

Servo aandrijvingen uitgelegd: van basisprincipes tot systeemontwerp

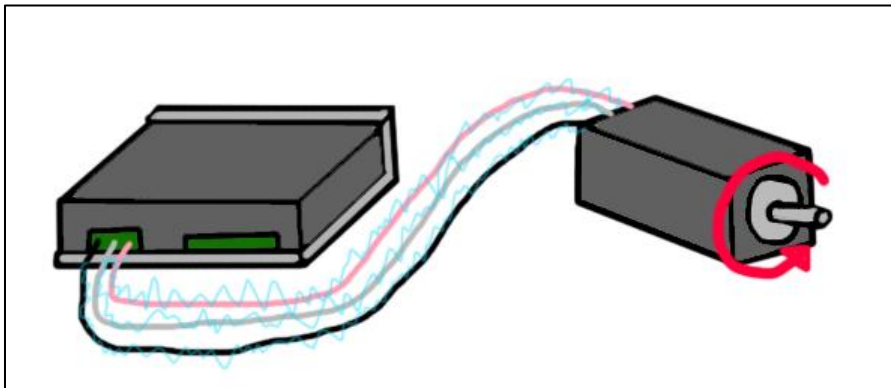
“Wij ontwerpen en produceren servoaandrijvingen voor bewegingsregelsystemen.” Dat is een antwoord dat iemand misschien geeft op de vraag wat onze partner ADVANCED Motion Controls doet.

Voor sommigen is dat voldoende. Bij anderen roept zo’n antwoord juist meer vragen op dan het beantwoordt. Niet iedereen heeft immers een achtergrond in bewegingsregelsystemen, elektronica of techniek.

Daarom nemen we in dit artikel de basisprincipes van servoaandrijvingen stap voor stap door, op verschillende technische niveaus. Zo krijgt iedereen een beter beeld van wat servoaandrijvingen zijn, hoe ze werken en welke rol ze spelen binnen moderne bewegingsregelsystemen.

De basisprincipes van servoaandrijvingen eenvoudig uitgelegd

Servoaandrijvingen zijn elektronische regelingen die stroom naar motoren sturen en ervoor zorgen dat deze nauwkeurig bewegen. Je kunt ze zien als een slimme besturing die bepaalt hoe een motor draait, versnelt, vertraagt en stopt.



Hoe werkt een servoaandrijving?



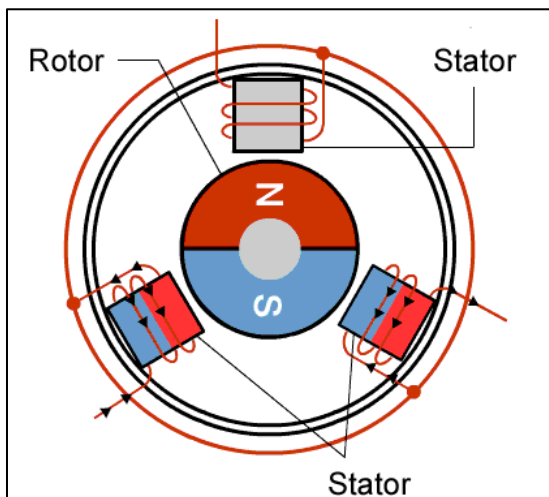
Een servoaandrijving is een elektronisch regelsysteem dat een elektromotor nauwkeurig aanstuurt. Binnenin bevinden zich onder andere printplaten, microchips, aansluitingen en andere elektronische componenten die samenwerken om de beweging van de motor te regelen.

Met een servoaandrijving kan een motor precies worden aangestuurd: hij kan versnellen, vertragen, stoppen of van draairichting veranderen. Dit gebeurt door de stroom naar de motor continu te regelen en af te stemmen op de gewenste beweging.

Zonder servoaandrijving zou een motor veel minder nauwkeurig functioneren en in veel toepassingen niet op de juiste manier kunnen worden aangestuurd.

Servoaandrijvingen worden toegepast in uiteenlopende systemen. Zo sturen ze bijvoorbeeld kleine motoren aan in de gewrichten van een robotarm, maar ook krachtige motoren in industriële machines of elektrische voertuigen. Hoe groter en krachtiger de motor, hoe zwaarder de eisen aan de servoaandrijving.

Hoe werkt een servoaandrijving en waarom draait een motor?



Om te begrijpen hoe een servoaandrijving werkt, is het handig om eerst te kijken naar de werking van een elektromotor.

Een elektromotor bestaat uit twee hoofdonderdelen: de rotor, het draaiende deel dat verbonden is met de as, en de stator, het stilstaande deel dat aan de buitenkant van de motor zit. Eén van deze onderdelen bevat magneten, terwijl het andere is voorzien van spoelen (wikkelingen) waar elektrische stroom doorheen loopt.

Bij een borstelloze motor worden elektromagneten in de stator aan- en uitgeschakeld om de magnetische rotor te laten draaien.

Wanneer de servoaandrijving stroom naar deze spoelen stuurt, ontstaat er een magnetisch veld. Door dit magnetisch veld steeds op het juiste moment te veranderen, ontstaat een draaiende kracht die de rotor in beweging brengt.

Het onderscheid tussen borstelmotoren en borstelloze motoren

Bij borstelmotoren bevinden de spoelen zich in de rotor en de magneten in de stator. Bij borstelloze motoren is dit juist andersom: daar zitten de spoelen in de stator en de magneten in de rotor.

De hoeveelheid stroom bepaalt hoeveel koppel de motor levert — oftewel hoeveel kracht hij kan uitoefenen. De spanning heeft invloed op hoe snel de motor draait. Door stroom en spanning continu te regelen, kan een servoaandrijving de kracht, snelheid en positie van de motor nauwkeurig aansturen.

Hoe weet een servoaandrijving wat hij moet doen?



Een grote controller



Een voorbeeld van een voeding die in een stopcontact wordt gestoken

Een servoaandrijving moet weten welk koppel, welke snelheid of welke positie van de motor gewenst is. Daarvoor ontvangt hij instructies van een controller. Dat kan een eenvoudige bediening zijn, zoals een draaiknop, maar ook een geavanceerd besturingssysteem of computer.

De controller stuurt een stuursignaal naar de commando-ingang van de servoaandrijving. Dit signaal geeft aan wat de motor moet doen, bijvoorbeeld sneller draaien, vertragen of een bepaalde positie innemen.

De servoaandrijving zet dit stuursignaal vervolgens om in de juiste hoeveelheid spanning en stroom voor de motor. Met andere woorden: het kleine besturingssignaal bepaalt hoe de servoaandrijving het veel grotere motorvermogen aanstuurt.

Dat extra vermogen komt natuurlijk niet uit het stuursignaal zelf. Een servoaandrijving is daarom aangesloten op een voeding, zoals een accu of een netvoeding, die continu elektrische energie levert.

Op basis van het ontvangen commando regelt de servoaandrijving hoeveel van deze energie naar de motor wordt gestuurd, zodat de motor precies de gewenste beweging uitvoert.

Feedback in servosystemen

Tot nu toe hebben we de drie hoofdcomponenten besproken waarmee een servoaandrijving samenwerkt: de motorwikkelingen, de regelaar en de voeding. Er is echter een vierde essentieel element dat servosystemen zo nauwkeurig maakt: het motorfeedbacksysteem.



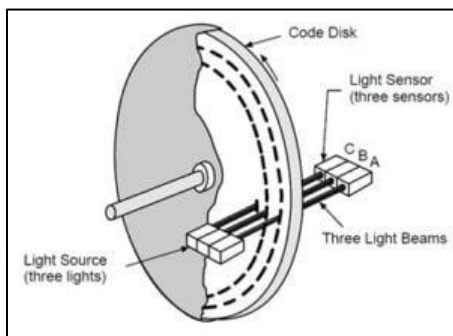
Ook in het dagelijks leven komen we feedbacksystemen tegen. Een snelheidsmeter in een auto geeft aan hoe snel we rijden, zodat we kunnen bijsturen. Een thermometer in de keuken laat zien of een product de juiste temperatuur heeft bereikt. En een drukmeter helpt bepalen of bijvoorbeeld een fietsband voldoende is opgepompt.

In al deze gevallen wordt informatie teruggekoppeld, zodat we actie kunnen ondernemen wanneer de situatie afwijkt van de gewenste waarde.

In servosystemen gebeurt iets vergelijkbaars. De meeste servomotoren zijn uitgerust met een feedbacksensor, zoals een encoder, die direct is gekoppeld aan de servoaandrijving.

Dankzij deze terugkoppeling kan de servoaandrijving in real time corrigeren hoe de motor wordt aangestuurd. Het systeem vergelijkt continu de gewenste waarde (koppel, snelheid of positie) met de werkelijke waarde die door de encoder wordt gemeten.

Als er een verschil ontstaat — bijvoorbeeld doordat een externe belasting de motor afremt — past de servoaandrijving direct de stroom en spanning aan om dit te compenseren. Zo blijft de motor zo dicht mogelijk bij de gewenste beweging.



Een vergelijkbaar principe zie je bij cruise control in een auto. Wanneer de auto een helling op rijdt en dreigt te vertragen, past het systeem automatisch het motorvermogen aan om de snelheid constant te houden.

In servosystemen gebeurt dit principe echter veel sneller en nauwkeuriger: de servoaandrijving voert deze correcties continu uit, vaak duizenden keren per seconde.

Een incrementele encoder is een veelgebruikt feedbackapparaat in motoren om de rotatiebeweging te volgen

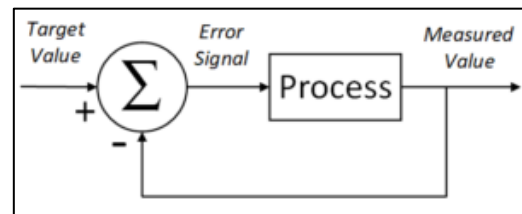
De basisprincipes van servoaandrijvingen op universitair niveau

Tot nu toe zijn servoaandrijvingen beschreven als relatief abstracte systemen die elektrische energie omzetten in gecontroleerde motorbeweging. Om echt te begrijpen hoe ze werken, moeten we kijken naar de interne regelstructuren die deze precisie mogelijk maken.

Negatieve feedbacklussen

Servoaandrijvingen worden vaak aangeduid als servo-versterkers, omdat ze in essentie een stuursignaal omzetten in een gereguleerde uitgangsstroom of -spanning. De werkelijke kracht van deze systemen ligt echter in hun feedbackgebaseerde regeling.

In motion control wordt vrijwel uitsluitend gebruikgemaakt van negatieve feedback om afwijkingen tussen gewenste en werkelijke toestand te corrigeren.



Eenvoudige blokdiagram

In een negatieve feedbacklus wordt de gemeten output y afgetrokken van de referentie r , wat resulteert in een foutsignaal e :

- $e = r - y$

Voorbeeld:

- $r = 5, y = 3 \rightarrow e = +2$
- $r = 5, y = 7 \rightarrow e = -2$

Het teken van de fout bepaalt de richting van de correctie: een positieve fout leidt tot een verhoging van de output, een negatieve fout tot een verlaging. Dit mechanisme wordt continu herhaald, waardoor de fout asymptotisch naar nul convergeert.

Bij positieve feedback zou het systeem instabiel worden, omdat afwijkingen juist worden versterkt in plaats van gecorrigeerd.

Gelaagde regelstructuur in servosystemen

Servoaandrijvingen implementeren doorgaans een cascadestructuur van regelkringen:

- Stroomlus (current loop)
- Snelheidslus (velocity loop)
- Positielus (position loop)

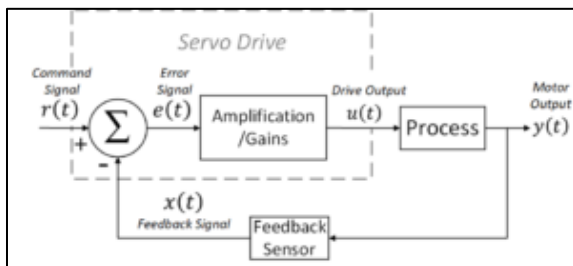
Niet elke servoaandrijving sluit alle lussen intern. In veel systemen wordt alleen de stroomlus in de drive gesloten, terwijl snelheids- en positielussen door de controller worden gerealiseerd. Deze gelaagdheid maakt een scheiding mogelijk tussen snelle elektrische dynamica (stroom) en tragere mechanische dynamica (snelheid en positie).

Versterking en systeemdynamica

Het foutsignaal wordt door een versterkingsblok verwerkt, dat de fout vertaalt naar een stuursignaal voor de vermogenselektronica. In de eenvoudigste vorm betreft dit proportionele versterking:

- $u(t) = K_p \cdot e(t)$

Een intuïtieve analogie is een microfoon-luidsprekersysteem, waarbij een klein ingangssignaal wordt opgeschaald naar een grotere output. De versterkingsfactor bepaalt hierbij de gevoeligheid van het systeem.



Een eenvoudige feedback lus in een bewegingsbesturingssysteem met een servoaandrijving. De servoaandrijving compileert het foutsignaal en "versterkt" het vervolgens om de output van de servoaandrijving te verkrijgen

In servoaandrijvingen kan dit bijvoorbeeld resulteren in een relatie zoals:

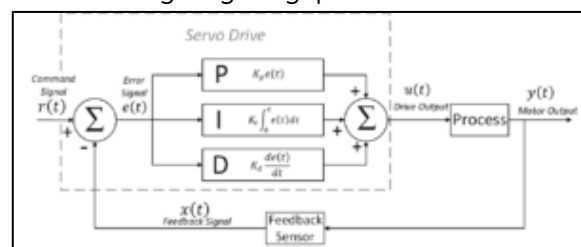
- 5 A/V: 1 V $\rightarrow$ 5 A
- 10 A/V: 1 V $\rightarrow$ 10 A

Deze versterking is echter niet statisch in moderne drives, maar onderdeel van een dynamisch regelontwerp dat rekening houdt met stabiliteit en belastingsvariaties.

PID-regeling

Voor veel toepassingen is proportionele regeling alleen onvoldoende vanwege stationaire fout en beperkte dynamische damping. Daarom wordt vaak PID-regeling toegepast:

- P (Proportioneel): $K_p \cdot e(t)$
- I (Integraal): $K_i \int e(t) dt$
- D (Differentieel): $K_d \frac{de(t)}{dt}$



Een basisfeedback lus in een bewegingsregelsysteem met een servoaandrijving met PID-regeling

De combinatie van deze termen resulteert in een robuustere regeling die zowel foutgrootte, foutaccumulatie als foutverandering meeneemt.

Het effect hiervan is een betere tracking performance, vermindering van overshoot en damping van oscillaties, met name in systemen met mechanische traagheid en variabele belasting zoals robotica en industriële motion control.

De basisprincipes van servoaandrijvingen voor systeemontwerpers

Niet alle servoaandrijvingen zijn hetzelfde. Elke drive is ontworpen voor een specifiek spanningsbereik en heeft een maximale continue stroom en piekstroom.

Deze specificaties bepalen welke motoren en belastingen veilig en effectief kunnen worden aangestuurd.

Hoewel moderne ontwikkelingen hebben geleid tot een steeds hogere vermogensdichtheid, geldt in het algemeen dat servoaandrijvingen voor hogere vermogens fysiek groter zijn en ontworpen zijn voor grotere stroomniveaus.

Bij het selecteren van een servoaandrijving is het belangrijk om de drive goed af te stemmen op de motor en de toepassing.

Een ondergedimensioneerde drive kan onvoldoende stroom leveren tijdens piekbelastingen, waardoor prestaties afnemen of beveiligingen ingrijpen. Een overgedimensioneerde drive kan daarentegen onnodig groot, duur of minder optimaal zijn voor toepassingen waarbij een nauwkeurige stroomregeling bij lage vermogens gewenst is.

Een kleine motor met een nominale stroom van bijvoorbeeld 5 A vraagt om een andere servoaandrijving dan een zware industriële motor die pieken tot 80 A moet kunnen verwerken. De juiste match tussen motor en drive is daarom essentieel voor prestaties, efficiëntie en betrouwbaarheid.

Vormfactoren van Servo aandrijvingen

Servo aandrijvingen zijn verkrijgbaar in diverse vormfactoren, afmetingen en montagemethoden. Welke uitvoering het meest geschikt is, hangt volledig af van de specifieke toepassing en de eisen van het systeem. Of het nu gaat om beschikbare ruimte, koelvereisten, vermogensniveau of integratie in de schakelkast – elke situatie vraagt om een andere oplossing.



Paneelmontage

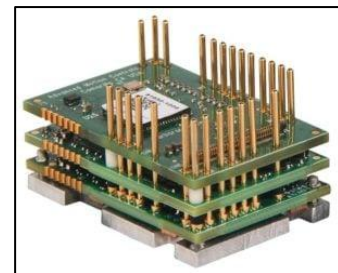
De klassieke vorm die nog steeds veelvuldig wordt toegepast in machines. Deze aandrijvingen hebben een metalen basisplaat met een plastic of dunne metalen afdekking die de printplaat omsluit.

Middels gaten of inkepingen worden ze direct met bouten of schroeven op een vlak oppervlak gemonteerd. Een robuuste en bewezen methode voor veel machinebouwtoepassingen.

PCB-mount

Ontworpen voor maximale integratie zonder behuizing. Deze drives worden direct op een printplaat gemonteerd (via pinnen of soldeerverbindingen) en fungeren als een elektronische module binnen het grotere systeem.

Voordelen: Zeer compact, betrouwbare elektrische verbinding, geen aparte printplaat nodig voor aansluiting.



Let op: Geen beschermende behuizing betekent gevoeliger voor omgevingsinvloeden. Vaak gebruikt in robotica, waar de totale behuizing de bescherming regelt. Soms geplaatst op een 'carrier board' om standaard connectoren te blijven gebruiken.

Vehicle-mount



Specifiek ontworpen voor mobiele robotica, elektrische voertuigen en systemen met veel trillingen. Deze units zitten in een robuuste behuizing die bestand is tegen mechanische belasting, schokken en wisselende omstandigheden. Met stevige basisconstructies en krachtige klemmen voor hoge stromen zijn ze klaar voor de harde werkelijkheid buiten de fabriekshallen.

Ongeacht de gekozen vormfactor blijft de basiswerking van deze servo aandrijvingen hetzelfde. De verschillen liggen vooral in de mechanische uitvoering, aansluitmogelijkheden, beschermingsgraad en installatiegemak, afgestemd op de sector en de eis van de applicatie.

Netwerken in motion control-systemen

In robots, mobiele voertuigen, machines en andere motion control-toepassingen spelen vaak meerdere assen een rol. Dat betekent dat meerdere motoren – en dus meerdere servoaandrijvingen – gelijktijdig moeten worden aangestuurd. De centrale controller coördineert deze drives en stuurt de juiste commando's naar de betreffende assen.

Grofweg zijn er twee architecturale benaderingen om dit te realiseren:

Gecentraliseerde besturing (analoog)

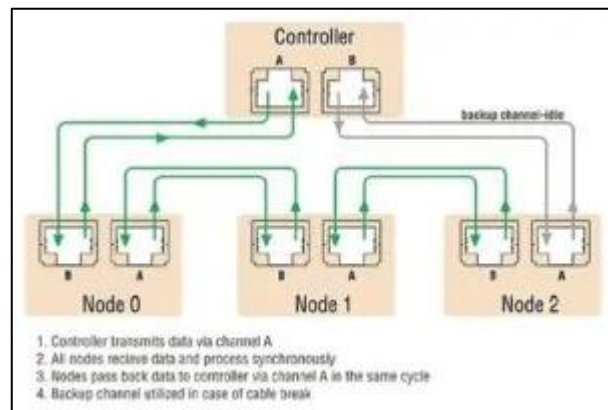
Bij analoge servoaandrijvingen stuurt de controller afzonderlijke signalen naar elke drive. Dit resulteert in een point-to-point architectuur waarbij elke as een eigen verbinding met de controller vereist.

Gedistribueerde besturing

(digitaal/netwerkgebaseerd)

Meerdere drives worden aangesloten op een gezamenlijk communicatienetwerk.

Commando's en statusinformatie worden uitgewisseld via datapakketten, waarbij elke servoaandrijving uitsluitend de gegevens verwerkt die voor zijn as of adres bestemd zijn. Dit reduceert bekabeling en vergroot de schaalbaarheid van het systeem.



Door de servoaandrijvingen in een netwerk te plaatsen, wordt de bekabeling vereenvoudigd. Gegevens en commando's kunnen via één netwerkbus naar elk knooppunt stromen, waardoor de controller geen directe verbinding met elk knooppunt nodig heeft

Keuze van het netwerkprotocol

Voor motion control zijn diverse industriële netwerkprotocollen beschikbaar, elk met specifieke eigenschappen op het gebied van snelheid, synchronisatie en kosten:

EtherCAT & EtherNet/IP

Realtime-netwerken met zeer korte cyclustijden. Ideaal voor toepassingen waar snelle en nauwkeurige as-synchronisatie kritiek is.

CANopen & Modbus

Eenvoudiger te implementeren en kostenefficiënt in minder veeisende toepassingen waar ultrakorte responstijden geen harde eis zijn.

Bij de selectie van een servoaandrijving is het essentieel om verder te kijken dan vermogen en regelprestaties alleen. Het ondersteunde communicatieprotocol en de manier waarop dit integreert binnen de totale systeemarchitectuur zijn minstens zo bepalend voor een succesvolle toepassing.

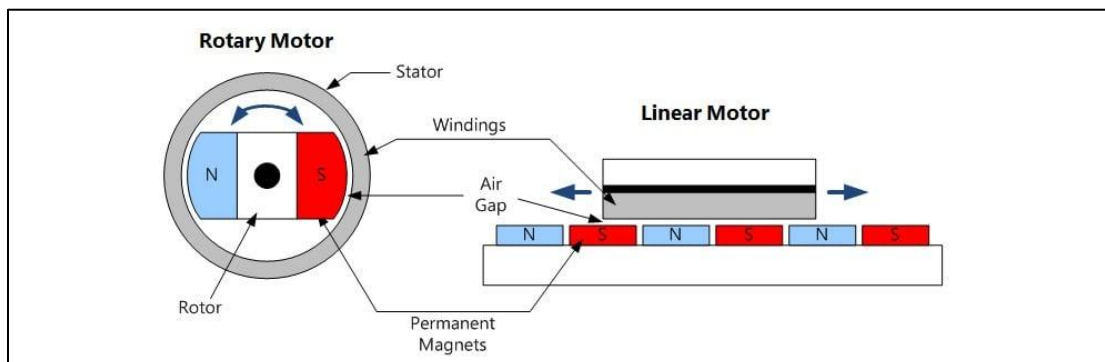
Ondersteuning voor verschillende motortypen

Moderne servoaandrijvingen zijn niet beperkt tot het aansturen van standaard servomotoren. Afhankelijk van het ontwerp en de regeltechniek kunnen ze ook worden toegepast voor andere motortypen en actuatoren.

Naast borstel- en borstelloze servomotoren kunnen sommige servoaandrijvingen bijvoorbeeld worden ingezet voor lineaire motoren, twee- en driefasen stappenmotoren, AC-inductiemotoren, voice coils en andere elektromagnetische aandrijfsystemen.

Dit biedt systeemontwerpers meer flexibiliteit, vooral in toepassingen waarin verschillende soorten aandrijvingen binnen één machine of systeem worden gecombineerd.

In sommige gevallen kunnen meerdere motortypen worden aangestuurd met dezelfde of vergelijkbare servoaandrijving, wat het ontwerp, de integratie en het beheer van het systeem kan vereenvoudigen.



Elektrisch gezien functioneert een lineaire motor als een ontrold model van een borstelloze servomotor. Deze vergelijkbare opbouw maakt het mogelijk om lineaire motoren rechtstreeks aan te sturen via standaard digitale servoaandrijvingen

I/O-functionaliteit

Digitale servoaandrijvingen beschikken vaak over I/O-functionaliteit (Input/Output) om signalen uit te wisselen met andere componenten binnen het systeem.

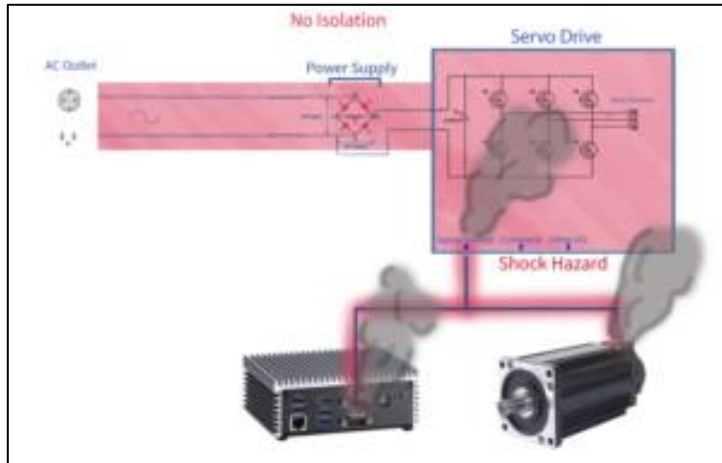
Via deze in- en uitgangen kunnen bijvoorbeeld apparaten zoals temperatuursensoren, eindschakelaars, druksensoren of andere besturingscomponenten worden aangesloten.

I/O-signalen worden gebruikt om digitale statusinformatie of eenvoudige stuurcommando's door te geven, bijvoorbeeld voor het activeren van functies, het bewaken van condities of het reageren op externe signalen.

Door bepaalde logica of eenvoudige machinefuncties direct in de servoaandrijving af te handelen, kan de centrale controller worden ontlast en neemt ook de belasting op het communicatienetwerk af.

Elektrische isolatie

Bij het ontwerpen van een motion control-systeem is het belangrijk om aandacht te besteden aan elektrische isolatie binnen de vermogens- en besturingsarchitectuur.



Afhankelijk van de systeemopbouw kan galvanische isolatie nodig zijn om ongewenste aardpotentialen, storingen of foutstromen te voorkomen. Zonder een goed ontworpen isolatiestrategie kunnen spanningsverschillen tussen verschillende delen van het systeem leiden tot storingen of in sommige gevallen schade aan servoaandrijvingen en andere elektronische componenten.

Deze isolatie kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, bijvoorbeeld via servoaandrijvingen met ingebouwde galvanische of optische isolatie, of door gebruik te maken van een geïsoleerde voeding, zoals een voeding met een scheidingstransformator.

De exacte eisen hangen af van de toepassing en de systeemarchitectuur. In sommige configuraties, zoals batterijgevoede systemen of servoaandrijvingen die specifiek zijn ontworpen voor directe netaansluiting, gelden vaak andere ontwerpprincipes.

Een goede analyse van aarding, isolatie en EMC is daarom essentieel voor een betrouwbare en veilige systeemintegratie.

Bron: [Servoaandrijvingen uitgelegd - van basisprincipes tot systeemontwerp](#)

Over ons

Marsman Elektronica en Aandrijvingen - De toekomst in besturings- en automatiseringstechnologie

Onze kernactiviteiten zijn:

- Procesautomatisering en visualisatie
- Motion control technologie
- Asynchrone motoren, synchrone motoren en servomotoren (wisselstroom)
- Borstelmotoren, borstelloze motoren, servomotoren, motoren met geïntegreerde elektronica en frameloze motoren (gelijkstroom)
- Diverse opties voor vertragingskasten, feedback, remmen, koppelingen en accessoires
- Klantspecifieke aanpassingen en speciale ontwerpen

Onze partners:

KEB Automation | KEB Antriebstechnik | Württembergische Elektromotoren (WEG) | KOSTAL Drives Technology | PMW Dynamics | Kählig Antriebstechnik GmbH | **ADVANCED Motion Controls**

[Marsman Elektronica en Aandrijvingen](#)