

1.2 Toepassingsgebieden van de servotechniek

De toenemende automatisering in alle onderdelen van de machine- en installatiebouw vraagt om steeds kortere cyclustijden en een grote flexibiliteit bij een productwisseling. Het wordt steeds moeilijker om met de conventionele asynchrone techniek of met hydraulische en pneumatische onderdelen aan deze eisen te voldoen. Deze ontwikkeling heeft grote veranderingen in de aandrijftechniek in gang gezet, en wel in de richting van de tegenwoordig toegepaste servoaandrijvingen:

- synchrone servomotoren;
- asynchrone servomotoren;
- synchrone lineaire motoren.

In dit deel worden aandrijfsystemen met de bovengenoemde servomotoren behandeld. Deze aandrijvingen worden vooral gebruikt in de volgende branches:

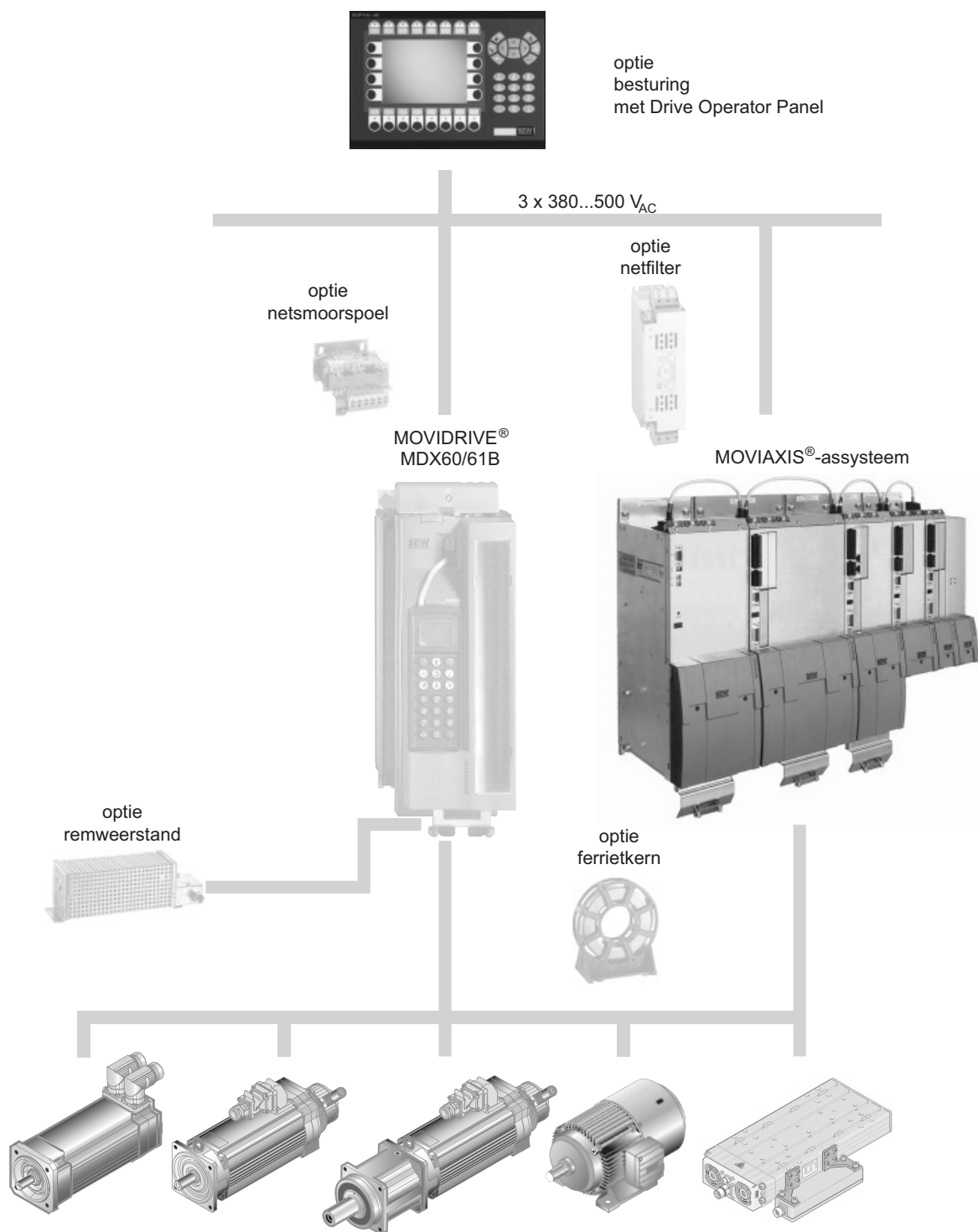
- verpakkingstechniek;
- robottechniek;
- gereedschapsmachines;
- handling-systemen;
- verwerking van plaatwerk;
- papierverwerking;
- transporttechniek.



1.3 Componenten van een servosysteem

Vanwege de steeds hoger wordende eisen die in de machine- en installatiebouw aan cyclus- en ombouw tijden worden gesteld, bestaan moderne servosystemen uit veel meer dan een servomotor en een bijbehorende servoversterker. Dit betekent dat met name in de aandrijfstechniek hogere eisen worden gesteld aan de functionaliteit en interfaces van de overkoepelende besturingen.

Voorbeeld: componenten van de SEW-servosystemen MOVIDRIVE® en MOVIAXIS®



58278anl

Afbeelding 1: componenten van een servosysteem

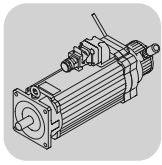


*Componenten van
een servosysteem
(zie afbeelding 1)*

1. Besturing (optioneel): moderne en krachtige servoversterkers zoals MOVIDRIVE® en MOVIAXIS® zijn programmeerbaar. Hierdoor zijn deze in staat ook complexe technologieën te sturen, zoals hoeksynchronloop en elektronische curvenschijven. Bovendien is het ten dele ook mogelijk een besturingskaart voor de ascoördinatie en klassieke plc-functionaliteit in een servoversterker te integreren.
2. Eenassige versterker MOVIDRIVE®
3. Meerassige servoversterker MOVIAXIS®
4. Synchrone servomotor type CMP
5. Synchrone servomotor type CM met planetaire reductor
6. Asynchrone servomotor type CT/CV
7. Synchrone lineaire motor type SL2

*Overige
componenten van
een servosysteem*

- Geprefabriceerde motor- en encoderkabels
- Netsmoorspoel/netfilter; afhankelijk van servoversterker en EMC-grenswaardeklasse
- Remweerstand
- Netterugvoedingsmodules
- Veldbusinterface; optioneel, afhankelijk van de toepassing en de eventueel aanwezige overkoepelende besturing
- Schakelende voeding



2 Servomotoren

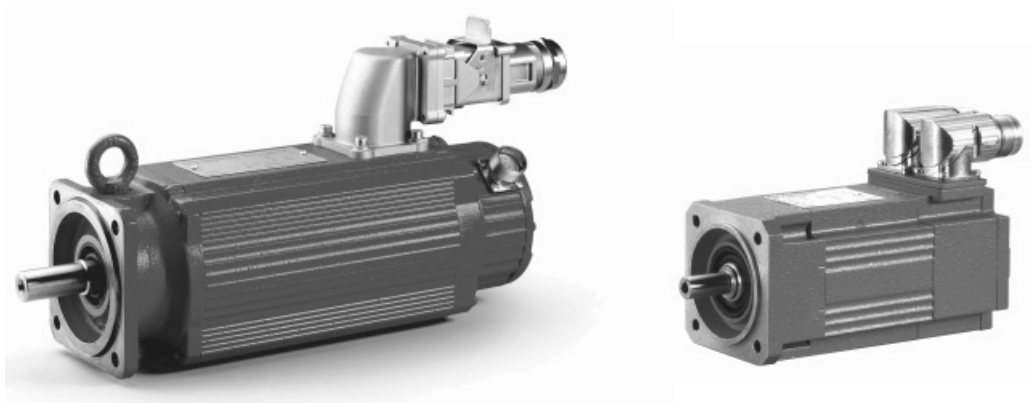
Kenmerken van een servomotor

De term servomotor wordt gebruikt voor motoren die over

- een hoge dynamiek,
 - een grote positioneringsnauwkeurigheid
 - en een hoge overbelastbaarheid
- in een groot toerentalbereik beschikken.

De overige kenmerken van een servomotor zijn:

- hoge toerentalnauwkeurigheid;
- groot instelbereik voor toerental;
- korte aanlooptijd;
- korte koppelinregeltijd;
- hoog stilstandskoppel;
- klein massatraagheidskoppel;
- laag gewicht;
- compacte constructie.



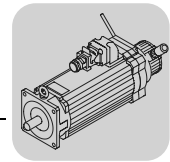
Afbeelding 2: voorbeeld van SEW-servomotoren uit de serie CM.. en CMP..

59855axx

Opbouwprincipe

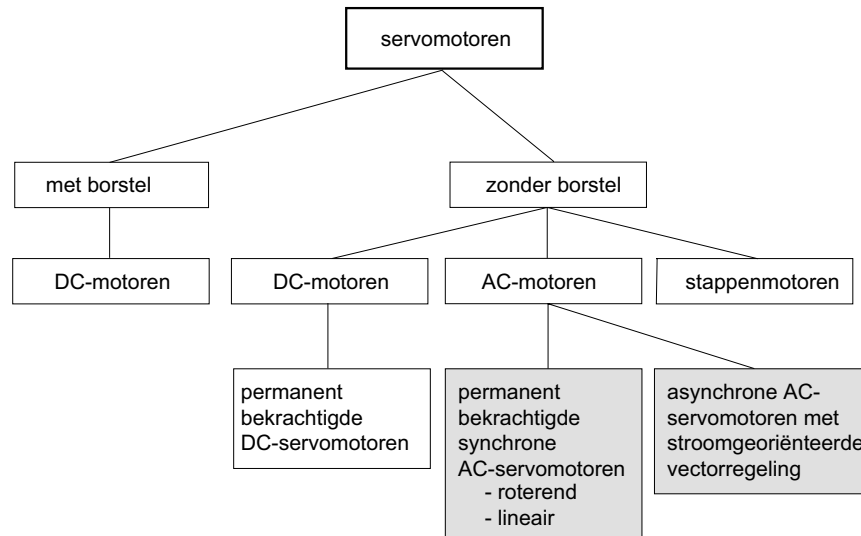
In principe bestaat een servomotor uit:

- een rotor;
- een stator;
- de vermogensaansluiting; uitgevoerd als stekker of aansluitklemmenkast;
- een feedback-systeem met aansluiting.



2.1 Overzicht van gangbare servomotoren

De productgroep servomotoren kan worden onderverdeeld in de volgende groepen:



56160anl

Afbeelding 3: overzicht servomotoren

De belangrijkste verschillen zitten in de

- opbouw van de motoren (stator, rotor);
- vereiste regelaarstructuren;
- encodersystemen.

Tot enkele jaren geleden werden permanent bekrachtigde gelijkstroommotoren zonder borstel als servoaandrijvingen gebruikt. De aansturing werd verzorgd door een thyristor- of transistoreindtrap.

Door de technische vooruitgang op het gebied van vermogenshalfgeleiders nam in de jaren negentig de toepassing van synchrone servomotoren steeds meer toe.

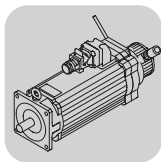
Momenteel hebben permanent bekrachtigde AC-synchrone servomotoren een groter marktaandeel dan AC-asynchrone servomotoren. Dit komt door de eigenschappen van de motoren.

De permanent bekrachtigde AC-synchrone servomotoren en AC-asynchrone servomotoren worden hierna nader behandeld.

Begripsdefinitie

In dit document worden de volgende definities gebruikt voor de verschillende motorsoorten:

- **Synchrone servomotor** $\triangle$ permanent bekrachtigde AC-synchrone servomotor.
- **Asynchrone servomotor** $\triangle$ AC-asynchrone servomotor.
- **Synchrone lineaire motor** $\triangle$ permanent bekrachtigde AC-lineaire synchrone servomotor.

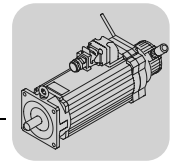


Servomotoren

Kenmerken van synchrone en asynchrone servomotoren

2.2 Kenmerken van synchrone en asynchrone servomotoren

Kenmerken synchrone servomotoren	Kenmerken asynchrone servomotoren
Hoge dynamiek	Matige tot hoge dynamiek
Redelijk goede standardeigenschappen bij grote massa's	Goede standardeigenschappen bij grote externe massa's
Hoge overbelastbaarheid, tot 6-voudig	Hoge overbelastbaarheid, tot 3-voudig
Hoge thermische continue belastbaarheid in gehele toerentalbereik	Hoge thermische continue belastbaarheid, toerentalafhankelijk
Warmteafvoer via convector, warmtegeleiding en -straling	Warmteafvoer via ventilator
Hoge toerentalqualiteit	Hoge toerentalqualiteit
Stilstandskoppel continu beschikbaar	Vanwege te hoge thermische belasting in het lagere toerentalbereik zonder onafhankelijk aangedreven ventilator continu geen koppel beschikbaar
Hoog instelbereik voor toerental, 1:5000	Hoog instelbereik voor toerental, 1:5000
Koppelrimpel (cogging) bij kleine toerentallen. Zie voor meer informatie Begripsdefinities op pagina 89.	Bijna geen koppelrimpel (cogging). Zie voor meer informatie Begripsdefinities op pagina 89.



2.3 Opbouw van synchrone servomotoren

Opbouwprincipe

In principe bestaat een synchrone servomotor uit

- een rotor met permanente magneten;
- een stator met wikkeling;
- de vermogensaansluiting; uitgevoerd als steker of aansluitklemmenkast;
- een encoder.

Verskillende uitvoeringen

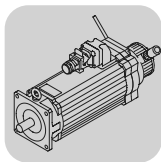
Bij synchrone servomotoren wordt onderscheid gemaakt tussen

- uitvoering met behuizing;
- uitvoering zonder behuizing.

Uitvoering zonder behuizing betekent dat het huis van de motor wordt gevormd door de gelamelleerde kern van de stator. Hierdoor kan de hele ijzerdoorsnede worden benut.

In de volgende paragrafen wordt voor beide uitvoeringen een voorbeeld van een SEW-motor afgebeeld:

- uitvoering met behuizing: CMP-motor;
- uitvoering met behuizing: CM-/DS-motor;
- uitvoering zonder behuizing: CMD-motor.



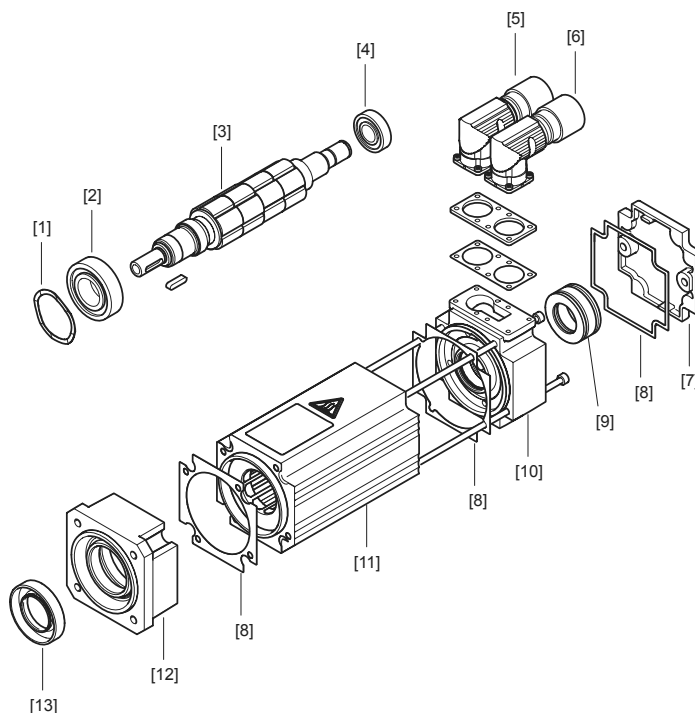
Servomotoren

Opbouw van synchrone servomotoren

2.3.1 Opbouw CMP-motor

CMP-servomotoren onderscheiden zich door extreem hoge dynamiek, geringe massa-traagheid, compactheid en hoge vermogensdichtheid.

CMP-servomotoren zijn motoren met behuizing.



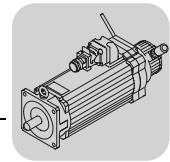
Afbeelding 4: opbouw van synchrone servomotor CMP van SEW-EURODRIVE

58993xx

[1]	compensatieplaat	[8]	vlakke afdichting
[2]	groefkogellager	[9]	resolver
[3]	rotor	[10]	B-lagerschild
[4]	groefkogellager	[11]	behuizing met stator
[5]	signaalconnector SM / SB	[12]	flenslagerschild
[6]	voedingsconnector SM / SB	[13]	oliekeerring
[7]	behuizingsdeksel		

Eigenschappen en opties CMP-motor

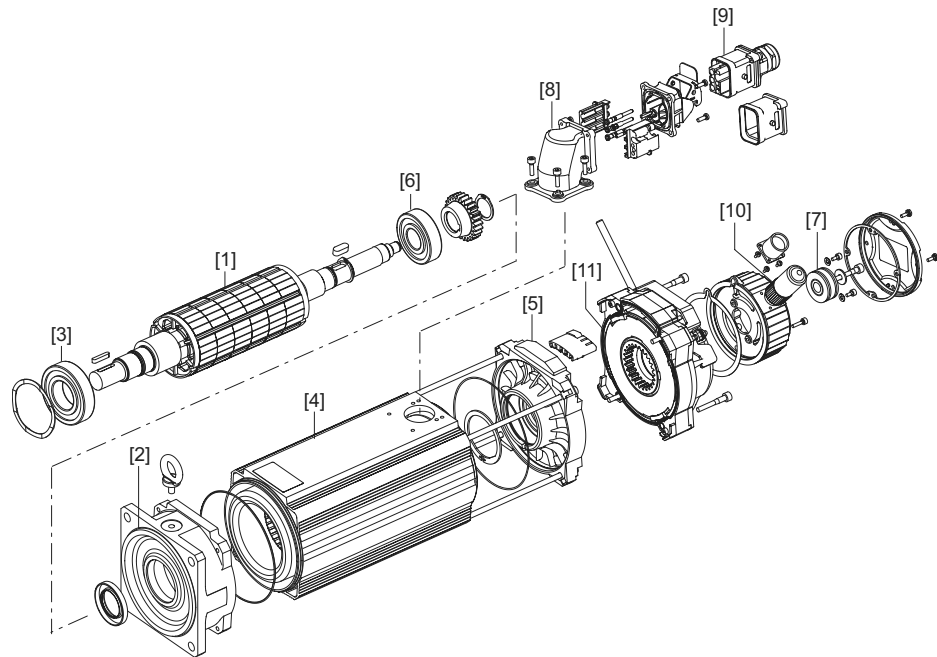
- Tot 4,5-voudige overbelastbaarheid
- Stator met tandwikkeling
- Aanbouw op standaard- en servoreductor mogelijk
- Directe reductoraanbouw mogelijk
- Resolver of absolute encoder met hoge resolutie mogelijk
- Verstelbare stekerverbinding
- Optionele onafhankelijk aangedreven ventilator
- Optionele 24V-rem
- KTY-sensor voor thermische motorbeveiliging



2.3.2 Opbouw CM-/DS-motor

CM-/DS-servomotoren onderscheiden zich door een breed koppelbereik, goede standardeigenschappen bij hoge externe massa's, gebruik van krachtige stopremmen en een groot aantal opties.

CM-/DS-servomotoren zijn motoren met behuizing.



57559axx

Afbeelding 5: opbouw synchrone servomotor CM van SEW-EURODRIVE

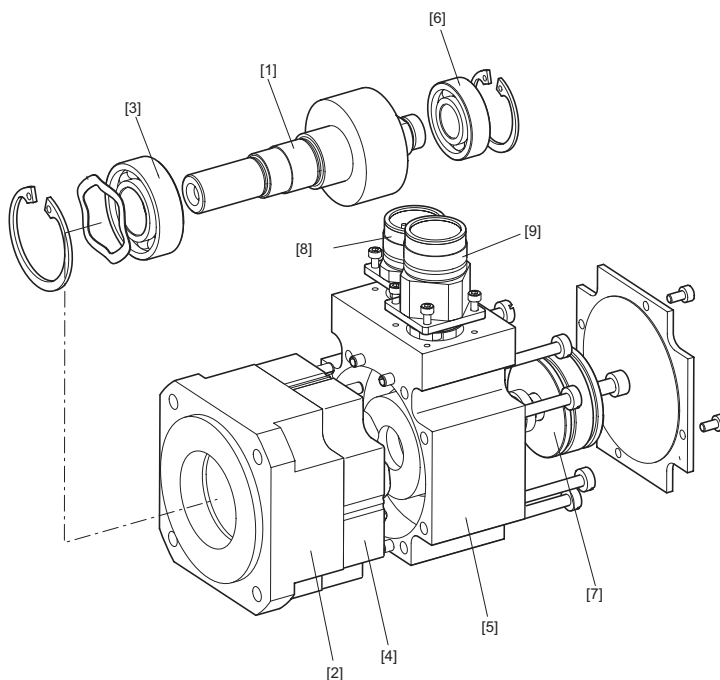
- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| [1] rotor | [7] resolver |
| [2] flenslagerschild | [8] stekerbehuizing |
| [3] groefkogellager | [9] vermogensconnector, compleet |
| [4] behuizing met stator | [10] signaalconnector, compleet |
| [5] B-lagerschild | [11] rem, compleet |
| [6] groefkogellager | |

Eigenschappen en opties CM-/DS-motor

- Tot 4-voudige overbelastbaarheid
- Stator met conventionele wikkeling
- Aanbouw op standaard- en servoreductor mogelijk
- Directe reductoraanbouw mogelijk
- Resolver of absolute encoder met hoge resolutie mogelijk
- Steker of aansluitklemmenkast
- Optionele onafhankelijk aangedreven ventilator
- Optionele rem met arbeidsvermogen
- TF- of KTY-sensor voor thermische motorbeveiliging
- Optioneel tweede aseinde
- Optioneel versterkte lageringen

CMD-servomotoren onderscheiden zich door extreme compactheid, geoptimaliseerde toerentalaanpassing voor directe aandrijftechniek en een slank variantenconcept.

CMD-servomotoren zijn motoren zonder behuizing.



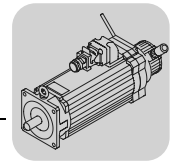
Afbeelding 6: opbouw van synchrone servomotor CMD van SEW-EURODRIVE

57562axx

- | | | | |
|-----|------------------|-----|-------------------|
| [1] | rotor | [6] | groefkogellager |
| [2] | flenslagerschild | [7] | resolver |
| [3] | groefkogellager | [8] | signaalconnector |
| [4] | stator | [9] | voedingsconnector |
| [5] | B-lagerschild | | |

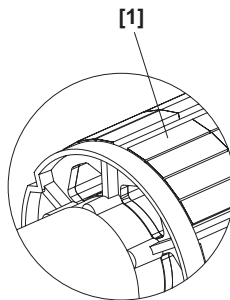
Eigenschappen en opties CMD-motor

- Tot 6-voudige overbelastbaarheid
- Stator met tandwikkeling
- Optionele 24 V-rem
- Resolver of absolute encoder met hoge resolutie mogelijk
- KTY-sensor voor thermische motorbeveiliging



2.3.4 Opbouw van de rotor

De rotor van synchrone servomotoren is uitgerust met permanente magneten.

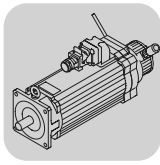


Afbeelding 7: opgeplakte magneten op de rotor

57561axx

[1] opgeplakte magneten

Deze magneten bestaan in de regel uit het gesinterde permanentmagneetmateriaal neodymium-ijzer-bohr. Dit materiaal heeft veel sterkere magnetische eigenschappen dan de traditionele ferrietmagneten. Dit maakt een compactere constructie bij een optimale vermogensopbrengst mogelijk.

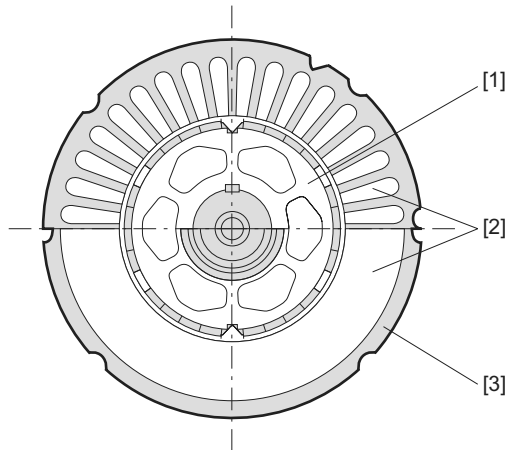


Servomotoren

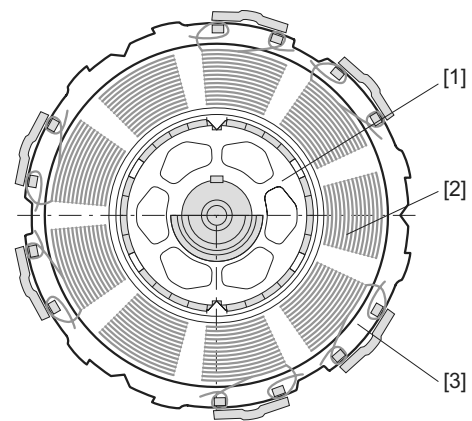
Werking van synchrone servomotoren

2.4 Werking van synchrone servomotoren

Door de motor aan te sluiten op een geschikte servoversterker wordt in de wikkelingen van de stator het zogenoemde statordraaiveld gegenereerd. Dit draaiveld oefent een magnetische kracht uit op de rotor. Door de magnetische koppeling tussen stator en rotor accelereert de rotor en draait deze met dezelfde hoeksnelheid als het draaiveld, synchroon dus.



Afbeelding 8: schematische weergave van een conventionele wikkeling



Afbeelding 9: schematische weergave van een tandwikkeling

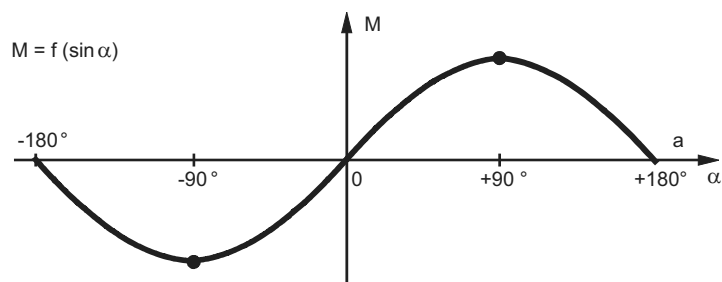
- | | | | |
|-----|-----------|-----|--------------------|
| [1] | rotor | [3] | gelamelleerde kern |
| [2] | wikkeling | | |

Als de motor wordt belast, leidt dit tot een verschuiving van het rotordraaiveld in relatie tot het statordraaiveld. De polen van de rotor ijlen na op de polen van het statordraaiveld met de ankerreactiehoek α . Hoe groter de ankerreactiehoek is, des te meer het koppel toeneemt. Het maximale koppel is bereikt als de ankerreactiehoek $\alpha = 90^\circ$ bedraagt. In dit geval liggen de polen van de rotor precies tussen de twee polen van de stator.

Dit heeft tot gevolg dat de statorpool die de rotorpool voorloopt, de rotor "trekt" en dat de nalopende statorpool de rotor "duwt".

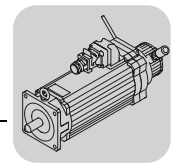
Als de ankerreactiehoek α waarden $> 90^\circ$ aanneemt, daalt het koppel. De motor bevindt zich in een instabiele bedrijfspositie en het is mogelijk dat deze tot stilstand komt. Een thermische beschadiging is het gevolg.

Hierbij geldt de formule: $M = f(U, I, \sin \alpha)$.



Afbeelding 10: afhankelijkheid ankerreactiehoek en koppel

56165axx



2.4.1 Optimaal werkpunt

Om de synchrone motor met het maximale koppel te kunnen gebruiken, moet worden gegarandeerd dat de ankerreactiehoek $\alpha = 90^\circ$ bedraagt. In motorisch bedrijf moet de statorpool daarom altijd met 90° voorlopen, in generatorisch bedrijf met 90° nalopen. De motorbesturing zorgt dat de drie fasestromen van de motor vanuit een vastgelegd koppel en het stroomsetpoint overeenkomstig het motormodel worden berekend om zo in de motor het vereiste resulterende magnetische veld te genereren.

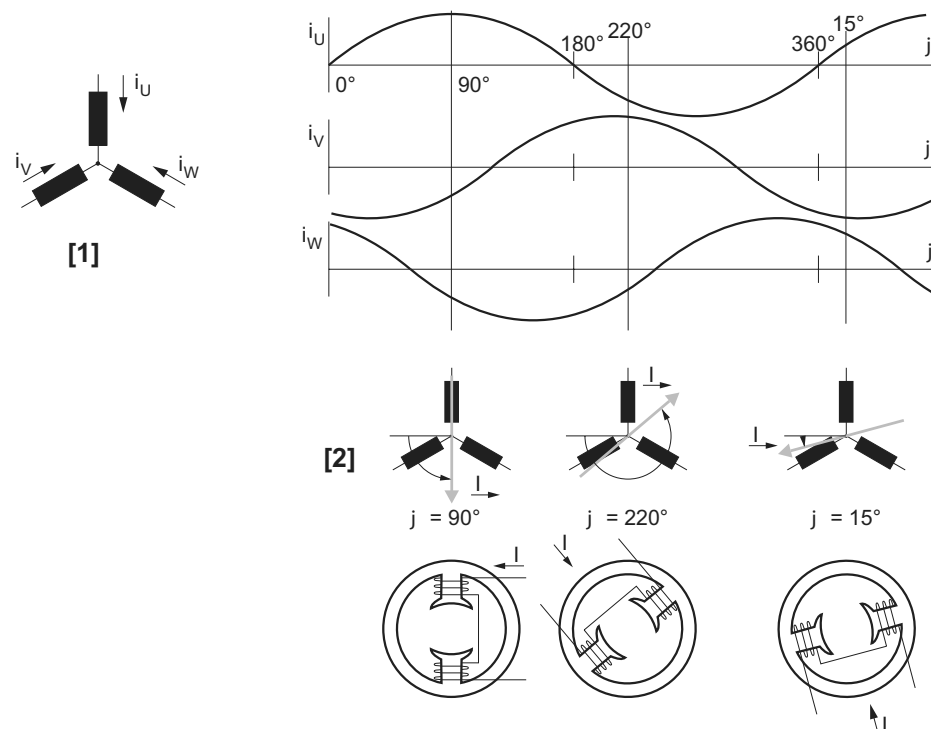
Hiervoor moet de positie van de rotor met behulp van een geschikte encoder worden gemeten. Deze actuele positie van de rotor wordt afhankelijk van de koppelrichting vermeerderd of verminderd met 90° en de corresponderende fasestromen worden berekend.

Voor de desbetreffende positie van de rotor wordt de overeenkomstige positie van het statordraaiveld bepaald. Hiertoe worden de grootte en positie van het statorveld door de rotor bepaald, dat wil zeggen dat de rotor het statorveld draait.

De in dit verband genoemde ankerreactiehoek α is een elektrische hoek. Bij een 6-polige motor komt 90° elektrisch overeen met 30° mechanisch.

2.4.2 Stroomverhoudingen in de stator

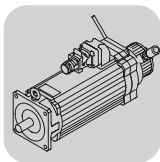
De stroomverhoudingen in de stator zien er als volgt uit:



56165axx

Afbeelding 11: stroomverhouding in de stator

- [1] Stroomvector I = vectoriële som van de stromen i_U , i_V , i_W
- [2] In de afbeelding worden de verhoudingen in de stator met betrekking tot de koppelvorming op verschillende tijdstippen getoond.



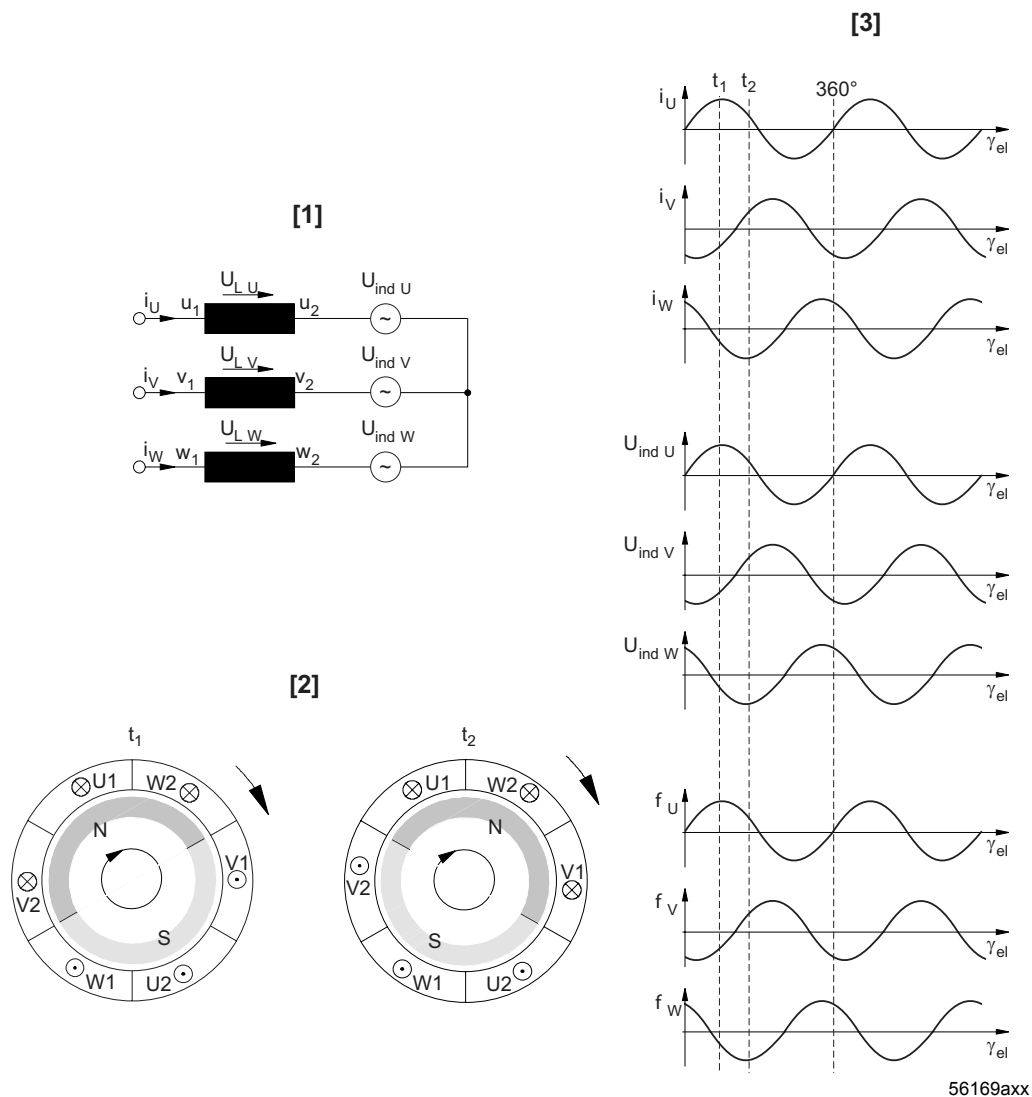
Servomotoren

Werking van synchrone servomotoren

2.4.3 Sinusvormige voeding

De meeste synchrone servomotoren die tegenwoordig worden aangeboden, worden gevoed door een sinusvormige stroom die door een corresponderende servoversterker in de statorwikkeling wordt geïnjecteerd. De drie motorfasen worden gelijktijdig van stroom voorzien.

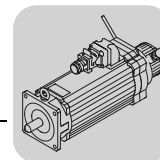
In afbeelding 12 worden de stroom- en spanningsgrootten op de tijdstippen t_n weergegeven.



Afbeelding 12: sinusvormige voeding

- [1] vervangend schakelschema van een synchrone servomotor
- [2] positie van de rotor op tijdstip t_n
- [3] diagram: stroom, spanning en flux in tijdsverloop bij constante spanning
- U_{ind} door de draaiing van de rotor geïnduceerde spanning (EMK)
- U_L spanningsverlies aan de inductiviteit

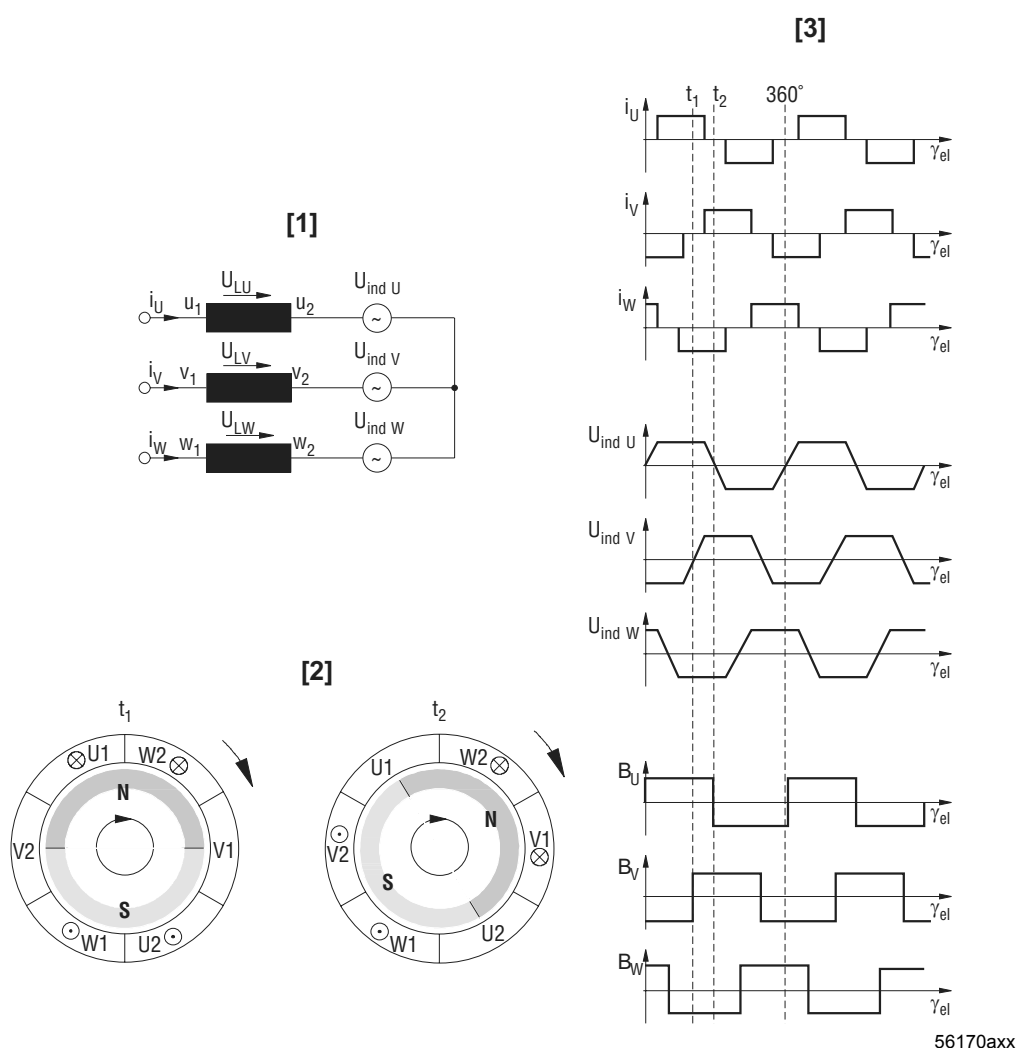
De servoversterker geeft hierbij op elke fase een gestuurde gelijkspanning uit de spanningstussenkring af. De effectieve waarde van uitgangsspanning komt overeen met die van een echte sinusvormige spanning. Door deze gestuurde gelijkspanning (naar sinusvorm bepaalde modulatie) wordt in de motor een sinusvormige stroom geïnjecteerd die op zijn beurt een sinusvormige magnetische flux activeert. Dit zorgt voor een hoge koppel- en toerentalstabiliteit, ook bij lagere toerentallen.



In het algemeen worden synchrone servomotoren uitgerust met resolvers of met absolute sin/cos-encoders. Aan de hand van de gegevens uit de positie-encoders, garandeert de servoversterker dat de ankerreactiehoek 90° bedraagt. Voorwaarde hiervoor is echter dat de positie-encoder exact op de polen van de permanente magneet uitgelijnd is. Alleen dan kan het buitenste magnetische veld van de stator zich met 90° verschoven opbouwen. Dit wordt ook wel commutatie genoemd.

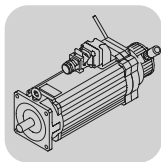
2.4.4 Blokvormige voeding

Naast de sinusvormige voeding is er ook de blokvormige voeding van motoren. Deze is tegenwoordig echter minder belangrijk. Zoals de naam zegt, wordt de motor gevoed via blokvormige spanningen uit de gelijkspanningstussenkring.



Afbeelding 13: blokvormige voeding

- [1] vervangend schakelschema van een synchrone servomotor
- [2] positie van de rotor op tijdstip t_n
- [3] diagram: stroom, spanning en flux in tijdsverloop bij constante spanning
- U_{ind} door de draaiing van de rotor geïnduceerde spanning (EMK)
- U_L spanningsverlies aan de inductiviteit



Servomotoren

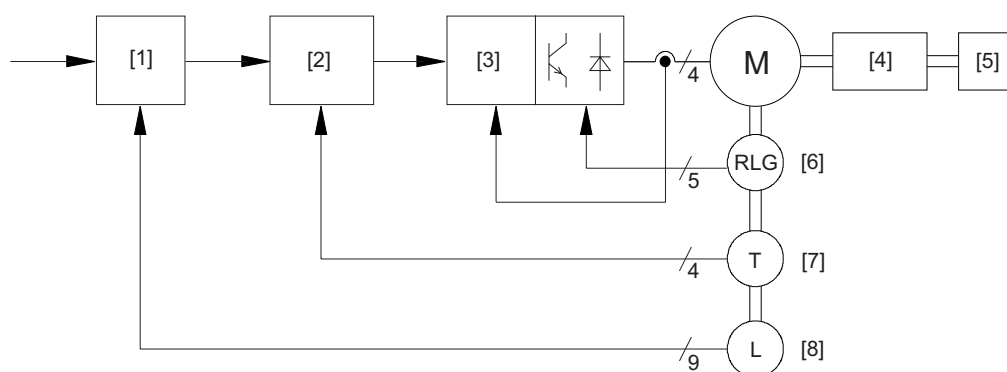
Werking van synchrone servomotoren

In de motorwikkelingen worden blokvormige stromen geïnjecteerd. Deze induceren in de motor trapeziumvormige spanningen. Afhankelijk van de uitvoering ontstaat een rechthoekvormige verdeling van de luchtspleetinductie, wat een constante koppelvorming tot gevolg heeft.

De stroomregelaar wordt bij de blokvormige voeding aangestuurd via een rotorpositie-encoder.

Er is nog een encoder nodig om het toerental te meten. Meestal is dit een tachogenerator.

De absolute positie van de rotor wordt gemeten met behulp van een positie-encoder.



56171axx

Afbeelding 14: regelaarstructuur met encodersystemen bij blokvormig gevoede motor

[1] positie	[5] belasting
[2] toerental	[6] rotorpositie-encoder
[3] stroom	[7] tachogenerator
[4] reductor	[8] positie-encoder

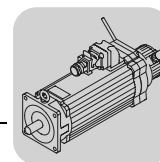
Voor- en nadelen van blokvormige voeding in vergelijking met sinusvormige voeding:

Voordelen van blokvormige voeding

- Eenvoudigere en hierdoor goedkopere encodersystemen, zoals Hallsensor, fotocel voor het meten van de rotorpositie
- Eenvoudig genereren van besturingssignalen voor de stroom

Nadelen van blokvormige voeding

- Slechtere toerentalstabiliteit
- Slechtere koppelstabiliteit, in het bijzonder bij lagere toerentallen
- Extra encoder voor het toerental nodig



2.4.5 Thermische en dynamische grenskarakteristiek

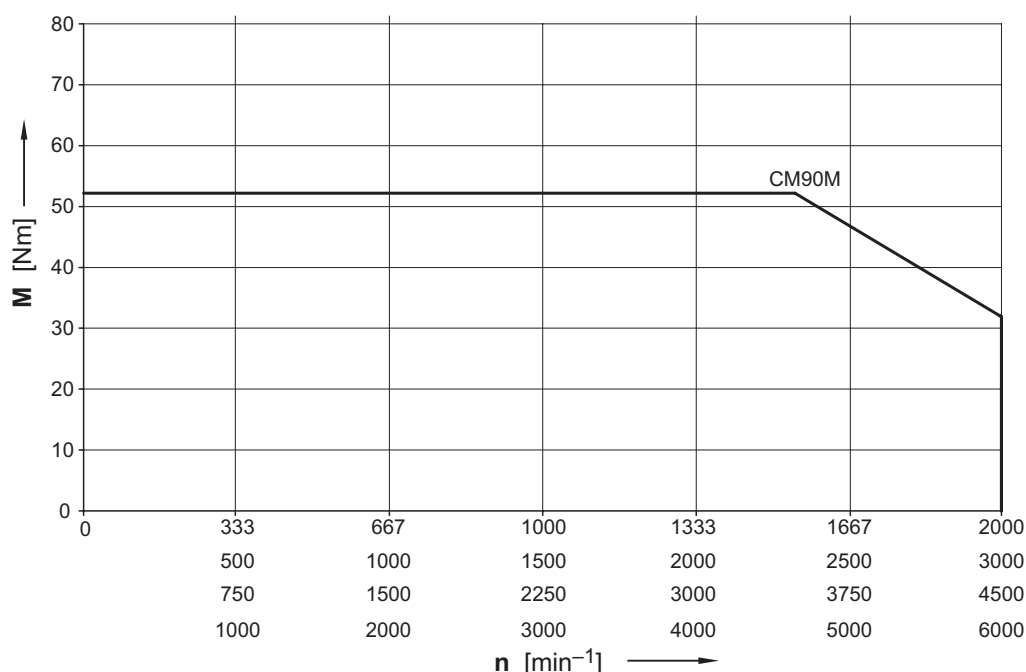
Dynamische grenskarakteristiek

De dynamische grenskarakteristiek geeft informatie over welk maximale koppel de motor bij welk toerental kan afgeven.

Houd er rekening mee dat de servoversterker voldoende stroom ter beschikking moet stellen om de motor het maximale koppel te laten bereiken.

Bij de selectie moet u er bovendien rekening mee houden dat het maximale koppel in het bovenste toerentalbereik daalt. Dit is het gevolg van de in de motor gegenereerde tegenspanning die kan worden afgeleid uit de inductiewet. De permanente magneten van de rotor genereren deze spanning in de statorspoelen. Door deze tegenspanning kan de servoversterker de stroom die nodig is voor het maximale koppel, niet meer injecteren omdat het spanningsverschil tussen servoversterker-uitgangsspanning en geïnduceerde tegenspanning te gering wordt.

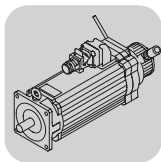
Afbeelding 15 toont de dynamische grenskarakteristiek van een synchrone servomotor CM90M voor de toerentalgebieden 2000, 3000, 4500 en 6000.



57563axx

Afbeelding 15: dynamische grenskarakteristieken CM90M

Bij de selectie van een aandrijving moet u er rekening mee houden dat het maximale koppel bij het bijbehorende toerental onder of maximaal op de dynamische grenskarakteristiek van de motor mag liggen, zie hiervoor ook hoofdstuk 8 "Selectie".



Servomotoren

Werking van synchrone servomotoren

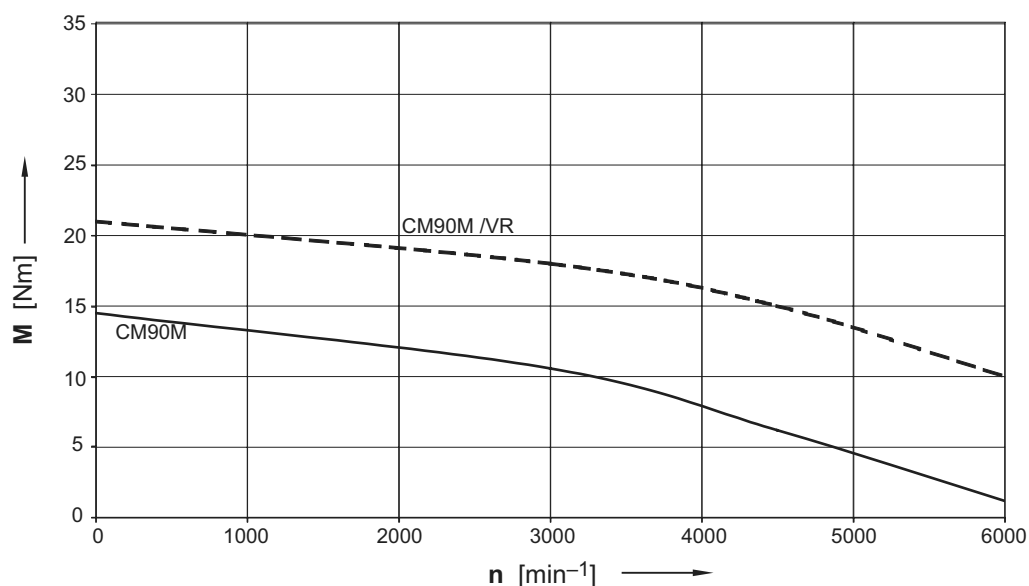
Thermische grenskarakteristiek

Bij de selectie van een aandrijving worden het gemiddelde motortoerental en het effectieve koppel berekend om de thermische belasting van de motor te bepalen. Aan de hand van deze gegevens wordt het werkpunt van de motor bepaald.

Dit werkpunt moet onder de thermische grenskarakteristiek van de motor liggen, anders wordt de motor thermisch overbelast. Ook hier moet u er rekening mee houden dat de grenskarakteristiek daalt bij een stijgend koppel, daarom moet bij de selectie altijd het werkpunt worden bepaald. Het werkpunt wordt berekend aan de hand van het kwadratisch gemiddelde koppel M_{eff} en het gemiddelde toerental n .

De daling van de karakteristiek wordt voornamelijk veroorzaakt door wervelstroom-, magnetisatie- en ijzerverlies.

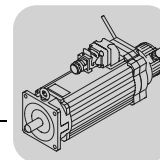
In afbeelding 16 ziet u de thermische grenskarakteristiek van een synchrone servomotor CM90M voor toerentalklasse 6000.



57564axx

Afbeelding 16: thermische grenskarakteristieken CM90M

De toevoeging "/VR" achter de motoraanduiding betekent dat de motor is uitgerust met een onafhankelijk aangedreven ventilator.



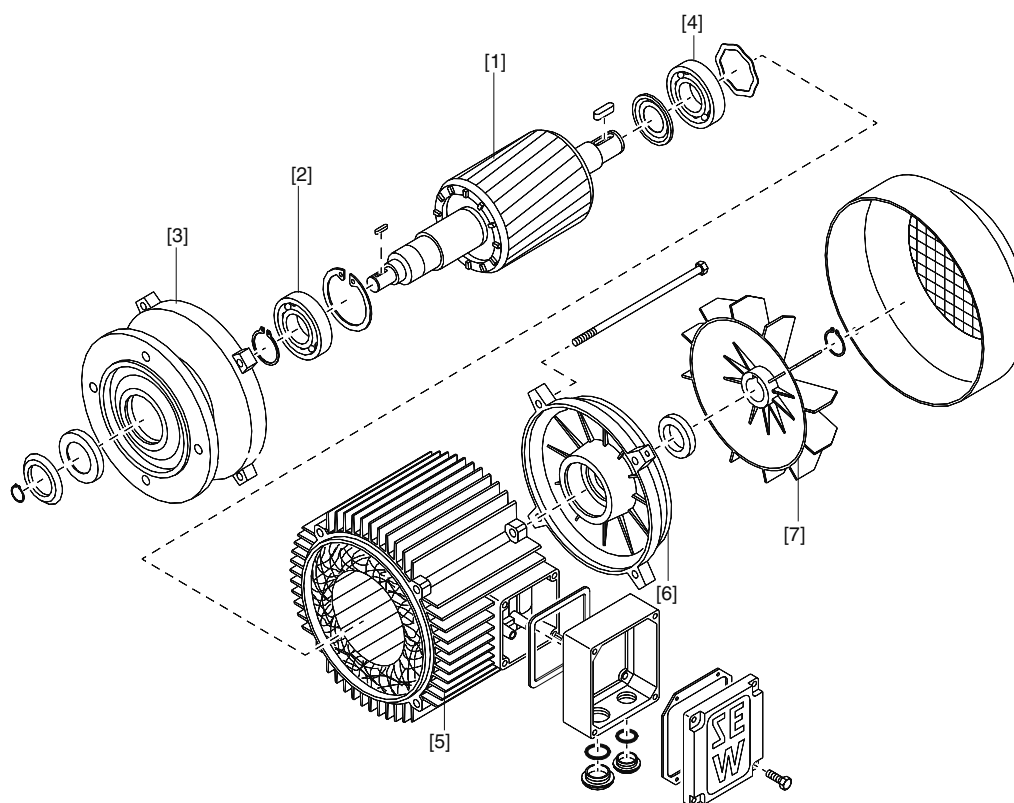
2.5 Opbouw van asynchrone servomotoren

Opbouwprincipe In principe bestaat een asynchrone servomotor uit

- een rotor met kortgesloten wikkeling;
- een stator met wikkeling;
- vermogensaansluiting (aansluitklemmenkast);
- een encoder.

In deze paragraaf worden de asynchrone servomotoren beschreven aan de hand van de motorserie CT/CV van SEW-EURODRIVE.

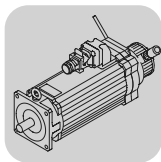
2.5.1 Opbouw CT/CV-motor



57572AXX

Afbeelding 17: opbouw asynchrone servomotor CT/CV van SEW-EURODRIVE

- | | |
|----------------------|----------------------|
| [1] rotor, compleet | [5] stator, compleet |
| [2] groefkogellager | [6] B-lagerschild |
| [3] flenslagerschild | [7] ventilator |
| [4] groefkogellager | |



Servomotoren

Werking van asynchrone servomotoren

De statoren van asynchrone en synchrone servomotoren hebben in principe dezelfde opbouw. De rotores zijn echter fundamenteel anders. De asynchrone servomotor heeft een kooirotor waarin het magnetische veld wordt gegenereerd door inductie.

De stator bestaat in principe uit drie spoelen die op een ferromagnetisch trafo-plaatlichaam met 120° offset zijn gewikkeld. De spoeleinden kunnen in het schakelingstype ster of driehoek zijn geschakeld.

Eigenschappen en opties CT/CV-motoren

- Koppelbereik van 3 – 200 Nm
- Stator met conventionele wikkeling
- 3-voudige overbelastbaarheid
- Goede standaard eigenschappen bij grote externe massa's
- Bij continu lage toerentallen is een onafhankelijk aangedreven ventilator nodig
- Voor de bepaling van de rotorpositie is een encodersysteem nodig
- Rem mogelijk

2.6 Werking van asynchrone servomotoren

De rotor van een asynchrone servomotor is opgebouwd als een cilindrische kooi. De individuele staven van de kooi worden bijeengehouden door kortsluitringen. Tijdens het bedrijf stroomt een stroom via de kortsluitring in de staven. Elke stroomvoerende geleider vormt een magnetisch veld. Als dit magnetisch veld verschoven staat ten opzichte van het magnetische veld van de stator, ervaart de rotor een kracht. Deze kracht is maximaal als het magnetische veld van de rotor verticaal op het magnetische veld van de stator staat.

Door een veldgeörienteerde regelmethode kunnen de beide magnetische velden zo worden uitgerekend dat de asynchrone servomotor aanzienlijk dynamischer kan werken dan gewoonlijk.

Veldoriëntatie betekent dat twee bestaande magnetische velden ten opzichte van elkaar worden gericht. De veldgerichtheid is bij synchrone en asynchrone servomotoren gelijk. Bij de asynchrone servomotor moet vanwege de opbouw van de rotor een groot aantal fysieke randparameters in acht worden genomen om een constante magnetisatie van de rotor te bereiken. Omdat asynchrone servomotoren geen permanente magneten hebben, moet de magnetische flux in de rotor worden gevormd via het magnetische veld van de stator. De statorstroom werkt daarom flux- en koppelvormend.

Net als bij de transformator waarbij de primaire wikkeling via de gelamelleerde kern is verbonden met de secundaire wikkeling en daar een spanning induceert, is bij de asynchrone servomotor de statorwikkeling via de luchtspleet gekoppeld aan de kooirotor. Conform de inductiewet geldt de volgende formule:

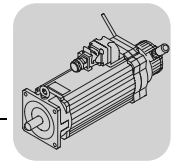
$$U_i = -N \times \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

U_i geïnduceerde spanning [V]

N aantal windingen

$\Delta \Phi / \Delta t$ wijziging per tijdseenheid van de magnetische flux [Wb/s]

Uit de vergelijking kan worden afgelezen dat een fluxverandering nodig is om de spanning aan de secundaire zijde en dus ook de stroom aan de secundaire zijde te handhaven. Deze wetmatigheid is te vergelijken met de transformator waarmee geen gelijkspanning kan worden doorgegeven.



Door de stroomvoorziening van de stator ontstaat een magnetische flux in de rotor. Volgens de wet van Lenz heeft een inductiestroom die wordt opgewekt door een veranderend magneetveld, altijd een zodanige richting, dat hij de oorzaak van zijn ontstaan tegenwerkt. De stroom die in de rotor ontstaat, werkt de fluxverandering dus tegen. Als gevolg van de ohmse verliezen in de rotor neemt deze stroom af, voorzover er geen fluxverandering bij de statorstroom plaatsvindt. De afname van de rotorstroom vindt plaats na de elektrische tijdconstante T_r van de rotor:

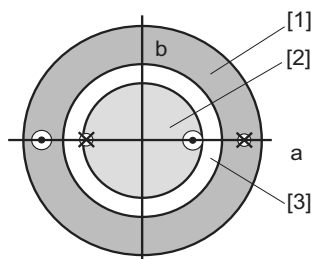
$$T_r = \frac{L_r}{R_r}$$

T_r	elektrische tijdconstante rotor
L_r	inductiviteit rotor
R_r	weerstand rotor

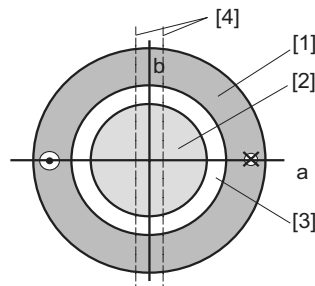
Moderne stroomgestuurde regelmethode, zoals de door SEW-EURODRIVE ontwikkelde CFC-procedure (**C**urrent **F**lux **C**ontrol), zijn in staat een magnetisch veld te genereren waarvan de richting en kracht bekend zijn en hiervoor een rotorstroom in loodrechte oriëntatie te injecteren. Deze regelmethode maakt het mogelijk asynchrone motoren te laten werken met servo-eigenschappen.

Voorbeeld

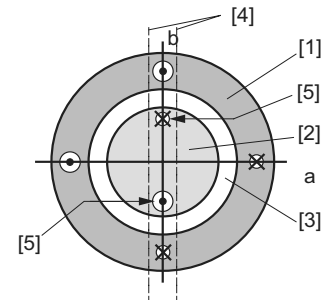
Hieronder wordt de werking van een stroomgestuurde veldregeling aan de hand van een asynchrone motor (ASM) beschreven:



Afbeelding 18: statorstroom bij t_0



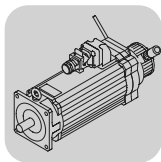
Afbeelding 19: magnetisatie ASM



Afbeelding 20: koppelvorming

[1]	stator
[2]	rotor
[3]	luchtspleet
[4]	veldlijnen
[5]	stroomvoerende geleider met weergave van stroomrichting

1. Op het tijdstip t_0 wordt de stator van stroom voorzien, zie afbeelding 18. De richting van de eerste stroomvoorziening is voorlopig willekeurig. Het magnetische veld van de geïnduceerde stroom werkt de verandering van de magnetische flux tegen (wet van Lenz), met andere woorden: de stromen van rotor en stator zijn tegengesteld.
2. Er vindt magnetisatie van de asynchrone servomotor plaats omdat de toestand van t_0 zolang kan worden gehandhaafd tot de stroom in de rotor is gedempt. De stroom wordt door de ohmse weerstand in de rotor gedempt. De tijd die nodig is voor magnetisatie, is gedefinieerd door de elektrische tijdconstante T_r van de rotor. De gedempte toestand kan met $5 \times T_r$ als bereikt worden beschouwd. De asynchrone servomotor kan nu als gemagnetiseerd worden beschouwd, zie afbeelding 19.



Servomotoren

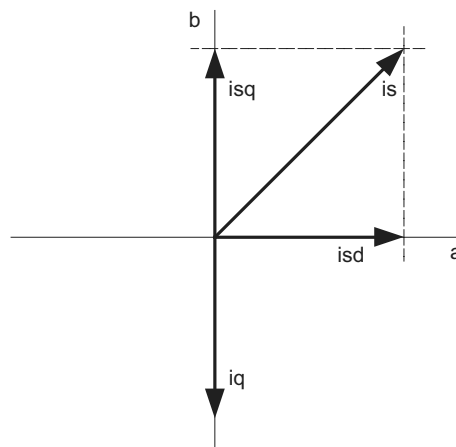
Werking van asynchrone servomotoren

3. Het **plotseling** injecteren van een extra stroomcomponent die **verticaal** op de eerste stroomvoorziening is gericht, heeft weer een stroom tot gevolg, zie afbeelding 20. Deze toestand is vergelijkbaar met de toestand onder punt 1. Maar er zijn twee verschillen:

- de stroomvoorziening van de stator richt zich op de stroom van punt 1;
- de toestand wordt aanzienlijk minder lang gehandhaafd dan bij de toestand van punt 1.

De in de stator geïnjecteerde stroom I_{sd} bepaalt de magnetisatie. De rotorstroom I_q werkt koppelvormend, deze is gelijk aan de met 180° gedraaide stroomcomponent I_{sq} . Daar in de veldoriëntatie beide stroomcomponenten bekend zijn, kan het koppel worden bepaald. Overeenkomstig de magnetische wetten ervaart een stroomvoerende geleider, in dit geval de rotor, in het magnetische veld een kracht F die inwerkt op deze geleider. Deze kracht bepaalt het koppel.

Door de gerichte haakse selectie wordt de koppelvormende rotorstroom optimaal benut. Het resulterende magnetische veld begint zich te richten op de hoek van de statorstroom. De snelheid van de richting volgt een e-functie en wordt bepaald door de tijdconstante T_r van de rotor.



56197axx

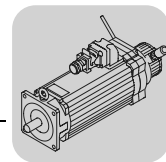
Afbeelding 21: vereenvoudigde weergave van de stromen in stator en rotor op het tijdstip t_1

isq	eerste statorstroomcomponent (koppelvormend, bij t_1)
is	statorstroom bij t_1
isd	eerste statorstroomcomponent (magnetiserend, bij t_1)
iq	rotorstroom bij t_1

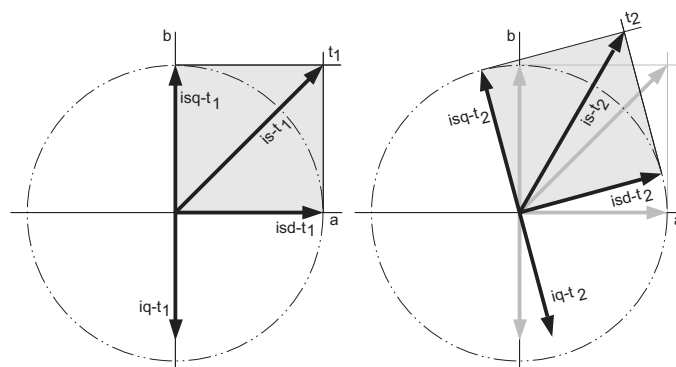
Als de stroomvoorziening van de stator op deze wijze voor een tijd van $4 \times T_r \dots 5 \times T_r$ wordt gehandhaafd, daalt de statorstroom naar nul en richt het magnetische veld zich op de hoek van de statorstroom. In dit geval zou het resulterende koppel gelijk zijn aan nul en zou de veldgerichtheid verloren gaan.

Daarom wordt de handhavingstijd t in relatie tot de rotortijdconstante T_r zeer kort gekozen:

$$t \ll T_r$$



In dit geval worden de statorstromen bij de stroomvoorziening van de stator opnieuw gericht:

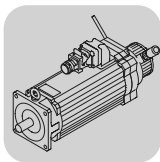


56198axx

Afbeelding 22: vereenvoudigde weergave van de stroomverandering in stator en rotor op het tijdstip t_2

- $isd-t_1$ eerste statorstroomcomponent (magnetiserend, bij t_1)
- $is-t_1$ statorstroom bij t_1
- $isq-t_1$ tweede statorstroomcomponent (koppelvormend bij t_1)
- $iq-t_1$ afnemende rotorstroom bij t_1
- $isd-t_2$ opnieuw gerichte eerste statorstroomcomponent bij t_2
- $is-t_2$ statorstroom na nieuwe richting bij t_2
- $isq-t_2$ opnieuw gerichte tweede statorstroomcomponent bij t_2
- $iq-t_2$ rotorstroom na nieuwe richting bij t_2

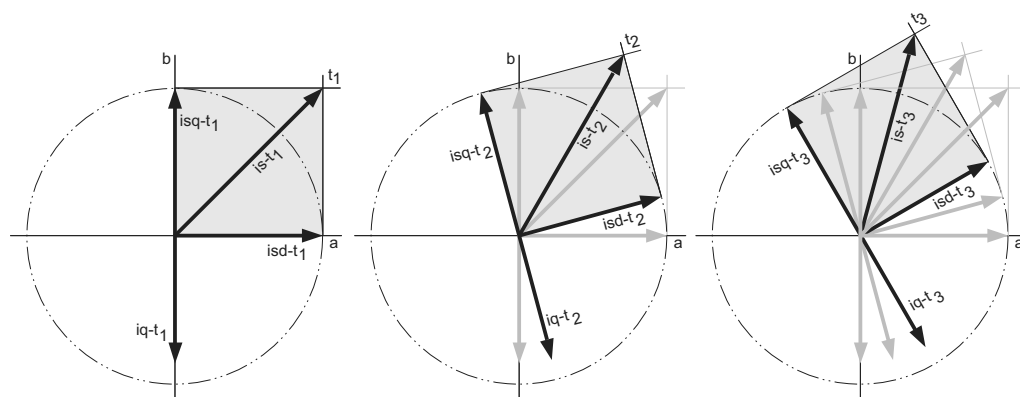
Bij de huidige servoregelaars ligt de aftastcyclus tussen 62,5 – 250 μ s, afhankelijk van de doelapplicatie die voor de regelaar is ontwikkeld. Na de aftastcyclus wordt de statorstroom, en dus ook de rotorstroom, opnieuw gericht. Op grond van de korte aftastcyclus is ook de hoek van het ene tijdsinterval naar het volgende zeer gering. Resultierend uit de geringe hoekwijziging ontstaat ook een geringe wijziging van de magnetische flux en zodoende van het koppel.



Servomotoren

Werking van asynchrone servomotoren

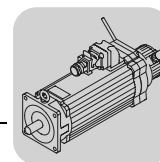
De veldoriëntatie wordt weer opgebouwd doordat de statorstroomcomponenten worden vervangen door de opnieuw gerichte statorstromen I_{sd} en I_{sq} . De vectoren van de statorstroom beschrijven dus een kringloop:



56200axx

Afbeelding 23: vereenvoudigde weergave van de stroomverandering in stator en rotor op het tijdstip t_n

- $isd-t_1$ eerste statorstroomcomponent bij t_1
- $is-t_1$ statorstroom bij t_1
- $isq-t_1$ tweede statorstroomcomponent bij t_1
- $iq-t_1$ rotorstroom bij t_1
- $isd-t_2$ opnieuw gerichte eerste statorstroomcomponent bij t_2
- $is-t_2$ statorstroom na nieuwe richting bij t_2
- $isq-t_2$ opnieuw gerichte tweede statorstroomcomponent bij t_2
- $iq-t_2$ rotorstroom na nieuwe richting bij t_2
- $isd-t_3$ opnieuw gerichte eerste statorstroomcomponent bij t_3
- $is-t_3$ statorstroom na nieuwe richting bij t_3
- $isq-t_3$ opnieuw gerichte tweede statorstroomcomponent bij t_3
- $iq-t_3$ rotorstroom na nieuwe richting bij t_3

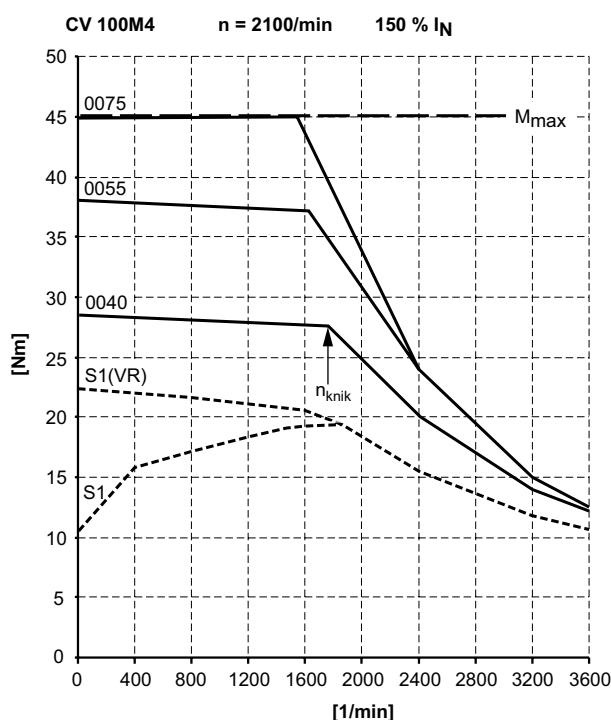


2.6.1 Motorkarakteristiek

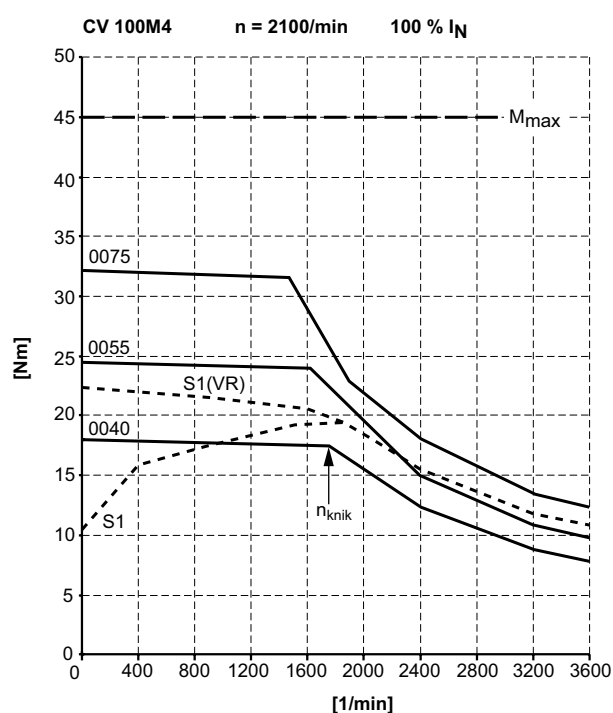
Aan de hand van de asynchrone servomotor CV100M4 van SEW-EURODRIVE worden de gegevens die van belang zijn voor de selectie, met de bijbehorende motorkarakteristiek nader bekeken. In het algemeen zijn de volgende motorgegevens bekend:

Motortype	: CV100M4
Nominaal toerental n_{nom}	: 2100 1/min
Nominaal koppel M_{nom}	: 15 Nm
Ontwerpstroom I_{nom}	: 8,1 A
Knikpunttoerental n_{knik}	: 1760 1/min (in combinatie met 4 kW servoversterker)

Bij de selectie moet bijzondere aandacht worden besteed aan het knikpunttoerental. Het knikpunttoerental is het toerental tot waar het maximumtoerental bij benutting van de maximale piekstroom van de servoversterker ter beschikking staat. Als de motor boven het knikpunttoerental wordt aangedreven, neemt het beschikbare koppel sterk af. Dit verloop is duidelijk te zien in de volgende afbeelding.



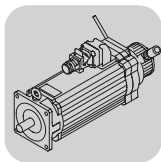
Afbeelding 24: karakteristieken asynchrone servomotor CV100M4



Afbeelding 25: karakteristieken asynchrone servomotor CV100M4

- M_{max} : maximaal koppel van de motor
- 0075 : koppelkarakteristiek met 7,5 kW servoversterker bij 150% / 100% nominale stroom servoversterker
- 0055 : koppelkarakteristiek met 5,5 kW servoversterker bij 150% / 100% nominale stroom servoversterker
- 0040 : koppelkarakteristiek met 4 kW servoversterker bij 150% / 100% nominale stroom servoversterker
- S1 (VR): S1-karakteristiek (continubedrijf) met onafhankelijk aangedreven ventilator
- S1 : S1-karakteristiek (continubedrijf)
- n_{knik} : knikpunttoerental voor voorbeeld met 4-kW-servoversterker

Het vermogen van de servoversterker wordt geselecteerd op basis van het vereiste koppel. De toegestane combinatie van een motor met servoversterkers van verschillend vermogen levert verschillende koppelkarakteristieken op.



Servomotoren

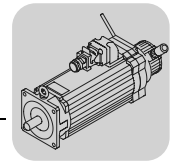
Werking van asynchrone servomotoren

Bij de selectie moet u er rekening mee houden dat het effectieve motorkoppel bij een gemiddeld toerental onder of maximaal op de karakteristiek S1 mag liggen. Als het effectieve motorkoppel bij gemiddeld toerental boven de karakteristiek S1 ligt, wordt de motor thermisch overbelast.

De koppelkarakteristieken met opgave van het vermogen van de servoversterker geven informatie over welke koppels bij welke toerentallen beschikbaar zijn. Uit deze informatie blijkt echter niet of dit koppel ook continu kan worden afgegeven. Hiervoor is de S1-karakteristiek noodzakelijk.

Bij gebruik van de motor met lage toerentallen kan het soms nodig zijn om de motor te voorzien van een onafhankelijk aangedreven ventilator om thermische overbelasting te voorkomen. De karakteristiek S1 (VR) maakt duidelijk dat de motor vooral in het lagere toerentalbereik continu een aanzienlijk hoger koppel kan leveren. Bij de selectie van de aandrijving kan aan de hand van het effectieve motorkoppel en van het gemiddelde toerental het werkpunt worden bepaald. Met behulp van het werkpunt kan worden beoordeeld of een onafhankelijk aangedreven ventilator nodig is.

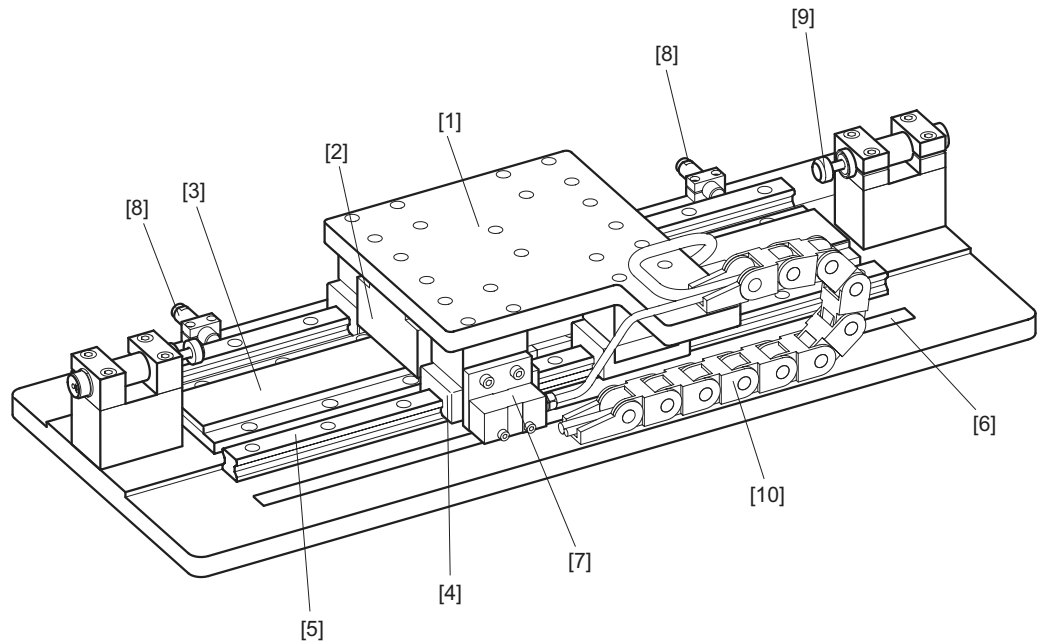
De overbelastbaarheid van de toegestane combinaties van motor en servoversterker leveren verschillende dynamische koppelkarakteristieken op. Ook hier moet u er bij de selectie rekening mee houden dat de koppels vanwege het risico van thermische overbelasting niet continu beschikbaar zijn. Zie voor informatie ook hoofdstuk 8 "Selectie".



2.7 Synchrone lineaire motor

De werking van synchrone lineaire motoren komt grotendeels overeen met die van roterende synchrone servomotoren. Lineaire motoren worden gebruikt als er zeer hoge eisen worden gesteld aan bijvoorbeeld dynamiek en positioneringsnauwkeurigheid. Omdat een synchrone lineaire motor uit een groot aantal componenten bestaat, wordt de motor pas geassembleerd aan de machine waarin de motor wordt ingebouwd.

In de afbeelding hieronder ziet u een schematische weergave van de opbouw van een volledig lineair aandrijfsysteem.



56174axx

Afbeelding 26: lineair aandrijfsysteem

[1]	drager primair deel	[6]	meetliniaal
[2]	primair deel	[7]	meetkop
[3]	secundair deel	[8]	eindschakelaar
[4]	geleidewagen	[9]	buffer
[5]	geleidingsrail	[10]	voeding

Voordelen van synchrone lineaire motoren

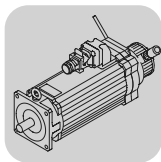
Hieronder worden de voordelen van een synchrone lineaire motor in vergelijking met een roterend systeem gegeven:

- hogere snelheden;
- hogere acceleraties;
- directe aandrijving (geen reductor, tandriem enz. nodig), dus spelingvrij;
- praktisch geen slijtage;
- hogere positioneringsnauwkeurigheid.

Toepassing

Synchrone lineaire motoren worden voornamelijk gebruikt in de volgende branches:

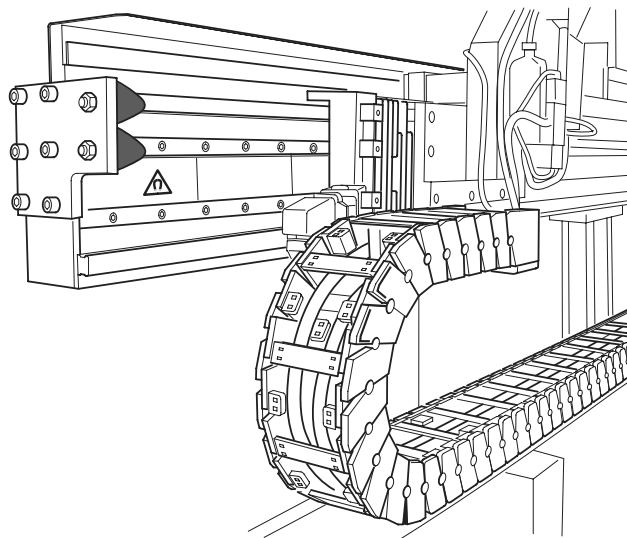
- handlingsystemen (toepassingen voor transport en logistiek);
- verpakkingstechniek;
- bouw van gereedschapsmachines;
- montagetechniek;
- bouw van speciale machines.



Servomotoren

Synchrone lineaire motor

In deze branches vervangen synchrone lineaire motoren traditionele oplossingen zonder directe aandrijving, zoals spil-, tandheugel-, riem- en kettingaandrijvingen.



Afbeelding 27: synchrone lineaire motor in een handlingsysteem

56227axx

2.7.1 Principes van synchrone lineaire motoren

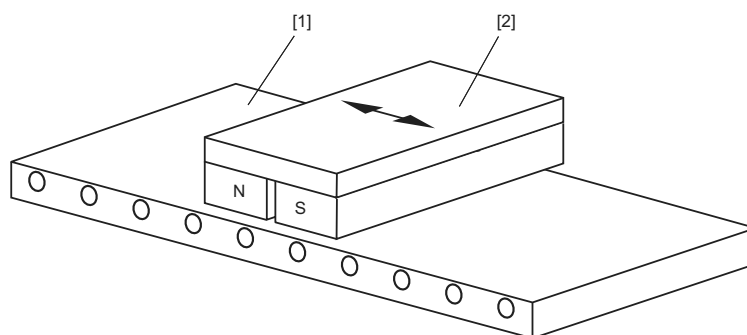
Bij synchrone lineaire motoren wordt onderscheid gemaakt tussen twee principes:

- langstatorprincipe;
- kortstatorprincipe.

Langstator-principe

Bij dit principe wordt het traject vastgelegd door een of meer primaire delen die langer zijn dan de magneetlijst. De magneetlijst bevindt zich op de bewogen rijsslede (secundair deel). Dit betekent dat het secundaire deel geen voeding nodig heeft en dat daarom theoretisch onbegrensde trajecten mogelijk zijn.

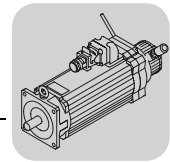
Het langstatorprincipe wordt voornamelijk toegepast bij transport- en logistieke toepassingen.



Afbeelding 28: langstatorprincipe

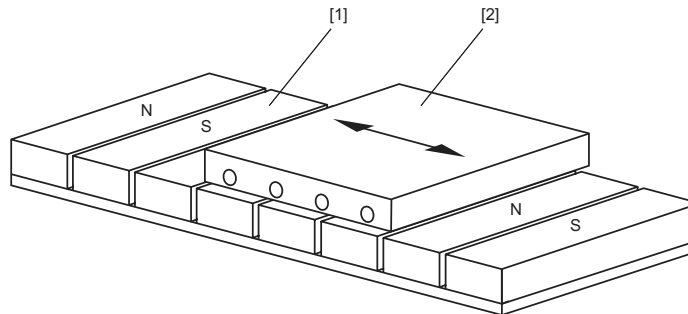
56181axx

- [1] primair deel: stator met wikkelingen
[2] secundair deel: permanent bekrachtigd reactiedeel



Kortstator- principe

Bij dit principe wordt het in vergelijking met de magneetlijst korte primaire deel verplaatst. Het kortstatorprincipe wordt voornamelijk gebruikt bij servotoepassingen in de machinebouw.



56175axx

Afbeelding 29: kortstatorprincipe

- [1] secundair deel: permanent bekrachtigd reactiedeel
- [2] primair deel: stator met wikkelingen

Vanwege de grote verspreiding wordt in dit document alleen het kortstatorprincipe behandeld.

Opbouw en werking van het kortstator- principe

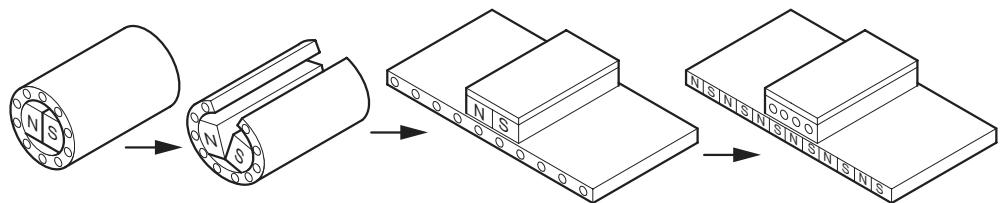
Net als bij de roterende aandrijvingen bestaat een synchrone lineaire aandrijving uit twee delen: het primaire deel en het secundaire deel.

Uitgaande van de werking kunnen we het volgende zeggen:

- Het primaire deel van de lineaire motor komt overeen met de stator van de roterende motor. Het primaire deel bevat de gelamelleerde kern, de motorwikkeling en de temperatuurvoeler.
- Het secundaire deel van de lineaire motor komt overeen met de rotor van de roterende motor. Het secundaire deel bestaat uit het dragermateriaal van staal en de opgeplakte permanente magneet.

Het primaire en secundaire deel zijn ingegoten.

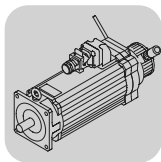
Dat de werking van de lineaire en roterende motor in principe hetzelfde is, wordt duidelijk als de roterende motor wordt opengesneden en uitgerold, zie afbeelding 30.



56184axx

Afbeelding 30: principe van de lineaire motor

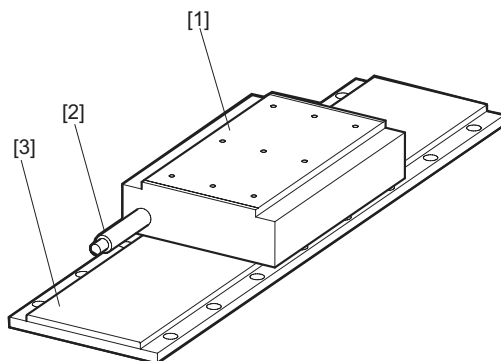
Een verschil met de roterende motor is echter dat bij een lineaire motor het primaire deel of het secundaire deel kan worden bewogen.



Servomotoren

Synchrone lineaire motor

Om de vermogensspecificaties te kunnen bereiken, is het bij de lineaire servomotor van groot belang dat een exacte luchtspleet tussen primair en secundair deel wordt aangehouden. Als de luchtspleet groter wordt, neemt het vermogen van de motor af. Een te grote luchtspleet leidt tot stilstand van de motor. Daarom is een exacte voorbereiding van het montagevlak absoluut noodzakelijk voor een foutloos werkend systeem. De luchtspleet wordt gerealiseerd via het lineaire geleidingssysteem en de montageplaat.

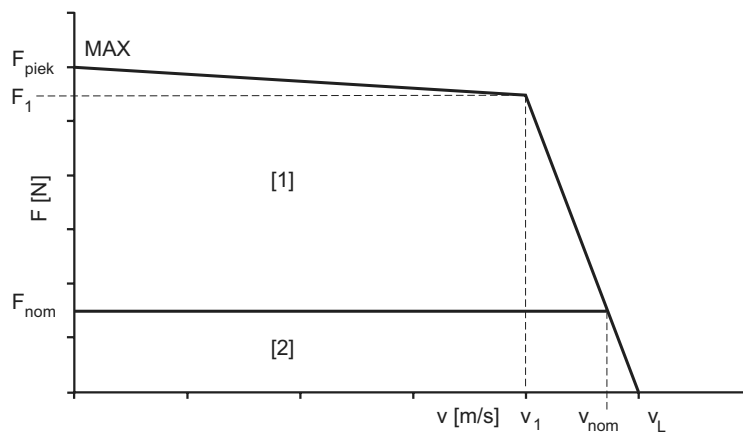


Afbeelding 31: opbouw

52619axx

- [1] primair deel
- [2] elektrische aansluiting
- [3] secundair deel met permanente magneten

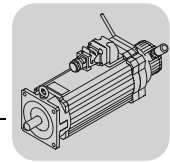
2.7.2 Motorkarakteristiek



56186anl

Afbeelding 32: motorkarakteristiek

- [1] dynamische grenskrachten
- [2] thermische grenskrachten
- F_{nom} continue kracht [N]
Continue kracht is afhankelijk van:
 - grootte van flensvlak primair deel
 - sterkte van flensvlak primair deel
 - omgevingstemperatuur
 - opstellingshoogte
- F_1 maximale kracht [N] die tot snelheid v_1 beschikbaar is
- F_{piek} maximale kracht [N]
- v_L theoretische maximale bewegingssnelheid [m/s]
- v_1 snelheid [m/s] die beschikbaar is tot aan kracht F_1
- v_{nom} snelheid [m/s] die beschikbaar is tot aan de nominale kracht



De karakteristiek geeft aan welke maximale krachten F_{piek} en F_{nom} bij de bijbehorende snelheden door de motor kunnen worden geleverd. Houd er rekening mee dat bij de thermische belasting van de motor er ook een corresponderende warmteafvoer van de motorkern naar de omgeving moet zijn om voldoende koeling te waarborgen. De grootte van het koelvlak wordt bepaald door het flensvlak en de dikte van het primaire deel.

In het algemeen kunnen twee soorten koeling worden onderscheiden:

- convectiekoeling;
- waterkoeling.

Afhankelijk van de toepassing kunnen aanvullende maatregelen nodig zijn.

- onafhankelijk aangedreven ventilator bij convectiekoeling;
- waterkoeling;
- waterkoeling met aanvullende thermische omhulling.

Convectie-koeling

De motor wordt in principe gekoeld door uitstraling en door verwarming van de omgevingslucht. Door een corresponderende selectie van het oppervlak van de motor moet de warmteafvoer worden gewaarborgd.

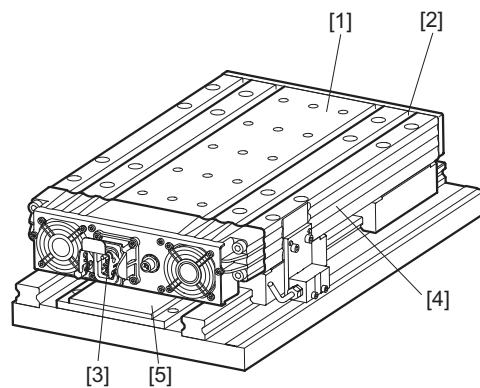
Extra in de motor ingebouwde ventilatoren zorgen voor een constante luchtstroom en zo voor een grotere afvoer van warmte-energie.

Eigenschappen van een koelsysteem met onafhankelijk aangedreven ventilator zijn:

- hoog koelvermogen;
- eenvoudig principe en daardoor technisch eenvoudig en tamelijk goedkoop.

SEW-oplossing: SL2-Advance- en SL2-Power-System

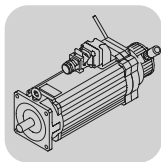
SEW-EURODRIVE biedt met de synchrone lineaire motoren SL2-Advance- en SL2-Power-System een volledig geïntegreerd montage- en koelsysteem aan. Hierdoor kan de complexe en kostbare waterkoeling worden vervangen door een tamelijke eenvoudig type luchtkoeling. Deze luchtkoeling, die werkt volgens het principe van convectie, is bij nagenoeg dezelfde vermogensprestatie een goedkope variant.



53419AXX

Afbeelding 33: synchrone lineaire motoren SL2 Advance System en SL2 Power System

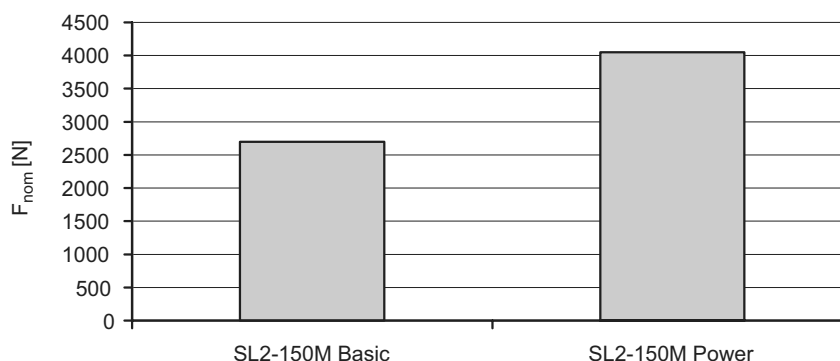
- | | | | |
|-----|--|-----|---|
| [1] | SL2-Advance- / -Power-System | [4] | primair deel (niet zichtbaar) geïntegreerd in koellichaam |
| [2] | voorbereide sleuven als bevestigings-systeem voor aanbouw aan de machine | [5] | secundair deel |
| [3] | elektrische stekerverbinding | | |



Servomotoren

Synchrone lineaire motor

Dit principe maakt een duidelijk hogere benutting van de nominale kracht van de motor mogelijk.



56188anl

Afbeelding 34: nominale krachten SL2-150M in Basic- en Power-uitvoering

De SL2-Advance- en SL2-Power-motoren bieden naast de thermische voordelen ook een zeer eenvoudige installatie en montage van het motorsysteem in de machine. Bovendien kan dankzij deze opbouw de klant de lastaanbouw en het onderhoud eenvoudiger uitvoeren.

Zonder gebruik van de SL2-Advance- en SL2-Power-motoren moet de gebruiker voor de opbouw van het lineaire motorsysteem over een zekere technische kennis beschikken. De nominale kracht van het systeem kan alleen worden bereikt als een voldoende stabiele constructie wordt gekozen die bestand is tegen hoge acceleraties. Er moet rekening worden gehouden met de warmteafvoer en de effecten van warmte-uitzetting.

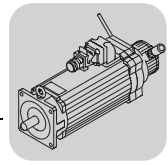
Waterkoeling

Een bij lineaire motoren in de machinebouw veel gebruikte soort koeling is de waterkoeling.

In het primaire deel van de lineaire motor zijn koelkanalen aangebracht die zijn verbonden met een waterkringloop.

Eigenschappen van dit systeem zijn:

- hoog koelvermogen;
- de motor geeft afhankelijk van het ontwerp slechts weinig warmte-energie af aan de omringende machineconstructie;
- veel technische inspanning:
 - selectie
 - koelkanalen in primair deel
 - koelaggregaat vereist
 - slangen voor watertoevoer;
- functioneren van lineaire motor zonder waterkoeling gaat gepaard met vermogensverlies;
- duur.



**Waterkoeling
met thermische
omhulling**

Het primaire deel is omhuld door een koelmantel en praktisch volledig afgescheiden van de omringende machineconstructie. Door de manteling lopen koelkanalen.

Eigenschappen van dit systeem zijn:

- zeer hoog koelvermogen;
- thermische ontkoppeling van de motor van de machineconstructie, dus geen warmte-uitzetting;
- zeer veel technische inspanning:
 - selectie
 - thermische omhulling van primair deel
 - koelkanalen in omhulling
 - koelaggregaat vereist
 - slangen voor watertoevoer;
- groot inbouwwolume;
- functioneren zonder waterkoeling gaat gepaard met vermogensverlies;
- zeer duur.

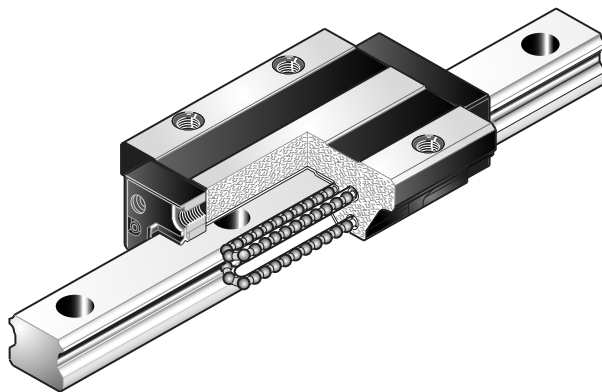
2.7.3 Accessoires

Voor een optimale uitvoering van de taken zijn voor lineaire aandrijfsystemen enkele perifere componenten nodig. Deze worden hieronder genoemd.

Lineair geleidingssysteem

Het lineaire geleidingssysteem heeft de volgende taken:

- de last dragen en geleiden;
- de magnetische krachten tussen het primaire en secundaire deel opnemen;
- het meetsysteem geleiden;
- luchtspleet waarborgen.

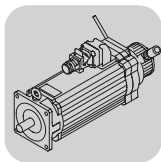


56187axx

Afbeelding 35: lineair geleidingssysteem

Selectiecriteria voor lineaire geleidingssystemen zijn:

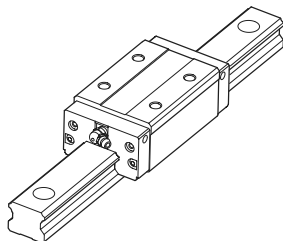
- hoge acceleraties;
- hoge bewegingssnelheden;
- sterke belastingswisselingen;
- geringe geluidsontwikkeling;
- opname van dwarskrachten die ontstaan door warmte-uitzetting.



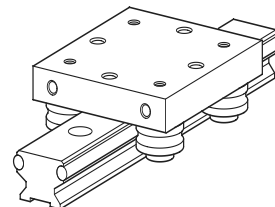
Servomotoren

Synchrone lineaire motor

Afhankelijk van de toepassing en de gestelde eisen worden verschillende geleidingssystemen gebruikt:



Afbeelding 36: geleiding met wentellichamen ^{52892axx}

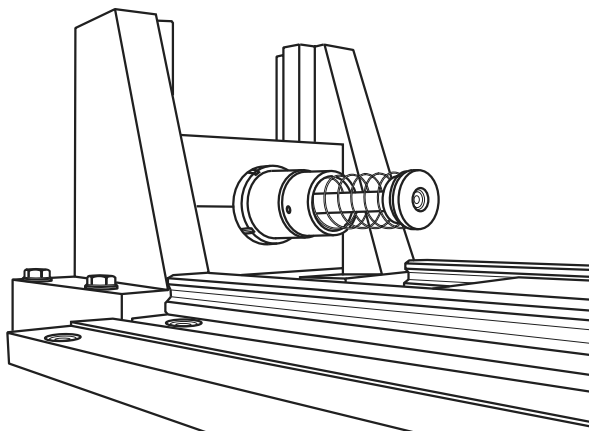


Afbeelding 37: geleiding met looprollen ^{52894axx}

De verschillende geleidingssystemen worden hier gegeven als voorbeeld. Afhankelijk van de toepassing kan de uitvoering van het geleidingssysteem variëren. In het algemeen bepaalt de klant welk geleidingssysteem wordt gebruikt.

Buffers / schokbrekers

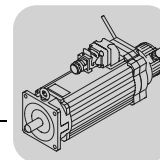
Bij de werking van lineaire motorsystemen treden hoge kinetische energieën op. Om in het geval van een storing grote schade te voorkomen, wordt het gebruik van buffers en schokbrekers als begrenzing van het traject dringend aangeraden. Deze componenten nemen de kinetische energie bij een storing van het aandrijfsysteem op en beschermen het systeem tegen beschadiging.



Afbeelding 38: schokbreker in eindpositie

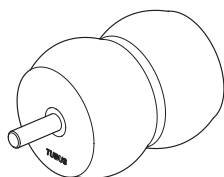
56145axx

SEW-EURODRIVE kan vanwege het grote aantal verschillende toepassingsmogelijkheden geen buffers en schokbrekers aanbieden. Maar er zijn diverse fabrikanten die deze onderdelen op de markt brengen.



Hieronder krijgt u een overzicht van de eigenschappen van buffers en schokbrekers.

Buffers

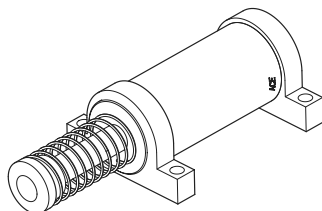


Afbeelding 39: buffer

52896axx

- Eenvoudige opbouw
- Goedkoop
- Gedeeltelijke terugstoot van de botsende massa

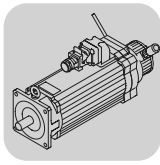
Schokbrekers



Afbeelding 40: schokbreker

52893axx

- Hoge energie-opname
- Gunstig verloop van energiereductie
- Geen terugstoot van de botsende massa
- Geringe reactiekrachten op de bewogen massa en de omringende constructie



Servomotoren

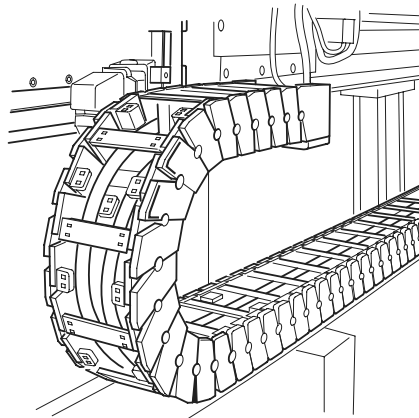
Synchrone lineaire motor

Kabelrupsen en kabels

De bijzonder flexibele kabels die in kabelrupsen worden geleid, leveren vermogen en gegevens aan verbruikers zonder vaste locatie. Uiterst flexibele kabels in kabelrupsen hebben in veel toepassingen hun nut bewezen en worden ook bij lineaire motoren gebruikt.

Daar worden op grond van

- hoge acceleraties,
 - ten dele lange bewegingstrajecten,
 - ten dele grote vrijdragende lengten
- bijzondere eisen gesteld.



Afbeelding 41: kabelruip

56190axx

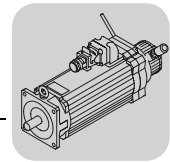
Selectiecriteria

Bij toepassingen met vrijdragende kabelrupsen, wat inhoudt dat het bovenste deel van de kabelruip tijdens het hele traject niet in contact komt met het onderste deel, is de acceleratie de kritische grootte, terwijl de snelheid dit in mindere mate is. Door hoge acceleraties gaat de kabelruip trillen, waardoor de levensduur wordt verkort.

Bij de keuze van kabels zijn naast de meestal hoge dynamiek nog andere criteria van belang:

- buigradiussen;
- geschiktheid van de kabelruip;
- motorkabels afgeschermd met afzonderlijke afscherming voor temperatuurvoeler → hybride kabel;
- encoderkabel paarsgewijs getwist en afgeschermd;
- EMC-genormeerde connectors;
- overdimensionering van kabels vermijden → gewicht;
- optredende stromen → aderdoorsnede;
- voorschriften voor specifieke installaties en nationale regelgeving.

Als bij een lineair systeem de secundaire delen worden bewogen, heeft dit een constructief voordeel omdat in dit geval de kabels niet worden bewogen.



2.8 Remmen voor roterende servomotoren

In dit hoofdstuk krijgt u een kort overzicht van de remsystemen die worden gebruikt in de SEW-servomotoren. Deze informatie is niet bedoeld als vervanging van de instructies van de fabrikant of van nationale of installatiespecifieke veiligheidsvoorschriften. Houd u bij de selectie altijd aan deze aanwijzingen.

Nadere informatie over remsystemen voor servomotoren van SEW-EURODRIVE vindt u in de band "SEW-platenremmen" uit de reeks "Aandrijftechniek in de praktijk" of de desbetreffende catalogi voor servomotorreductoren.

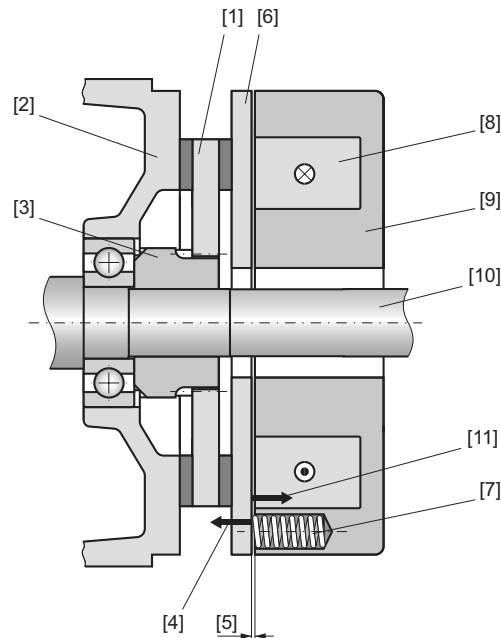
Motoren en motorreductoren worden op verzoek met een elektromechanische rem geleverd. Deze bestaat meestal uit een gelijkstroombekerachtigde elektromagnetische platenrem die elektrisch wordt geopend en door veerkracht afremt. Zodoende valt de rem bij stroomonderbreking automatisch in.

Afhankelijk van de toepassing moet de motorrem verschillende functies uitvoeren:

- houden van een last, bijvoorbeeld verticale as;
- noodstop;
- stilzetten van machine-eenheden, bijvoorbeeld aanvoerslede;
- beveiliging tegen onbedoeld verschuiven.

Hieronder vindt u informatie over remsystemen die ook door SEW-EURODRIVE worden gebruikt.

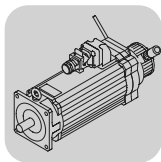
2.8.1 Veerdrukrem als houdrem



Afbeelding 42: opbouwprincipe van de SEW-houdrem

56912axx

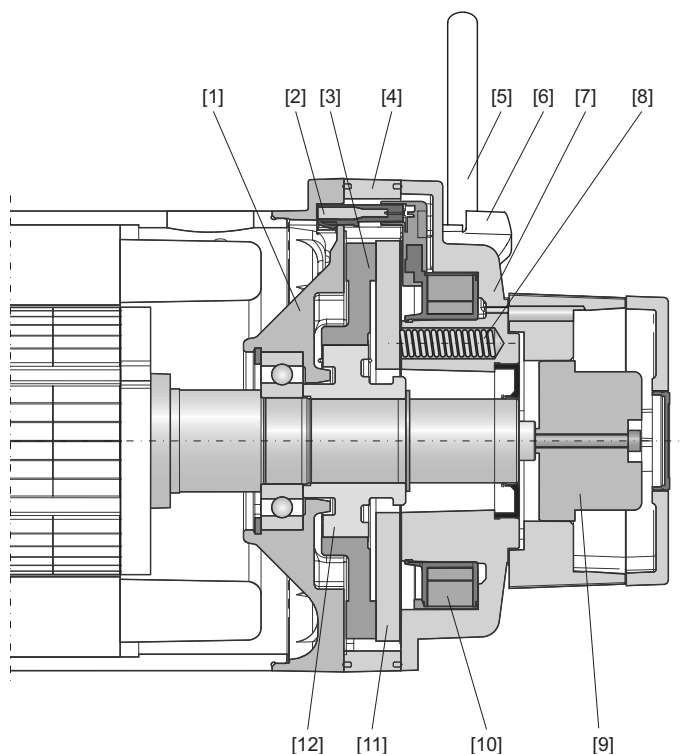
[1] remschijf	[7] remveer
[2] remlagerschild	[8] remspoel
[3] meenemer	[9] spoelhuis
[4] veerkracht	[10] motoras
[5] lichtspleet	[11] elektromagnetische kracht
[6] ankerschijf	



Servomotoren

Remmen voor roterende servomotoren

2.8.2 SEW-rem met arbeidsvermogen

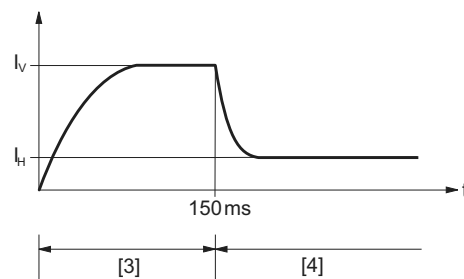
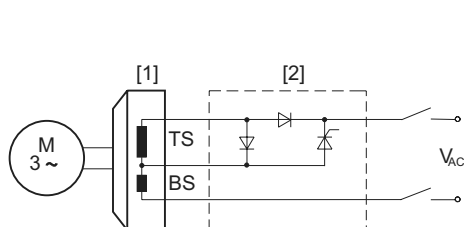


Afbeelding 43: opbouw van de rem met resolver RH1L voor CM71 .. 112

57857axx

[1] remlagerschild	[7] spoelhuis
[2] stopcontact	[8] remveer
[3] remschijf	[9] resolver RH1L
[4] geleidering	[10] remspoel
[5] handremlichter	[11] ankerschijf
[6] lichterbeugel	[12] meenemer

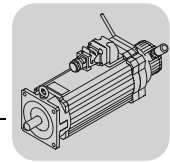
De veerdrukrem van SEW-EURODRIVE is een gelijkstroombekrachtigde elektromagnetische platenrem, die elektrisch wordt geopend en door veerkracht remt. Dit systeem voldoet aan veel veiligheidsvereisten omdat de rem bij stroomuitval automatisch invalt.



56009anl

Afbeelding 44: schakelprincipe

[1] rem	BS lostrekspoel
[2] remaansturing	TS deelspoel
[3] acceleratie	BS+TS houdspoel
[4] stoppen	I_V versnellingsstroom
	I_H houdstroom



Anders dan bij gebruikelijke gelijkstroombekrachtigde platenremmen werken de remmen van SEW-EURODRIVE met een remsysteem met twee spoelen.

In stroomloze toestand wordt de ankerschijf door de veerkracht tegen de remschijf gedrukt, de motor wordt dan geremd. Als er spanning op de remspoel wordt aangelegd, overwint de magnetische kracht de veerkracht van de remveren en ligt de ankerschijf tegen het remspoelhuis. De remschijf komt vrij en de motor kan draaien.

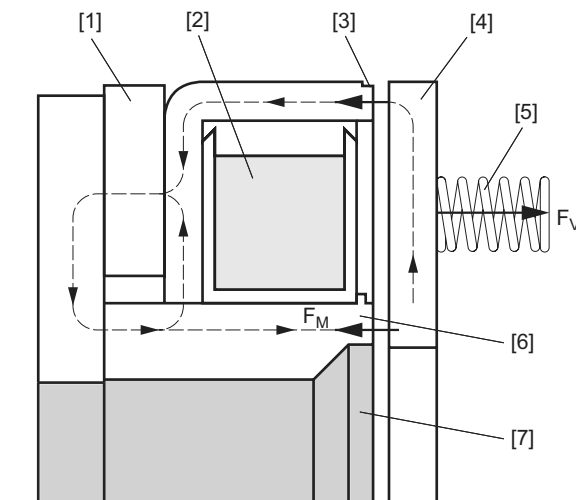
De speciale remaansturing zorgt ervoor dat eerst alleen de lostrekspoel en dan pas de houdspoel (complete spoel) wordt ingeschakeld. De krachtige stootmagnetisatie van de lostrekspoel, die wordt veroorzaakt door een hoge versnellingsstroom, zorgt voor een bijzonder korte aanspreektijd. Dit is vooral bij grote remmen van belang omdat de verzadigingsgrens niet wordt bereikt. De remschijf komt zeer snel vrij, de motor loopt vrijwel zonder remverliezen aan.

Afhankelijk van de applicatie en de inbouwplaats levert SEW-EURODRIVE voor bijna elke toepassing passende remgelijkrichters. Zie de desbetreffende productdocumentatie voor meer informatie.

2.8.3 Permanent bekrachtigde houdrem

Bij het remmen wordt het magnetische veld van de permanente magneet via de binnen- en buitenpool naar het anker geleid. Het anker wordt via het magnetische veld aangetrokken, omdat de kracht F_M van het magnetische veld groter is dan de kracht F_V van de veer. De frictie tussen het roterende anker en de staande polen genereert het remkoppel.

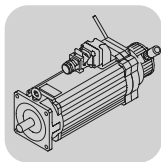
Als de remspoel van stroom wordt voorzien, wordt er een magnetisch veld gevormd waarvan kracht F_M de veerkracht F_V compenseert. Het anker maakt zich los van de polen en de rem is gelicht.



56206bnl

Afbeelding 45: werkingsprincipe van de houdrem

[1]	permanente magneet	F_M	kracht van het magnetisch veld
[2]	remspoel	F_V	veerkracht
[3]	buitenpool		
[4]	anker		
[5]	veer		
[6]	binnenpool		
[7]	rotor		



2.9 Remmen voor lineaire motoren

De uitvoering van de remmen voor lineaire motoren varieert, afhankelijk van motor-systeem of toepassing en de daaruit voortvloeiende vereisten, zeer sterk.

SEW-EURODRIVE verwijst naar de documentatie en beschrijvingen van de diverse leveranciers.

De rem bij lineaire motoren heeft de functie van een houdrem. Deze houdrem en het geleidingssysteem moeten bij elkaar passen. Dit betekent dat afstemming met de producent van het geleidingssysteem noodzakelijk is.

Op grond van de meestal hoge bewegingssnelheden worden aan de remmen van lineaire systemen bijzondere eisen gesteld:

- lichte, compacte uitvoering;
- hoge vermogensdichtheid;
- snel openen en sluiten.

Afhankelijk van de toepassing worden remsystemen met verschillende eigenschappen gebruikt. Hieronder krijgt u een beknopt overzicht van de eigenschappen van de meest gebruikte remsystemen:

Elektromotorisch bediende rem

- Hoge houdkracht
- Zeer compact en licht
- Eenvoudig integreerbaar
- Rem valt langzaam in
- Rem moet actief met stroom worden gesloten

Elektromagnetisch bediende rem

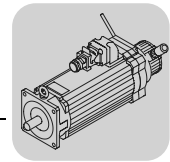
- Rem opent en sluit zeer snel, is dus zeer geschikt voor korte cyclustijden
- Hoge houdkracht
- Robuuste uitvoering
- Met veerbekrachtiging als veiligheidsrem

Pneumatisch bediende rem

- Hoge houdkracht
- Zeer compact, licht en plaatsbesparend inbouwbaar
- Goedkoop en grote keuze
- Geschikt voor gemiddelde cyclustijden
- Aansluiting op pneumatisch systeem vereist

Pneumatisch bediende remmen zijn in verschillende uitvoeringen leverbaar:

- met druk openend (pneumatisch met veerbekrachtiging);
- met druk sluitend.



**Remaanbouw aan
lineaire motor
SL2 Advance /
Power System**

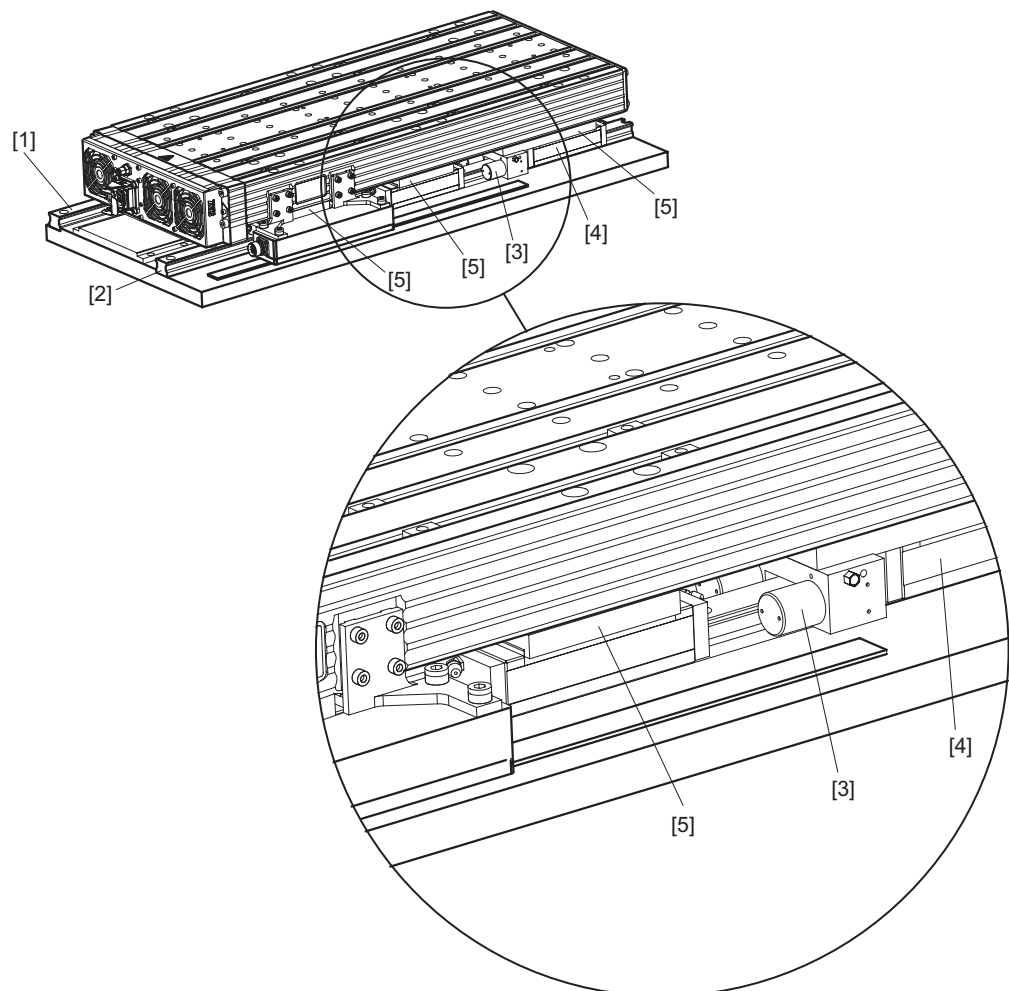
Aan de hand van twee voorbeelden wordt de integratie van verschillende remsystemen op SL2-motoren toegelicht.

In de SL2-Advance- en SL2-Power-uitvoeringen kunnen remmen met afmetingen conform DIN645-1, serie 1M en 1L voor profielrails-rolgeleiding, worden aangebouwd. Aan de geleidingsrails aan de zijde van het vaste lager en aan de zijde van het glijlager kunnen remmen worden aangebouwd.

Een groot voordeel is hierbij dat de rem aan de zijde van het glijlager samen met de geleidewagen op het koellichaam is aangebouwd en zodoende niet thermisch wordt belast.

Korte remuitvoeringen, zoals de pneumatisch bediende remmen, kunnen door hun kleine afmetingen in de geleidewagen worden geïntegreerd.

Lange remmen kunnen aan het einde van het koellichaam worden gemonteerd, zie afbeelding 46.



55390bxx

Afbeelding 46: lineaire motor SL2-Power van SEW-EURODRIVE met pneumatische rem

- | | | | |
|-----|-------------------|-----|--------------|
| [1] | zijde glijlager | [4] | geleidewagen |
| [2] | zijde vaste lager | [5] | adapterplaat |
| [3] | pneumatische rem | | |

Voor meer informatie over de aanbouw van remsystemen in de reeks lineaire motoren SL2 van SEW-EURODRIVE verwijzen wij u naar de productspecifieke documentatie. U kunt ook direct contact opnemen met SEW-EURODRIVE.



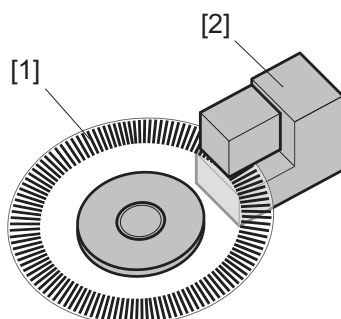
3 Encodersystemen

Zoals in de vorige hoofdstukken werd geschetst, kan een servomotor alleen werken met een encodersysteem. De encodersystemen die in de servotechniek en door SEW-EURODRIVE het meest worden gebruikt, worden in de volgende paragrafen beschreven.

3.1 Incrementele encoders

3.1.1 Incrementele pulsgevers met TTL- en HTL-signalen

Incrementele pulsgevers zetten het toerental om in een discreet aantal elektrische impulsen. Hiertoe wordt een incrementele schijf met radiale, lichtdoorlatende sleuven opto-elektronisch afgetast. Het opbouwprincipe wordt in afbeelding 47 getoond. De resolutie van de incrementele schijf wordt bepaald door het aantal sleuven.



Afbeelding 47: incrementele pulsgever

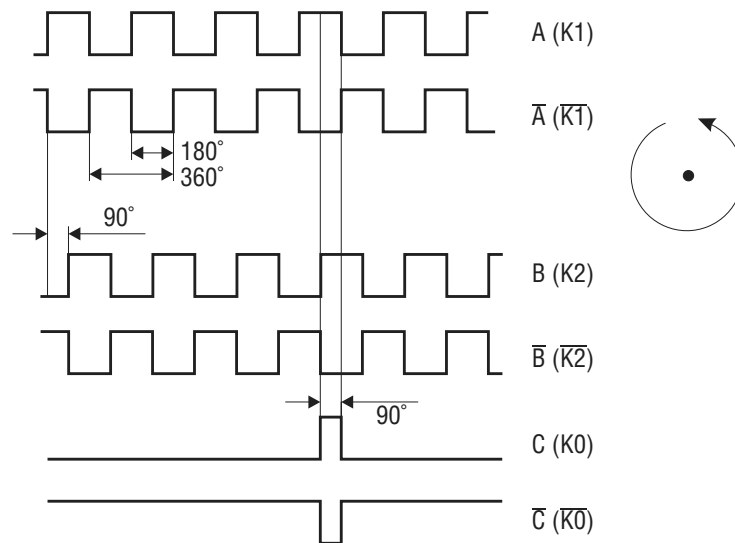
56223axx

- [1] incrementele schijf
- [2] scaneenheid

Opbouw en werking

In het algemeen hebben deze encoders twee kanalen en een nulkanaal. Door de invertering van de signalen ontstaan dan in totaal 6 signalen. Twee met 90° verschoven fotocellen in de encoder leveren aan de kanalen A (K1) en B (K2) twee sequenties van impulsen. Kanaal A (K1) heeft bij rechtsdraaiing ten opzichte van de motoras 90° voorloop tegenover B (K2). Via deze faseverschuiving wordt de draairichting van de motor bepaald. De nulimpuls (één impuls per omwenteling) wordt met een derde fotocel gemeten en als referentiesignaal aan kanaal C (K0) doorgegeven.

Bij de TTL-encoders worden de kanalen A (K1), B (K2) en C (K0) in de encoder geïnverteerd en als geïnverteerde signalen doorgegeven aan de kanalen $\bar{A}$ (K1), $\bar{B}$ (K2) en $\bar{C}$ (K0).

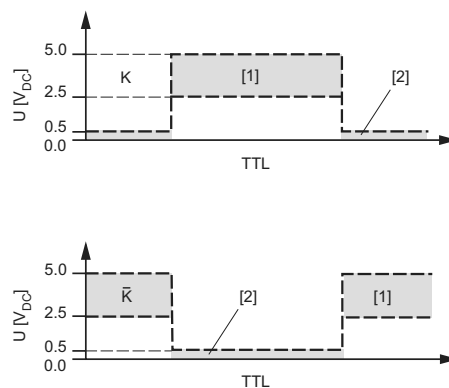


01877axx

Afbeelding 48: TTL-signalen met nulkanaal, met geïnverteerde signalen
HTL-signalen met nulkanaal, zonder geïnverteerde signalen

Bij incrementele encoders worden 2 signaalniveaus onderscheiden:

- **TTL (Transistor Transistor Logic)**
De signaalniveaus bedragen $U_{\text{low}} \leq 0,5 \text{ V}$ en $U_{\text{high}} \geq 2,5 \text{ V}$. De signalen worden symmetrisch doorgegeven en differentieel geanalyseerd, dit betekent dat voor het onderscheid tussen het low-sigitaal en het high-sigitaal een spanningsverschil van 5 V beschikbaar is. Daarom zijn ze ongevoelig voor in-fasestoringen en hebben ze goede EMC-eigenschappen. De signaaloverdracht vindt plaats conform de interfacenorm RS422. Op grond van deze eigenschappen hebben TTL-encoders bij de incrementele encoders de grootste verspreiding op de markt.



56229axx

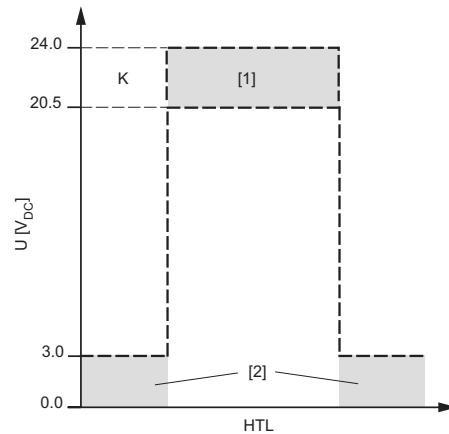
Afbeelding 49: TTL-signaalniveau

- [1] "1"-bereik
[2] "0"-bereik



- HTL (High voltage Transistor Logic)

De signaalniveaus bedragen $U_{\text{low}} \leq 3 \text{ V}$ en $U_{\text{high}} \geq U_{\text{Bminus}} (=3,5 \text{ V})$. HTL-encoders worden zonder de geïnverteerde kanalen geanalyseerd, er is geen differentiële signaalanalyse mogelijk. De HTL-signalen zijn daarom gevoelig voor in-fasestoelingen wat een ongunstig effect kan hebben op het EMC-gedrag.



56231axx

Afbeelding 50: HTL-signaalniveau

[1] "1"-bereik

[2] "0"-bereik

Geïnverteerde HTL-signalen mogen in de regel niet aan de encodingang van de servoversterker worden aangesloten omdat de ingangsniveaus overbelast en daardoor beschadigd kunnen worden.

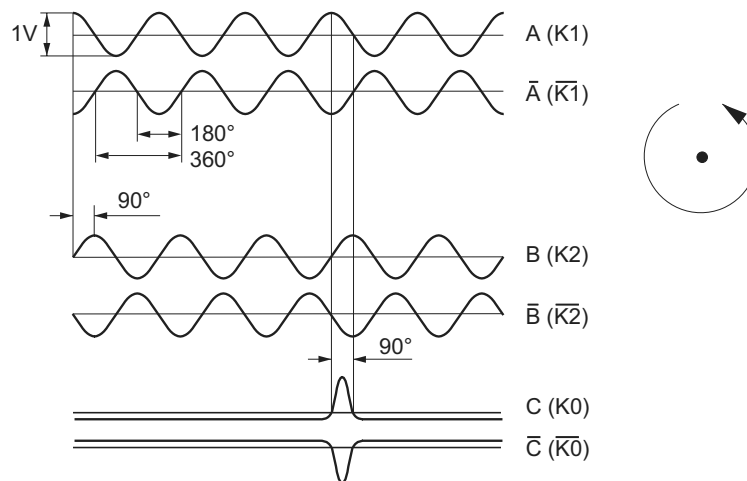


3.1.2 Incrementele encoders met sin/cos-kanalen

Opbouw en werking

Sin/cos-encoders, ook wel sinus-encoders genoemd, leveren twee met 90° verschoven sinussignalen. Hierbij wordt het aantal sinuscurven (is gelijk aan het aantal impulsen), nuldoorgangen en amplituden (arcustangens) geanalyseerd. Met behulp van deze waarden kan het toerental met hoge resolutie worden bepaald. Dit is vooral gunstig als grote instelbereiken en kleine toerentallen precies moeten worden aangehouden.

In het algemeen hebben deze sin/cos-encoders twee kanalen en een nulkanaal. Door de invertering van de signalen ontstaan dan in totaal 6 signalen. De twee met 90° verschoven sinussignalen liggen op kanaal A (K1) en B (K2). Als nulimpuls wordt een sinusheft per omwenteling aan kanaal C (K0) doorgegeven. De kanalen A (K1), B (K2) en C (K0) worden in de encoder geïnverteerd en als geïnverteerde signalen doorgegeven aan de kanalen A* (K1*), B* (K2*) en C* (K0*).



56211axx

Afbeelding 51: sin/cos-signalen met nulkanaal en geïnverteerd signaal

Sin/cos-signalen worden in het algemeen met een gelijkspanning van 2,5 V gesommeerd. De piek-piek-spanning bedraagt $U_{SS} = 1$ V. Zodoende worden nuldoorgangen bij de signaaloverdracht vermeden. Daar de sin/cos-signalen worden doorgegeven en differentieel worden geanalyseerd, zijn ze ongevoelig voor asymmetrische storingen en hebben ze een goed EMC-gedrag.

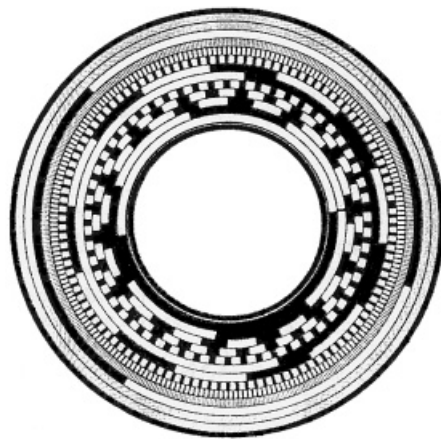


3.2 Absolute encoders

Naast de resolvers worden de laatste jaren ook de zogenoemde gecombineerde encoders steeds meer aangeboden. Dergelijke encoders zijn sin/cos-encoders die absolute waarden leveren. Deze leveren naast het actuele toerental van de motor ook absolute gegevens. Ze zijn daarom in technisch en financieel opzicht interessant als een absolute encoder nodig is.

3.2.1 Absolute encoders met SSI-interface en sin-/cos-signalen

De informatie over absolute waarden wordt gegenereerd door een codeschijf met Gray-code die in het algemeen optisch wordt afgetast. Hierbij is aan elke hoekpositie een uniek codepatroon toegewezen. Zo kan de absolute positie van de motoras worden bepaald. Een bijzondere eigenschap van Gray-code is dat bij de overgang naar de volgende hoekstap maar één bit verandert zodat een mogelijke leesfout niet groter is dan 1 bit.

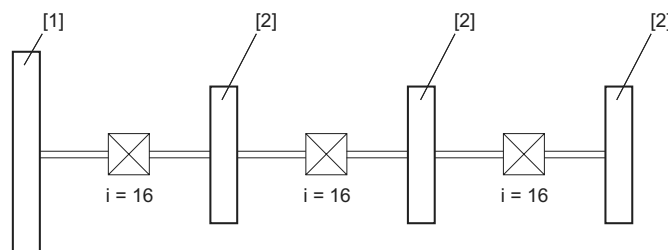


01927axx

decimaal	Gray-code
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
enz.	enz.

Afbeelding 52: codeschijf met Gray-code

Een encoder van deze uitvoering wordt singleturn-encoder genoemd omdat de absolute positie van de motoras alleen over één omwenteling kan worden bepaald. Naast de singleturn-uitvoering zijn er ook multiturn-encoders waarbij de absolute positie over meerdere omwentelingen wordt bepaald.



56213axx

Afbeelding 53: opbouw multiturn-encoder

- [1] codeschijf voor meten van hoekpositie
- [2] codeschijf voor meten van aantal omwentelingen



Multiturn-encoders hebben naast de codeschijf voor het meten van de hoekpositie nog andere codeschijven om het aantal omwentelingen absoluut te kunnen meten. Deze codeschijven zijn bijvoorbeeld telkens door een reductietrap met de overbrengingsverhouding $i=16$ aan elkaar gekoppeld. Dit betekent dat bij 3 extra codeschijven (gebruikelijke aantal) $16 \times 16 \times 16 = 4096$ omwentelingen absoluut worden verwerkt. Het aantal 16 is afkomstig van de binaire indeling 16-bits (woord).

3.2.2 Absolute encoders met HIPERFACE®-interface

Opbouw en werking van HIPERFACE®-encoders

De HIPERFACE®¹⁾-encoder is een typische gecombineerde encoder die ook door SEW-EURODRIVE wordt gebruikt. Naast een sin/cos-sigitaal voor de toerentalregistratie en informatie over absolute waarden is deze encoder ook uitgerust met een elektronisch typeplaatje waarin onder andere aandrijfgegevens kunnen worden vastgelegd. Hierdoor is de inbedrijfstelling eenvoudiger en neemt de kans op invoerfouten af omdat de gebruiker geen aandrijfgegevens hoeft in te voeren.

De HIPERFACE®-encoder is leverbaar in twee verschillende uitvoeringen:

1. HIPERFACE®-encoder in singleturn-uitvoering;
2. HIPERFACE®-encoder in multiturn-uitvoering: met behulp van de codeschijf met Gray-code die is gekoppeld aan een kleine meertraps reductor, kan de absolute positie over 4096 motoromwentelingen worden aangegeven.

Eigenschappen van de HIPERFACE®-encoder:

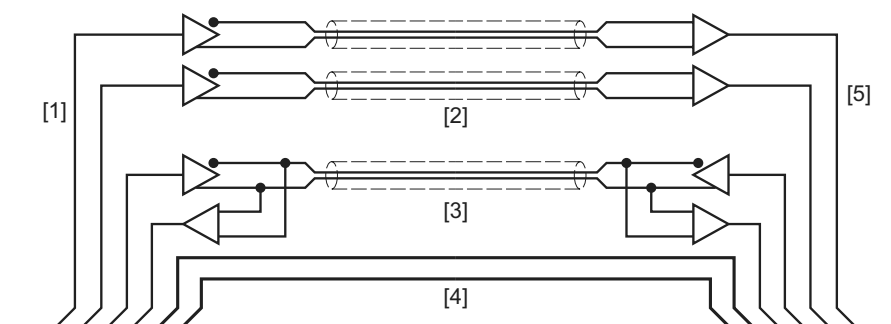
- bedrijfsspanning 7 – 12 V;
- bedrijfstemperatuur tot maximaal 115°C;
- maximale kabellengte 100 m;
- 10-aderige kabel;
- intern geheugen biedt optie "elektronisch typeplaatje";
- zowel singleturn- als multiturn-versie leverbaar;
- optische analyse van de absolute waarde (bij singleturn);
- geen referentiebeweging bij opnieuw inschakelen meer nodig (bij multiturn);
- zowel absolute waarde als sin/cos-kanalen (1024 sin- en cos-perioden / omwenteling) geïntegreerd,
- analoge signaaloverdracht, de verdere bepaling van de resolutie van de 1024 sin-/cos-perioden vindt plaats in de regelaar;
- hoge storingsimmunititeit tegen elektromagnetische straling;
- aanbouwenencoder als standalone-oplossing (baanencoder);
- elektronische commutatiefstelling;
- procesdatakanaal bewerkt data in real-time;
- kleine afmetingen.



1) HIPERFACE staat voor High Performance Interface en is een interface die is ontwikkeld door Sick Stegmann GmbH.



Aan het begin van het inschakelproces meet de module van de absolute encoder optisch de absolute positie van de rotor. De servoversterker leest deze positiegegevens via een RS485-verbinding (parameterkanaal) en stelt een tellerstand in. Uitgaande van deze absolute waarde worden de positiewijzigingen over de kanalen van de sin/cos-encoder gemeten en analoog over het procesdatakanaal overgedragen aan de servoversterker. Daarna wordt de absolute positie alleen nog cyclisch gemeten voor een plausibiliteitscontrole.



56217axx

Afbeelding 54: gegevensstroom

- [1] motorterugkoppeling
- [2] procesdatakanaal
- [3] parameterkanaal RS485
- [4] voedingsspanning
- [5] servoversterker

De servoversterker is in dit geval een MOVIDRIVE[®] MDX61B met corresponderende encoderoptie. De servoversterker met Hiperface-interface ontvangt over het parameterkanaal zowel de positiegegevens als het tijdstip waarvoor deze positie geldt. Parallel worden constant de inkomende analoge signalen (sin-/cos-signalen) op het procesdatakanaal ontvangen en geteld.

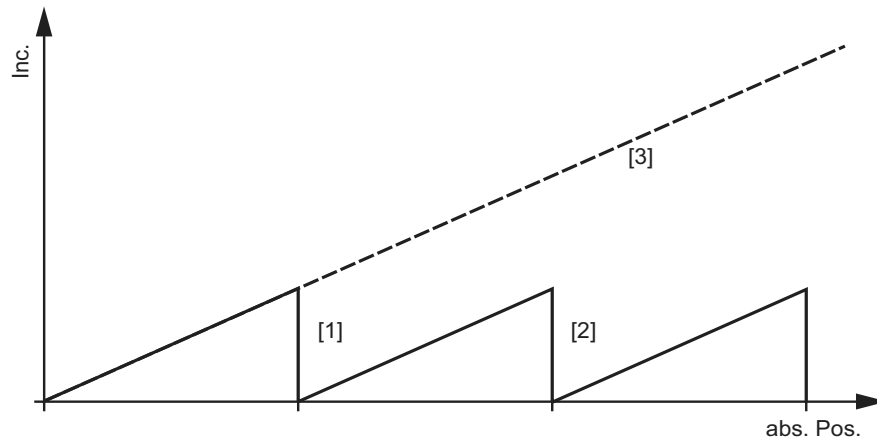
De encoder is verkrijgbaar als singleturn- en multiturn-variant. Singleturn betekent dat de gegevens over de absolute positie altijd betrekking hebben op slechts één omwenteling. De multiturn-variant van de encoder kan via nageschakelde, vertraagde codeschijven daarnaast informatie geven over de verstreken omwentelingen (tot 4096) in relatie tot de nulpositie. Zodoende is er na 4096 encoderomwentelingen sprake van een encoderoverloop. Deze wordt echter meegeteld in het niet-vluchtige RAM-geheugen van de MOVIDRIVE[®]. Er worden tot 256 encoderoverlopen opgeslagen. Als de spanning (bijvoorbeeld bij netuitval) aan de voedingspins onder een grenswaarde daalt, wordt dit herkend door het NVSRAM en worden de gegevens niet vluchtig opgeslagen.

Op het moment van het opnieuw inschakelen wordt uit het NVRAM in de servoversterker het volgende aangegeven:

- de absolute waarde in een overloop, deze bedraagt max. 4096×4096 ;
- het aantal overlopen, dit bedraagt 0...255.



Als na het wegvallen van de voedingsspanning de aandrijving die zich kort voor een overloop bevindt, over een overlooppunt van de encoder wordt verschoven, dan is er bij het opnieuw inschakelen een discrepantie tussen de gemeten en opgeslagen absolute waarden. De encoderelektronica corrigeert hierna automatisch de opgeslagen waarden met de gemeten waarden.



56222axx

Afbeelding 55: encoderoverloop

- [1] 1^e encoderoverloop
- [2] 2^e encoderoverloop
- [3] voor gebruiker zichtbare, absolute positie

De encoderoverlopen worden in de servoversterker meegeteld waardoor de absolute positie kan worden bepaald.

De eigenlijke encoderoverlopen zijn niet zichtbaar voor de gebruiker, deze worden opgeslagen in de servoversterker. Zodoende is de HIPERFACE®-encoder een echte absolute encoder.

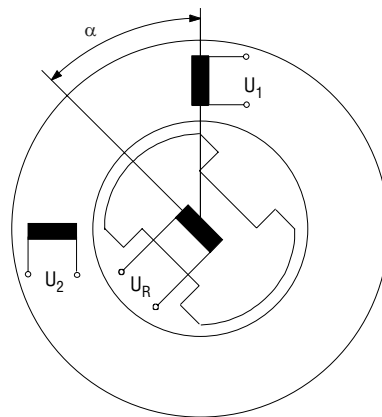


3.2.3 Resolvers

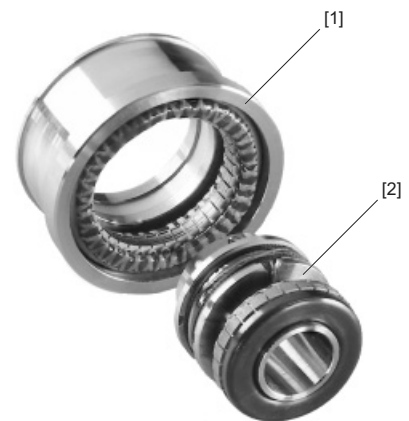
Opbouw en werking

Bij synchrone servomotoren is het meest gebruikte encodersysteem de resolver. Een 2-polige resolver kan in een motoromwenteling de absolute positie van de motoras bepalen. Van het resolversignaal worden het toerental en de absolute positie per omwenteling afgeleid.

De resolver bestaat uit 2 functiemodules: de transformator (stator) en de draaitransformator (rotor).



Afbeelding 56: schematische opbouw van de resolver 55668axx

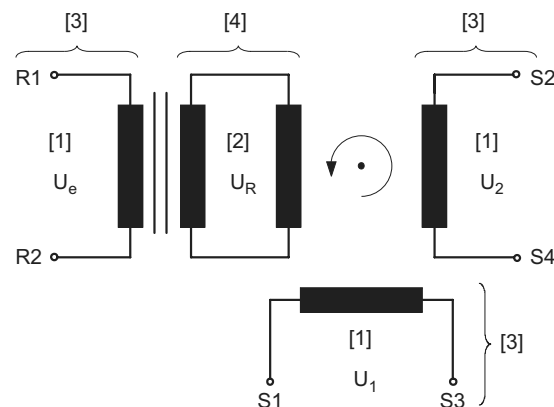


Afbeelding 57: resolver 56209axx

- [1] stator van de resolver (transformator)
- [2] rotor van de resolver (draaitransformator)

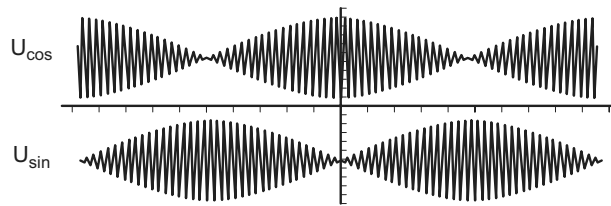
De servoversterker levert een hoogfrequent signaal met constante amplitude en constante frequentie. Dit hoogfrequente signaal wordt via de transformator aan de rotor van de draaitransformator doorgegeven.

Door de draaiing van de resolver-rotor worden in de statorwikkeling van de draaitransformator spanningen geïnduceerd die afhankelijk zijn van de rotorpositie.



Afbeelding 58: vervangend schakelschema van een resolver 56238axx

- [1] stator
- [2] rotor
- [3] vast
- [4] roterend



56239axx

Afbeelding 59: uitgangsspanning U_{cos} en U_{sin} van de resolver

Het verloop van de signalen wordt als volgt berekend:

$$U_{ref} = A \times \sin(\omega_{bekr} \times t)$$

$$U_{cos}(t) = A \times o \times \sin(\omega_{bekr} \times t) \times \cos(p \times \alpha)$$

$$U_{sin}(t) = A \times o \times \sin(\omega_{bekr} \times t) \times \sin(p \times \alpha)$$

$$p \times \alpha = \arctan(U_{sin} / U_{cos})$$

U_{ref}	referentiespanning
U_{cos}	uitgangsspanning 1 van de stator
U_{sin}	uitgangsspanning 2 van de stator
A	piekwaarde van de ingangsspanning
ω_{bekr}	hoekfrequentie van U_e
α	rotorhoek
o	overbrengingsverhouding
p	aantal poolparen van de resolver

Door de technische vooruitgang op het gebied van de halfgeleidertechniek zijn hoogwaardige digitaal-analoogconverters tegenwoordig voordelig verkrijgbaar. Met deze digitaal-analoogconverters is het mogelijk zeer goede resolveranalyses discreet op te bouwen en daarbij een nog hogere resolutie van het gemeten signaal te bereiken dan met de geïntegreerde modules voor resolveranalyse die in het verleden werden gebruikt.

Moderne resolveranalyses werken niet meer met de zogenoemde naijprocedure, maar met aftastende meetprocedures. Hierbij wordt een door een DSP gegenereerd blok-vormig signaal met behulp van een bekrachtigerschakeling in een sinusvormige referentiespanning omgezet die de resolver voedt, zie afbeelding 60.

Afhankelijk van de positie van de rotor veranderen de amplituden van de spanningen U_{sin} en U_{cos} en worden deze elk over een differentieversterker naar de A/D-converter gevoerd. De differentiaalversterkers filteren hoogfrequente interferenties op de potentiaalvrije signalen U_{sin} en U_{cos} en geven op de ingangen van de A/D-converter een spanning ten opzichte van aarde.

De A/D-converter tast de beide omhullende krommen synchroon aan de bekrachtigings-spanning ten opzichte van de maximaalwaarde af, zet deze analoge signalen in digitale gegevens om en geeft deze door aan de DSP, zie afbeelding 59. Deze bepaalt de actuele positie aan de hand van de afgetaste signalen U_{cos} en U_{sin} .

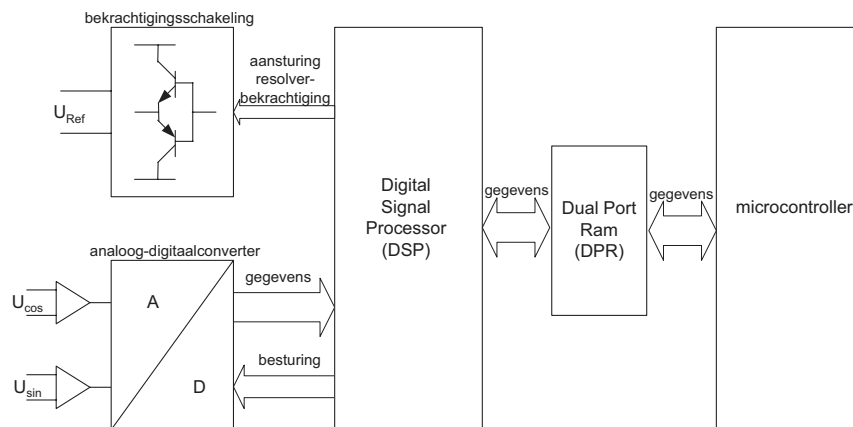
De actuele mechanische positie kan op basis van de afgetaste signalen eenvoudig worden bepaald:

$$p \times \alpha = \arctan(U_{sin} / U_{cos})$$



Zodoende wordt bij elke periode van het bekrachtigingssignaal een nieuwe positiewaarde berekend. De aldus berekende gegevens worden via een DPR-interface doorgegeven aan de microcontroller van de servoregelaar, die deze gegevens nodig heeft voor de regeling van de as.

In de onderstaande afbeelding ziet u een overzicht van de principiële hardwarestructuur van een resolveranalyse die werkt volgens de aftastende procedure.



Afbeelding 60: hardware resolveranalyse (vereenvoudigde weergave)

55839anl



3.3 Vergelijking / hulp bij keuze voor resolvers, sin-/cos-encoders, TTL-encoders

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste eigenschappen van de beschreven encodersystemen voor roterende servomotoren gegeven. U kunt deze tabel bij de selectie gebruiken als ondersteuning voor de keuze van het juiste encodersysteem. Als voorbeeld worden encodersystemen gekozen die ook door SEW-EURODRIVE worden gebruikt.

Encodersysteem [SEW-type]	Resolver [RH1M, RH1L]	HIPERFACE®-encoder (sin-/cos-encoder met absolute waarde) [AS1H, ES1H, AS3H, AS4H, AV1H]	Sin-/cos-encoder [ES1S, ES2S, EV1S]	Incrementele encoder [ES1R, ES2R, EV1R]
Eigenschappen				
Resolutie	Wordt bepaald door de resolveranalyse: tot 16 bit/omwenteling	1024 sin-/cos- perioden (voor toerentalregeling) 32768 stappen/ omwenteling (voor positionering)	1024 sin-/cos-perioden	1024 impulsen/omwente- ling
Toegestaan tempe- ratuurbereik	ca. -55°C tot +150°C	-20°C tot +115°C (AS1H, ES1H) -20°C tot +85°C (AS3H, AS4H, AV1H)	-20°C tot +85°C	-20°C tot +85°C
Mechanische invloeden	- schok 100 g / 11 ms - trillingen 20 g / 10 – 50 Hz	- schok 100 g / 10 ms - trillingen 20 g / 10 – 2000 Hz	- schok 300 g / 1 ms - trillingen 10 g / 10 – 2000 Hz	- schok 100 g / 6 ms - trillingen 10 g / 10 – 2000 Hz
Toepassing	Voor toerentalregeling en bepaling van de rotorpo- sitie in een motoromwen- teling en "incrementele" positionering	Voor toerentalregeling, bepaling van de rotor- positie en absolute positie	Voor toerentalregeling en "incrementele" positione- ring	Voor toerentalregeling en "incrementele" positione- ring
Geschikt voor	- Synchrone servo- motoren - Asynchrone servo- motoren (op aanvraag)	- Synchrone servo- motoren - Asynchrone servo- motoren	Asynchrone servo- motoren	Asynchrone servo- motoren
Aanbouw- omstandigheden	Inbouwencoder	- AS1H, ES1H: inbou- wencoder (synchrone servomotoren) - AS3H, AS4H, AV1H: aanbouwencoder (asynchrone servo- motoren)	Aanbouwencoder	Aanbouwencoder
Overige eigen- schappen	Mechanisch zeer robuust	- Door interpolatie het van sin-/cos-signaal hoge resolutie van toerentalgegevens mogelijk - Eenvoudige inbedrijf- stelling door elek- trisch typeplaatje	Door interpolatie van het sin-/cos-signaal hoge resolutie van toerental- gegevens mogelijk	Eenvoudig encoder- systeem voor standaard- toepassingen



3.3.1 Technische gegevens van de door SEW-EURODRIVE gebruikte encoders

Encodertype	Montage	Voor aanbouw aan	Signaal	Voeding [V]
Incrementele encoder				
ES1H	Inbouwencoder, geïntegreerd in synchrone servomotor	Synchrone servomotoren DS/CM	1-V-sin/cos HIPERFACE® S single-turn met ingebouwde EEPROM voor opslag van elektronisch typeplaatje	7 .. 12
ES1T ES2T	Spanas	- Draaistroommotoren DT/DV - Asynchrone servomotoren CT/CV	5-V-TTL	5
ES1S ES2S			1-V-sin/cos	10 .. 30
ES1R ES2R			5-V-TTL	
ES1C ES2C			24-V-HTL	
EV1T			5-V-TTL	5
EV1S	Koppeling met volle as		1-V-sin/cos	10 .. 30
EV1R			5-V-TTL	
EV1C			24-V-HTL	
RH1M	Holle as	Synchrone servomotoren CM	Resolversignalen 2-polig	7
Absolute encoder				
AV1H	Koppeling met volle as	- Draaistroommotoren DT/DV - Synchrone servomotoren DS - Asynchrone servomotoren CT/CV	1-V-sin/cos HIPERFACE® S multi-turn met ingebouwde EEPROM voor opslag van elektronisch typeplaatje	7 .. 12
AV1Y			M SSI 1-V-sin/cos	10 .. 30
AS1H	Inbouwencoder, geïntegreerd in synchrone servomotor	Synchrone servomotoren DS/CM	1-V-sin/cos HIPERFACE® S multi-turn met ingebouwde EEPROM voor opslag van elektronisch typeplaatje	7 .. 12
AS2H	Spanas	- Draaistroommotoren DT/DV - Asynchrone servomotoren CT/CV	1-V-sin/cos HIPERFACE® S multi-turn met ingebouwde EEPROM voor opslag van elektronisch typeplaatje	7 .. 12
AS3H				
Resolver				
RH1M	Holle as	Synchrone servomotoren CM	Resolversignalen 2-polig	7
RH1L		Synchrone servomotoren met rem		



3.4 Directe trajectmeetsystemen voor lineaire servomotoren

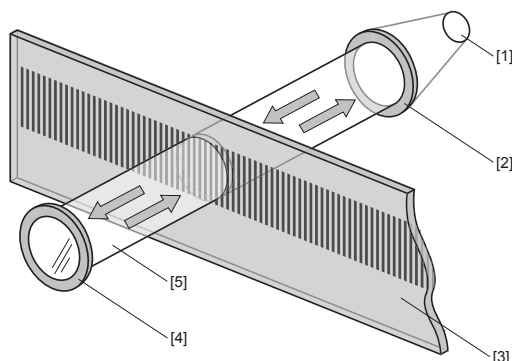
Zoals we in paragraaf 2.7 hebben beschreven, is voor de werking van een synchrone lineaire motor een meetsysteem nodig om de positie van het primair deel te herkennen. Op basis hiervan wordt in de bijbehorende servoversterker de snelheid afgeleid en de positionering uitgevoerd.

Afhankelijk van de toepassing zijn er verschillende selectiecriteria voor de keuze van een geschikt encodersysteem:

- maximale snelheid;
- maximaal traject;
- resolutie overeenkomstig nauwkeurigheidseisen;
- vuilbelasting;
- EMC-condities.

3.4.1 Opbouw en werking van optische trajectmeetsystemen

Een optisch trajectmeetsysteem bestaat uit een op het traject gemonteerd maatlichaam van glas of staal en een aftastkop die over het traject beweegt. In de aftastkop bevinden zich een lichtbron, foto-elementen en optische filters voor een betere registratie. Het licht dat door de lichtbron wordt uitgezonden, raakt het maatlichaam en wordt overeenkomstig de aangebrachte deling gereflecteerd en door de foto-elementen gedetecteerd. Analyse-elektronica genereert op basis hiervan een incrementeel signaal.



56284axx

Afbeelding 61: schematische weergave van een optisch meetsysteem

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | lichtbron en foto-element |
| 2 | lens |
| 3 | aftastplaat |
| 4 | reflector |
| 5 | lichtgolven |

Afhankelijk van de resolutie kunnen de volgende arbeidsprincipes van het trajectmeetsysteem worden onderscheiden:

- afbeeldend principe met een streepdeling van 20 – 100 μm ;
- interferentieel principe met een streepdeling van 4 – 8 μm .



Gesloten systemen

Afhankelijk van de gebruiksomstandigheden en omgevingsinvloeden worden bij de optische systemen verschillende uitvoeringen gebruikt.

- Maximale bewegingssnelheid ca. 2 m/s
- Goede bescherming tegen omgevingsinvloeden
- Met mechanische geleiding

Open systemen

Het systeem werkt zonder mechanische geleiding.

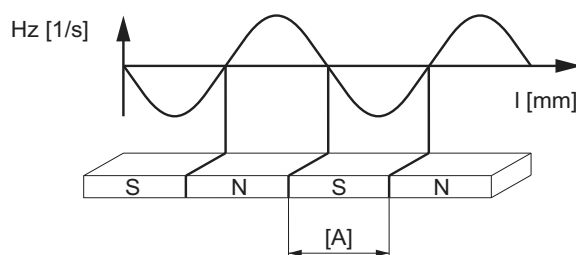
- De aftastkop is gemonteerd aan het bewegende deel en "zweeft" als het ware boven het traject (maatopname). De maximale bewegingssnelheid is daarom ca. 8 m/s.
- Nauwelijks bescherming tegen omgevingsinvloeden.

3.4.2 Opbouw en werking van magnetische trajectmeetsystemen

Magnetische trajectmeetsystemen bestaan uit:

- een magnetische band;
- een sensor.

De magneetband is als maatband op het traject gemonteerd. De sensor waarop het primaire deel is bevestigd, beweegt over deze maatband.



Afbeelding 62: magnetisch trajectmeetsysteem

56237axx

[A] resolutie

Door een verplaatsing meet de sensor de veranderingen van de magnetische veldsterkte op basis waarvan analyse-elektronica een sinussignaal genereert. Door de faseverschoven plaatsing van 2 aftasteenheden in een sensor worden sinus- of cosinus-signalen gegenereerd.

De sinussignalen van de aftastelementen kunnen met behulp van interpolatie een hogere resolutie krijgen. Deze sinussignalen worden door optionele, in de encoder geïntegreerde elektronische schakelingen omgezet in signalen van veelgebruikte interfaces, bijvoorbeeld RS422.

Optioneel zijn dergelijke maatbanden ook leverbaar met een in magnetisme opgeslagen code voor de absolute waarde. Bij encodersystemen met absolute waarden is het niet nodig na het inschakelen een referentiecyclus uit te voeren. Bij absolute encoders wordt het signaal omgezet in een SSI-protocol.

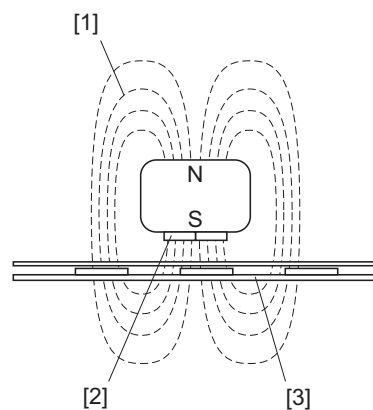


Bij de selectie moet rekening worden gehouden met de volgende eigenschappen van magnetische trajectmeetsystemen:

- resolutie: meestal 5000 μm /sinusperiode;
- nauwkeurigheid ca. 300 $\mu\text{m}/\text{m}$;
- bewegingssnelheid tot ca. 6 m/s mogelijk;
- ongevoelig voor vervuiling;
- mechanisch ongevoelig;
- interface: SSI, HIPERFACE®.

3.4.3 Opbouw en werking van inductieve trajectmeetsystemen

Inductieve trajectmeetsystemen werken volgens het principe van de variabele reluctance. Markeringen op een metalen maatband buigen hierbij een door een leeskop gegenereerd magnetisch veld af. Deze veldwijzigingen worden door analyse-elektronica herkend en omgezet in sinussignalen. Door de faseverschoven plaatsing van twee aftasteenheden in één sensor worden sinus- of cosinussignalen gegenereerd.



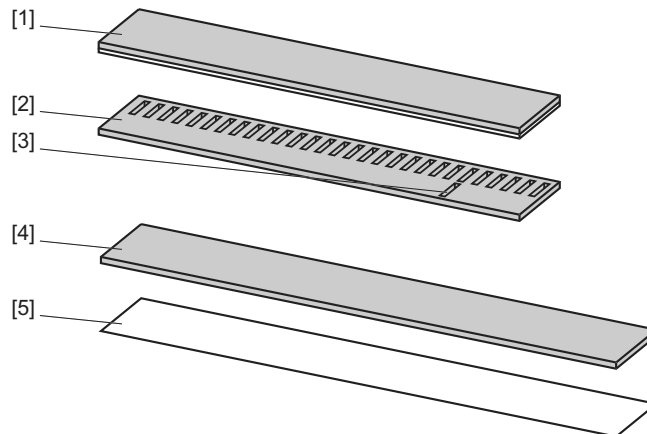
Afbeelding 63: schematische weergave van een inductief trajectmeetsysteem

56232axx

- [1] magnetische veldlijnen
- [2] magnetische sensoren
- [3] maatband in doorsnede



De nauwkeurigheid van de meting wordt bepaald door de maatband op het traject. De band bestaat uit meerdere lagen. De kern is een metalen band waarin markeringen zeer precies zijn geëtst. Optioneel zijn deze maatbanden ook leverbaar met een referentiemarkering. Afhankelijk van de uitvoering van het lineaire meetsysteem wordt het referentiesignaal gedeeltelijk door een eigen sensor geregistreerd. Deze metalen band is ingebed tussen een drager- en een afdekband.



56233axx

Afbeelding 64: gelaagde opbouw van een maatband

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| [1] afdekband | [4] stalen dragerband |
| [2] deling | [5] kleeflaag |
| [3] referentiemarkeringen | |

Optioneel wordt voor inductieve meetsystemen analyse-elektronica aangeboden die de sinus- en cosinussignalen omzet in een TTL-sigitaal.

Bij de selectie moet rekening worden gehouden met de volgende eigenschappen van inductieve trajectmeetsystemen:

- bewegingssnelheid tot ca. 20 m/s;
- resolutie: 1000 μm / sinusperiode (sin-/cos-sigitaal)
5 – 50 μm (TTL-sigitaal);
- nauwkeurigheid: ca. 10 $\mu\text{m}/\text{m}$;
- uitvoering meestal in IP66;
- ongevoelig voor vervuiling.



3.5 Begripsdefinities

Term / afkorting	Definitie / toelichting
HIPERFACE®	H igh P erformance I nterface. Gedeponeerd handelsmerk van de firma Sick Stegmann GmbH
EMC	E lektromagnetische compatibiliteit
TTL	T ransistor T ransistor L ogic
HTL	H igh voltage T ransistor L ogic
SSI-interface	S erial S ynchronous I nterface
Singleturn-encoder	Bepaling van de absolute positie over 1 omwenteling
Multiturn-encoder	Bepaling van de absolute positie over meerdere omwentelingen
A/D-converter	A naloog- d igitaalconverter
SRAM	S tatic R andom A ccess M emory, statisch RAM
NVSRAM	N on V olatile S tatic R andom A ccess M emory, niet-vluchtig statisch RAM
EEPROM	E lectrically E rasable P rogrammable R ead O nly M emory
DSP	D igital S ignal P rocessor
DPR-interface	D ual P ort R AM-interface
Reluctantie	Magnetische weerstand



4 Servoversterkers

4.1 Algemene informatie over servoversterkers

Als gevolg van de duidelijk toegenomen rationaliserings- en automatiseringsbehoefte bij moderne productiemachines en -installaties zijn ook de eisen aan krachtige servoversterkers toegenomen.

Hierdoor werken servoaandrijvingen niet meer als eenvoudige hulp- of instelaandrijvingen, maar voeren ze met behulp van complexe technologiefuncties, zoals hoeksynchronloop, elektronische curvenschijven, touchprobe-verwerking en koppelregeling, belangrijke machinefuncties uit die in het verleden waren voorbehouden aan mechanische oplossingen.

Krachtige servoversterkers onderscheiden zich door:

- hoge regelkwaliteit:
 - rondloopnauwkeurigheid
 - geringe toerentalafwijking
 - geringe positieafwijking;
- hoge dynamiek:
 - korte uitregeltijden voor setpoint- en belastingssprongen;
- overbelastbaarheid:

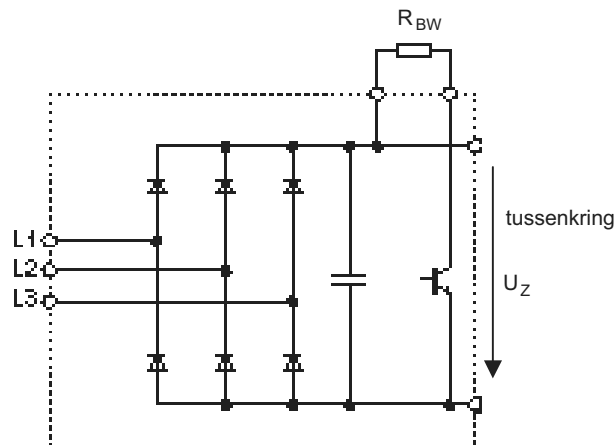
Bij bewegingscycli met korte cyclustijden en hoge acceleraties moet de servoversterker in staat zijn de vereiste stroom te leveren. Vanwege de korte acceleratietijden moeten servoversterkers met een geringe overbelastbaarheid groter worden gekozen, wat tot hogere systeemkosten leidt.

- krachtige microcontroller waarbij vrije programmering / parametring mogelijk is;
- complexe technologiefuncties zoals:
 - elektronische curvenschijf
 - hoeksynchronloop
 - touchprobe-verwerking
 - koppelregeling;
- veelzijdige interfaces:
 - galvanisch gescheiden binaire in- en uitgangen
 - analoge in- en uitgangen
 - meerdere encoderinterfaces voor verschillende encodersystemen, voor motor- en baanencoder
 - insteekplaats voor optionele kaart, bijvoorbeeld voor veldbusinterfaces en bestuurskaarten;
- extra businterface voor communicatie met andere servoversterkers;
- gangbare interface / aansluitmogelijkheid voor bedieningspaneel en pc, bijvoorbeeld USB, Ethernet;
- extra veiligheidskenmerken zoals aansluitklemmen voor "veilige stop" volgens EN 954-1, categorie 3,
- groot spanningsbereik van de toegestane netspanning, $3 \times 380 \text{ V} (-10\%) \dots 500 \text{ V} (+10\%)$;
- voldoen aan EMC-grenswaardeklassen A en B volgens EN 55011;
- aansluitmogelijkheid voor een remweerstand.



4.1.1 De tussenkring

In het algemeen is het vermogensdeel van een servoversterker gebaseerd op het principe van de spanningstussenkringversterker. Het koppelvormende draaiveld wordt uit deze gelijkstroomtussenkring, hierna tussenkring genoemd, via een wisselrichter gegenereerd. De tussenkring wordt bijvoorbeeld via een B6-diodenbrug meestal direct, dus zonder transformator, vanuit het 3-fasige voedingsnet gegenereerd.



Afbeelding 65: blokschema tussenkring met B6-diodenbrug

57301anl

R_{RW} remweerstand
 U_T DC-tussenkringspanning

De tussenkringcondensator heeft de taak de gelijkgerichte wisselspanning als energiebuffer op te slaan. De kinetische energie die ontstaat bij het afremmen van een aandrijving, wordt omgezet in elektrische energie en teruggevoerd in de tussenkring. De energiehoeveelheid die kan worden opgenomen, is afhankelijk van de capaciteit van de tussenkring.

Voor de vorming van een tussenkring worden onder andere condensatoren gebruikt. Het totaal van de in de tussenkring gebruikte capaciteiten van de condensatoren bepaalt de uitvoering van de tussenkring die duidelijk boven de genoemde waarden van de totale capaciteit ligt. In vakjargon spreekt men bij een geringe capaciteit van een "dunne" tussenkring, bij hoge capaciteiten van een "dikke" tussenkring.

SEW-EURODRIVE combineert bij haar servoversterkersystemen tussenkringen van beide soorten.

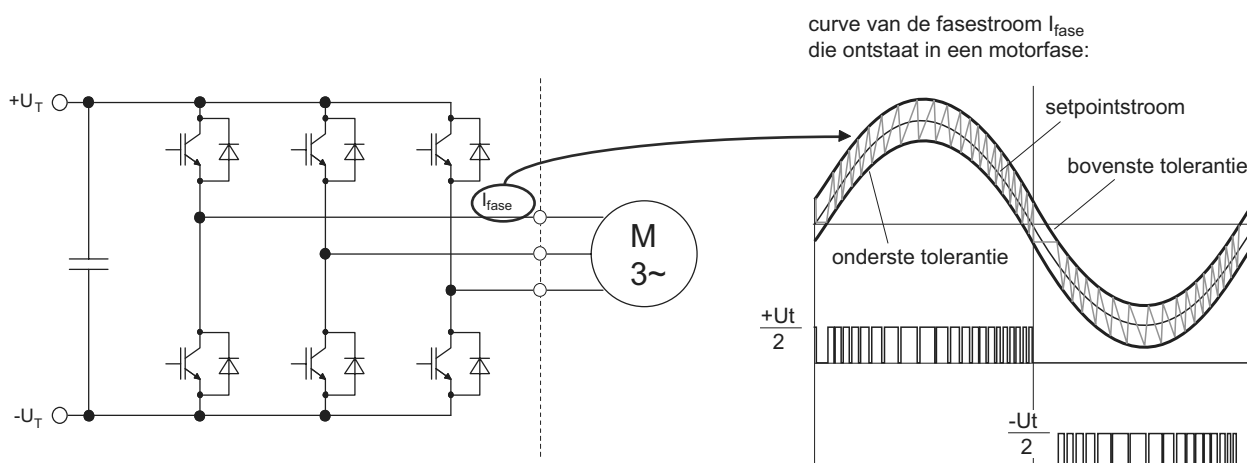
	Dunne tussenkring	Dikke tussenkring
Principe	Gebruik van - MKS-condensatoren (metaallaag) - MKP-condensatoren (gemetalliseerde kunststoffolie)	Gebruik van elektrolytische condensatoren
Voordeel	Geen laadschakeling noodzakelijk.	Hogere opslagmogelijkheid van energie, vooral bij dynamische toepassingen een voordeel.
	Minder netbeïnvloeding.	Selectie van kleinere remweerstand.
	Kostenbesparing door minder componenten.	Efficiëntere energie-uitwisseling tussen de asmodules.
	Ruimtebesparing door kleinere apparaten.	
	Langere levensduur van foliecondensatoren.	



4.1.2 De wisselrichter

De wisselrichter wordt gevoed via de tussenkringspanning U_T . De IGBT's worden door de bijbehorende aansturing zo geschakeld dat aan de uitgang van de asmodule en zodoende aan de motor een pulsbreedte-gemoduleerde spanning ligt. De aansturing van de servoversterker genereert een draaiveld dat bijvoorbeeld sinusvormig is. De pulsbreedte wordt hierbij bepaald door de instelling van de stroomregelaar. Deze pulsbreedte-gemoduleerde spanning genereert in de motor een stroom die door de motor- en kabelinductiviteiten nagenoeg sinusvormig is.

Antiparallel aan elke IGBT is een diode geschakeld. Deze vrijlooptioden voorkomen bij inductieve uitgangsbelaasting dat de zelfinductiespanningen die optreden in het omschakelmoment, de wisselrichter beschadigen. Ze leiden de opgeslagen energie terug naar de ingang van de wisselrichter. Op dezelfde wijze worden de vrijlooptioden gebruikt voor de uitwisseling van blind vermogen tussen motor en servoversterker.



57304anl

Afbeelding 66: blokschema van de wisselrichter, geschakelde tussenkringspanning en stroomverloop in de motor

4.1.3 Overbelastingsbewaking

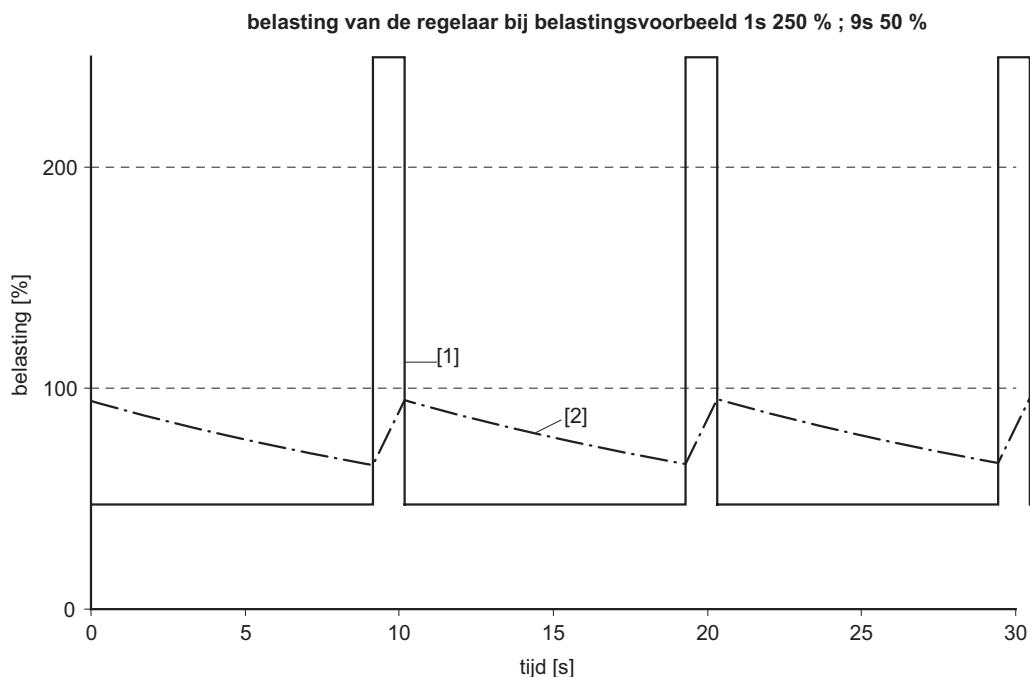
De gedachte achter de overbelasting van een servoversterker is grotendeels bepaald door de vereisten aan hoge dynamiek, dat wil zeggen in het bijzonder zeer korte vermogenspieken, de zogenoemde "vermogens-peaks". Deze kunnen in milliseconden optreden, gevolgd door langere "rustfasen" van seconden.

Een typische overbelastbaarheid is bijvoorbeeld tussen 200% en 300% van de nominale belasting gedurende een seconde. Gemiddeld mag de belasting niet hoger zijn dan 100%.

Op grond van de zeer snelle ontwikkelingen in de elektronica, met name op het gebied van processoren, zijn inmiddels voldoende computerresources beschikbaar in de asbesturingseenheden. Zo kan de apparaatbelasting in het apparaat elektronisch worden gesimuleerd om tijdig een waarschuwing of uitschakeling te activeren.



In het voorbeeld in afbeelding 67 wordt de belasting van een asmodule vanuit de koude toestand weergegeven. Er is een belastingsprofiel gekozen dat het apparaat tot aan de belastingsgrens van 100% belast.



57831bnl

Afbeelding 67: voorbeeld van een in de servoversterker gesimuleerde elektromechanische belasting

- [1] motorstroom
- [2] belasting

De curve [1] in de bovenstaande afbeelding geeft het verloop van de stroom aan die kortstondig en cyclisch 250% van de nominale stroom bedraagt. Aan de hand van de 100%-lijn is duidelijk te zien hoe in het bijzonder de belasting tendentieel bij 100% de belastingsgrens nadert.



4.1.4 EMC-beschouwing

Van moderne aandrijfsystemen wordt verwacht dat deze voldoen aan een storings-immuniteitsklasse, zoals bijvoorbeeld EN 61800-3. Of er een storingsimmuniteitsklasse wordt behaald, is vooral afhankelijk van de constructie en de inachtneming van bepaalde maatregelen.

Hiertoe behoren bijvoorbeeld:

- Netzijdig:
 - het gebruik van een netfilter tussen de voedingsmodule en het net;
 - het gebruik van korte, afgeschermd leidingen tussen netfilter en voedingsmodule.
- Aan de motorzijde:
 - gebruik van een ferrietkern;
 - gebruik van afgeschermd motorkabels;
 - het aanhouden van maximale motorkabellengten, doorgaans ca. 100 m, omdat anders de capacitieve lekstromen te hoog worden.
- Installatie:
 - met groot contactoppervlak aangebrachte afschermingen, om hoogfrequente lekstromen af te schermen;
 - vermogenskabels en signaalleidingen gescheiden van elkaar leggen.

Voor overige informatie verwijzen wij naar paragraaf 6.5 "Elektromagnetische storing/elektromagnetische compatibiliteit".

4.1.5 Optiekaarten

Een modern servosysteem wordt pas schaalbaar door optiekaarten. Dankzij de schaalbaarheid in horizontale en verticale richting kunnen de meest voordelige oplossingen voor vrijwel iedere toepassing worden gevonden.

Gangbare optiekaarten zijn bijvoorbeeld:

- veldbusinterfaces, zoals bijvoorbeeld Profibus, ProfiNet, EtherCAT, DeviceNet, waarmee de verbinding van de as op een overkoepelende besturing mogelijk wordt gemaakt. De besturing stuurt besturingsopdrachten en instelwaarden, zoals positie of snelheid, naar de as en krijgt van de as informatie over de status ervan, alsook proceswaarden, zoals het actuele toerental en de actuele positie.
- Er zijn bijvoorbeeld extra I/O-kaarten nodig als er een groot aantal eindschakelaars of andere sensoren van de as worden verwerkt. Dan zijn er nog optiekaarten met een analoge interface, waarmee bijvoorbeeld analoge signalen van instelwaarden door de as kunnen worden verwerkt.
- Met encoderkaarten kunnen onder meer baanencoders worden gekoppeld, bijvoorbeeld bij trajecten waar slip kan optreden of bij het afwisselend bedrijf van meerdere motoren bij één asmodule.

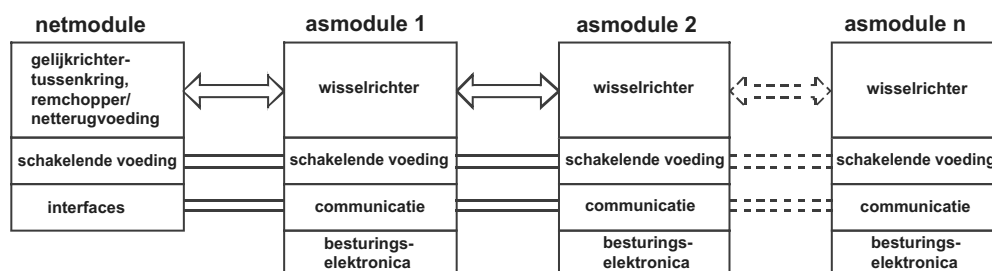


4.2 Het modulaire, meerassige servoversterkersysteem

Een modulair servosysteem bestaat uit de volgende basiscomponenten:

- centrale voedingsmodule;
- asmodule(s).

Via een gemeenschappelijke voedingsmodule worden meerdere assen direct via de tussenkring gevoed. Zodoende is er voor meerdere assen maar één netvoeding en maar één gemeenschappelijke remweerstand nodig. De remweerstand vervalt bij gebruik van een terugvoedingsapparaat.



57306anl

Afbeelding 68: principiële opbouw van een modulair servoversterkersysteem

De voordelen van het modulair opgebouwde servoversterkersysteem liggen op het gebied van meerassige toepassingen. Afhankelijk van toepassing en bedrijfsstatus vindt er via de gemeenschappelijke tussenkringverbinding een energie-uitwisseling tussen de assen plaats. De energie-uitwisseling begint als er een of meer assen motorisch werken terwijl andere assen generatief werken en daardoor energie terugvoeren.

Een ander voordeel van meerassige toepassingen is de goedkopere installatie. Dit is een gevolg van het feit dat er maar één netvoeding en één remweerstand bij de centrale voedingsmodule hoeven te worden geïnstalleerd.

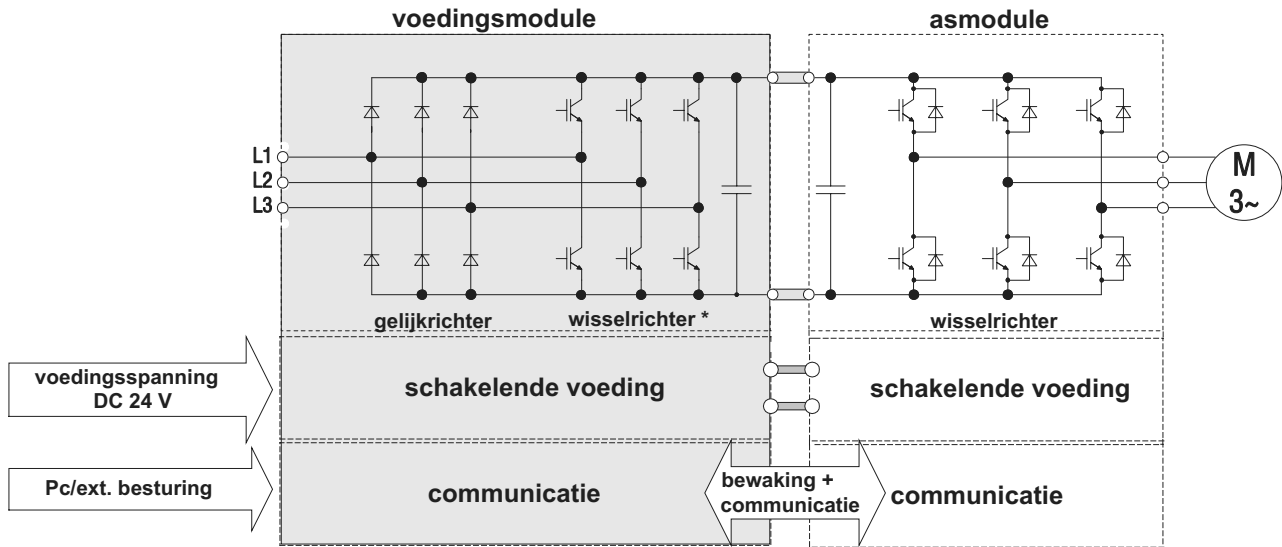
4.2.1 De voedingsmodule

De voedingsmodule verzorgt de voeding van de aangesloten asmodules via de tussenkring. De aansluiting gebeurt meestal direct op het wisselstroomnet; typische aansluitwaarden zijn AC 380 – 500 V, 50 – 60 Hz.

Een voedingsmodule bevat in principe:

- een gelijkrichter;
- de remchopper en de aansluitklemmen van de remweerstand¹⁾ of, als alternatief, een terugvoedingsapparaat;
- de overspanningsbeveiliging;
- de aansluiting van centrale communicatie;
- een communicatiebus naar de asmodules;
- een 24V-aansluiting naar de elektronicavoeding;
- verschillende bewakingsfuncties, zoals uitvalbewaking netvoeding of meting van de tussenkringspanning.

1) Als er een remweerstand wordt ingezet, dient deze extern van het apparaat te worden gemonteerd en aangesloten. Als er kleine energiehoeveelheden ontstaan, kan er ook een voedingsmodule met geïntegreerde remweerstand worden gebruikt.



* ondulator alleen bij netterugvoeding

57307anl

Afbeelding 69: principiële opbouw van een voedingsmodule, afgebeeld met asmodule

Bij een modulaair servoversterkersysteem is de tussenkring in de voedingsmodule ondergebracht. Deze wordt elektrisch, via een mechanische tussenkringverbinding, bijvoorbeeld met een railsysteem, met de asmodules verbonden.

Tussenkring en terugvoeding van elektrische energie

De kinetische energie die ontstaat bij het afremmen van een aandrijving, wordt omgezet in elektrische energie en teruggevoed in de tussenkring. Volgens onderstaande formule moet de spanning stijgen bij continue tussenkringcapaciteit om de teruggevoerde energie in de tussenkring te kunnen opnemen.

$$E = \frac{1}{2} \times J_{Mot} \times \omega_{Mot}^2 = \frac{1}{2} \times C_{ZK} \times U_{ZK}^2$$

J_{MOT}	Massatraagheidsmoment van de motor	C_{ZK}	Tussenkringcapaciteit, constant
ω_{MOT}	Hoeksnelheid van de motor	U_{ZK}	Tussenkringspanning

Als de aandrijving nu wordt afgeremd, moet de overtollige energie worden afgevoerd. Hiervoor zijn in principe 4 mogelijkheden:

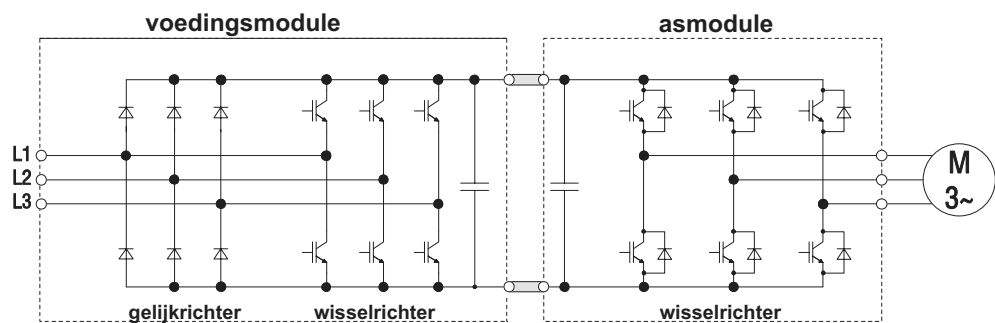
- netterugvoeding, d.w.z. de energie kan door andere verbruikers worden benut;
- remchopper en remweerstand zetten elektrische energie in warmte om;
- energie-uitwisseling bij meerassige toepassingen door benutting van de elektrische energie van andere aangesloten motoren;
- capaciteitsmodule (condensatormodule) om de tussenkringcapaciteit te verhogen.



4.2.2 Netterugvoeding

De netterugvoeding heeft het voordeel dat de remenergie als elektrische energie voor andere gebruikers in het net beschikbaar is.

Er zijn verschillende mogelijkheden om een netterugvoeding te realiseren, bijvoorbeeld die van de antiparallelle brug. Bij deze vorm van netterugvoeding wordt de netgelijkrichter met een wisselrichter aangevuld die synchroon met het net wordt aangestuurd. Als de tussenkringspanning de gelijkrichterwaarde overtreft, wordt de overtollige energie in het net teruggevoerd.

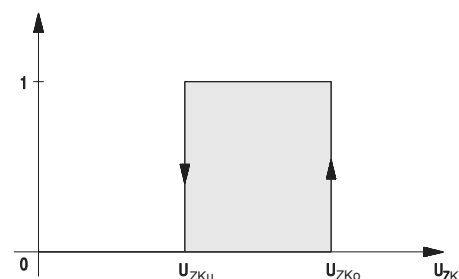
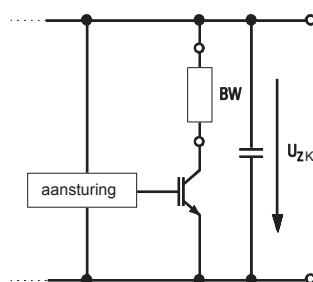


57308anl

Afbeelding 70: principiële opbouw van een voedingsmodule met netterugvoeding

4.2.3 Remchopper en remweerstand

In tegenstelling tot de netterugvoeding, wordt bij de remchopper de overtollige energie niet in het net teruggevoerd, maar met behulp van een remweerstand in warmte omgezet. Als er maar weinig remarbeid te verrichten is, is de uitvoering met remchopper en bijbehorende remweerstand de goedkopere oplossing, in vergelijking met de netterugvoeding.



57310anl

Afbeelding 71: aansturing remchopper, schakelgedrag van een remchopper

U_{ZKu} Ondergrens tussenkringspanning
 U_{ZKo} Bovengrens tussenkringspanning



4.2.4 Vergelijking tussen netterugvoeding en remchopper

Afhankelijk van de toepassing moet bij de selectie worden besloten welke procedure het meest geschikt is.

	Netterugvoeding	Remchopper en remweerstand
Criterium		
Plaatsing	Volledig geïntegreerd in de voedingsmodule.	Remchopper in de voedingsmodule. Remweerstand buiten de schakelkast.
Uitwerking op de omgevingstemperatuur	Zeer gering.	Warmteontwikkeling door de remweerstand.
Extra bedrading	–	Aansluiting remweerstand.
Energiebalans	Elektrische energie blijft behouden.	Elektrische energie wordt in warmte omgezet.
Kosten	Netterugvoeding is duurder dan remweerstand.	Remweerstand is relatief goedkoop.
EMC	Netbeïnvloeding van andere verbruikers mogelijk.	Minder netbeïnvloeding dan bij netterugvoeding.



4.2.5 De asmodule

De asmodule dient ter aansturing van een servomotor met een 3-fasig draaiveld met een variabele frequentie.

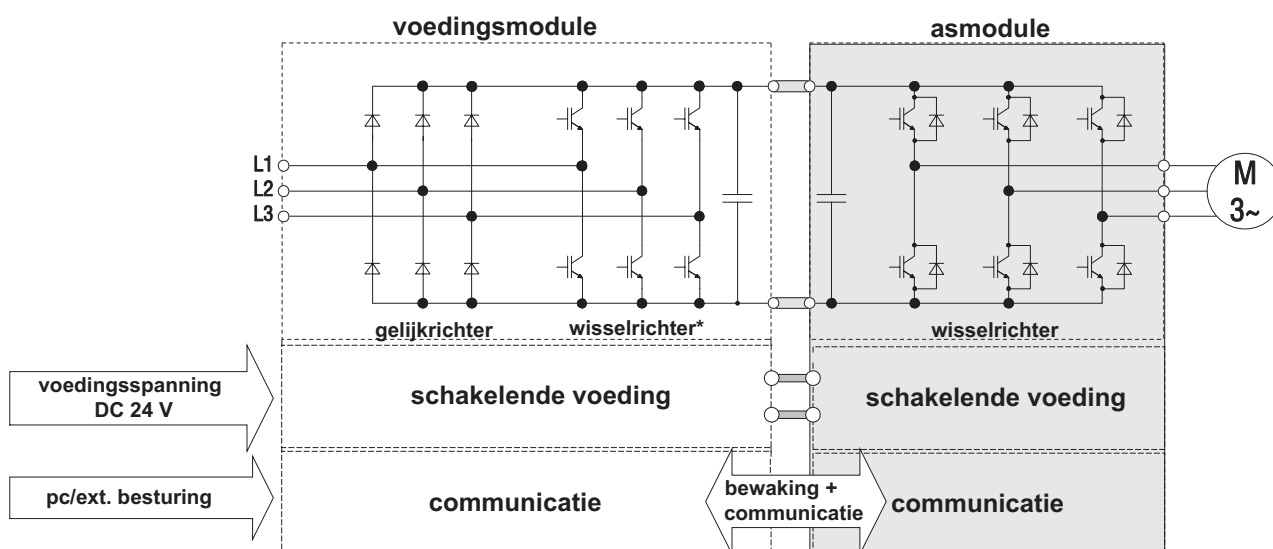
Een asmodule bevat in principe:

- een wisselrichter-IGBT-brug als vermogenseindtrap;
- een communicatie-interface en binaire in-/uitgangen als basisfunctie van de besturingstechniek;
- motorencoder-interfaces;
- sleuven voor opties als encoders, veldbussen, andere binaire in-/uitgangen;
- sleuven voor besturingskaarten;
- aansturing voor de motorrem;
- verwerking van de motortemperatuurvoeler;
- uitrusting voor de realisering van de veiligheidstechniek "veilige stop", volgens EN 60204-1;
- een indicatielamp voor het weergeven van de bedrijfsstatus;
- interne bedrijfsbewakingsfuncties.

Men is voor deze toepassing overgegaan op IGBT's als robuuste vermogenstransistors.

De belangrijkste voordelen van IGBT's zijn:

- geringe schakelverliezen;
- eenvoudige aansturing;
- hoge schakelfrequenties;
- hoge spanningsvastheid.



* wisselrichter alleen bij netterugvoeding

57312anl

Afbeelding 72: principiële opbouw van een asmodule, afgebeeld met voedingsmodule



Het aantal op een voedingsmodule aan te sluiten assen is begrensd.

Deze begrenzing wordt bepaald door:

- het vermogen van de voedingsmodule;
- het totale of maximale vermogen van de asmodules;
- het maximumaantal adresseerbare assen;
- de mechanische opbouw;
- de constructie van de tussenkringverbinding.

4.2.6 24V-voeding

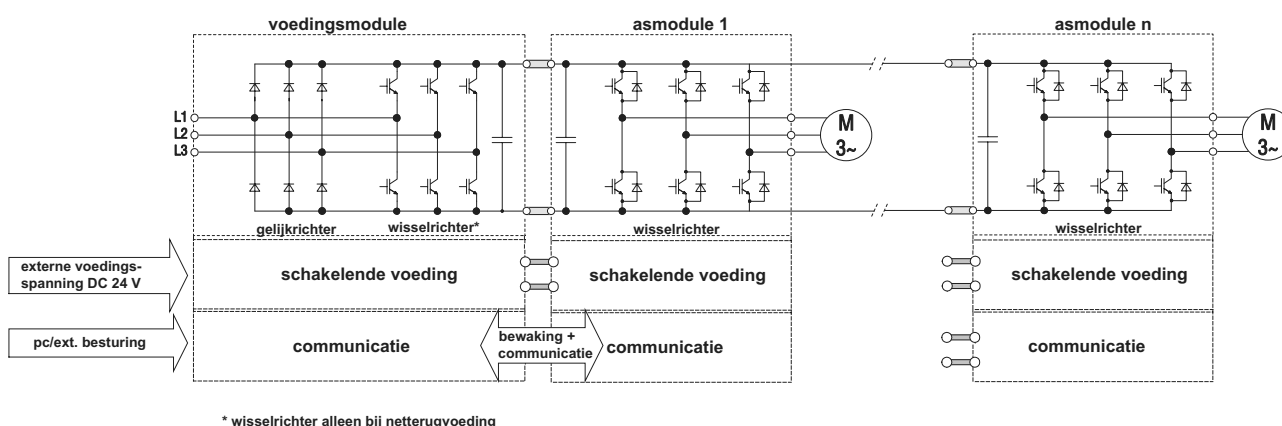
Voor de voeding van de besturingseenheid van de servoversterker is men overgegaan op voeding die onafhankelijk is van het wisselstroomnet. De apparaten zijn voorzien van een DC 24V-aansluiting.

Om industriële laagspanningsverbruikers als bijvoorbeeld plc en besturingsonderdelen van servoversterkers te voeden, wordt de 24V-voeding volgens EN 61131 benut. In sommige gevallen is er echter een spanning met weinig tolerantie nodig, bijvoorbeeld voor de voeding van de remmen. In zulke gevallen voldoet de conventionele voedingsmodule met B4-diodebrug niet meer en moet er een geschakelde voeding worden ingezet.

In principe heeft de van de tussenkring onafhankelijke voeding het voordeel dat de apparaten parametereerbaar en de veldbussen functioneel blijven, ook als het voedingsnet wordt uitgeschakeld. Dit is bijvoorbeeld van belang als de apparaten in een veldbussysteem zijn geïntegreerd. Als men de apparaten onafhankelijk met 24 V voedt, is er ook sprake van een hulpvoeding waarmee de werking van het bussysteem zonder netaansluiting mogelijk wordt gemaakt.

Zoals in afbeelding 73 te zien is, kan bij modulaire systemen de 24V-voeding extern beschikbaar worden gesteld en deze dan van apparaat tot apparaat verder worden geleid.

De 24V-voeding van de motorreemaansturing en de elektronica zijn gescheiden uitgevoerd. Om een veilige werking te realiseren, worden de twee spanningen in de apparaten bewaakt op de nodige toleranties.



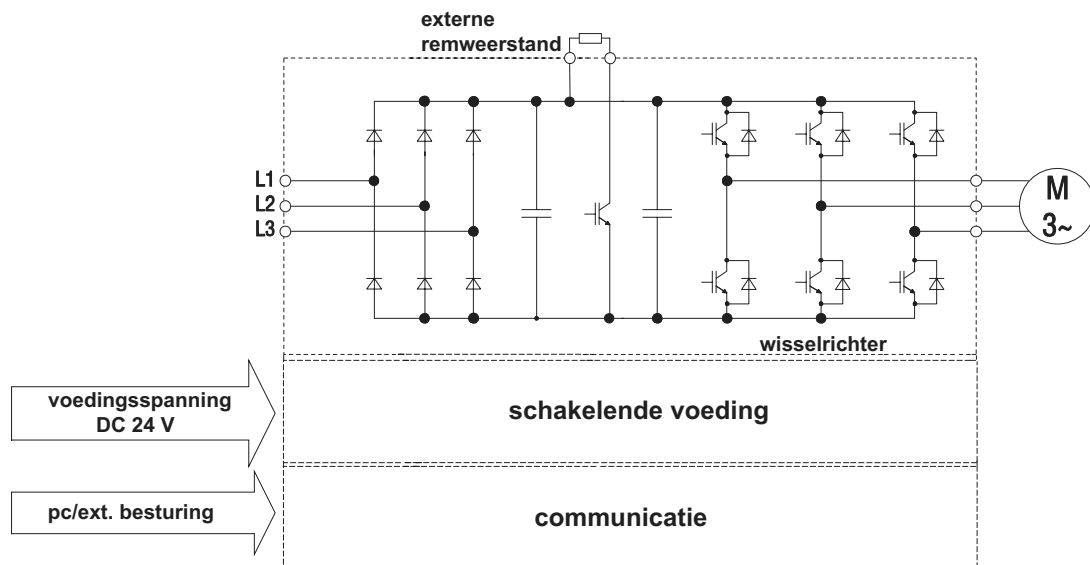
57314anl

Afbeelding 73: principiële opbouw van een modulair, meerassig systeem met externe 24V-voeding



4.3 De eenassige versterker

Eenassige versterkers, ook compacte versterkers genoemd, hebben het voordeel dat zij als compacte eenheid beschikbaar zijn. Zij bevatten in één behuizing de tussenkring met remchopper, wisselrichter, gelijkrichter, geschakelde voeding, optionele insteekplaatsen, communicatie-interfaces en CPU-module(s) voor communicatie en regelprocessen. Daardoor vervallen de extra verbindingen tussen de individuele componenten, zoals deze bij het modulaire systeem nodig zijn.



57316bnl

Afbeelding 74: principiële opbouw van een eenassige versterker

De functies van het vermogensdeel, d.w.z. van de netmodule en de wisselrichter, stemmen overeen met de functies van de modulaire servoversterkersystemen die in paragraaf 4.2 staan beschreven.



4.4 *Vergelijking van het modulaire, meerassige systeem met het eenassige systeem*

De volgende lijst met de voordelen van beide systemen is bedoeld als hulp bij de afweging of een toepassing met een modulair, meerassig systeem of met een eenassig systeem de optimale oplossing is.

Voordelen van het modulaire, meerassige systeem

- Slechts één netvoeding, zodoende lage installatiekosten
- Slechts één remweerstand, daardoor geen netterugvoeding aanwezig en dus lage installatiekosten
- Vanaf ca. 3 assen minder ruimtebehoefte in de schakelkast (in vergelijking met eenassige apparaten) wegens de verminderde installatiekosten
- Energie-uitwisseling tussen de asmodules via de tussenkringverbinding
- Eenvoudige informatie-uitwisseling tussen de individuele asmodules via een gemeenschappelijke systeem- en meldbus

Voordelen van eenassig systeem

- Decentrale plaatsing is mogelijk om lange motorleidingen te voorkomen
- Bij toepassingen tot ca. 2 – 3 assen is de eenasversterker meestal de goedkopere oplossing
- Bij lager vermogen en een gering aantal assen is de eenasversterker meestal de goedkopere oplossing

4.5 *Begripsdefinities*

Term / afkorting	Definitie / toelichting
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor, vermogenshalfgeleider
EMC	Elektromagnetische compatibiliteit
I/O-kaarten	Ingangs-/uitgangskarten (Input/Output)
Plc	Programmeerbare besturing
CPU	Central Processing Unit, hoofdprocessor



5 Regelstructuur en bedrijfsmodi

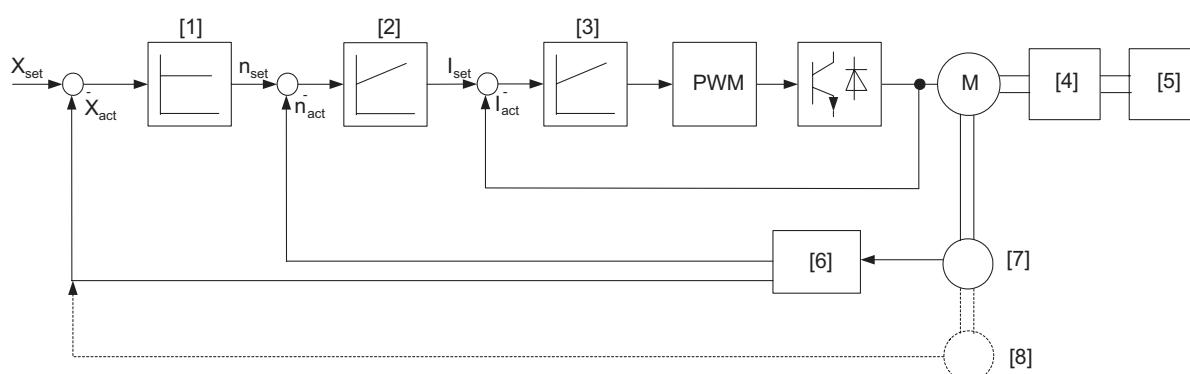
In dit hoofdstuk wordt de regelstructuur met sinusvormige voeding behandeld. Meer informatie hierover en over blokvormige voeding vindt u in paragraaf 2.4 "Werking van synchrone servomotoren".

5.1 Overzicht

Bij veel toepassingen worden servoaandrijvingen voor de positieregeling of toerentalregeling ingezet. Het regelcircuit wordt meestal in cascaderstructuur opgebouwd, d.w.z. de regelcircuits overkoepelen elkaar.

- Het binnenste regelcircuit regelt de stroom. Met enkel deze regelaars is de koppelregeling al mogelijk.
- Door de stroomregelaar met een toerentalregelaar te overkoepelen, kan het toerental worden geregeld.
- Door nogmaals met een positieregeling te overkoepelen, kan de positie worden geregeld.

In afbeelding 75 wordt het opbouwprincipe van de regelstructuur van een servoregelaar getoond. Over het algemeen zijn de regelaars in huidige servoversterkers volledig digitaal.



55701aen

Afbeelding 75: principiële opbouw van de regelstructuur van een servoregelaar

[1] positieregelaar K_{p_x}	[5] belasting
[2] toerentalregelaar K_{p_n}	[6] signaalverwerking
[3] stroomregelaar	[7] encoder
[4] reductor (optioneel)	[8] absolute encoder

In de volgende paragrafen worden de afzonderlijke typen regelaars beschouwd.

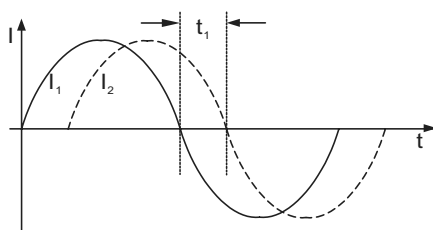


5.2 De stroomregeling

Het bewegingsgedrag van een servoaandrijving wordt rechtstreeks door het koppel van de motor bepaald. Het koppel zelf wordt door de stromen in de motor bepaald. Om de nominale waarde van het koppel aan de motoras zo dynamisch mogelijk te kunnen omzetten, is het belangrijk niet alleen een gestuurde spanning op de motor aan te sluiten (V/f-procedure), maar de stromen ook te regelen.

Regelbare draaistroommotoren (asynchrone en synchrone motoren) functioneren met 3-fasige wisselstroom. De drie stromen in de fasen U, V, W zijn echter onafhankelijk van elkaar. Hierbij geldt de regel dat de som van de drie stromen altijd 0 is. Dit betekent dat de ene stroomcomponent, bijvoorbeeld de stroom in fase W, altijd met behulp van de twee andere componenten, hier fase U en V, kan worden berekend. Om de motorstromen te regelen, zijn dus twee onafhankelijk van elkaar werkende regelaars voldoende. Als bijvoorbeeld de stromen van de fasen U en V worden geregeld, wordt op die manier ook de stroom in fase W bepaald.

De directe regeling van de fasestromen heeft echter een nadeel. Als het motortoerental toeneemt, moeten er sinusvormige stromen met toenemende frequentie worden geregeld. Omdat de regelaars principieel een gewijzigde instelwaarde niet oneindig snel kunnen uitregelen, ontstaat hierdoor een faseverschuiving tussen de nominale en de actuele stroomwaarden. De vertraging van de nominale t.o.v. de actuele waarde van de regelaar is constant, zodat de faseverschuiving tussen nominale en actuele stroom dus groter wordt naarmate het toerental stijgt.



55703axx

Afbeelding 76: verschil van stroomamplituden van nominale/actuele stroom

I_1	nominale stroom
I_2	actuele stroom
t_1	dode tijd van de regelaar

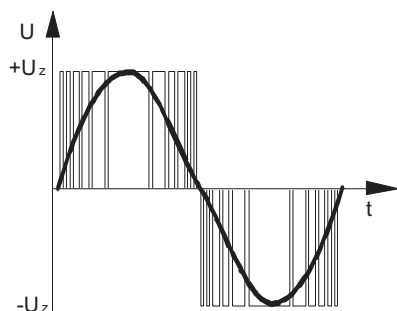
Ook in stabiele toestand, d.w.z. als de stroomamplitude niet meer verandert, blijft er een verschil tussen de nominale en actuele waarden. Door de reken capaciteit van moderne processors kunnen de gemeten, actuele waarden via aanpassing van de coördinaten in een systeem met gelijke grootten worden omgevormd. Daarna worden deze gelijke grootten geregeld. Vervolgens worden de motorspanningen, als de instelcomponenten van de regelaar, weer teruggetransformeerd.

Als nominale grootten voor de stroomregelaar worden de koppelvormende component I_{sq} en de magneetveldvormende component I_{sd} gebruikt. Voor meer informatie bevelen wij lectuur aan over het thema "Veldgerichte regeling van draaistroommotoren".



De instelcomponent van de stroomregelaar is de motorspanning. De motorspanning wordt door een PWM in tijddiscrete vorm vastgelegd. De spanning tussen twee fasen van de servoversterkeruitgang kan hierbij slechts drie spanningspotentialen aannemen.

De gewenste grondgolf van de spanning ontstaat door snel te schakelen tussen $+U_z$ en $-U_z$. De gebruikelijke frequenties voor de PWM zijn hierbij bijvoorbeeld 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz.



55704axx

Afbeelding 77: pulswijdtemodulatie PWM

Omdat een spanningsverandering alleen kan plaatsvinden in het patroon van een PWM-interval, werken de stroomregelaars gewoonlijk ook met de frequenties van de PWM. Met intelligente, digitale procedures voor de stroomregeling kan men intussen een setpointwijziging van de stroom in vrijwel één scanstap uitregelen. Bij een stroomregelfrequentie van bijvoorbeeld 8 kHz betekent dit een stroomoplooptijd van 125 μ s.

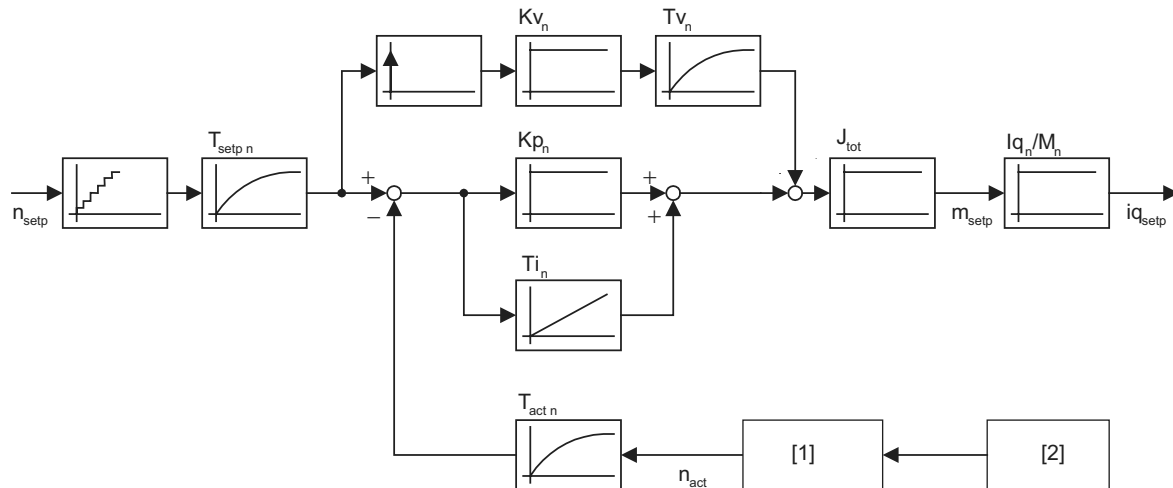
Voor de parameterinstelling van de stroomregelaar zijn de parameters van het regeltraject bepalend. Deze worden alleen door de op de servoversterker aangesloten motor vastgelegd. Bij servoversterkers van SEW-EURODRIVE wordt daarom de stroomregelaar bij de inbedrijfstelling van de motor optimaal geparametreerd.



5.3 De toerentalregeling

5.3.1 Structuur van de toerentalregeling

De afbeelding toont de principiële structuur van het toerentalregelcircuit.



55705anl

Afbeelding 78: structuur van de toerentalregeling

[1]	toerentalberekening	$T_{i\ n}$	integratietijd
[2]	motorencoder	$T_{setp\ n}$	toerentalfilter
n_{setp}	toerentalsetpoint	$T_{v\ n}$	filter acceleratievooruitsturing
n_{act}	actuele toerental	J_{tot}	totale massa traagheid
$T_{setp\ n}$	tijdconstante van de toerentalregelaar	I_{qn}/M_n	motorconstante
$K_{v\ n}$	versterking acceleratievooruitsturing	m_{setp}	setpointkoppel
$K_{p\ n}$	proportionele versterkingsfactor	$i_{q\ setp}$	instelwaarde koppelvormende stroom

Na de verwerking

- van het toerentalsetpoint, zie pagina 85,
- van de registratie van het toerentalsetpoint, zie pagina 83
- en het toerentalsetpoint, zie pagina 85,

wordt het verschil van deze signalen aan een PI-regelaar doorgegeven. Deze regelcomponent is verantwoordelijk voor de acceleratie van de aandrijving. Daaruit kan, via de massa traagheid van de aandrijfketen, het vereiste koppel worden berekend.

De keerwaarde van de motorconstante $k_T = M_n/I_{qn}$ levert de koppelvormende stroom op die naar de stroomregelaar wordt geleid.

Om de dynamiek van de besturingsrespons te verbeteren is er een acceleratievooruitsturing geïmplementeerd, zie hiervoor ook pagina 87.



5.3.2 Positie- en toerentalregistratie

Voor de positie- en toerentalregistratie worden verschillende encodersystemen ingezet. De encoders kunnen volgens deze criteria worden onderscheiden:

- encoders met absolute gegevens over positie, bijvoorbeeld resolver, Hiperface (encodersysteem van het merk Sick/Stegmann), EnDat (encodersysteem van het merk Heidenhain);
- encoders met zuiver incrementele gegevens over de positie, bijvoorbeeld TTL-encoders, sin-/cos-encoders.

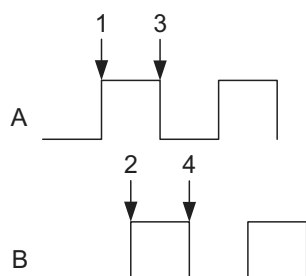
Permanent bekrachtigde, synchrone motoren hebben voor de motorbesturing absolute positiegegevens nodig. Daarom worden er voor dit motortype over het algemeen absolute encoders gebruikt.

Als vereist is dat na het inschakelen van de aandrijving de positie meteen, zonder referentie, bekend moet zijn, is het gebruik van een absolute encoder ook zinvol. De resolver is voor dit soort toepassing niet zo geschikt omdat deze de absolute positiegegevens slechts binnen één motoromwenteling levert.

Zowel encoders met absolute gegevens als encoders met zuiver incrementele informatie hebben de eigenschap dat deze maar één positiegegeven ter beschikking stellen. Uit deze informatie wordt in de servoversterker het toerental berekend, doordat de positie in gelijke tijdintervallen wordt afgetast. Het toerental is het resultaat van de vorming van het positieverschil uit twee vastgestelde positiewaarden en de omrekening ervan via het bekende tijdsverschil. Daaraan is te zien dat het toerental niet als momentele waarde op een bepaald tijdstip ter beschikking staat, maar veeleer de gemiddelde waarde in een aftastinterval weergeeft.

De toerentalregeling vergt voor een hoge dynamiek een zo actueel mogelijke toerentalwaarde. Daarom moet een kort aftastinterval zijn gekozen. De resolutie van de encodersystemen is hierbij van groot belang. De bovengenoemde encodersystemen bieden hierbij de volgende resoluties per motoromwenteling:

- resolvers: met de nieuwste analyseprocedures kan het resolversignaal worden geanalyseerd met 15 bit. Dit resulteert in een resolutie van $2^{15} = 32768$ incrementen/omwenteling;
- TTL-encoders: bij een resolutie van 1024 impulsen/omwenteling wordt op basis van de beide met 90° verschoven encoderkanalen in de servoversterker een resolutie van $4 \times$ aantal streepjes van de encoder bereikt, d.w.z. $4 \times 1024 = 4096$ incrementen/omwenteling. Het encodersysteem volstaat dus als in de servoversterker wordt geanalyseerd met 12 bit ($2^{12} = 4096$);



55706axx

Afbeelding 79: signalen TTL-encoder

- sin-/cos-encoder, Hiperface, EnDat: de resolutie is $2^{10} \times$ aantal streepjes van de encoder. Geanalyseerd wordt met $2^{10} \times 1024 = 1048576$.



Als het toerental nu in een tijdsinterval van bijvoorbeeld 500 μs wordt gevormd, resulteert dit vanwege de positieresolutie van de verschillende encoders in de volgende resoluties voor het toerental:

Resolver

$$\frac{1 \text{ omwenteling}}{2^{15}} = 3,05175 \times 10^{-5} \text{ omwentelingen}$$

$$\frac{3,05175 \times 10^{-5} \text{ omwentelingen}}{500 \mu\text{s}} = 0,061 \frac{1}{\text{s}} = 3,66 \frac{1}{\text{min}}$$

TTL-encoder (1024 streepjes)

$$\frac{1 \text{ omwenteling}}{4096} = 2,44 \times 10^{-4} \text{ omwentelingen}$$

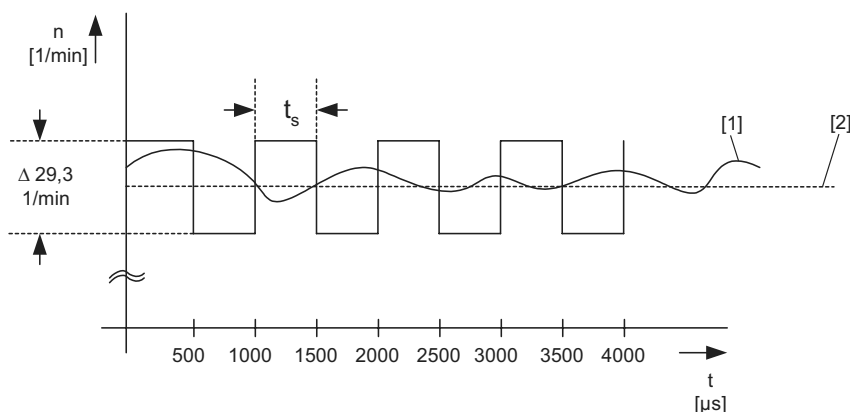
$$\frac{2,44 \times 10^{-4} \text{ omwentelingen}}{500 \mu\text{s}} = 0,48828 \frac{1}{\text{s}} = 29,3 \frac{1}{\text{min}}$$

Sin-/cos-encoder

$$\frac{1 \text{ omwenteling}}{1024 \times 2^{10}} = 9,5367 \times 10^{-7} \text{ omwentelingen}$$

$$\frac{9,5367 \times 10^{-7} \text{ omwentelingen}}{500 \mu\text{s}} = 1,907348 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{s}} = 0,114 \frac{1}{\text{min}}$$

Bij de verschillende encodersystemen zijn de verschillen in de kwantificering van de toerentalwaarde duidelijk zichtbaar. Door deze kwantificering ontstaat een zogenoemde "toerentalrimpel". In de volgende afbeelding wordt de rimpel weergegeven die ontstaat bij een conventionele TTL-encoder met een resolutie van 1024 streepjes in combinatie met een aftasttijd van 500 μs voor de toerentalencoder.



Afbeelding 80: weergave van toerentalrimpel

55710axx

- t_s aftaststap n-regelaar
- [1] actueel toerental
- [2] nominaal toerental



Deze "rimpel" van de actuele toerentalwaarde wordt via de toerentalregelaar doorgegeven aan het koppelsetpoint. Hier kunnen waarden optreden die zo groot zijn, dat ze niet meer kunnen worden getolereerd. In het algemeen mag de rimpel niet groter zijn dan 10% van het nominale motorkoppel.

5.3.3 Filter actueel toerental

Zoals in de vorige paragraaf is toegelicht, moet de rimpel van het motorkoppel worden beperkt. Omdat de rimpel afkomstig is van het actuele toerental, moet deze waarde eerst worden gefilterd. De vereiste tijdconstante is hierbij afhankelijk van

- het gebruikte encodertype;
- de versterking van de toerentalregelaar;
- de massastraagheid.

Een nadeel van een filter is een tijdelijke vertraging van het actuele toerental. Deze vertraging beperkt op haar beurt de dynamiek van het toerentalregelcircuit.

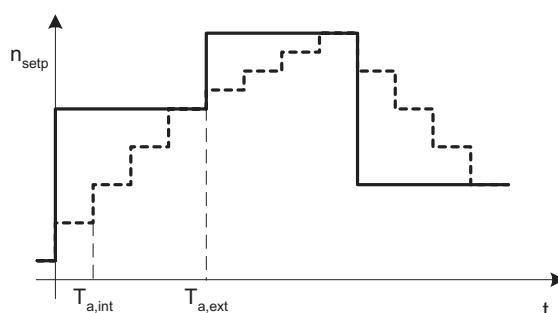
Daarom mag er niet meer worden gefilterd dan absoluut noodzakelijk is. Er staan hier diverse grootheden in wisselwerking met elkaar:

- resolutie van het encodersysteem;
- rimpel van maximumkoppel;
- gewenste dynamiek in het toerentalregelcircuit;
- massastraagheid;
- filtertijdconstante van het filter van het actuele toerental.

Het is duidelijk dat het lastig is om rekening te houden met al deze relaties en dat het daarom niet eenvoudig is alle parameters van het regelcircuit correct in te stellen. Moderne tools voor de inbedrijfstelling kunnen deze relaties automatisch verwerken en maken het instellen zo veel eenvoudiger, zie ook pagina 89 "Stijfheid".

5.3.4 Toerentalsetpoint genereren

Soms is het nodig om het van buiten toegevoerde toerentalsetpoint te genereren voordat het aan de regelaar wordt gegeven. Dit is bijvoorbeeld het geval als het setpoint analoog beschikbaar is en zo sterk ruist dat filtering noodzakelijk is. Door deze filtering vermindert, net als bij het actuele toerental, de koppelrimpel die ontstaat.



Afbeelding 81: fijne interpolator

55711aen

- | | |
|-------------|--|
| $T_{a,int}$ | aftastcyclus van de toerentalregelaar |
| $T_{a,ext}$ | aftastcyclus van de externe setpointbron |



Het setpoint is echter meestal digitaal beschikbaar. Als de setpointbron met een langzamer raster werkt dan de interne regelaar, is het zinvol om het setpoint via een "fijn-interpolator" te leiden. De fijn-interpolator reduceert de grove kwantificering van het signaal. Hierdoor neemt eveneens de koppelrimpel af.

In afbeelding 81 wordt het hierboven beschreven proces afgebeeld.

De ononderbroken lijn geeft de ingang aan, de gestippelde lijn de uitgang van de fijn-interpolator.

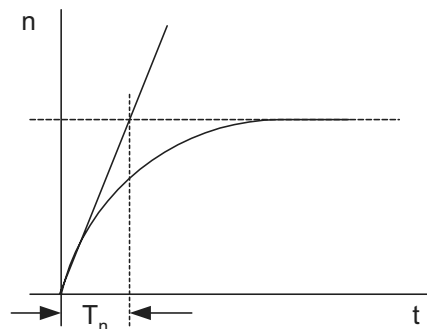
5.3.5 Toerentalregelaar

Met toegestane benaderingen waarop we hier niet nader ingaan, kan het overdrachtsgedrag van de toerentalregelaar worden beschreven als een filter van de eerste orde.

De tijdconstante beschrijft de dynamiek van het regelcircuit. Deze constante wordt als volgt berekend:

$$T_n = \frac{1}{Kp_n}$$

T_n tijdconstante van de toerentalregelaar
 Kp_n P-aandeel van de toerentalregelaar



Afbeelding 82: sprongrespons P_{t1} -element

55713axx

Er is een minimale tijdconstante waarbij het regelcircuit nog net stabiel werkt. Als de tijdconstante onder deze grenswaarde komt doordat Kp_n hoger wordt, begint het toerentalregelcircuit te trillen. De kleinste bereikbare waarde T_n is hierbij afhankelijk van de volgende factoren:

- dynamiek van de stroomregelaar;
- tijdgedrag van de bepaling van het actuele toerental (afastinterval voor positie-meting);
- rekentijd van de digitale toerentalregelaar;
- afastfrequentie van de toerentalregelaar.

De integrator (I-aandeel) in de toerentalregelaar heeft geen wezenlijke invloed op de tijdconstante T_n . De integrator moet blijvende standaardafwijkingen tussen toerentalsetpoint en actueel toerental bij optredende belastingskoppels voorkomen. De parameters die worden ingesteld voor de integrator, beïnvloeden de overgangsresponsie van het actuele toerental. Normaliter worden hierbij parameters ingesteld voor een "aperiodieke inregeling".

In de twee volgende paragrafen wordt beschreven dat ook de massatraagheid een groot effect heeft op de dynamiek van de toerentalregelaar.



5.3.6 Acceleratievooruitsturing

De acceleratievooruitsturing zorgt voor een grotere dynamiek van de besturingsrespons van het regelcircuit. Deze grotere dynamiek is onafhankelijk van de tijdconstante van het regelcircuit.

Houd er rekening mee dat de acceleratievooruitsturing niet van invloed is op de dynamiek van de uitregeling van storende grootheden zoals de belastingssprong. Deze wordt uitsluitend bepaald door de tijdconstante van het toerentalregelcircuit.

Voor de acceleratievooruitsturing wordt op basis van het verloop van het toerentalsetpoint in de tijd een acceleratiewaarde bepaald en wordt de instelwaarde van de toerentalregelaar met deze waarde vermeerderd. Zo kan een koppel op de motoras ontstaan, voordat de regelaar een afwijking tussen het toerentalsetpoint en het actuele toerental herkent.

Als het toerentalsetpoint hoogfrequente storingen heeft, dus sterk "ruist", moet dit worden gefilterd om te zorgen dat de koppelrimpel klein blijft. Ook hier heeft het filteren een vertragend effect op het acceleratiesignaal en reduceert het daardoor de dynamiek in de besturing. Bovendien kan de waarde van de vooruitsturing worden gewogen, maar over het algemeen wordt deze parameter ingesteld op 100%.

5.3.7 Spelingsvrije lastkoppeling

Het koppelen van een massa op een servomotor kan spelingsvrij of met speling zijn. In dit gedeelte wordt de "spelingsvrije lastkoppeling" beschreven.

Met "spelingsvrije lastkoppeling" wordt bedoeld dat de last elke beweging van de motor direct volgt, ook bij zeer kleine positiewijzigingen. Dergelijke aandrijvingen worden vaak "directe aandrijvingen" genoemd.

Door de koppeling van een massa neemt het massatraagheidsmoment J_{tot} in vergelijking met de stationair draaiende motor toe. Als de koppelrimpel ondanks de hogere traagheid binnen het toegestane bereik blijft, kan ook een aandrijving met spelingsvrij gekoppelde last met dezelfde dynamiek als een stationair draaiende motor worden gebruikt.

Als de massatraagheid J_{tot} zoveel toeneemt dat de koppelrimpel buiten het toegestane bereik valt, dan moet de tijdconstante van het filter voor het actuele toerental worden verhoogd. Omdat, zoals boven wordt beschreven, de actuele filterwaarde de dynamiek van de regelaar beperkt, is het nodig de tijdconstante van het regelcircuit te verhogen door K_{p_n} te verlagen. Hier wordt duidelijk dat encodersystemen met een hoge resolutie die de koppelrimpel zonder hoge actuele filterwaarde klein houden, voordelen bieden voor de dynamiek van het regelcircuit.

$$J_{\text{tot}} = J_{\text{mot}} + J_{\text{ext}}$$

J_{tot}	totale massatraagheid
J_{mot}	massatraagheid van de motor
J_{ext}	massatraagheid van de last, gereduceerd op de motoras



5.3.8 Lastkoppeling met speling

Met "lastkoppeling met speling" wordt bedoeld dat de last niet elke beweging van de motor direct volgt, d.w.z. dat de toerentalgeregelde motor beweegt zonder dat de last meebeweegt. Vaak is dit het geval bij een reductor die op een motor is gebouwd.

Als de toerentalregelaar wordt ingesteld op de minimaal mogelijke tijdconstante en de parameter J_{tot} op de totale massatraagheid $J_{\text{mot}} + J_{\text{ext}}$, dan werkt dit alleen zolang als motor en last beide bewegen.

Als de motor zich binnen de speling beweegt, stelt de toerentalregelaar te hoge koppels in omdat de regelaar niet "weet" dat de last ontbreekt. Deze te hoge koppels hebben tot gevolg dat de minimale tijdconstante van het regelcircuit onder de grenswaarde komt en daardoor de regelaar instabiel wordt. Om dit te voorkomen, moet de versterking Kp_n van de regelaar en de factor $J_{\text{mot}} / (J_{\text{mot}} + J_{\text{ext}})$ worden gereduceerd. Dit resulteert dan in de minimale tijdconstante van de toerentalregelaar met lastkoppeling met speling:

$$T_{n, \text{speling}} = T_{n, \text{motor}} \times \frac{J_{\text{mot}} + J_{\text{ext}}}{J_{\text{mot}}}$$

$T_{n, \text{speling}}$	tijdconstante van de hele aandrijving
$T_{n, \text{motor}}$	tijdconstante van de stationair draaiende motor
J_{ext}	massatraagheid van de last, gereduceerd op de motoras
J_{mot}	massatraagheid van de motor

Een aandrijving met speling is dus altijd de zogenoemde massatraagheidsverhouding langzamer dan de minimaal mogelijke tijdconstante van de toerentalregelaar zoals beschreven in de paragraaf "Stijfheid", zie ook pagina 89. Als bijvoorbeeld een last met de 100-voudige motormassatraagheid wordt gekoppeld en de toerentalregelaar een minimaal bereikbare tijdconstante T_n van 2 ms heeft, dan is voor deze aandrijving de minimaal mogelijke tijdconstante 202 ms.



5.4 Positieregeling

De positieregelaar wordt in het algemeen uitgevoerd als P-regelaar. De integrator in het onderliggende toerentalregelsysteem garandeert ook voor het toerentalregelsysteem bij een storende grootte in de vorm van een belastingskoppel dat er geen standaardafwijking blijft bestaan.

Als men rekening houdt met het overdrachtgedrag van de onderliggende toerentalregelaar volgens paragraaf "Toerentalregelaars" op pagina 86 met een filter van de eerste orde, dan resulteert dit voor de positieregelaar in een systeem van de tweede orde. Voor bijna alle toepassingen is een overgang van de actuele positiewaarde zonder doorschieten nodig, oftewel "kritieke demping" en niet voorbij de doelpositie. Dit bereikt men met de hoogst mogelijke dynamiek door de volgende parameters in te stellen voor de P-positieregelaar:

$$K_{p_x} = \frac{K_{p_n}}{2}$$

K_{p_x} P-aandeel van de positieregelaar

K_{p_n} P-aandeel van de toerentalregelaar

Stijfheid

In de voorgaande paragrafen is beschreven dat bij het instellen van parameters voor het positie- en toerentalregelsysteem rekening moet worden gehouden met een groot aantal relaties. Om de inbedrijfstelling te vereenvoudigen, heeft SEW-EURODRIVE de eenheid "stijfheid" geïntroduceerd. Met deze waarde kan de gewenste dynamiek van de aandrijfketen worden gekozen. Bij de inbedrijfstelling kan men daarmee geleidelijk de stabiliteitsgrens van het regelsysteem opzoeken. Hierbij wordt gewaarborgd dat de randvoorwaarden worden aangehouden, zoals kleinste mogelijk filter van het actuele toerental bij naleving van de maximaal toegestane koppelrimpel bij een bepaalde positiereolutie van de encoder.

5.5 Begripsdefinities

Term / afkorting	Definitie / toelichting
HIPERFACE® (Hiperface)	High Performance Interface. Gedeponerd handelsmerk van de firma Sick Stegmann GmbH
Integrator	Genereert een instelcomponent die steeds groter wordt, hoe langer de afwijking aanhoudt.
K_p	Proportionele versterking van de regelaar
K_v	Wegingsfactor van de vooruitsturing
P-element	Proportionele versterker
PWM	Pulsbreedtemodulatie
Regelsysteem	Bestaat uit: vergelijking nominale/actuele waarde, regelaar, regelaartraject
Ripple / rimpel / ruisen / cogging	Schommelingen van een grootte om de gemiddelde waarde
T_i	Tijdconstante van de integrator
Tijdconstante / dynamiek van een regelsysteem	Reactiesnelheid van een regelsysteem
Dode tijd	Vertragingstijd van een regelsysteem tot een wijziging plaatsvindt
V/f-procedure	Spanning/frequentie-regelmethode



6 Industrieel gebruik

6.1 Netvoeding

De huidige industrienetten werken met een sinusvormige spanning en een nominale frequentie in het gebied van 50-60 Hz. Servoversterkers kunnen worden gebruikt met de meeste netvormen, zoals TN- en TT-netten.

Spanningsschommelingen in het net zijn van invloed op het gedrag van de aandrijving. Als de spanning lager wordt dan het bereik van de nominale spanning, wordt de versterker automatisch uitgeschakeld om schade te voorkomen. Bij een spanning onder het bereik van de nominale spanning levert de motor niet meer de nominale waarden die in de technische gegevens zijn aangegeven.

Servoversterkers zijn minder gevoelig voor spanningspieken die door andere verbruikers of compensatie-installaties zonder spoelen in het stroomnet optreden, als er netsmoorspoelen en een ingebouwde overspanningsbeveiliging worden gebruikt.

6.2 Omgevingscondities

Houd bij de selectie altijd rekening met de omgevingscondities die voor de servoversterker zijn toegestaan.

Belangrijke omgevingscondities zijn:

- **Opstellingshoogte**
Moderne servoversterkers zijn meestal zo bemeten dat ze tot een opstellingshoogte van 1000 m zonder beperkingen kunnen worden gebruikt. Als de apparaten op grotere hoogten worden gebruikt, moet u uitgaan van een derating, oftewel een vermogensvermindering. De vermogensreductie ontstaat doordat vanwege de lagere luchtdruk er minder warmte kan worden afgevoerd en de overslagvastheid geringer is in deze omgeving.
- **Omgevingstemperatuur**
Temperatuurbereik ca. 0°C – 45°C is gebruikelijk. Bij hogere temperaturen moet vanwege de verminderde warmteafvoer rekening worden gehouden met een derating.
- **Temperatuur bij opslag**
Voor de opslagtemperatuur is in het algemeen een groter temperatuurbereik toegestaan dan voor de bedrijfstemperatuur, omdat er geen warmte in het apparaat ontstaat die moet worden afgevoerd. Maar houd er rekening mee dat de temperatuur niet mag dalen onder de laagste toegestane temperatuur omdat anders de condensatoren in de tussenkring te diep kunnen worden ontladen. Na een lange opslagtijd en een te diepe ontlading moeten de condensatoren worden geformeerd voordat ze op de netspanning worden aangesloten.
- Verontreinigingsklasse volgens IEC 60664-1; VDE 0110-1.
- Storingsimmunititeit.

6.3 Aanwijzingen bij de motor

Servoversterkers werken met vectorgeoriënteerde regelmethode. Om deze procedure mogelijk te maken en om optimale regelresultaten te bereiken, zijn precieze gegevens over de aangesloten motor nodig. Daarom staat de fabrikant aansluiting van dergelijke motoren op de servoversterker alleen toe als de gegevens van de motor bekend zijn bij de servoversterker of bij de tool voor de inbedrijfstelling. Als motoren van een andere fabrikant in gebruik worden genomen, moeten deze eerst worden gemeten zodat de regelaar met de exacte gegevens kan worden afgestemd.

Bovendien moeten motoren en servoversterkers bij de selectie met betrekking tot het vermogen op elkaar worden afgestemd. Er moet worden gewaarborgd dat de servoversterker de stromen kan leveren die nodig zijn voor de piekkoppels, zie ook hoofdstuk 8 "Selectie".



6.3.1 Synchrone motoren

Synchrone permanent bekrachtigde servomotoren zijn meestal niet geventileerd. Omdat de warmte via convectie wordt afgevoerd, spelen de lakbewerking en verontreiniging van de motor een belangrijke rol. De beschermingsgraad van deze motoren is meestal IP65, dit moet bij de selectie aan de hand van het datablad van de motor worden gecontroleerd.

Optioneel kan veelal het thermische grenskoppel met een onafhankelijk aangedreven ventilator worden verhoogd. Hierover geven de motorkarakteristieken meer informatie.

6.3.2 Asynchrone motoren

Asynchrone servomotoren zijn meestal zelfventilerend. Daarom moet bij permanente belastingen in het lage toerentalbereik bijzondere zorg worden besteed aan de thermische belasting. Het werkpunt, dat is het effectieve koppel bij het gemiddelde toerental, moet onder of mag maximaal op de thermische grenskarakteristiek liggen. Vanwege het lagere koelvermogen bij lage toerentallen is deze karakteristiek in dit bereik ook kleiner, zie ook paragraaf 2.6.1 "Motorkarakteristiek".

6.4 Bekabeling

De kwaliteit en het leggen van de kabels speelt een grote rol bij het gebruik van servoaandrijvingen. De maatbepaling moet zijn afgestemd op de lopende stroom om het spanningsverlies te beperken tot de toegestane waarde. Voor meer criteria voor de dimensionering verwijzen we naar de toepasselijke voorschriften.

Kabels moeten zorgvuldig worden gelegd, vooral in kabelkanalen of kabelgoten. Een ruimtelijke scheiding tussen vermogenskabels en elektronikakabels vermindert elektromagnetische storingen. Afgeschermdde kabels zijn eveneens zeer geschikt om elektromagnetische storingen in de installatie te verminderen. Zie voor meer informatie de instructies van de fabrikant of de nationale of installatiespecifieke voorschriften.

6.5 Elektromagnetische storing / elektromagnetische compatibiliteit

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste termen op het gebied van elektromagnetische compatibiliteit kort beschreven.

Aanvullende literatuur

Meer informatie vindt u in de SEW-EURODRIVE-brochure "Aandrijftechniek in de praktijk: EMC in de aandrijftechniek".

Hier worden de onderwerpen

- stoormechanisme,
- EMC-ontwerp,
- EMC-maatregelen,
- normen en wetten,
- EMC-begrippen,
- werking van zogenoemde EMC-componenten zoals netfilters, smoorspoelen, enz. uitvoerig behandeld.



Terminologie

Elektromagnetische storingen worden in de desbetreffende wetten gedefinieerd als een elektromagnetisch verschijnsel dat het functioneren van een apparaat kan beïnvloeden. Elektromagnetische storingen kunnen de volgende oorzaken hebben:

- ESD = ontlading van statische elektriciteit;
- surge = piekspanning, zoals gevolgen van bliksem / schakelhandelingen in een net;
- gestraalde HF-koppeling en HF-koppeling via leidingen;
- burst = snelle transiënte storingen door openende contacten van inductieve circuits.

Op het gebied van de elektromagnetische storingen worden de volgende termen onderscheiden:

- storingsimmunititeit: het vermogen van een apparaat gedurende een elektromagnetische storing zonder functiebeperking te werken (EMI = elektromagnetische interferentiegevoeligheid, immisiegedrag). De storingsimmunititeit is een kwaliteitskenmerk van de storingsontvanger;
- storingsemisatie: het vermogen van een apparaat elektromagnetische signalen te genereren die bij andere apparaten functiebeperkingen kunnen veroorzaken (EME = elektromagnetische emissie, emissiegedrag). De storingsemisatie is een kwaliteitskenmerk van de storingsbron.

Normen en richtlijnen

Servoversterkers en accessoires zijn componenten die voor de inbouw in machines en installatie zijn bestemd en daarom moeten voldoen aan de EMC-productnorm EN 61800-3 "Regelbare elektrische aandrijfsystemen". Daarnaast moeten nog installatiespecifieke en nationale voorschriften worden nageleefd.

De elektromagnetische compatibiliteit van de componenten van een installatie en de hele installatie is van groot belang. De toegestane condities zijn vastgelegd in de EMC-richtlijnen.

Hierbij worden de volgende normen toegepast:

EMC-productnorm voor regelbare elektrische aandrijfsystemen	
EN 61800-3	
Storingsemisatie	Storingsimmunititeit
EN 550xx	EN 61000-4 .. x

Bij de storingsemisatie wordt onderscheid gemaakt tussen

- grenswaardeklasse A (EN 55011): het apparaat is bestemd voor gebruik in woongebieden, vooropgesteld dat selectie en installatie worden uitgevoerd door elektro-technisch geschoold personeel (basiskennis van maatregelen ter naleving van de EMC-normen kan worden vereist). Wordt veel gebruikt in industriegebieden omdat daar meestal hogere storingsniveaus worden toegelaten;
- grenswaardeklasse B (EN 55011): in woongebieden moeten in het algemeen lagere storingsniveaus worden aangehouden, bijvoorbeeld om geen radio-ontvangers te storen.

Bij de selectie van een servotoepassing moet bekend zijn welke grenswaarde moet worden aangehouden en welke maatregelen hiervoor vereist zijn. Een servoversterker alleen kan niet waarborgen dat een grenswaardeklasse wordt aangehouden. Dit wordt mede bepaald door

- eventueel vereiste aanvullende componenten, zoals netfilters, smoorspoelen, afgeschermd motorkabels;
- een EMC-genormeerde installatie.



Implementatie van de EMC- maatregelen

Het behoort tot de verantwoordelijkheid van de producent van het apparaat om concrete aanwijzingen te geven voor de installatie van een servoversterker conform de EMC-norm. Voor de uitvoering is echter de bouwer of exploitant van de installatie verantwoordelijk. In dit hoofdstuk kunnen alleen algemene aanwijzingen worden gegeven. Deze informatie is niet bedoeld als vervanging van de instructies van de fabrikant of van nationale of installatiespecifieke veiligheidsvoorschriften.

Servoversterkers zijn ten dele fabrieksmatig voorzien van een netfilter waardoor de storingsemisatie door het net al wordt geminimaliseerd zonder dat de gebruiker hiervoor aanvullende maatregelen hoeft te nemen. Voor naleving aan de motorzijde van grenswaardeklassen worden vaak afgeschermd motorkabels of ferrietkernen gebruikt. Omdat de vereiste maatregelen voor naleving van EMC-grenswaardeklassen per apparaat zeer verschillend kunnen zijn, moet de desbetreffende productdocumentatie worden geraadpleegd.

Wij verwijzen hier nogmaals naar de brochure "Aandrijftechniek in de praktijk: EMC in de aandrijftechniek" van SEW-EURODRIVE voor belangrijke informatie over het onderwerp EMC.

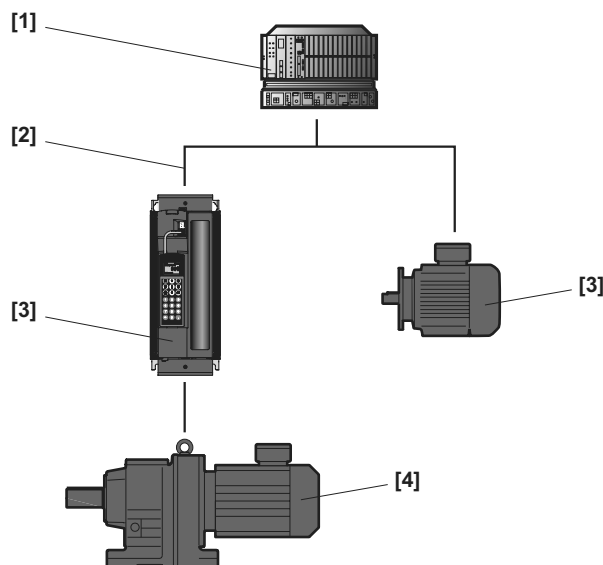
6.6 Regelaarinterfaces

Een groot aantal regelaarinterfaces geeft verschillende netwerkmogelijkheden.

In dit hoofdstuk krijgt u een overzicht van de belangrijkste en meest gebruikte netwerkmogelijkheden van industriële regelaarinterfaces.

6.6.1 Veldbussystemen: koppeling aan een overkoepelende besturing

Veldbussystemen zorgen voor een digitale koppeling van componenten van de industriële automatiseringstechniek.



Afbeelding 83: plc-besturing met veldbusmaster en veldbuslave

56324axx

- [1] veldbusmaster (besturing)
- [2] veldbus
- [3] veldbuslaves
- [4] motorreductor



Cyclisch dataverkeer

De veldbusmaster coördineert het dataverkeer op de veldbus. In het algemeen wordt een plc (programmable logic controller) of een industrie-pc gebruikt. Als onderliggende slaves worden aandrijfsystemen en intelligente sensoren en actoren gebruikt.

Het dataverkeer kan uit cyclische en acyclische data bestaan. De term procesdata verwijst naar de cyclische data die tijdkritisch zijn en snel bewerkt en verzonden moeten worden. De procesdata kunnen worden onderverdeeld in procesuitgangs- en procesingangsdata. Procesuitgangsdata zijn setpoints die door de master naar een slave worden gestuurd. Procesingangsdata zijn actuele waarden die een slave terugmeldt aan de master.

Acyclisch dataverkeer

De meeste veldbussystemen verzorgen niet alleen de procesdata, maar beschikken daarnaast over een parameterkanaal dat meestal acyclisch werkt en zodoende het cyclische dataverkeer niet of nauwelijks beïnvloedt. Met behulp van lees- en schrijf-instructies kan de master naast de vast gedefinieerde nominale en actuele waarden ook andere regelaargegevens benaderen.

Veelal gaat het daarbij om

- het uitlezen van afzonderlijke regelaargegevens, bijvoorbeeld een foutengeheugen;
- het lezen en schrijven van hele records, zoals parametersets, geregistreerde meetwaarden, nokkenschijven, steunpunten.

Enkele veelgebruikte veldbussystemen zijn:

- PROFIBUS DP;
- DeviceNet;
- INTERBUS-S.

Als voorbeeld worden hieronder de eigenschappen van de bussystemen PROFIBUS DP en INTERBUS-S beschreven.

6.6.2 Veldbussysteem Profibus DP

Eigenschappen

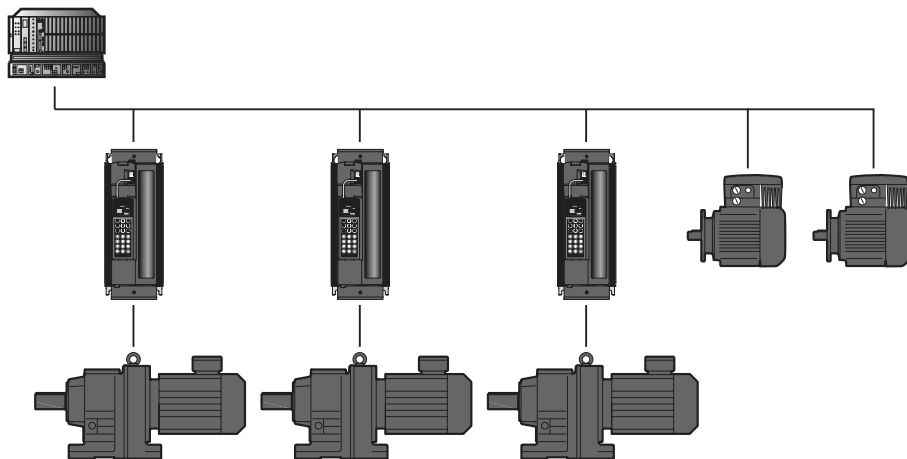
- Profibus staat voor "**Process Field Bus**" en is ontwikkeld door SIEMENS.
- In de gebruikersorganisatie van PROFIBUS hebben de mondiale marktleiders van de automatiseringstechniek hun krachten gebundeld. In samenwerking met de leden wordt de internationale verbreiding van PROFIBUS gestimuleerd. De belangrijkste taken van de organisatie zijn:
 - gemeenschappelijke marketingactiviteiten;
 - verspreiden van informatie;
 - verdere ontwikkeling van de technologie;
 - toekennen en beheren van PROFIBUS-identificatienummers.
- In het algemeen wordt het protocol "PROFIBUS DP" ("**D**ecentrale **P**eriferie") gebruikt:
 - protocoluitbreiding "DP-V1" (versie 1: acyclische parameterinstructies);
 - protocoluitbreiding "DP-V2" (versie 2: synchroniseren van klokfrequentie).
- Lijntopologie op basis van RS485:
 - 12 Mbit/s tot 100 m kabellengte;
 - 9,6 kbit/s tot 1,5 km kabellengte.



- Overdrachtsmedium is meestal koper, optische kabels worden uiterst zelden gebruikt.
- Tot 126 deelnemers mogelijk, bij dit aantal zijn de prestaties echter lager. De bus wordt benaderd via polling.
- De master heeft een stamcode (GSD) nodig van elke slave (deelnemertype).

Voorbeeld

Hieronder ziet u een voorbeeld van een Profibus-opbouw met centraal in de schakelkast geplaatste busdeelnemers, hier MOVIDRIVE[®]-servoversterkers van SEW-EURODRIVE, en decentraal geplaatste busdeelnemers, hier MOVIMOT[®] van SEW-EURODRIVE.



Afbeelding 84: voorbeeld van een Profibus-topologie

56325axx

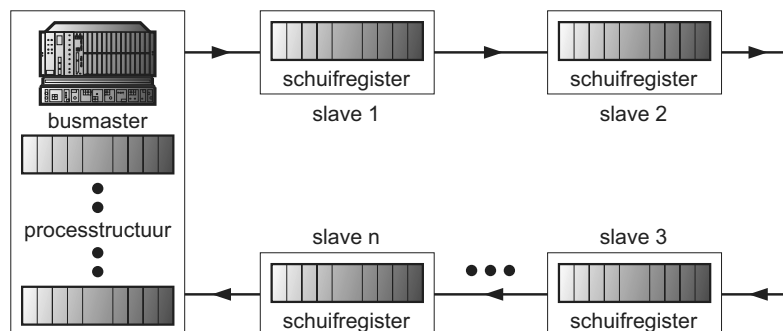
6.6.3 Veldbussysteem INTERBUS-S

Eigenschappen

- INTERBUS-S is ontwikkeld door Phoenix Contact GmbH & Co.
- De INTERBUS-Club e.V. is een internationale vereniging van ondernemingen met het gemeenschappelijke doel INTERBUS technologisch verder te ontwikkelen en de verspreiding te stimuleren. Hiervoor worden automatiseringsoplossingen met INTERBUS en complementaire technologieën ondersteund.
- Ringtopologie op basis van RS485:
 - elke deelnemer werkt als versterker / repeater.
- Tot 2 Mbit/s overdrachtssnelheid.
- Zeer lage cyclustijd door efficiënte dataverwerking.
- Totaalprotocol: in plaats afzonderlijke telegrammen aan elke deelnemer verzendt de master een totaaltelegram waarin de afzonderlijke telegrammen voor elke deelnemer zich achter elkaar bevinden. Hierdoor wordt de cyclustijd aanzienlijk korter.
- Data worden in een register geschoven, zie afbeelding 85.
- Kan eenvoudig worden omgezet naar glasvezeltechniek.
- Eenvoudige foutdetectie.
- Vervangen van apparaten tijdens bedrijf niet mogelijk vanwege de ringstructuur.



Voorbeeld



Afbeelding 85: blokweergave van een Interbus-S-veldbusopbouw

56326anl

6.6.4 Ethernet in veldbustoeepassingen

De Amerikaanse onderneming XEROX bracht in het midden van de jaren zeventig een lokaal netwerk op de markt onder de naam ETHERNET. Inmiddels heeft dit een vaste plaats verworven in de pc-wereld.

Oorspronkelijk was Ethernet echter niet geschikt voor realtime en kon het niet worden gebruikt voor veldbustoeepassingen. De afgelopen jaren hebben diverse ondernemingen voor realtime geschikte profielen ontwikkeld en zo de basis gelegd voor gebruik in de industriële automatiseringstechniek.

Dergelijke toepassingen zijn bijvoorbeeld:

PROFINET	: SIEMENS
MODBUS TCP	: AEG Schneider
Powerlink	: B&R
EtherCAT	: Beckhoff
EtherNet / IP	: Rockwell Automation / Allen Bradley

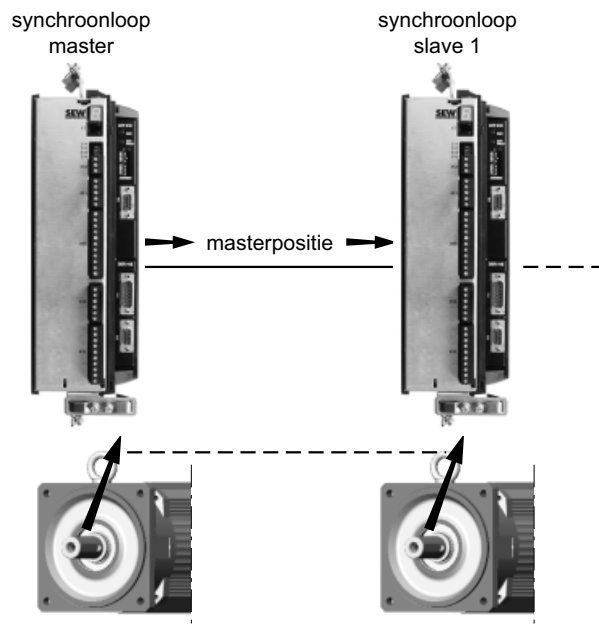


6.6.5 As-naar-as-communicatie

Als meerdere assen in een netwerk direct aan elkaar worden gekoppeld, kunnen deze assen onder elkaar zowel tijdkritische als cyclische en acyclische parametergegevens uitwisselen.

Een voorbeeld van een dergelijke toepassing is de hoeksynchronloop, waarbij de positie van de master gesynchroniseerd aan de slave wordt doorgegeven. Op deze wijze kan bijvoorbeeld een "elektronische as" worden gerealiseerd.

Voor as-naar-as-communicatie komen afhankelijk van de snelheid van de datacommunicatie CAN- of seriële interfaces in aanmerking.



56332anl

Afbeelding 86: opbouwprincipe van een elektronische as met gesynchroniseerde slave (hoeksynchronloop)

De assen kunnen bovendien via een veldbus zijn geïntegreerd om te communiceren met een overkoepelende besturing, bijvoorbeeld een plc. De veldbus en de as-naar-as-communicatie beïnvloeden elkaar hierbij niet.

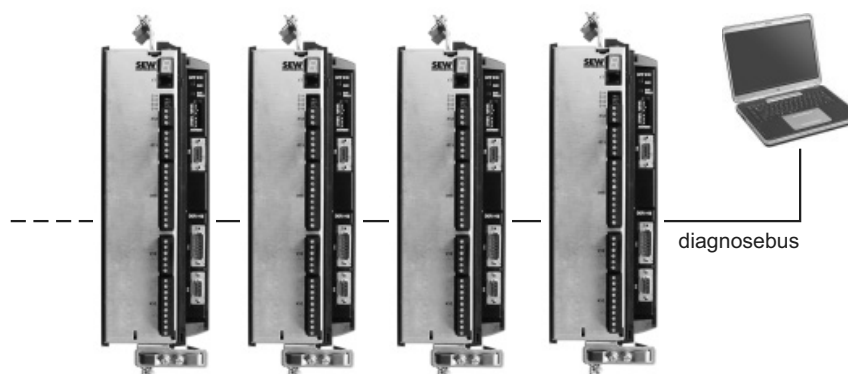


6.6.6 Diagnosebus

Als aan de seriële verbinding van as naar as daarnaast een pc wordt gekoppeld, is het mogelijk het netwerk ook als diagnosebus te gebruiken. De pc wisselt hierbij parameter-data over het parameterkanaal met de assen uit en visualiseert deze data op de pc.

De gebruiker kan met behulp van een diagnose-tool de volgende acties uitvoeren:

- inbedrijfstelling van de assen;
- diagnose van de assen;
- regelaarparameters uit de assen lezen en in de pc opslaan.



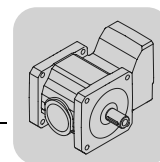
Afbeelding 87: diagnosebus

56333anl

Naast seriële interfaces worden steeds vaker op CAN of Ethernet gebaseerde systemen gebruikt als diagnosebus.

6.7 Begripsdefinities

Term / afkorting	Definitie / toelichting
Derating	Vermogensvermindering door thermische belasting
ESD	Ontlading van statische energie
Surge	Stootspanning
Burst	Snelle, transiënte storingen
EMC	E lektromagnetische c ompatibiliteit
EMI	E lektromagnetische interferentiegevoeligheid
EME	E lektromagnetische e missie
Polling	Verzendoproep voor synchronisatie bij datacommunicatie



7 Servoreductoren

In zijn functie als converter van koppel en toerental is de reductor de centrale module van een servo-motorreductor.

7.1 Eisen aan een servoreductor

Vanwege de meestal korte cyclustijden en de daaruit resulterende hoge acceleraties bij de huidige servotoepassingen worden er bijzondere eisen gesteld aan servoreductoren:

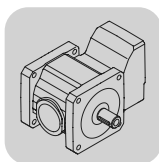
- laag massatraagheidsmoment;
- geringe hoekverdraaiingsspel;
- hoge torsiestijfheid;
- hoog rendement;
- overdracht van zeer hoge koppels op grond van hoge acceleratiewaarden;
- trilarm;
- zo mogelijk overbrengingsverhoudingen in hele getallen;
- lange levensduur en onderhoudsarm;
- compact en licht.

In de volgende tabel wordt weergegeven welke eisen de verschillende toepassingen stellen aan servoreductoren.

Toepassing	Gemiddeld uitgaand toerental	Max. radiale kracht	Max. acceleratie-koppel	Rem-koppel	Massa-traagheid	Stijfheid	Gelijkvormigheid van de beweging	Voor levensmiddelen geschikte aandrijvingen	Explosie-veilige uitvoering
Houtbewerking		x	x	x	x	x			x
Druk machines	x				x	x	x		x
Gereedschapsmachines									
Gereedschapswisselaars			x	x	x	x			
Draaitafels					x	x	x		
Drankenindustrie									
Vul machines			x	x				x	
Transferassen		x		x		x			
Cd-industrie			x		x	x	x		
Verpakking	x		x		x	x	x	x	

Een laag massatraagheidsmoment van de reductor is een voorwaarde voor de realisering van een hoogdynamische aandrijving. In het bijzonder bij aandrijvingen die snel accelereren, is een dynamische reductor met een hoog rendement absoluut noodzakelijk.

Voor het positioneren zijn een zo gering mogelijke hoekverdraaiingsspel en een hoge torsiestijfheid vereist. Speciaal voor de vereisten van de servotechniek werden reductoren ontwikkeld, waarvan de hoekverdraaiingsspel in een bereik van slechts 3 – 6 hoekminuten ligt.



7.2 Algemeen reductoroverzicht

Afhankelijk van de richting van de krachtstroom worden de volgende reductortypen onderscheiden:

- coaxiale reductoren;
- reductoren met parallelle assen;
- kegelwielreductoren.

Bij coaxiale reductoren en reductoren met parallelle assen liggen de ingaande en uitgaande as op één niveau. De krachtstroom is dus rechtlijnig. Bij kegelwielreductoren staan de ingaande en uitgaande as verticaal op elkaar, de krachtstroom wordt haaks afgebogen.

Reductortypen		
Tandwielreductoren	Riemreductoren	Kettingreductoren
Recht tandwiel	Tandriem	Rolketting
Planeetwiel	Vlakke riem	Tandketting
Kegelwiel	V-riem	

In de volgende paragrafen worden de reductortypen die in de servotechniek het meest worden gebruikt, kort beschreven.

7.2.1 Planetaire servoreductoren

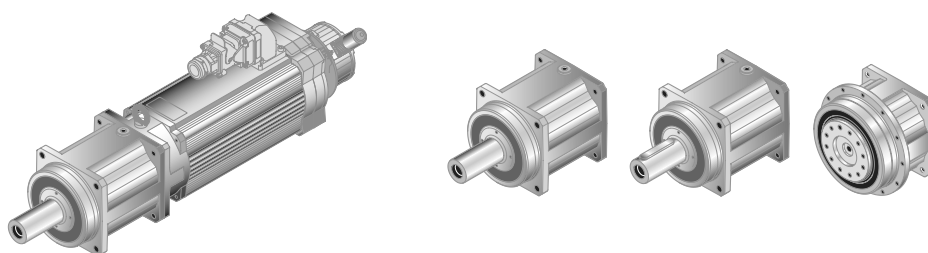
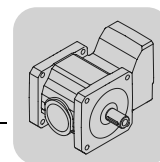
Bij servotoepassingen worden heel vaak planetaire reductoren gebruikt.

De lastverdeling over meerdere planeetwielen zorgt in vergelijking met rechte reductoren voor een duidelijk hogere vermogensdichtheid en zodoende voor een kleiner bouwvolume. Door een geoptimaliseerde vertandingsgeometrie en zeer strenge productietoleranties staan planetaire reductoren garant voor spelingshoeken in een bereik van 3-6 hoekminuten, in bijzondere gevallen zelfs van slechts één hoekminuut. Ruim bemeten asdiameters garanderen een hoge torsiestijfheid en zodoende een hoge positioneringsnauwkeurigheid. Bovendien hebben planetaire reductoren een hoog rendement en zijn ze geluids- en onderhoudsarm.

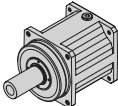
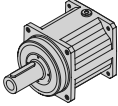
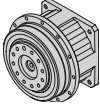
Bijzonder compacte afmetingen kunnen worden bereikt door directe montage op de motor. Met de nieuwe servomotorreductoren van SEW-EURODRIVE is het voor het eerst mogelijk servoreductoren zonder gebruik van een adapter direct op synchrone servomotoren te monteren. Bij deze geïntegreerde servomotorreductoren zijn alle as-naafverbindingen vormsluitend en spelingsvrij uitgevoerd.

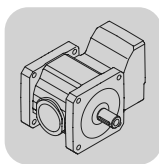
De belangrijkste eigenschappen van de spelingsarme planetaire reductoren van SEW-EURODRIVE zijn:

- hoge toelaatbare koppels;
- hoog rendement;
- hoge torsiestijfheid;
- betrouwbaar en lange levensduur;
- fijngetrapte overbrengingsverhoudingen tot 1:100;
- lage bedrijfstemperatuur;
- constant geringe hoekverdraaiingsspelings;
- hoge toegestane radiale krachten.



Afbeelding 88: voorbeeld van planetaire servoreductor

Planetaire servoreductoren PSF. met B5-aandrijfflens voor bevestiging		
Type		Betekenis
	PSF..	Planetaire servoreductor met volle as.
	PSKF..	Planetaire servoreductor met volle as en spie.
	PSBF..	Planetaire servoreductor met flensblokas volgens EN ISO 9409.

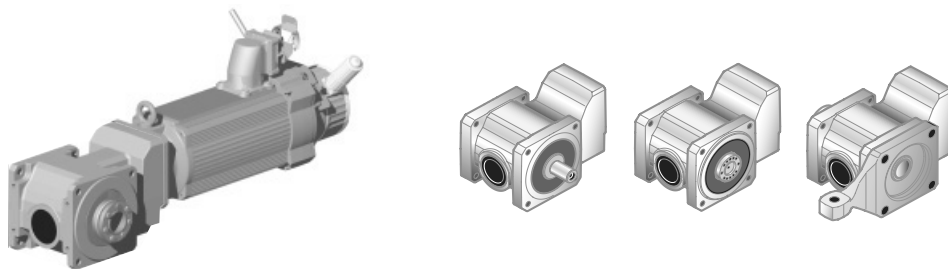


7.2.2 Kegelwiel servoreductoren

Kegelwielreductoren in de serie BSF.. van SEW-EURODRIVE zijn tweetraps reductoren voor toepassingen in de servotechniek. Ze hebben een rechte trap met schuine vertanding aan de ingaande as en een kegelwieltrap met haakse verplaatsing aan de uitgaande as. De behuizingen zijn uit één stuk opgebouwd. Ook bij de kegelwiel servoreductoren worden door de directe montage op de motor die door SEW-EURODRIVE wordt gerealiseerd, bijzonder compacte afmetingen bereikt.

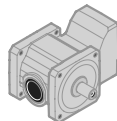
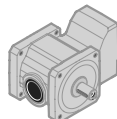
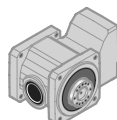
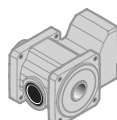
De belangrijkste eigenschappen van de kegelwiel servoreductoren van SEW-EURODRIVE zijn:

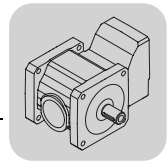
- hoge toegestane koppels;
- hoge toegestane radiale krachten;
- betrouwbaar en lange levensduur;
- fijngetrapte overbrengingsverhoudingen tot 1:40;
- slijtagevrij lopende vertanding;
- maximum aan mogelijkheden;
- compacte en lichte constructie;
- constant geringe hoekverdraaiingsspelings.



Afbeelding 89: voorbeeld van kegelwiel servoreductor

Uitvoerings- soorten van spelingsarme kegelwiel- reductoren

Kegelwiel servoreductor BSF.. met B5-aandrijfflens voor montage		
Type	Betekenis	
	BSF..	Kegelwiel servoreductor met volle as.
	BSKF..	Kegelwiel servoreductor met volle as en spie.
	BSBF..	Kegelwiel servoreductor met flensblok volgens EN ISO 9409.
	BSHF..	Kegelwiel servoreductor met holle as en krimpshijf tegenover de uitgaande aszijde.



7.2.3 Rechte reductoren

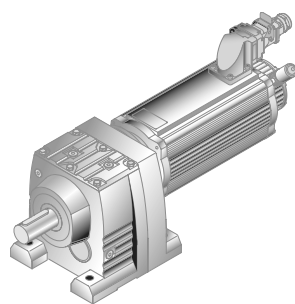
De productie van rechte reductoren is relatief goedkoop en met hun eenvoudige en robuuste constructie voldoen ze aan een groot aantal vereisten. Ze worden daarom in veel toepassingen ingezet.

Bij vlakke reductoren met een recht tandwiel lopen de ingaande en uitgaande as parallel aan elkaar. Daarom is de hele aandrijving kort en smal, wat in het bijzonder bij kleine ruimten een groot voordeel is.

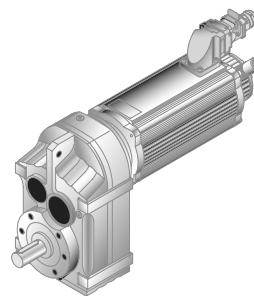
Rechte reductoren worden in de servotechniek meestal in de spelingsarme uitvoering gebruikt.

De belangrijkste eigenschappen van rechte reductoren zijn:

- goedkoper;
- veel combinatiemogelijkheden;
- groot overbrengingsverhoudings- en koppelbereik; reductoropbouw: een-, twee-, drietraps; gecombineerde reductor;
- hoog rendement;
- optioneel met gereduceerde speling.

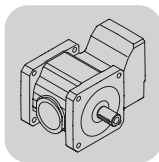


Rechte reductor-
motor



Vlakke motorreductor

Afbeelding 90: voorbeeld van rechte motorreductoren



7.2.4 Kegelwielreductoren

Als er weinig ruimte voor montage is, worden vaak kegelwielreductoren gebruikt omdat ze vanwege de haakse uitgaande as een zeer compacte constructie hebben.

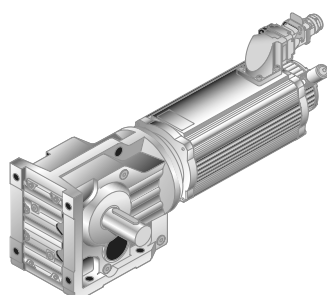
Kegelwielreductoren zijn leverbaar met:

- holle as met spie;
- holle as met krimpschijf;
- volle as;
- splines-uitvoering.

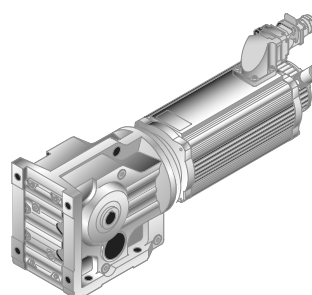
Bovendien bieden de twee uitvoeringssoorten, bevestigingsflens of opsteekuitvoering, veel mogelijkheden om de reductoren in de meest uiteenlopende installaties te integreren. Vanwege de hoge acceleraties en de frequente belastingswisselingen zijn voor servotoepassingen kegelwielreductoren in spelingsarme uitvoering geschikt.

De belangrijkste eigenschappen van kegelwielreductoren zijn:

- weinig plaats nodig door haakse uitgaande as, korte bouwlengte in asrichting;
- optimale integratie mogelijk in de installatie;
- breed scala aan bouwvormen en uitvoeringssoorten;
- veel combinatiemogelijkheden;
- groot overbrengings- en koppelbereik; reductoropbouw: drietraps; gecombineerde reductor;
- hoog rendement;
- hoog aanloopkoppel.



Uitvoering met volle as



Uitvoering met holle as

Afbeelding 91: voorbeeld van haakse motorreductoren



8 Selectie

8.1 Algemene aanwijzingen

Voor de selectie van een servoaandrijving moet niet alleen een bewegingsdiagram worden opgesteld waarin de bewegingscyclus precies wordt beschreven, maar moet ook een groot aantal andere gegevens over de toepassings- en omgevingscondities worden vastgelegd. Voor het ontwerp van de aandrijving zijn gegevens nodig als massa en regelbereik en informatie over de mechanische opbouw van de machine die wordt aangedreven.

Aan de hand van de berekende koppels en toerentallen van de aandrijving kan de geschikte servoaandrijving worden bepaald, waarbij rekening wordt gehouden met verdere mechanische eisen zoals omgevings- en toepassingsvoorwaarden.

De selectie van een servoaandrijving en een lineaire servomotor wordt hieronder aan de hand van een praktisch voorbeeld weergegeven.



8.2 Gegevens over aandrijf- en reductorselectie

Om de onderdelen voor een aandrijving eenduidig te kunnen vastleggen, dienen bepaalde gegevens bekend te zijn of te worden bepaald. Dit zijn:

Gegevens voor de selectie van een servomotorreductor

Gegevens voor de selectie van een servomotorreductor		
ΔS	Positioneringsnauwkeurigheid	[mm]
ID	Relatieve inschakelduur	%
H	Opstellingshoogte	[m boven NAP]
η_{reductor}	Rendement van de reductor	–
η_L	Rendement van de last	–
i	Reductoroverbrengingsverhouding	–
I_0, I_{nom}	Nominale stroom	[A]
$I_{\text{eff_motor}}$	Effectieve motorstroom	[A]
$I_{\text{N_inverter}}$	Nominale stroom van de servoversterker	[A]
IP..	Vereiste beschermingsgraad	–
φ	Hoekverdraaiingsspel	[']
ϑ_{omg}	Omgevingstemperatuur	[°C]
J_{ext}	Massatraagheid (extern) gereduceerd op de motoras	[kgm ²]
J_{reductor}	Massatraagheid van de reductor	[kgm ²]
J_{mot}	Massatraagheid van de motor	[kgm ²]
k	Massatraagheidsverhouding $J_{\text{ext}} / J_{\text{mot}}$	–
M_0, M_{nom}	Nominaal koppel	[Nm]
M1 – M6	Bouwvorm	–
$M_1 \dots M_n$	Uitgaand koppel in tijdsinterval t_1 tot t_n	[Nm]
$M_{\text{a equi}}$	Equivalent uitgaand koppel	[Nm]
$M_{\text{a max}}$	Maximaal uitgaand koppel	[Nm]
M_B	Nominaal koppel	[Nm]
M_{remmotor}	Remkoppel van de motor	[Nm]
M_{DYN}	Dynamisch grenskoppel van de servomotor	[Nm]
$M_{\text{e max}}$	Maximumkoppel ingaande as	[Nm]
M_{eff}	Effectieve koppelbehoefte (m.b.t. de motor)	[Nm]
$M_{\text{eff_motor}}$	Effectief motorkoppel	[Nm]
M_{reductor}	Reductorkoppel	[Nm]
M_{max}	Maximaal uitgaand koppel van de te configureren aandrijving	[Nm]
M_{motor}	Motorkoppel	[Nm]
M_{NOODSTOP}	Toegestaan noodstopkoppel	[Nm]
$M_{\text{NOODSTOP_toep}}$	Noodstopkoppel van de toepassing	[Nm]
M_{stat}	Statisch koppel van de motor	[Nm]
$M_{\text{stat_motor}}$	Motorkoppel tijdens constante beweging	[Nm]
M_{tn}	Koppel in deel n	[Nm]
M_{THEff}	Effectief koppel m.b.t. reductorverwarming	[Nm]
M_{THERM}	Thermisch koppel	[Nm]
$n_{\text{a max}}$	Maximaal uitgaand toerental	[1/min]
n_{am}	Gemiddelde uitgaand toerental van de reductor	[1/min]
n_{e}	Ingaand toerental	[1/min]
$n_{\text{e max}}$	Maximaal ingaand toerental	[1/min]
n_C	Toerentalconstante	[1/min]



Gegevens voor de selectie van een servomotorreductor		
$n_{\max}$	Maximaal toerental	[1/min]
n_{mot}	Motortoerental	[1/min]
n_{nom}	Nominaal toerental	[1/min]
n_x	Gemiddeld toerental in deel x	[1/min]
P_{rem}	Remvermogen	[W]
$P_{\text{rem_piek}}$	Rempiekvermogen	[W]
$S_{..}$	Bedrijfstoestand	–
$t_1 \dots t_n$	Tijdsinterval 1 tot n	[min]
$t_{\text{rem_n}}$	Remtijd in deel n	[s]
t_{cyclus}	Cyclustijd	[s]

Gegevens voor de selectie van een lineaire servoaandrijving

Gegevens voor de selectie van een lineaire servoaandrijving		
μ	Wrijvingscoëfficiënt	–
α	Hellingshoek van het traject	[°]
$a_{\max}$	Maximale acceleratie	[ms ⁻²]
ID	Relatieve inschakelduur	[%]
F_A	Maximaal benodigde aandrijfkracht	[N]
F_D	Magnetische aantrekkingskracht	[N]
F_E	Effectieve kracht buiten de totale cyclus	[N]
F_G	Gewichtskraft	[N]
F_i	Optredende kracht binnen de deelcyclus	[N]
$F_{\max}$	Maximale kracht	[N]
F_{mM}	Maximale voortstuwingskracht van de motor	[N]
F_{nom}	Nominale kracht	[N]
F_R	Maximale wrijvingskracht	[N]
F_{tabel}	Kracht uit de regelaartabel	[N]
F_v	Aandrijfkracht	[N]
$F_{v\max}$	Maximale aandrijfkracht	[N]
F_z	Extra proceskracht	[N]
g	Zwaartekrachtversnelling	[ms ⁻²]
I_{nom}	Nominale stroom	[A]
k_N	Krachtconstante	[NA ⁻¹]
L_p	Lengte van het geselecteerde primaire deel	[mm]
m_L	De massa van een as die moet worden verplaatst	[kg]
m_p	Massa van het primaire deel	[kg]
m_z	Extra massa	[kg]
$P_{\max}$	Maximaal vermogen van de remweerstand	[kW]
P_n	Gemiddeld vermogen van de remweerstand	[kW]
s	Traject	[mm]
S	Lengte van het geconfigureerde traject	[mm]
S_e	Eindschakelaarbereik	[mm]
s_s	Lengte secundair deel	[mm]



Selectie

Gegevens over aandrijf- en reductorselectie

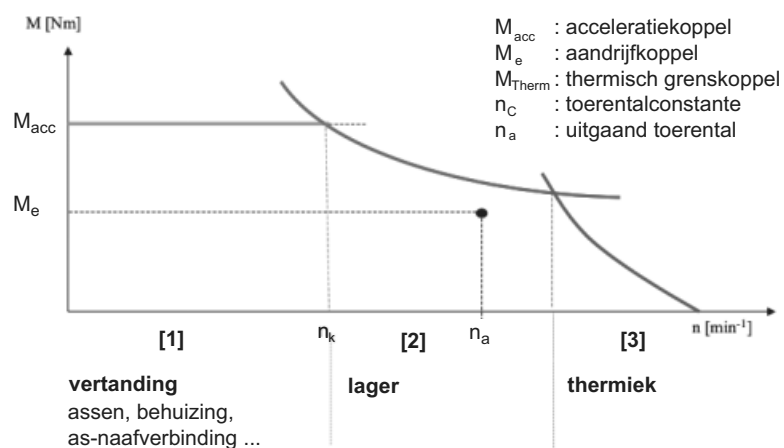
Gegevens voor de selectie van een lineaire servoaandrijving		
t	Totale cyclusduur inclusief pauzetijd	[s]
t_i	Cyclusduur (naar F _i)	[s]
t_n	Tijd in deel n	[s]
v_{max}	Maximale snelheid van een as	[ms ⁻¹]



8.3 Selectieprocedure van een servomotorreductor

De selectieprocedure is als volgt onderverdeeld.

- Reductorselectie, zie ook afbeelding 92
 - [1] vertanding;
 - [2] lager;
 - [3] thermiek.



56614anl

Afbeelding 92: 3-traps selectieprocedure

- Motorselectie
- Selectie servoversterker
- Selectie van de remweerstand

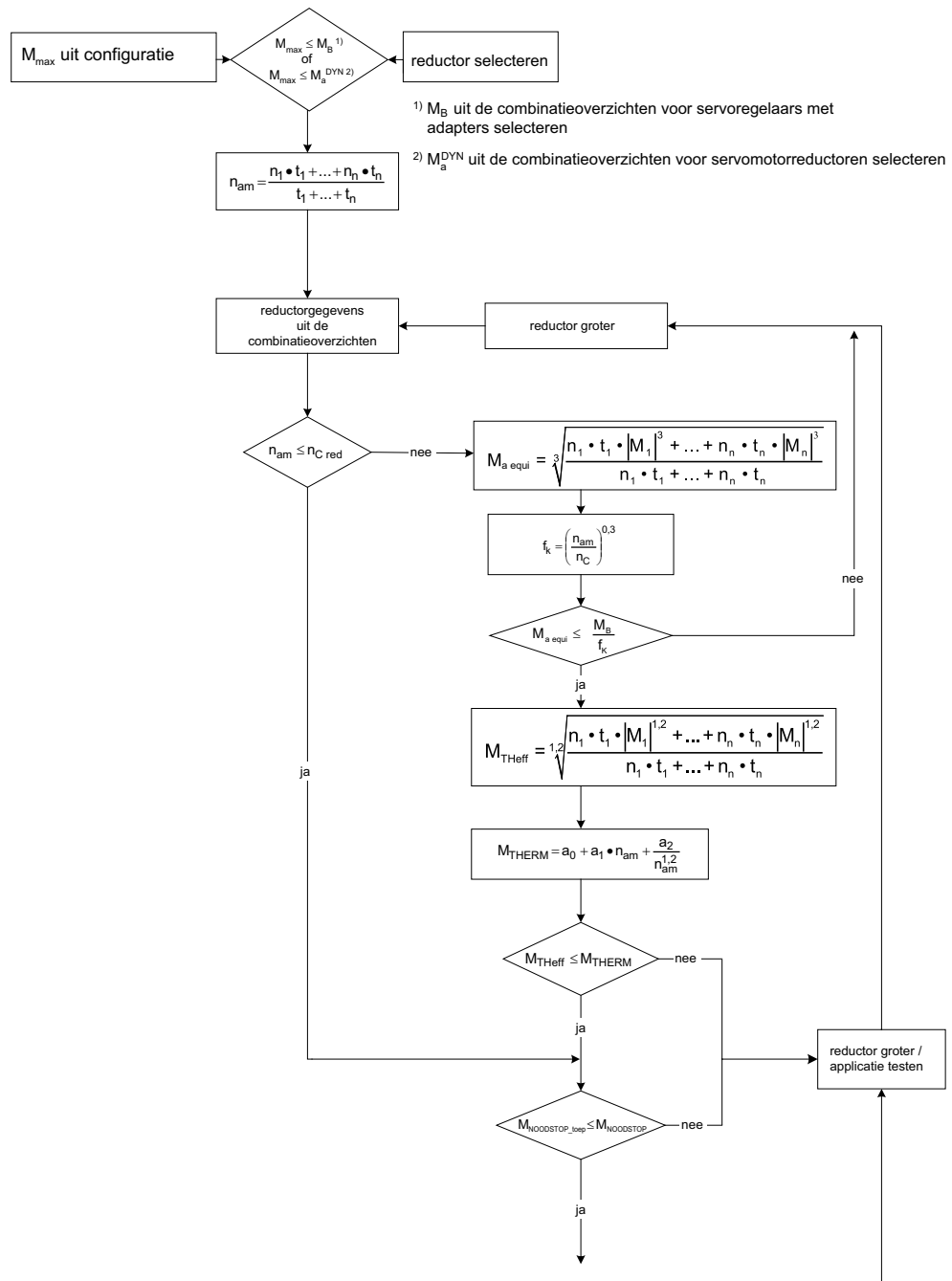


Selectie

Selectieprocedure van een servomotorreductor

In de volgende procedurediagrammen worden de procedures van de selectie van een kegelwiel servoreductor voor een positioneringsaandrijving in S3-bedrijf schematisch weergegeven.

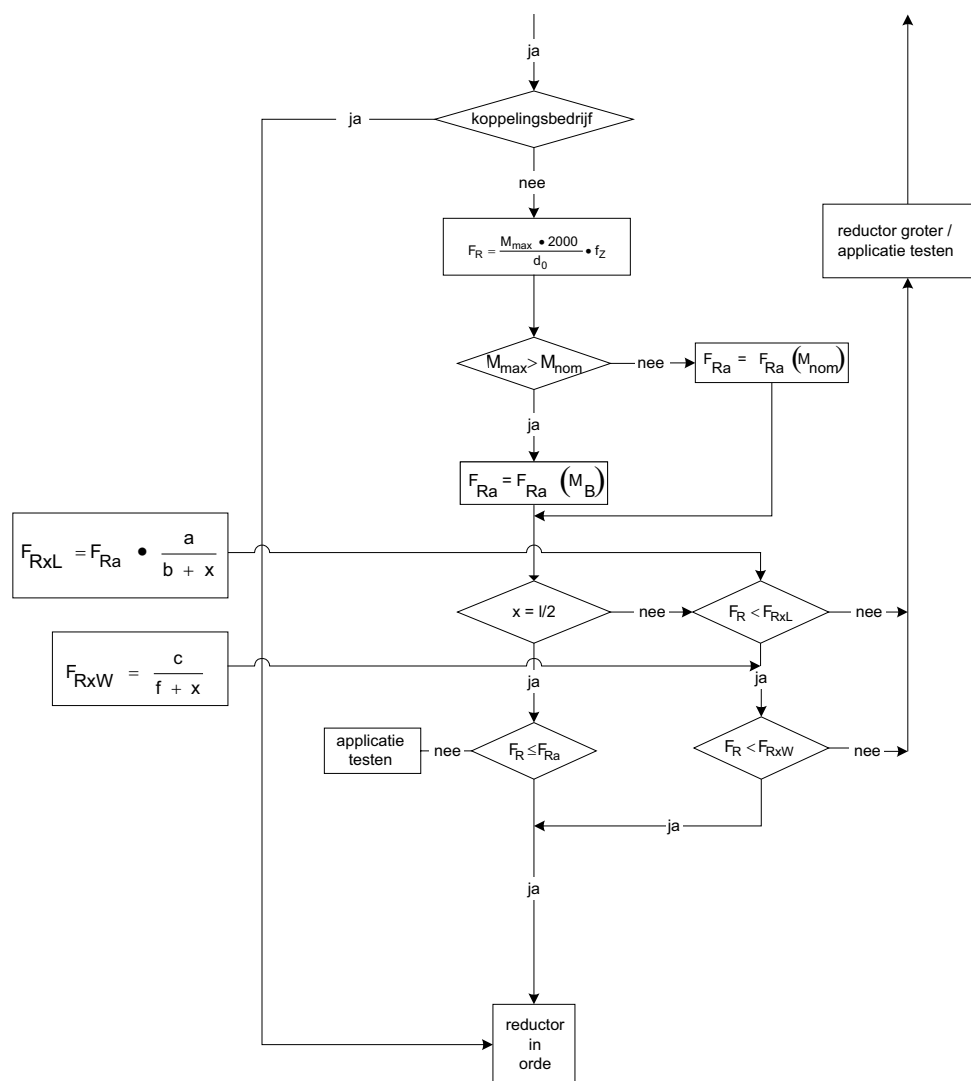
Selectieprocedure deel 1, servoreductoren



54397ANL



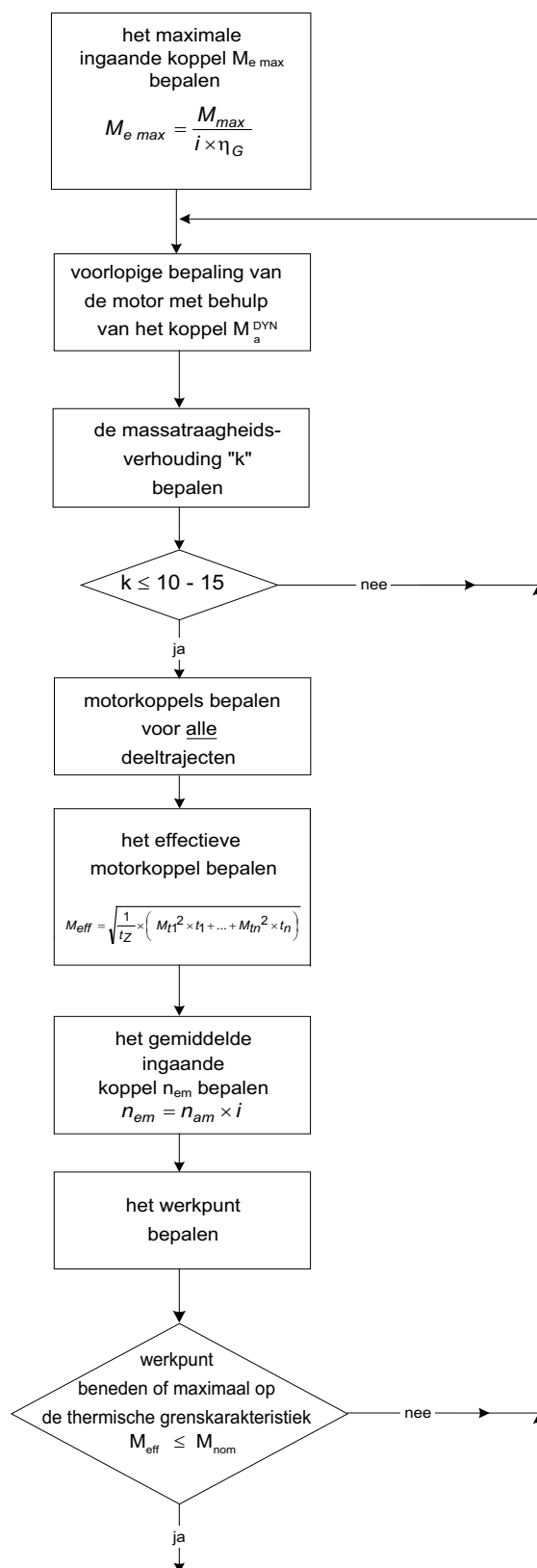
Selectieprocedure deel 2, servoreductoren



53642ANL



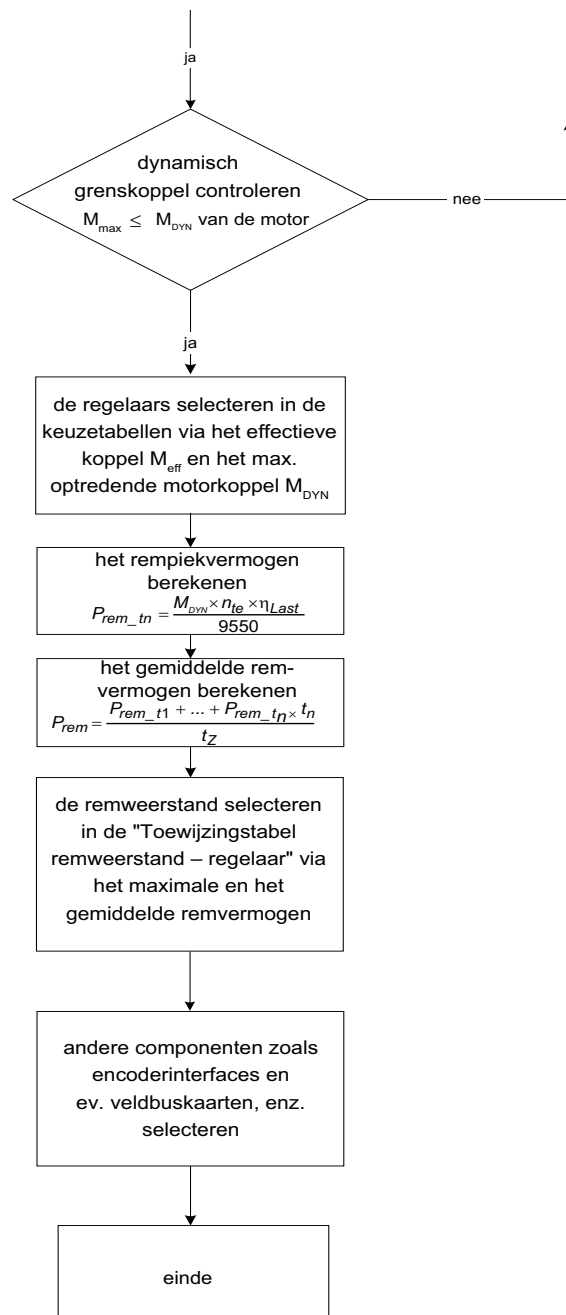
Selectieprocedure deel 3, servomotoren



54515ANL



Selectieprocedure deel 4, servomotoren



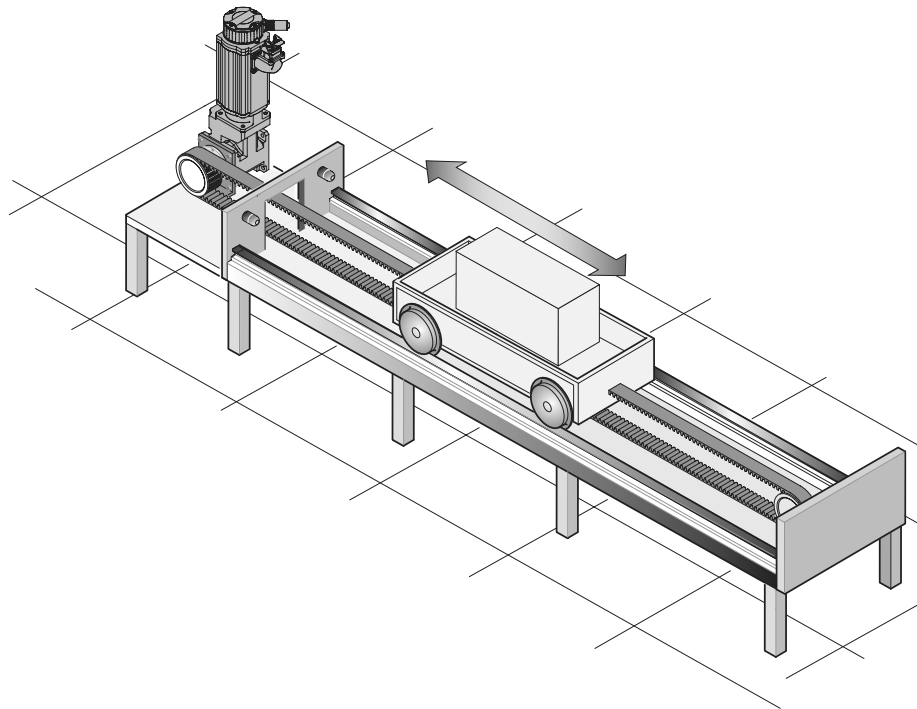
54516ANL

* MOVIDRIVE®-systeemhandboek



8.4 Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

Om de aandrijving te kunnen selecteren, zijn gegevens nodig van de aan te drijven machine (massa, toerental, regelbereik, enz.). Het benodigde vermogen, het koppel en het toerental worden aan de hand van deze gegevens bepaald. In het onderstaande selectievoorbeeld van een servomotorreductor met bijbehorende servoversterker wordt de procedure uitvoerig weergegeven.



54518BXX

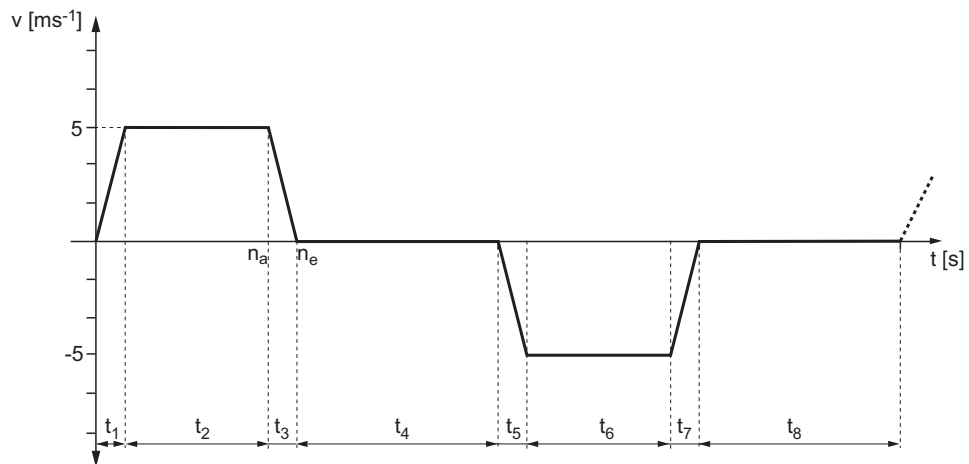
Afbeelding 93: selectievoorbeeld: selectie van een BSF.. reductor met directe motoraanbouw

De volgende gegevens zijn bekend:

Massa van de belasting:	$m_{\text{Last}} = 150 \text{ kg}$
Massa van de trajectwagen:	$m_{\text{wagen}} = 100 \text{ kg}$
Bewegingssnelheid:	$v = 5 \text{ ms}^{-1}$
Acceleratie:	$a = 10 \text{ ms}^{-2}$
Vertraging:	$-a = 10 \text{ ms}^{-2}$
Vertraging bij noodstop:	$-a = 16,8 \text{ ms}^{-2}$
Diameter van het loopwiel:	$D_L = 250 \text{ mm}$
Rijweerstand:	$F_F = 100 \text{ N/t}$
Rendement van de last:	$\eta_L = 0,9$
Omgevingstemperatuur:	$\vartheta = 20^\circ\text{C}$
Vereiste positioneringsnauwkeurigheid:	0,7 mm
Positioneringsnauwkeurigheid van het mechanisme:	0,3 mm
Vereiste EMC-grensklasse:	A
Motortype:	synchrone servomotor
Reductortype:	BSF..
Reductorbouwvorm:	M4
Encodertype:	absolute encoder
Koppeling aan een veldbussysteem van het type:	Profibus DPV1
Toeslagfactor:	$f_z = 2,5$



Bewegingsdiagram



50795AXX

Tijdsintervallen

In het bewegingsdiagram zijn de volgende tijdsintervallen te zien:

$$t_1 = t_3 = t_5 = t_7 = 0,5 \text{ s}$$

$$t_2 = t_6 = 2,0 \text{ s}$$

$$t_4 = t_8 = 1,5 \text{ s}$$

Gemiddeld toerental

Het gemiddelde toerental in deel x wordt als volgt berekend:

$$n_x = \frac{n_a + n_e}{2}$$

Selectie van de servoreductiemotor

Stap 1:
de reductor-
overbrengings-
verhouding
voorlopig bepalen

$$n_{a \max} = \frac{v_{\max}}{D_L \times \pi}$$

$$n_{a \max} = \frac{5 \text{ m/s}}{0,25 \text{ m} \times \pi} = 6,366 \text{ 1/s} = 382 \text{ 1/min}$$

Met behulp van het maximale uitgaande toerental en een voorlopig aangenomen nominaal motortoerental $n_{\text{nom}} = 4500 \text{ 1/min}$ wordt de reductoroverbrengingsverhouding bij benadering bepaald. Het is gebleken dat het gunstig is om rekening te houden met een toerentalreserve van ca. 10%.

$$i_{\text{voorlopig}} = \frac{n_{\text{nom}} - 10 \%}{n_{a \max}}$$

$$i_{\text{voorlopig}} = \frac{4050 \text{ 1/min}}{382 \text{ 1/min}} = 10,6$$

De geselecteerde reductoroverbrengingsverhouding is: $i = 10$.



Selectie

Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

Op basis van de geselecteerde reductoroverbrengingsverhouding is het maximale toerental op de ingaande as $n_{e \max}$:

$$n_{e \max} = i \times n_{a \max}$$

$$n_{e \max} = 10 \times 382 \text{ 1/min} = 3820 \text{ 1/min}$$

*Stap 2:
de statische en
dynamische
koppels bepalen*

Dynamisch koppel in deel t_1 :

$$M_{\text{DYN1}} = \frac{m \times a \times D_L}{\eta_L \times 2}$$

$$M_{\text{DYN1}} = \frac{(150 \text{ kg} + 100 \text{ kg}) \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,25 \text{ m}}{0,9 \times 2} = 347 \text{ Nm}$$

Dynamisch koppel in deel t_3 :

Het dynamische koppel in deel t_3 komt het rendement ten goede, omdat er wordt vertraagd.

$$M_{\text{DYN3}} = \frac{m \times (-a) \times \eta_L \times D_L}{2}$$

$$M_{\text{DYN3}} = \frac{(150 \text{ kg} + 100 \text{ kg}) \times (-10 \text{ m/s}^2) \times 0,9 \times 0,25 \text{ m}}{2} = -281 \text{ Nm}$$

Statisch koppel:

Het statische koppel wordt aan de hand van de rijweerstand berekend en moet in elk deeltraject in aanmerking worden genomen.

Bij acceleratie:

$$M_{\text{stat1}} = \frac{F_F \times D_L \times m}{\eta_L \times 2}$$

$$M_{\text{stat1}} = \frac{100 \text{ N/t} \times 0,25 \text{ m} \times (0,15 \text{ t} + 0,1 \text{ t})}{0,9 \times 2} = 3,5 \text{ Nm}$$

Bij vertraging:

$$M_{\text{stat3}} = F_F \times \frac{D_L \times m \times \eta_L}{2}$$

$$M_{\text{stat3}} = 100 \text{ N/t} \times \frac{0,25 \text{ m}}{2} \times (0,15 \text{ t} + 0,1 \text{ t}) \times 0,9 = 2,8 \text{ Nm}$$



Stap 3:
het maximale
uitgaande koppel
 $M_{a \max}$ bepalen

Bij acceleratie:

$$M_{a \max 1} = M_{\text{stat}1} + M_{\text{dyn}1}$$

$$M_{a \max 1} = 3,5 \text{ Nm} + 347 \text{ Nm} = 351 \text{ Nm}$$

Bij vertraging:

$$M_{a \max 3} = M_{\text{stat}3} + (-M_{\text{dyn}1})$$

$$M_{a \max 3} = 2,8 \text{ Nm} - 281 \text{ Nm} = -278 \text{ Nm}$$

Stap 4:
de reductorgrootte
selecteren

De voorlopige selectie van de servoreductiemotor wordt gemaakt op basis van de combinatietabellen van de catalogus "Spelingsarme servomotorreductoren (BSF..., PSF...)".

Voorlopige reductorselectie: **BSF 502**

Selectie criterium: $M_{a \max} = 351 \text{ Nm}$

Voorwaarde: $M_B \geq M_{a \max}$

$375 \text{ Nm} \geq 351 \text{ Nm} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

Stap 5:
het gemiddelde
uitgaande
toerental bepalen

$$n_{am} = \frac{n_1 \times t_1 + \dots + n_n \times t_n}{t_1 + \dots + t_n}$$

$$n_{am} = \frac{\frac{382 \text{ min}^{-1}}{2} \times 0,5 \text{ s} + 382 \text{ min}^{-1} \times 2 \text{ s} + \frac{382 \text{ min}^{-1}}{2} \times 0,5 \text{ s}}{0,5 \text{ s} + 2 \text{ s} + 0,5 \text{ s} + 1,5 \text{ s}} = 212 \text{ min}^{-1}$$

Voorwaarde: $n_{am} \leq n_k$

$212 \text{ min}^{-1} \leq 130 \text{ min}^{-1} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde wordt niet voldaan.**

Om er zeker van te zijn dat in verhouding tot de belasting de goede reductor is geselecteerd, moet het gemiddelde uitgaande toerental kleiner of maximaal gelijk zijn aan de toerentalconstante n_k van de reductor. Als aan deze voorwaarde niet wordt voldaan, moet de belasting aan de hand van het equivalent koppel worden getest, zie stap 6.

Stap 6:
het equivalent
uitgaande koppel
 $M_{a \text{ equi}}$ bepalen

$$M_{a \text{ equi}} = \sqrt[3]{\frac{n_1 \times t_1 \times |M_1|^3 + \dots + n_n \times t_n \times |M_n|^3}{n_1 \times t_1 + \dots + n_n \times t_n}}$$

$$M_{a \text{ equi}} = \sqrt[3]{\frac{0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} \times |351 \text{ Nm}|^3 + 2 \text{ s} \times 382 \text{ min}^{-1} \times |3,5 \text{ Nm}|^3 + 0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} \times |278 \text{ Nm}|^3}{0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} + 2 \text{ s} \times 382 \text{ min}^{-1} + 0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1}}} = 186,4 \text{ Nm}$$



Selectie

Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

Stap 7:
de toerental-
factor f_k bepalen

Het quotiënt van het gemiddelde uitgaande toerental en de toerentalconstante n_C resulteert in de toerentalfactor f_k . De toerentalfactor is nodig om het equivalent uitgaande koppel te testen. De toerentalfactor moet kleiner of maximaal gelijk zijn aan het nominale koppel van de reductor.

$$f_k = \left(\frac{n_{am}}{n_C} \right)^{0,3}$$

$$f_k = \left(\frac{212 \text{ min}^{-1}}{130 \text{ min}^{-1}} \right)^{0,3} = 1,16$$

Voorwaarde:

$$M_{a \text{ equi}} \leq \frac{M_B}{f_k} \leq \frac{375 \text{ Nm}}{1,16} \leq 323 \text{ Nm}$$

$186 \text{ Nm} \leq 323 \text{ Nm} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

Stap 8:
het effectieve
koppel bepalen
voor het testen van
de toegestane
reductorverwar-
ming

$$M_{THeff} = \sqrt[1,2]{\frac{n_1 \times t_1 \times |M_1|^{1,2} + \dots + n_n \times t_n \times |M_n|^{1,2}}{n_1 \times t_1 + \dots + n_n \times t_n}}$$

$$M_{THeff} = \sqrt[1,2]{\frac{0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} \times |351 \text{ Nm}|^{1,2} + 2 \text{ s} \times 382 \text{ min}^{-1} \times |3,5 \text{ Nm}|^{1,2} + 0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} \times |278 \text{ Nm}|^{1,2}}{0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1} + 2 \text{ s} \times 382 \text{ min}^{-1} + 0,5 \text{ s} \times 191 \text{ min}^{-1}}} = 83,6 \text{ Nm}$$

Stap 9:
het toegestane
thermische koppel
bepalen i.v.m.
reductorverwar-
ming

$$M_{THERM} = a_0 + a_1 \times n_{am} + \frac{a_2}{n_{am}^{1,2}}$$

$$M_{THERM} = -17,47 + (-0,316 \times 212) + \frac{119454}{212^{1,2}} = 108,6 \text{ Nm}$$

Voorwaarde: $M_{THeff} \leq M_{THERM}$

$83,6 \text{ Nm} \leq 108,6 \text{ Nm} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**



*Stap 10:
het noodstop-
koppel vergelijken
met het noodstop-
koppel van de
reductor*

Een noodstop leidt tot hogere koppels als gevolg van kortere vertragingstijden. Daarom moet worden getest of het zogenoemde noodstopkoppel van de toepassing ($M_{\text{NOODSTOP_toep}}$) kleiner is dan het toegestane noodstopkoppel (M_{NOODSTOP}) van de reductor.

Volgens de toepassingsgegevens wordt bij een noodstop met $16,8 \text{ m/s}^2$ vertraagd:

$$M_{\text{NOODSTOP_toep}} = m \times a \times \frac{D}{2}$$

$$M_{\text{NOODSTOP_toep}} = (150 \text{ kg} + 100 \text{ kg}) \times 16,8 \text{ m/s}^2 \times \frac{0,25 \text{ m}}{2} = 525 \text{ Nm}$$

Voorwaarde: $M_{\text{NOODSTOP_toep}} \leq M_{\text{NOODSTOP}}$

$525 \text{ Nm} \leq 560 \text{ Nm} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

*Stap 11:
de radiale
kracht bepalen*

Het aangrijppunt van de radiale kracht is het midden van de as. Vanwege de voorspankracht van de tandriem, wordt een toeslagfactor van 2,5 voor de radiale kracht toegepast.

$$F_R = \frac{M_{\text{max}} \times 2000}{d_0} \times f_z = \frac{347 \times 2000}{250} \times 2,5 = 6940 \text{ N}$$

Voorwaarde: $M_N < M_{\text{max}} < M_B \Rightarrow F_R \leq F_{Ra} (M_B)$.

$\Rightarrow 6940 \text{ N} \leq 12000 \text{ N}$: aan deze voorwaarde is voldaan.

Selectie van de servomotor

*Stap 12:
het acceleratie-
koppel op de
aandrijving aan
de motorzijde
omrekenen*

$$M_{e \text{ max}} = \frac{M_{a \text{ max}}}{i \times \eta_{\text{reductor}}}$$

$$M_{e \text{ max}} = \frac{351 \text{ Nm}}{10 \times 0,91} = 38,6 \text{ Nm}$$

Aan de hand van dit maximale ingaande koppel wordt een voorlopige motorselectie gemaakt die echter nog moet worden getest:

$\Rightarrow$ CM90L/BR

- $J_{\text{mot}} = 35,9 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
- $M_0 = 21,0 \text{ Nm}$
- $n_n = 4500 \text{ 1/min.}$

*Stap 13:
het extra
motorkoppel voor
de acceleratie
testen*

Voor de acceleratie moet de motor nog een bepaald koppel produceren die de motor zelf kan accelereren.

$$M_{\text{motor}} = \frac{J_{\text{motor}} \times n_{\text{max}} \times 2 \times \pi}{t_a}$$

$$M_{\text{motor}} = \frac{35,9 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2 \times 3820 \text{ min}^{-1} \times 2 \times \pi}{0,5 \text{ s}} = 2,9 \text{ Nm}$$



Selectie

Selectievoorbeld van een servomotorreductor

*Stap 14:
het totale
motorkoppel bij
de acceleratie
bepalen*

$$M_{max} = M_{e\ max} + M_{motor}$$

$$M_{max} = 38,6\ \text{Nm} + 2,9\ \text{Nm} = 41,5\ \text{Nm}$$

*Stap 15:
het totale
motorkoppel bij
de vertraging
bepalen*

$$M_{rem_motor} = M_{3\ max} \times \eta_{reductor} \times \frac{1}{i} + M_{motor}$$

$$M_{rem_motor} = -278\ \text{Nm} \times 0,91 \times \frac{1}{10} + (-2,9)\ \text{Nm} = -28,2\ \text{Nm}$$

*Stap 16:
motorkoppel
tijdens constante
beweging bepalen*

$$M_{stat_motor} = M_{stat} \times \frac{1}{i \times \eta_{reductor}}$$

$$M_{stat_motor} = \frac{3,5\ \text{Nm}}{10 \times 0,91} = 0,39\ \text{Nm}$$

*Stap 17:
het effectieve
motorkoppel
bepalen*

Als de motorkoppels voor elk deeltraject zijn bepaald, kan het effectieve motorkoppel worden berekend. Dit is niet toegestaan voor het bepalen van het werkpunt (zie stap 18).

$$M_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t_{cyclus}} \times (M_{t1}^2 \times t_1 + M_{t2}^2 \times t_2 + \dots + M_{tn}^2 \times t_n)}$$

$$M_{eff} = \sqrt{\frac{(41,5\ \text{Nm})^2 \times 0,5\ \text{s} + (0,39\ \text{Nm})^2 \times 2\ \text{s} + (-28,2\ \text{Nm})^2 \times 0,5\ \text{s}}{0,5\ \text{s} + 2\ \text{s} + 0,5\ \text{s} + 1,5\ \text{s}}} = 16,7\ \text{Nm}$$

*Stap 18:
het gemiddelde
toerental bepalen*

Als het effectieve motorkoppel is bepaald, kan het gemiddelde toerental worden berekend. Dit is niet toegestaan voor het bepalen van het werkpunt (zie stap 19).

$$n = n_{am} \times i$$

$$n = 212\ \text{min}^{-1} \times 10 = 2120\ \text{min}^{-1}$$

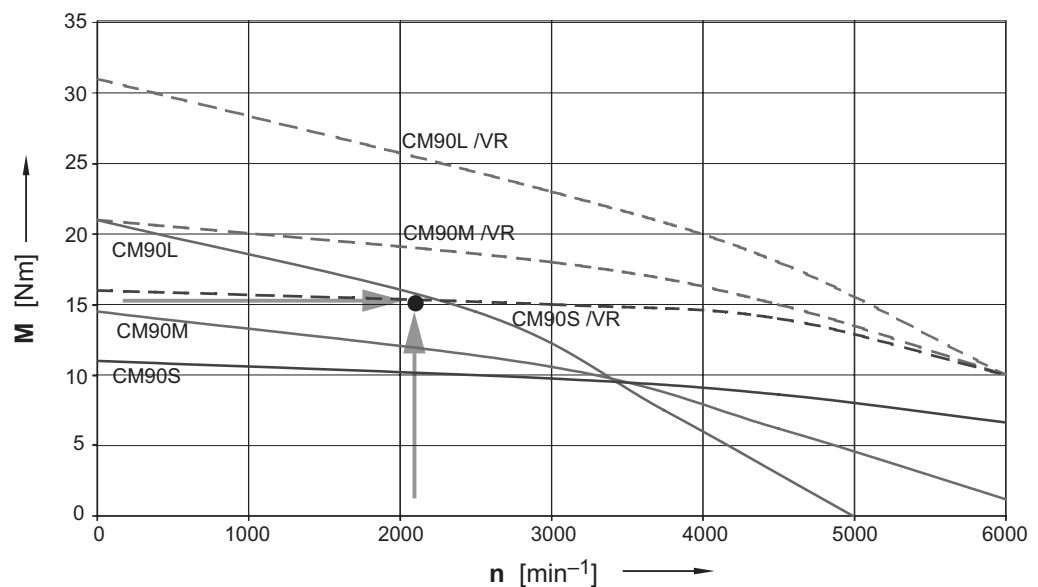


Stap 19:
*het werkpunt
bepalen*

Aan de hand van het werkpunt kan worden beoordeeld of de motor volgens het bewegingsdiagram thermisch wordt overbelast. Hiervoor worden het gemiddelde motortoeental en het effectieve motorkoppel in het diagram "Thermische grenskarakteristiek" ingevoerd, zie afbeelding 94. Het snijpunt is het exacte werkpunt. Het werkpunt moet beneden of maximaal op de thermische grenskarakteristiek liggen

Op grond van de bedrijfsveiligheid wordt aanbevolen een bepaalde afstand tussen het werkpunt en de thermische grenskarakteristiek aan te houden. Dit zorgt voor een bepaalde reserve bij eventuele noodzakelijke veranderingen zoals bijvoorbeeld hogere acceleratiewaarden, hogere belasting, enz.

Daarom wordt de motor CM90L met een onafhankelijk aangedreven ventilator VR uitgerust: CM90L/VR.



54496axx

Afbeelding 94: thermische grenskarakteristiek CM90L/VR met werkpunt van de voorbeeldtoepassing



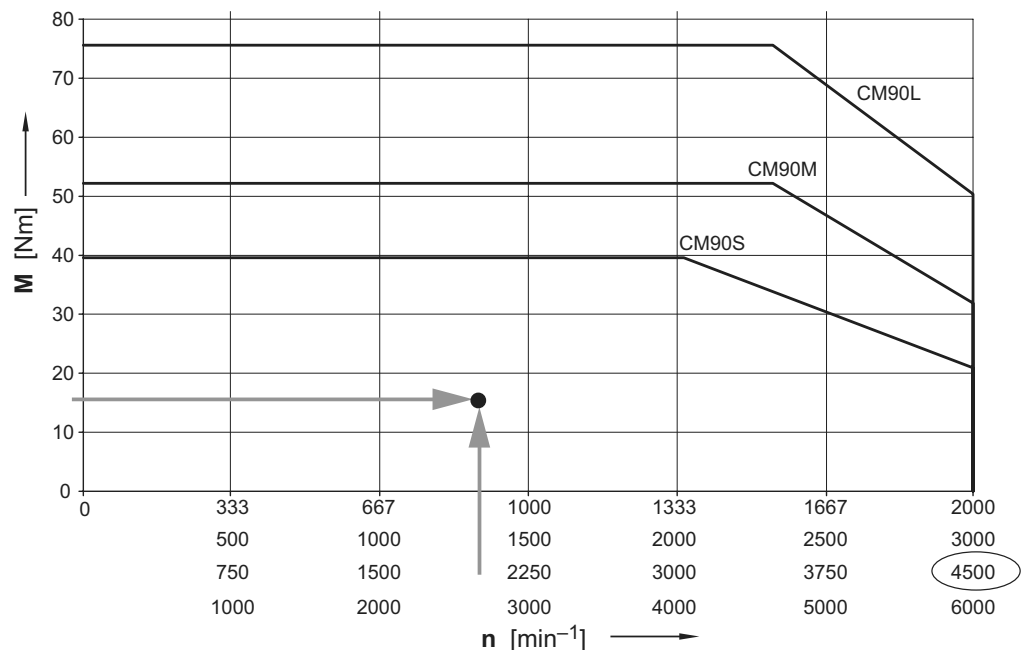
Selectie

Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

*Stap 20:
het maximale
werkpunt bepalen*

Aan de hand van het maximale koppel en het bijbehorende toerental in elk deeltraject word(en)t het (de) maximale werkpunt(en) in het diagram "Dynamische grenskarakteristiek" ingevoerd, zie afbeelding 95. Houd er rekening mee dat het (de) werkpunt(en) beneden of maximaal op de dynamische grenskarakteristiek moet(en) liggen.

Op grond van de bedrijfsveiligheid wordt aanbevolen een bepaalde afstand tussen werkpunt en dynamische grenskarakteristiek aan te houden. Dit zorgt voor een bepaalde reserve bij eventuele noodzakelijke veranderingen zoals bijvoorbeeld veranderingen van het bewegingsdiagram, hogere belasting, enz.



56312axx

Afbeelding 95: dynamische grenskarakteristiek CM90L/VR met max. werkpunt van de voorbeeldtoepassing



Houd er vooral in het bovenste toerentalbereik rekening mee dat het maximaal beschikbare koppel daalt.



Stap 21:
*de massa-
traagheidsverhouding
"k" testen*

De verhouding van externe tot interne massa-traagheid is van doorslaggevend belang op het regelresultaat en mag daarom niet worden verwaarloosd. De massa-traagheidsverhoudingen volgens onderstaande tabel mogen niet overschreden worden.

Aandrijfopstelling	Regeleigenschap	Massa-traagheidsverhouding J_{ext} / J_{mot}
Gesmede tandheugel, reductor met gereduceerde speling	Spelings- en elasticiteitsarme aandrijving	$J_{ext} / J_{mot} < 15$
Tandriem, gereduceerde speling	Gebruikelijke servotoepassingen	$J_{ext} / J_{mot} < 15$
Tandriem, standaardreductor	Standaardtoepassingen, koppelingen met koppelbuffer	$J_{ext} / J_{mot} < 10$

De reductie van de massa-traagheidsverhouding via het motortoerental of de reductor-overbrengingsverhouding heeft vanaf de waarde $J_{ext} / J_{Mot} < 8$ bijna geen regeltechnische voordelen meer.

$$J_{ext} = 91,2 \times m \times \left(\frac{v}{n_{mot}} \right)^2$$

$$J_{ext} = 91,2 \times 250 \text{ kg} \times \left(\frac{5 \text{ m/s}}{3820 \text{ min}^{-1}} \right)^2 = 390 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$k = \frac{J_{ext}}{J_{mot}}$$

$$k = \frac{390 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2}{35,9 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2} = 10,9$$

Voorwaarde: $J_{ext} / J_{mot} < 15$

$10,9 < 15 \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

Stap 22:
*het acceleratie-
koppel als gevolg
van de massa-
traagheid van de
reductor bepalen*

$$M_{reductor} = \frac{J_{reductor} \times n_{max} \times 2 \times \pi}{t_a}$$

$$M_{reductor} = \frac{4 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2 \times 3820 \text{ min}^{-1} \times 2 \times \pi}{0,5 \text{ s}} = 0,9 \text{ Nm}$$



Selectie

Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

Stap 23:
de servoversterker
selecteren

Aan de hand van het effectieve en maximale motorkoppel kan nu volgens de toewijzingstabel motor-servoversterker een servoversterker worden geselecteerd:

$$I_{\text{eff_motor}} = \frac{I_0 \times M_{\text{eff_motor}}}{M_0}$$

$$I_{\text{eff_motor}} = \frac{21,6 \text{ A} \times 16,7 \text{ Nm}}{21 \text{ Nm}} = 17,2 \text{ A}$$

Voorwaarde: $I_{\text{eff_motor}} \leq I_{N_inverter}$

$17,2 \text{ A} \leq 32 \text{ A} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

n_n [1/min]	Motor	M_{max} [Nm]	MOVIDRIVE®									
			0110	0150	0220	0300	0370	0450	0550	0750	0900	1100
			24 [A]	32 [A]	46 [A]	60 [A]	73 [A]	89 [A]	105 [A]	130 [A]	170 [A]	200 [A]
2000	CFM71S	M_{max}										
	CFM71M											
	CFM71L											
	CFM90S											
	CFM90M		52,5									
	CFM90L		70,3	75,8								
	CFM112S		76,2	81,9								
	CFM112M		79,3	99,6	108,0							
	CFM112L		80,3	104,9	141,5	156,8						
	CFM112H		80,1	106,5	150,3	189,2	220,1	237,0				
3000	DFS56M	M_{max}										
	DFS56L											
	DFS56H											
	CFM71S											
	CFM71M											
	CFM71L		31,5									
	CFM90S		39,2									
	CFM90M		47,8	51,6								
	CFM90L		51,1	65,6	75,6							
	CFM112S		54,8	69,8	81,9							
	CFM112M		54,0	70,7	95,7	108,0						
	CFM112L		53,9	71,6	101,0	126,9	147,4	156,8				
	CFM112H		56,6	75,7	108,6	139,9	167,0	197,1	223,2	237,0		
	DFS56M											
4500	DFS56L	M_{max}										
	DFS56H											
	CFM71S											
	CFM71M		21,3									
	CFM71L		30,3	31,2								
	CFM90S		33,6	39,2								
	CFM90M		34,6	44,5	52,1							
	CFM90L		34,7	45,8	63,4	75,0						
	CFM112S		37,4	49,2	67,5	81,9						
	CFM112M		37,1	49,4	69,6	87,4	101,5	108,0				
	CFM112L		35,0	46,8	67,2	86,9	104,1	123,5	140,7	156,8		
	CFM112H				70,9	92,5	112,1	135,5	157,7	189,4	231,6	237,0



Stap 24:
componenten
selecteren

Afhankelijk van de EMC-grenswaardeklasse die in acht moet worden genomen, zijn naast de EMC-genormeerde installatie nog andere maatregelen nodig. Afhankelijk van de grenswaardeklasse aan de motor- of netzijde zijn de volgende oplossingen beschikbaar.

Omdat in ons selectievoorbeeld grenswaardeklasse A in acht moet worden genomen, wordt aan de zijde van de motor een ferrietkern en aan de netzijde een netfilter geselecteerd (zie de onderstaande tabel).

Ferrietkern:

grenswaarde-
klasse A

Voor de EMC-genormeerde installatie volgens EN55011, **grenswaardeklasse A**, zijn naargelang de selectie van de installatie drie oplossingen beschikbaar:

Grenswaarde- klasse A	Aan de motorzijde Bouwgrootte 0 tot 6	Aan de netzijde	
		Bouwgrootte 0 tot 2	Bouwgrootte 3 tot 6
1ste mogelijkheid	Ferrietkern HD...	Geen maatregel noodzakelijk	Netfilter NF...-...
2de mogelijkheid	Afgeschermd motorkabel	Geen maatregel noodzakelijk	Netfilter NF...-...
3de mogelijkheid	Uitgangsfiler HF...	Geen maatregel noodzakelijk	Netfilter NF...-...

Grenswaarde-
klasse B

Voor de EMC-genormeerde installatie volgens EN55011, **grenswaardeklasse B**, zijn al naargelang de selectie van de installatie drie oplossingen beschikbaar:

Grenswaarde- klasse B	Aan de motorzijde Bouwgrootte 0 tot 5	Aan de netzijde Bouwgrootte 0 tot 5
1ste mogelijkheid	Ferrietkern HD...	Netfilter NF...-...
2de mogelijkheid	Afgeschermd motorkabel	Netfilter NF...-...
3de mogelijkheid	Uitgangsfiler HF...	Netfilter NF...-...

De ferrietkern kan uit de desbetreffende overzichtstabel in het MOVIDRIVE®-systeemhandboek worden geselecteerd:

Uitgangssmoorspoeltype	HD001	HD002	HD003	HD004
Artikelnummer	813 325 5	813 557 6	813 558 4	816 885 7
Max. verliesvermogen P_{Vmax}	15 W	8 W	30 W	100 W
Voor kabeldoorsneden/aansluitingen	1,5...16 mm ²	≤ 1,5 mm ²	≥ 16 mm ²	Aansluitbout M12

De ferrietkern wordt overeenkomstig de kabeldoorsnede van de motorleiding geselecteerd. Dit resulteert in: ferrietkerntype HD001.



Selectie

Selectievoorbeeld van een servomotorreductor

Netfilter

Het netfilter wordt ook aan de hand van de keuzetabel in het MOVIDRIVE-systeem-handboek geselecteerd:

Bij de selectie moet erop worden gelet dat de netspanning en de belasting geschikt zijn voor de applicatievereisten.

Netfiltertype	NF009-503	NF014-503	NF018-503	NF035-503	NF048-503
Artikelnummer	827 412 6	827 116 X	827 413 4	827 128 3	827 117 8
Nominale spanning U_N	3 × 500 V _{AC} +10%, 50/60 Hz				
Nominale stroom I_N	9 A _{AC}	14 A _{AC}	18 A _{AC}	35 A _{AC}	48 A _{AC}
Vermogensverlies bij I_N P_V	6 W	9 W	12 W	15 W	22 W
Aardlekstroom bij U_N	< 25 mA	< 25 mA	< 25 mA	< 25 mA	< 40 mA
Omgevingstemperatuur ϑ_U	−25 ... +40°C				
Veiligheidsklasse	IP 20 (EN 60529)				
Aansluitingen L1-L3/L1'-L3' PE	4 mm ² Bout M5			10 mm ² Bout M5/M6	
Toewijzing 400/500 V-apparatuur (MDX60/61B...-5_3)					
Nominaal bedrijf (100%)	0005...0040	0055/0075	–	0110/0150	0220
Verhoogd vermogen (VFC, 125%)	0005...0030	0040/0055	0075	0110	0150
Toewijzing 230 V-apparatuur (MDX61B...-2_3)					
Nominaal bedrijf (100%)	0015/0022	0037	–	0055/0075	0110
Verhoogd vermogen (VFC, 125%)	0015	0022	0037	0055/0075	–

Voor het selectievoorbeeld is geselecteerd: netfiltertype NF048-503.

Stap 25: overige systeem- componenten selecteren:

Encoder (encoderkaart)

Volgens de toepassingsgegevens is een absolute encoder nodig. Hiervoor wordt een Hiperface-encoder in multiturn-uitvoering geselecteerd. In dit geval is een corresponderende encoderkaart voor de servoversterker nodig.

Voor het selectievoorbeeld is daarom geselecteerd: encoderkaart DEH11B.

Veldbus

Voor de koppeling aan het veldbussysteem wordt de volgende veldbusinterface geselecteerd: Profibus-interface DFP21B.

Stap 26: het rempiek- vermogen bepalen in deel t_3

$$P_{rem_piek} = \frac{M_{rem_motor} \times n_{max}}{9550}$$

$$P_{rem_piek} = \frac{-28,2 \text{ Nm} \times 3820 \text{ min}^{-1}}{9550} = 11,28 \text{ kW}$$



Stap 27:
het gemiddelde
remvermogen
bepalen in deel t_3

$$P_{rem_piek} = \frac{M_{rem_motor} \times \frac{n_{max}}{2}}{9550}$$

$$P_{rem_piek} = \frac{-28,2 \text{ Nm} \times \frac{3820 \text{ min}^{-1}}{2}}{9550} = 5,64 \text{ kW}$$

Stap 28:
de inschakelduur
ID van de rem-
weerstand bepalen

$$ID = \frac{t_{rem1} + \dots + t_{remn}}{t_1 + \dots + t_n} \times 100 \%$$

$$ID = \frac{0,5 \text{ s}}{0,5 \text{ s} + 2 \text{ s} + 0,5 \text{ s} + 1,5 \text{ s}} \times 100 \% = 11,1 \%$$

Stap 29:
de remweerstand
selecteren en
testen

Keuze van de remweerstand met behulp van het "Systeemhandboek MOVIDRIVE® MDX60B/61B": BW018-015
Voorwaarde: $5,64 \text{ kW}_{ID 11\%} < 6,7 \text{ kW}$ en $11,4 \text{ kW}_{ID 6\%} > 11,3 \text{ kW}$
→ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

Stap 30:
de positionerings-
nauwkeurigheid
controleren

$$\Delta S = \Delta S_{reductor} + \Delta S_{encoder} + \Delta S_{mechanisme}$$

$$\Delta S_{reductor} = \frac{D \times \pi \times \alpha_{reductor}}{360^\circ}$$

$$\Delta S_{reductor} = \frac{0,25 \text{ m} \times \pi \times \frac{6'}{2}}{360^\circ} = 0,218 \text{ mm}$$

$$\Delta S_{encoder} = \frac{D \times \pi \times 5 \text{ inc}}{4096 \text{ inc} \times i}$$

$$\Delta S_{encoder} = \frac{0,25 \text{ m} \times \pi \times 5 \text{ inc}}{4096 \text{ inc} \times 10} = 0,095 \text{ mm}$$

$$\Delta S_{mechanisme} = 0,3 \text{ mm}$$

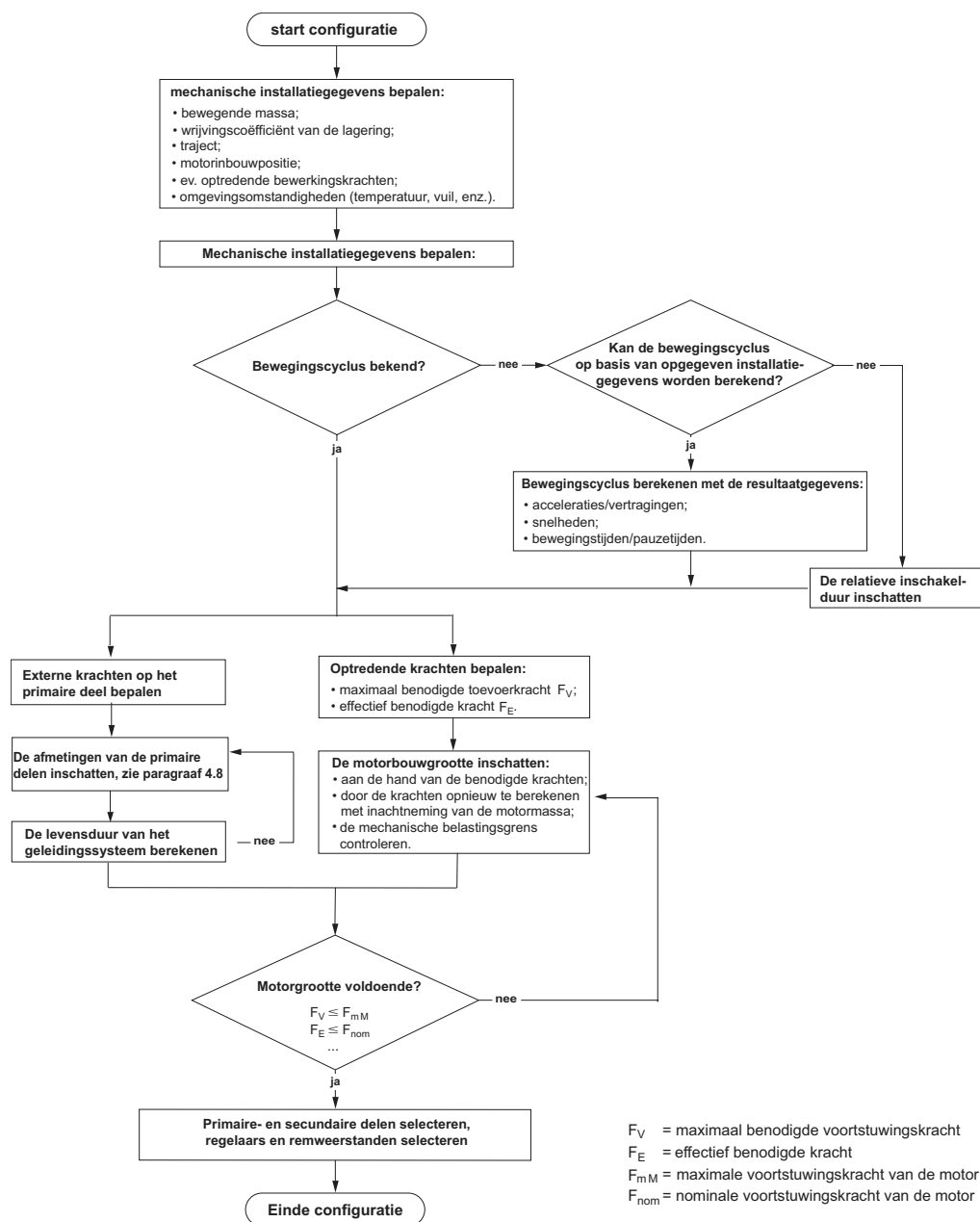
$$\Delta S = 0,218 \text{ mm} + 0,095 \text{ mm} + 0,3 \text{ mm} = 0,613 \text{ mm}$$

Voorwaarde: $\Delta S < 0,7 \text{ mm}$
Aan deze voorwaarde is voldaan.



8.5 Selectieprocedure van een lineaire servoaandrijving

In het volgende procedurediagram wordt schematisch de procedure weergegeven van de selectie van een SEW-lineaire aandrijving SL2.

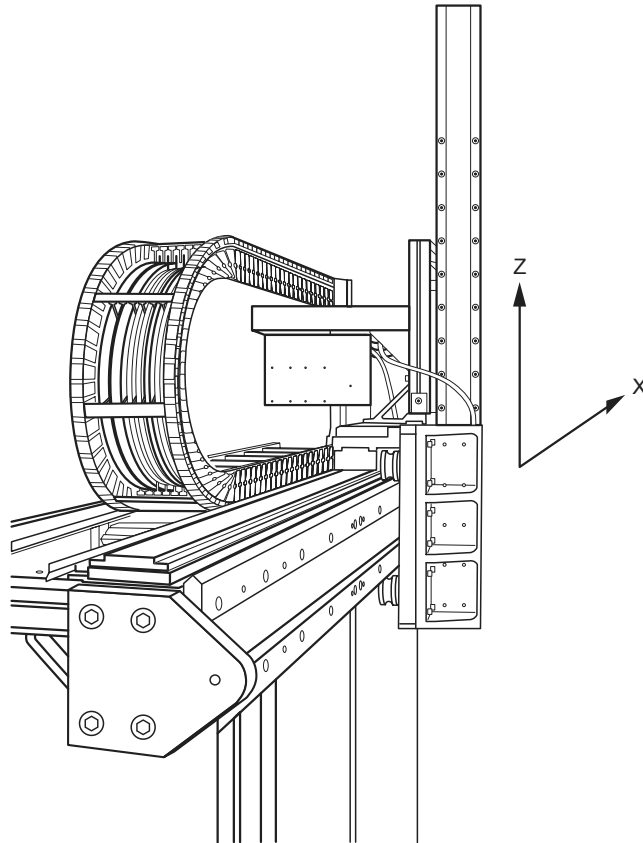


56417bnl



8.6 Selectievoorbeeld van een lineaire servoaandrijving SL2

Selectievoorbeeld



Afbeelding 96: high-speedlaadportaal

56350AXX

Een high-speedlaadportaal moet met een synchrone lineaire motor SL2 worden uitgerust.

De volgende gegevens zijn bekend:

Horizontale as (x-as):

Gewicht	$m_L = 50 \text{ kg} + \text{massa van de verticale as}$
Maximumsnelheid	$v_{\max} = 6 \text{ m/s}$
Traject	$s = 2 \text{ m}$

Verticale as (z-as):

Gewicht	$m_L = 25 \text{ kg}$
Maximumsnelheid	$v_{\max} = 6 \text{ m/s}$
Traject	$s = 0,8 \text{ m}$

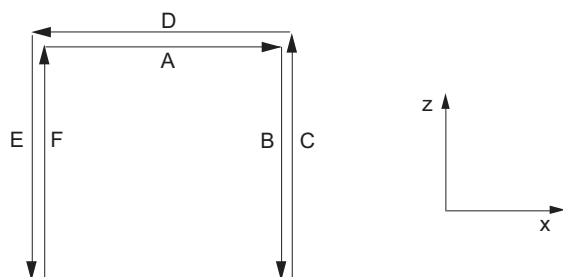


Selectie

Selectievoorbeeld van een lineaire servoaandrijving SL2

De cyclustijd voor een product moet minimaal zijn. Daarom wordt in de z-as een driehoeksbedrijf nagestreefd, zolang de maximumsnelheid van 6 m/s daardoor niet wordt overschreden.

Vooruitrijden [A]	Laten zakken [B]	Optillen [C]	Terugrijden [D]	Laten zakken [E]	Optillen [F]
ca. 0,5 s	ca. 0,5 s		ca. 0,5 s	ca. 0,5 s	

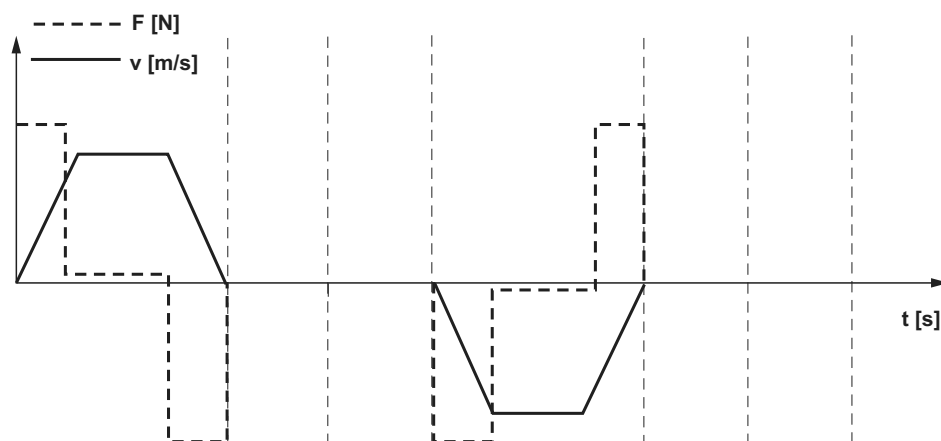


52981AXX

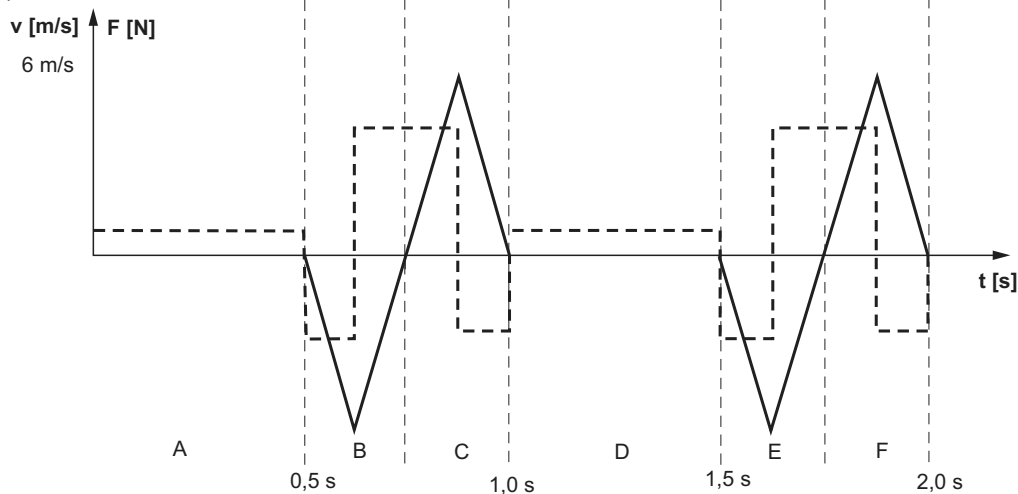
Afbeelding 97: bewegingscyclus

Dit resulteert in de volgende bewegingsdiagrammen:

Horizontale as (x-as)



Verticale as (z-as)



52997AXX

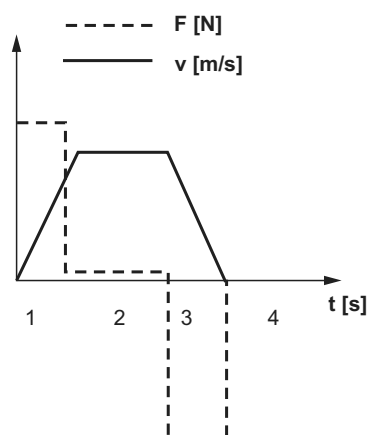
Afbeelding 98: bewegingsdiagram

In het volgende selectievoorbeeld wordt eerst de x-as en vervolgens de z-as berekend.

**Selectievoorbeeld 1A rijwerk (x-as)**

Stap 1:
bewegingscyclus
bepalen

(machinenulpunt = linker rustpositie, positieve bewegingsrichting: naar rechts)



Afbeelding 99: delen n van de bewegingscyclus

53000AXX

1, 2, 3, 4 = delen van de bewegingscyclus

Uit de bewegingsdiagrammen blijkt dat de aandrijving 2 m in 0,5 s moet afleggen. Bij driehoeksbedrijf resulteert het in een vereiste maximumsnelheid v_{max} van:

$$v_{max} = \frac{2 \times s}{t} = \frac{2 \times 1 \text{ m}}{0,25 \text{ s}} = 8 \text{ m/s}$$

Omdat $v_{max} > v_{maxmotor}$, is voor de x-as alleen trapeziumbedrijf mogelijk.

Berekening van de vereiste acceleratie waarbij wordt uitgegaan van een trapeziumbedrijf 1/3 acceleratie, 1/3 constante beweging, 1/3 deceleratie:

$$a_{max} = \frac{v_{max}}{\frac{1}{3} \times t} = \frac{6 \text{ m/s}}{0,1667 \text{ s}} = 36 \text{ m/s}^2$$

Stap 2:
motorgrootte
inschatten

Ter inschatting van de motorbouwgroote wordt van een totale belasting van 60 kg van de hijsas uitgegaan.

Gewoonlijk wordt eerst de hijsas geselecteerd en daarna de rij-as. Omdat de selectie van een hijsas ook de selectie van een rij-as inhoudt, is de volgorde hier veranderd en wordt voor het gewicht van de hijsas van een aanname uitgegaan.

Dit resulteert voor het rijwerk in:

$$m_L = 50 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 110 \text{ kg}$$

$$F_{mM} = m_L \times [a_{max} + (g \times \sin \alpha)] \times 1,5$$

$$F_{mM} = 110 \text{ kg} \times 36 \text{ m/s}^2 \times 1,5 = 5940 \text{ N}$$



Selectie

Selectievoorbeld van een lineaire servoaandrijving SL2

Uit de motortabel wordt een SL2-P-150ML-060 geselecteerd met:

- $F_1 = 6000 \text{ N}$;
- $v_1 = 6 \text{ m/s}$;
- $F_D = 17000 \text{ N}$;
- $m_P = 36 \text{ kg}$.

Voorwaarde: $F_{mM} \leq F_1$

$5940 \text{ N} \leq 6000 \text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**

*Stap 3:
de krachten in
afzonderlijke
deeltrajecten
berekenen en
de dynamische
belasting testen*

$$F_R = (F_G + F_D) \times \mu$$

$$F_R = [(m_L + m_P) \times g \times \cos \alpha + F_D] \times \mu$$

$$F_R = [(110 \text{ kg} + 36 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2 + 17000 \text{ N}] \times 0,01 = 184,3 \text{ N}$$

Extra proceskracht F_Z : geen

Dynamische acceleratiekracht:

$$F_A = (m_L + m_P) \times a_{max}$$

$$F_A = (110 \text{ kg} + 36 \text{ kg}) \times 36 \text{ m/s}^2 = 5256 \text{ N}$$

Met de formule voor het berekenen van de gelijkvormige geaccelereerde beweging wordt het resultaat voor de afzonderlijke deeltrajecten:

Deel		1	2	3	4
Weg	[m]	0,5	1	0,5	0
Tijd	[s]	0,167	0,167	0,167	0,5
Eindsnelheid	[m/s]	6	6	0	0
Acceleratie	[m/s ²]	36	0	-36	0
Aandrijfkraft	[N]	$F_A + F_R$	F_R	$-F_A + F_R$	0
		5440,3	184,3	5071,7	0

Alle bedrijfspunten liggen binnen de dynamische grenschrachtkarakteristiek en de maximale aandrijfkraft is

$$F_{vmax} = F_A + F_R = 2765,7 \text{ N}$$

Voorwaarde: $F_{vmax} \leq F_1$

$5440,3 \text{ N} \leq 6000 \text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**



*Stap 4:
de effectieve
kracht en de
gemiddelde
snelheid
berekenen en
de thermische
belasting testen*

Om de thermische belasting van de motor te bepalen, worden de effectieve kracht en de gemiddelde snelheid bepaald.

$$F_E = \sqrt{\frac{\sum(F_i^2 \times t_i)}{t}}$$

$$F_E = \sqrt{\frac{(5440,3 \text{ N})^2 \times 0,167 \text{ s} + (184,3 \text{ N})^2 \times 0,167 \text{ s} - (5071,7 \text{ N})^2 \times 0,167 \text{ s}}{1 \text{ s}}}$$

$$F_E = 3040,4 \text{ N}$$

Omdat $v_{\max}$ in de totale bewegingscyclus altijd $\leq v_1$ is, is de gemiddelde snelheid automatisch ook $< v_{\text{nom}}$.

Voorwaarde: $F_E \leq F_{\text{nom}}$

$3040 \text{ N} \leq 3600 \text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan** omdat het thermische bedrijfs-punt binnen de karakteristiek voor het S1-bedrijf ligt

*Stap 5:
de servoversterker
MDx_B selecteren*

De servoversterker selecteren met behulp van de "Technische handleiding synchrone lineaire SL2-motoren".

Bij een nominale snelheid van 6 m/s en $F_{\max} = 5440,3 \text{ N}$ is een MDX61B0300 nodig.

*Stap 6:
de remweerstand
selecteren*

Om de remweerstand te selecteren, moeten het maximaal vereiste en het gemiddelde vermogen worden bepaald als de remweerstand is ingeschakeld. De remweerstand is actief in deel 3, zie afbeelding 99.

Maximaal vermogen van de remweerstand aan het begin van deel 3:

$$P_{\max} = F_{\max} \times v_{\max} \times \eta$$

$$P_{\max} = 5071,7 \text{ N} \times 6 \text{ m/s} \times 0,9 = 27,4 \text{ kW}$$

Bewegingscyclus deel 3:

Gemiddeld remvermogen:

$$P_3 = \frac{P_{\max}}{2} = 13,7 \text{ kW}$$

Bij een inschakelduur ID van

$$ID = \frac{t_3}{t} = \frac{0,167 \text{ s}}{1 \text{ s}} = 17 \%$$

Met behulp van het Systeemhandboek MOVIDRIVE® wordt de remweerstand BW012-050 geselecteerd.



Selectie

Selectievoorbeeld van een lineaire servoaandrijving SL2

*Stap 7:
de secundaire
delen voor het
traject bepalen*

De vereiste lengte van een secundair deel wordt berekend met:

$$s_s \geq s + L_p + (2 \times s_e)$$

$$s_s \geq 2,0 \text{ m} + 0,72 \text{ m} \geq 2,72 \text{ m}$$

Voor het eindschakelaarbereik S_e is 10 mm aan elke kant beschikbaar.

Als de aandrijving de eindschakelaar bereikt, wordt hij ook door de schokbreker in de eindpositie afgeremd. In dit geval mag het primaire deel het secundaire deel niet meer volledig overlappen.

Geselecteerd worden

5 x 512 mm-delen SL2-S-150-512

en

3 x 64 mm-delen SL2-S-150-064

*Stap 8:
aanvullende
componenten
selecteren*

Voor de selectie van de totale aandrijving hebt u aanvullende onderdelen nodig die niet bij de levering van SEW zijn inbegrepen.

In het geval van de rij-as zijn dat:

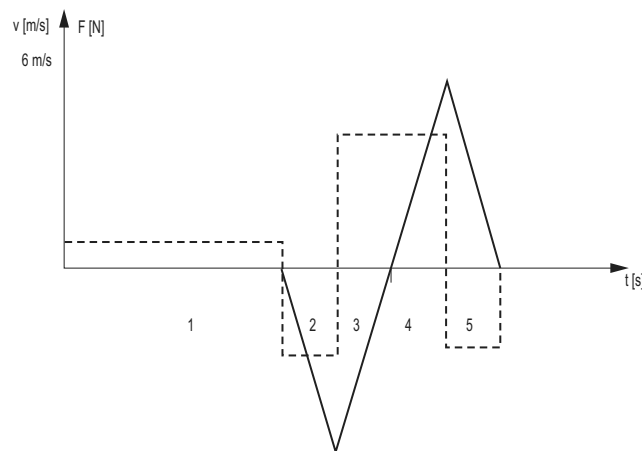
1. Hiperface absolute encoder (Stegmann Lincoder) of incrementele encoder;
2. lineaire geleidingen;
3. kabelrups;
4. motor- en encoderkabel geschikt voor aanleg in kabelrups;
5. schokbreker in eindpositie;
6. eventueel een externe noodrem.



Selectievoorbeeld 1B hijswerk (z-as)

Stap 1:
bewegingscyclus
bepalen

(machinenulpunt = bovenste rustpositie, positieve bewegingsrichting: naar boven)



Afbeelding 100: delen n van de bewegingscyclus

1, 2, 3, 4, 5 = delen van de bewegingscyclus

52629AXX

Berekening van de vereiste acceleratie waarbij van driehoeksbedrijf wordt uitgegaan:

$$a_{max} = \frac{v_{max}^2}{2 \times \frac{s}{2}} = \frac{(6 \text{ m/s})^2}{0,8 \text{ m}} = 45 \text{ m/s}^2$$

$$t = \frac{v_{max}}{a_{max}} = \frac{6 \text{ m/s}}{45 \text{ m/s}^2} = 0,133 \text{ s}$$

Stap 2:
de motorbouw-
grootte inschatten

$$F_{mN} \leq F_1$$

$$F_{mN} = m_L \times [a_{max} + (g \times \sin 90^\circ)] \times 1,5$$

$$F_{mN} = 25 \text{ kg} \times (45 \text{ m/s}^2 + 9,81 \text{ m/s}^2) \times 1,5 = 2055 \text{ N}$$

Uit de motortabel wordt een SL2-P-100M-060 geselecteerd met:

- $F_1 = 3000 \text{ N}$;
- $v_1 = 6 \text{ m/s}$;
- $F_D = 8570 \text{ N}$;
- $m_P = 18,9 \text{ kg}$.



Selectie

Selectievoorbeld van een lineaire servoaandrijving SL2

Stap 3:
de krachten
berekenen /
de dynamische
belasting testen

Wrijvingskracht:

$$F_R = (F_G + F_D) \times \mu$$

$$F_R = [(m_L + m_P) \times g \times \cos 90^\circ + F_D] \times \mu$$

$$F_R = 8570 \text{ N} \times 0,01 = 85,7 \text{ N}$$

Gewichtskracht plus proceskracht (gewichtskracht + extra massa)

$$F_Z = (m_L + m_P + m_Z) \times g$$

$$F_Z = (25 \text{ kg} + 18,9 \text{ kg} + 5 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 480 \text{ N}$$

Er wordt rekening gehouden met een gewicht van 5 kg voor de houdrem van het hijswerk en de kabelruips met kabels en encoders.

Dynamische acceleratiekracht:

$$F_A = (m_L + m_P + m_Z) \times a_{max}$$

$$F_A = (25 \text{ kg} + 18,9 \text{ kg} + 5 \text{ kg}) \times 45 \text{ m/s}^2 = 2200 \text{ N}$$

Het resultaat voor de afzonderlijke deeltrajecten is:

Deel		1	2	3	4	5
Weg	[m]	0	-0,4	-0,4	0,4	0,4
Tijd	[s]	0,5	0,133	0,133	0,133	0,133
Eindsnelheid	[m/s]	0	-6,0	0	6	0
Acceleratie	[m/s ²]	0	-45,0	45,0	45,0	-45,0
Aandrijfkraft	[N]	$F_Z - F_R$	$-F_A + F_Z - F_R$	$F_A + F_Z - F_R$	$F_A + F_Z + F_R$	$-F_A + F_Z + F_R$
		394,3	-1805,7	2594,3	2765,7	-1634,3

Alle bedrijfspunten liggen binnen de dynamische grenschrachtkarakteristiek en de maximale aandrijfkraft is

$$F_{vmax} = F_A + F_Z + F_R = 2765,7 \text{ N}$$

Voorwaarde: $F_{vmax} \leq F_1$

2765,7 N $\leq$ 3700 N $\rightarrow$ aan deze voorwaarde is voldaan.



Stap 4:
de effectieve
kracht en de
gemiddelde
snelheid
berekenen en
de thermische
belasting testen

Om de thermische belasting van de motor te bepalen, worden de effectieve kracht en de gemiddelde snelheid bepaald.

$$F_E = \sqrt{\frac{\sum (F_i^2 \times t_i)}{t}}$$

$$F_E = \sqrt{\frac{[(394,3\text{N})^2 \times 0,5\text{s} + (1805,7\text{N})^2 \times 0,133\text{s} + (2594,3\text{N})^2 \times 0,133\text{s} + (2765,7\text{N})^2 \times 0,133\text{s} + (1634,3\text{N})^2 \times 0,133\text{s}]}{1\text{s}}}$$

$$F_E = 1667\text{ N}$$

Omdat $v_{\max}$ in de totale bewegingscyclus altijd $\leq v_1$ is, is de gemiddelde snelheid automatisch ook $< v_{\text{nom}}$.

Voorwaarde: $F_E \leq F_{\text{nom}} = 1800\text{ N}$

$1667\text{ N} \leq 1800\text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan** omdat het thermische bedrijfs-punt binnen de karakteristiek voor het S1-bedrijf ligt.

Stap 5:
de servoversterker
MDx_B selecteren

De servoversterker selecteren met behulp van de "Technische handleiding synchrone lineaire SL2-motoren".

Voorwaarde: $F_{v\max} \leq F_{\text{tabel}}$

Bij MDX61B0220 geldt

$2765,7\text{ N} < 3300\text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**



Bij elektrisch houdende hijswerken moet worden gecontroleerd of de servoversterker de stroom voor de houdkracht continu kan produceren. Dit geldt ook als de totale stroom door een IGBT-brug stroomt.

Krachtconstante / nominaalpunt

$$k_N = \frac{F_{\text{nom}}}{I_{\text{nom}}} = \frac{1800\text{ N}}{23,3\text{ A}} = 77,3\text{ N/A}$$

De toegestane continue kracht bepalen:

$$F_{\text{continu}} \leq \frac{I_{\text{nom, versterker}}}{\sqrt{2}} \times k_N$$

$$F_{\text{continu}} \leq \frac{46\text{ A}}{\sqrt{2}} \times 77,3\text{ N/A}$$

$$F_{\text{continu}} \leq 2514\text{ N}$$

Voorwaarde: $F_{\text{continu}} > F_V \text{ deel 1}$

$2514\text{ N} > 394,3\text{ N} \rightarrow$ **aan deze voorwaarde is voldaan.**



Selectie

Selectievoorbeld van een lineaire servoaandrijving SL2

*Stap 6:
de remweerstand
selecteren*

Om de remweerstand te selecteren, moeten het maximaal vereiste en het gemiddelde vermogen worden bepaald als de remweerstand is ingeschakeld. De remweerstand is actief in deel 3 en 5.

Maximaal vermogen van de remweerstand aan het begin van deel 3 van de bewegingscyclus:

$$P_{max} = F_{max} \times v_{max} \times \eta$$

$$P_{max} = 2594,3 \text{ N} \times 6 \text{ m/s} \times 0,9 = 14 \text{ kW}$$

Bewegingscyclus deel 3:

Gemiddeld remvermogen:

$$P_3 = \frac{P_{max}}{2} = 7 \text{ kW}$$

Inschakelduur: $t_3 = 0,133 \text{ s}$

Bewegingscyclus deel 5:

Gemiddeld remvermogen

$$P_5 = \frac{1}{2} \times F_{max} \times v_{max} \times \eta = 0,5 \times 1634,3 \text{ N} \times 6 \text{ m/s} \times 0,9 = 4,4 \text{ kW}$$

Inschakelduur: $t_5 = 0,133 \text{ s}$

Bewegingscyclus deel 3 en 5:

Gemiddeld vermogen

$$P_{\varnothing} = \frac{(P_3 \times t_3) + (P_5 \times t_5)}{t_3 + t_5} = \frac{(7 \text{ kW} \times 0,133 \text{ s}) + (4,4 \text{ kW} \times 0,133 \text{ s})}{0,266 \text{ s}} = 5,7 \text{ kW}$$

Bij een inschakelduur van:

$$ID = \frac{t_3 + t_5}{t} = \frac{0,266 \text{ s}}{1 \text{ s}} = 27 \%$$

Met behulp van het Systeemhandboek MOVIDRIVE® B wordt de remweerstand BW018-035 geselecteerd.



*Stap 7:
de secundaire
delen voor het
traject bepalen*

De vereiste lengte van een secundair deel wordt berekend met:

$$s_s \geq s + L_P + (2 \times s_E)$$

$$s_s \geq 0,8 \text{ m} + 0,544 \text{ m} + 0,02 \text{ m} \geq 1,346 \text{ m}$$

Voor het eindschakelaarbereik is 10 mm aan elke kant beschikbaar.

Als de aandrijving de eindschakelaar bereikt, wordt hij ook door de schokbreker in de eindpositie afgeremd. In dit geval mag het primaire deel het secundaire deel niet meer volledig overlappen.

Geselecteerd worden

2 x 512 mm-delen SL2-S-100-512

1 x 256 mm-deel SL2-S-100-256

1 x 128 mm-deel SL2-S-100-128

*Stap 8:
aanvullende
onderdelen
selecteren*

Voor de selectie van de totale aandrijving hebt u aanvullende onderdelen nodig die niet bij de levering van SEW zijn inbegrepen.

In het geval van de hijsas zijn dat:

1. Hiperface absolute encoder (Stegmann Lincoder);
2. lineaire geleidingen;
3. kabelrups;
4. motor- en encoderkabel geschikt voor aanleg in kabelrups;
5. schokbreker in eindpositie;
6. externe bedrijfs- en houdrem.



9 Index

A

Acceleratievooruitsturing	87
Acyclisch dataverkeer	94
As-naar-as-communicatie	97
Asynchrone motoren	91

B

Blokvormige voeding	21
Buffers	41
Buffers / schokbrekers	40

C

Cyclisch dataverkeer	94
----------------------------	----

D

Diagnosebus	98
Dynamische grenskarakteristiek	23

E

Elektromagnetisch bediende rem	46
Elektromotorisch bediende rem	46
Ethernet in veldbustoeepassingen	96

F

Filter actueel toerental	85
--------------------------------	----

G

Gesloten systemen	62
-------------------------	----

H

Houdrem	45
---------------	----

K

Kabelrupsen en kabels	42
Kegelwielreductoren	104
Kegelwielservoreductoren	102
Kortstatorprincipe	35

L

Langstatorprincipe	34
Lastkoppeling met speling	88
Lineair geleidingssysteem	39

M

Motorkarakteristiek	31, 36
---------------------------	--------

N

Nadelen van blokvormige voeding	22
---------------------------------------	----

O

Opbouw en werking	56
Opbouw en werking van het kortstatorprincipe	35
Opbouw en werking van HIPERFACE®- encoders	53
Opbouw en werking van inductieve trajectmeetsystemen	63

Opbouw en werking van magnetische trajectmeetsystemen	62
Opbouw en werking van optische trajectmeetsystemen	61
Open systemen	62
Optimaal werkpunt	19
Overige componenten van een servosysteem	9

P

Planetaire servoreductoren	100
Pneumatisch bediende rem	46
Positie- en toerentalregistratie	83
Principes van synchrone lineaire motoren	34

R

Rechte reductoren	103
Remaanbouw aan lineaire motor SL2 Advance / Power System	47
Remmen voor lineaire motoren	46
Resolver	84

S

Schokbrekers	41
Selectieprocedure deel 1, servoreductoren	110
Selectieprocedure deel 2, servoreductoren	111
Selectieprocedure deel 3, servomotoren	112
Selectieprocedure deel 4, servomotoren	113
SEW-oplossing: koellichamen	37
Sin-/cos-encoder	84
Sinusvormige voeding	20
Spelingsvrije lastkoppeling	87
Stijfheid	89
Stroomverhoudingen in de stator	19
Structuur van de toerentalregeling	82
Synchrone motoren	91

T

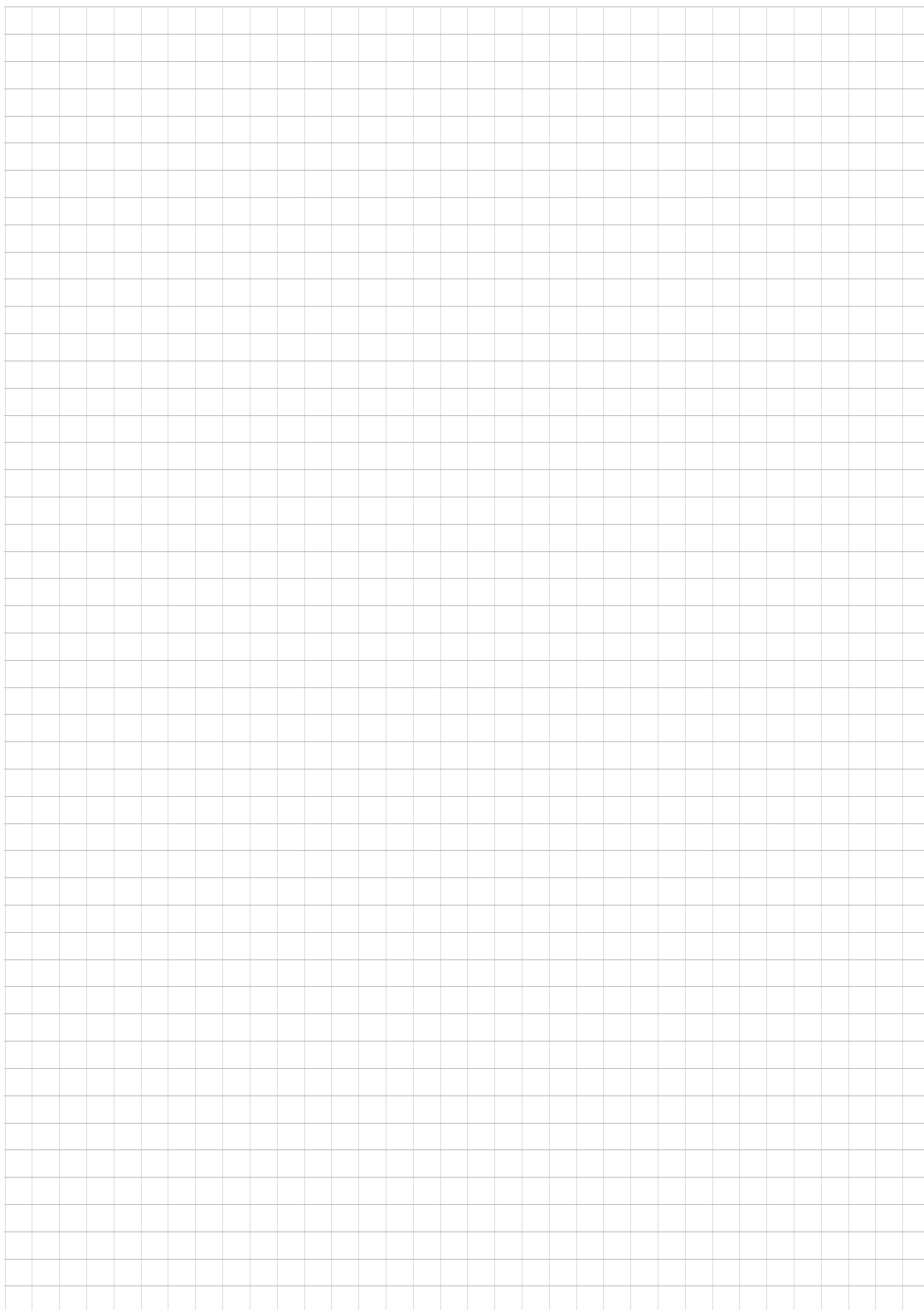
Thermische grenskarakteristiek	24
Toerentalregelaar	86
Toerentalsetpoint genereren	85
TTL-encoder (1024 streepjes)	84

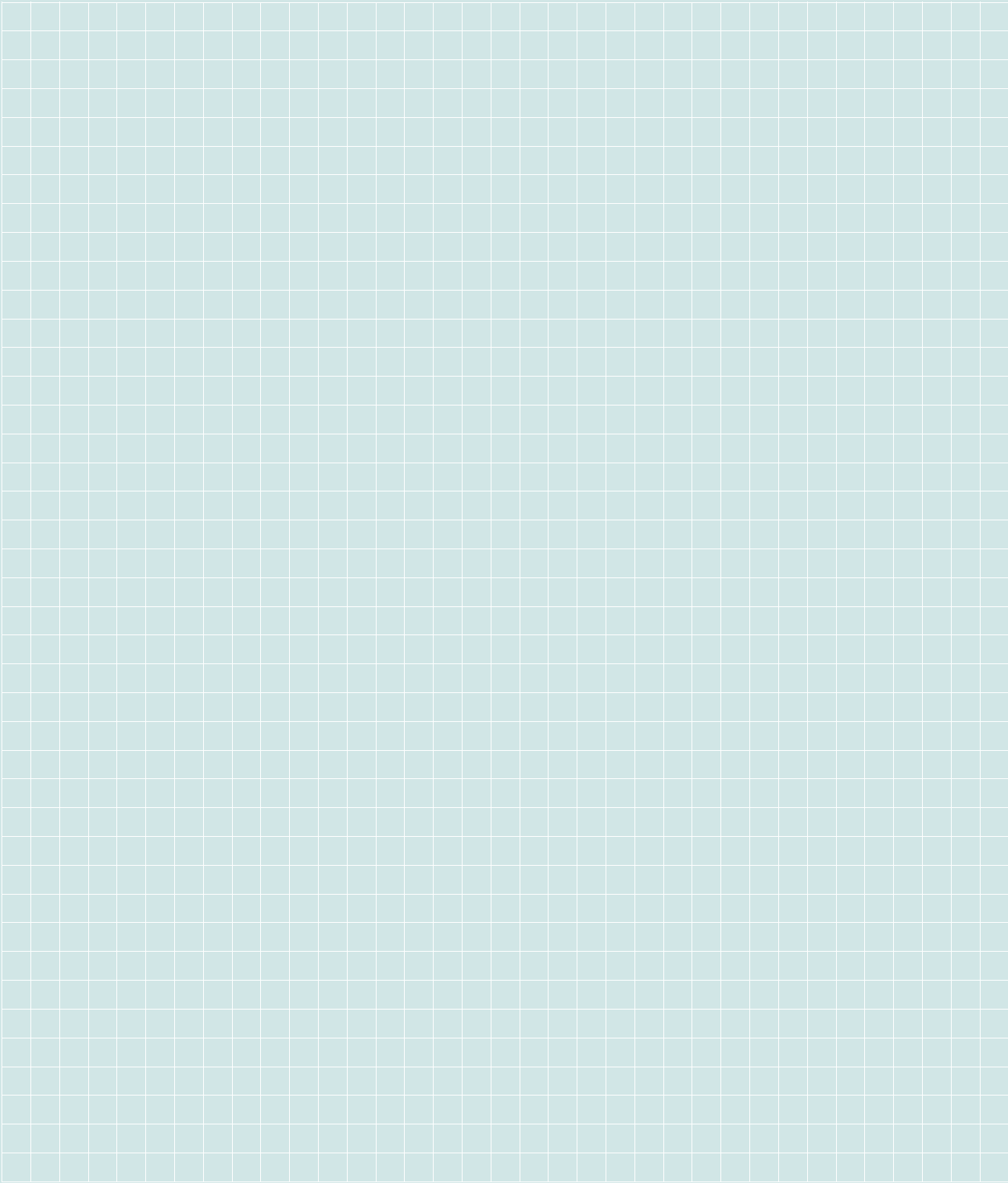
V

Veerdrukrem	43
Veldbussysteem INTERBUS-S	95
Veldbussysteem Profibus DP	94
Voordelen van blokvormige voeding	22
Voordelen van synchrone lineaire motoren	33

W

Waterkoeling	38
Waterkoeling met thermische omhulling	39





Hoe we de wereld in beweging houden

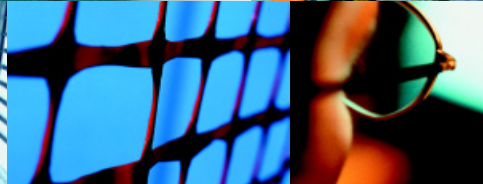
Met mensen die snel en goed denken en samen met u werken aan de toekomst.

Met een service die wereldwijd onder handbereik is.

Met aandrijvingen en besturingen die uw productiviteit vergroten.

Met veel knowhow van de belangrijkste branches van deze tijd.

Met compromisloze kwaliteit die een storingvrij bedrijf garandeert.



SEW-EURODRIVE
Driving the world

Met een wereldwijde aanwezigheid voor snelle en overtuigende oplossingen. Overall.

Met innovatieve ideeën die morgen al de oplossing voor overmorgen in zich hebben.

Met internet dat u 24 uur per dag toegang biedt tot informatie, waaronder software-updates.



SEW
EURODRIVE

SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG
P.O. Box 3023 · D-76642 Bruchsal / Germany
Phone +49 7251 75-0 · Fax +49 7251 75-1970
sew@sew-eurodrive.com

→ www.sew-eurodrive.com