



Energie-efficiëntie en dataverzameling bij elektrische versus pneumatische en hydraulische actuatoren

Een praktische vergelijking op basis van 15 keuzecriteria, met focus op de energiebesparing, data en TCO-impact bij de overstap van perslucht naar elektrisch.

Inleiding

De keuze tussen pneumatische en elektrische lineaire actuatoren is vandaag meer dan een vergelijking van prestaties: ze bepaalt ook hoeveel energie (en dus kosten) je installatie verbruikt. Perslucht is een dure energiedrager en gaat bovendien gepaard met verliezen in compressie, lekkage en conditionering. Door over te stappen naar elektrische actuatoren kan in veel toepassingen een significante energiebesparing worden gerealiseerd—maar alleen wanneer de oplossing oordeelkundig wordt gedimensioneerd en ingepast. Daarom behandelt dit document 15 factoren die samen de juiste afweging mogelijk maken, van ontwerp, kracht en nauwkeurigheid tot onderhoud, dataverzameling en totale eigendomskost (TCO).

Wat is een actuator?

Volgens Wikipedia is een “*actuator*” een onderdeel van een machine dat verantwoordelijk is voor het bewegen en controleren van een mechanisme of systeem. Een “*lineaire actuator*” is een actuator die ofwel kan duwen of trekken met een kracht, ofwel een last lineair naar specifieke posities kan verplaatsen. Hoewel de structuren vergelijkbaar zijn, beginnen de verschillen tussen actuatoren bij hun energiebron, die hydraulisch (vloeistof), pneumatisch (lucht) of elektrisch kan zijn.

De juiste soort lineaire actuator wordt bepaald door hoe goed deze voldoet aan de eisen van de toepassing, zoals belasting, snelheid, nauwkeurigheid, enz.

Pneumatische actuatoren kunnen bijvoorbeeld aan zeer hoge snelheid bewegen en elektrische actuatoren bieden de meest precieze controle, omdat lucht- en vloeistofdruk moeilijker te regelen zijn dan elektriciteit.



In deze blogpost vergelijken we de voor- en nadelen van pneumatische actuatoren en elektrische actuatoren om je te helpen de juiste beslissing te nemen voor je volgende project. Energie-efficiëntie en lagere TCO zijn daar enkele van, maar daar stopt het niet. Hier zijn 15 factoren om te overwegen wanneer je kiest tussen pneumatische of elektrische actuatoren.

Factor	Pneumatisch	Elektrisch
1. Ontwerp	eenvoudig	complex
2. Kracht	afhankelijk van de druk	afhankelijk van de stroom
3. Snelheid	hoog	laag
4. Precisie	laag	hoog
5. Herhaalbaarheid	laag	hoog
6. Motion control	laag	hoog
7. Efficiëntie	laag	hoog
8. Kost	lagere initiële kost	lagere "total cost of ownership"
9. Dataverzameling	nog in ontwikkeling	hoog niveau
10. Omgeving	zwaar/gevaarlijk	refereert naar IP klasse
11. Temperatuur	hogere omgevingstemperatuur	lagere omgevingstemperatuur
12. Geluidsniveau	hoog	laag
13. Onderhoud	hoog	minimaal
14. Levensduur	geschat	berekend
15. Ideale toepassing	in/uit positie	multi-point positionering

Tabel 1. Vergelijking pneumatische vs elektrische actuatoren (overzicht van 15 factoren)

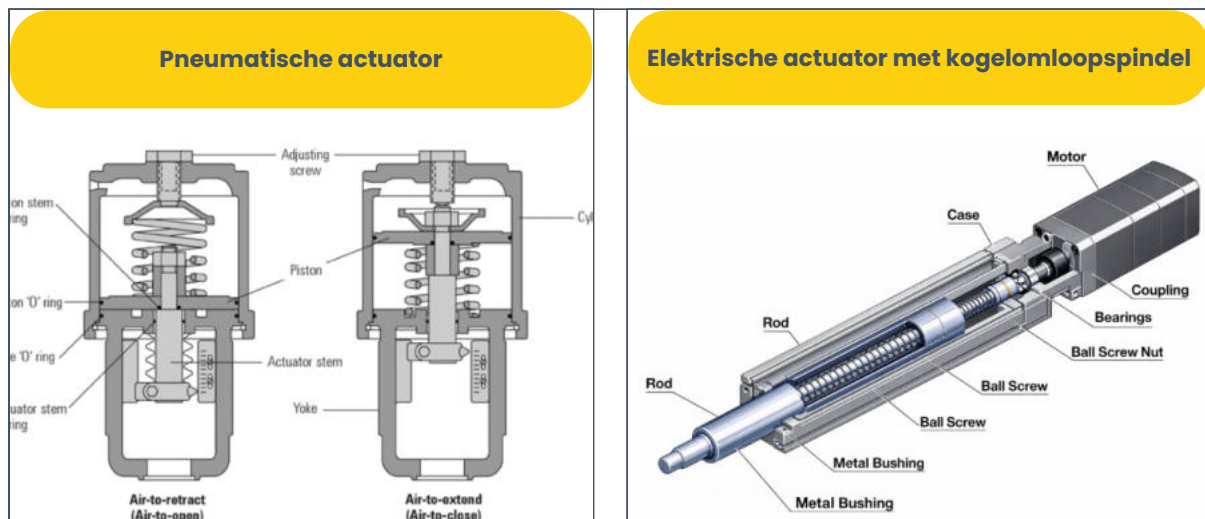


1. Ontwerp

Pneumatische actuatoren hebben een eenvoudiger ontwerp, terwijl elektrische actuatoren gebruikmaken van complexere componenten, zoals een spindel en een elektromotor.

Daardoor is een pneumatische actuator doorgaans compacter. Wanneer echter alle componenten worden meegerekend die nodig zijn om de luchtdruk te genereren, kan het totale systeem uiteindelijk meer ruimte innemen. Hier komen we later op terug

Hieronder vergelijken we een typische pneumatische actuator met een elektrische cilinder met kogelomloopspindel:



Een pneumatische actuator is gemakkelijker en sneller te installeren dankzij het eenvoudige ontwerp. Het bewegingsprofiel (motion profile) is echter moeilijker aan te passen nadat de actuator bepaald is. Een elektrische actuator vereist eveneens dimensionering en een meer complexe programmering om de parameters vooraf in te stellen, maar het bewegingsprofiel kan vrij eenvoudig gewijzigd worden zolang het vereiste koppel, snelheid of inertie niet toeneemt.



TIP: Hoe werken ze?

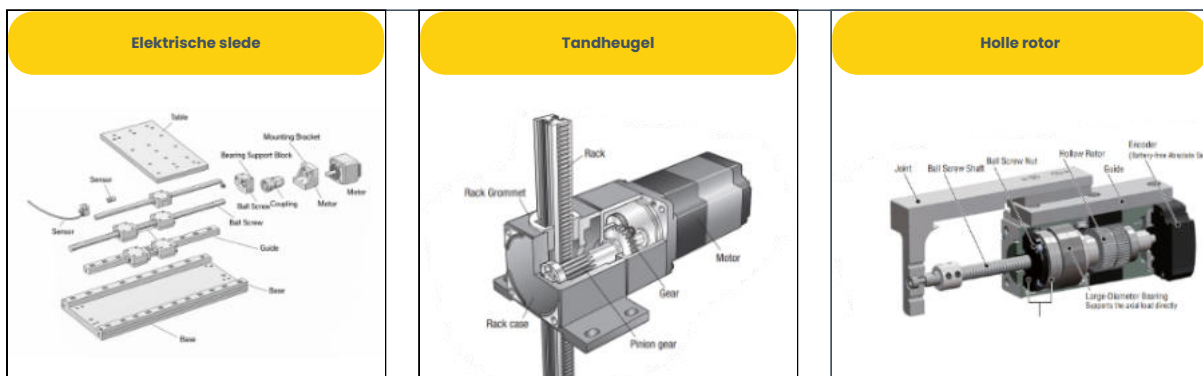


Pneumatische actuatoren bestaan uit een eenvoudig ontwerp met een zuiger in een holle cilinder. De positie wordt gecontroleerd door de luchttoevoer naar ventielen te regelen, waardoor de zuiger beweegt tegen de kracht van de veer. Zonder luchtdruk brengt de veerkracht de zuiger terug naar de beginpositie.

Elektrische actuatoren zetten de rotatiekracht van een elektromotor om in een lineaire kracht met een specifiek mechanisme, zoals een kogelomloopspindel. Door de spindel te laten draaien, beweegt de kogelmoer naar voren of achter. De positie van een elektrische actuator wordt bepaald door het aantal toerendat de motor draait of door de motorstroom te regelen.

Hoewel het basisontwerp van pneumatische actuatoren vergelijkbaar is, kunnen **elektrische actuatoren** worden aangedreven door verschillende mechanismen, waaronder een kogelomloopspindel, trapeziumspindel, tandheugel, riem en poelie, enzovoort. Het gebruikte mechanisme beïnvloedt de uiteindelijke specificaties — zoals belasting, snelheid en nauwkeurigheid — zodat de actuator beter aansluit bij de vereisten van een specifieke toepassing.

Hieronder zijn enkele voorbeelden van verschillende soorten elektrische actuatoren:



Er bestaan ook verschillende ontwerpen van pneumatische actuatoren, aangezien het aantal zuigers in de cilinder kan variëren. Meer zuigers betekent meer kracht, maar het vergt ook meer gecompriëerde lucht.

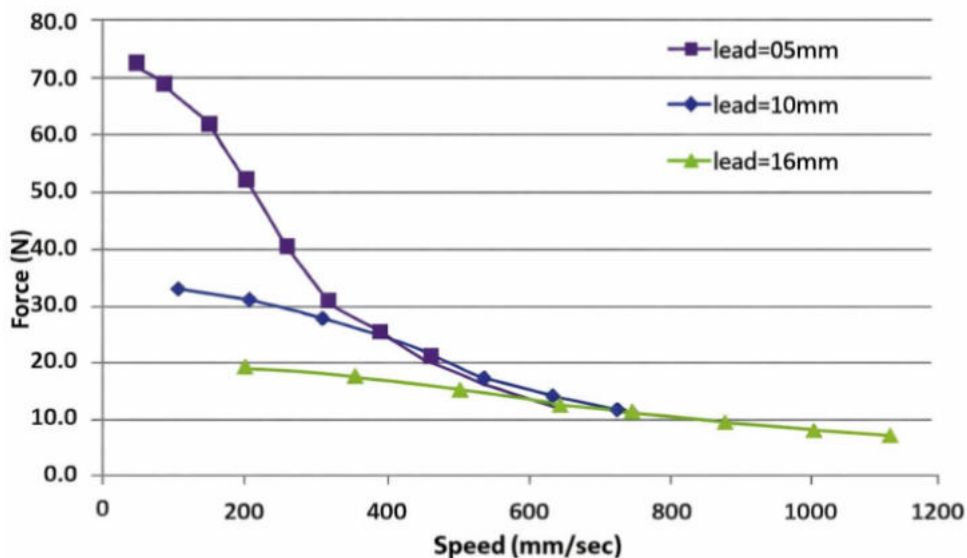


2. Kracht en snelheid

Traditioneel leveren pneumatische actuatoren hogere snelheden en lagere krachten in vergelijking met elektrische actuatoren. Enkele factoren – zoals de spoed (pitch/lead) van de spindel in een elektrische actuator of het aantal zuigers in een pneumatische actuator – kunnen deze vergelijking echter beïnvloeden.

Bij een pneumatische actuator wordt de kracht berekend door het oppervlak van de zuiger (krachtfactor) te vermenigvuldigen met de luchtdruk in de cilinder. Bij een elektrische actuator wordt de lineaire kracht omgezet uit het koppel van de motor.

Het is moeilijk om een constante snelheid of kracht te handhaven wanneer je werkt met samengeperste lucht. Aangezien spanning en stroom eenvoudiger te regelen zijn, kunnen elektrische actuatoren kracht en snelheid veel consistentier behouden, zelfs zonder terugkoppeling in een gesloten lus. Voor elektrische actuatoren kan ook gebruik gemaakt worden van een reductiekast met een bepaalde reductieverhouding, waardoor de kracht kan worden verhoogd ten koste van de snelheid. Er zijn veel opties voor elektrische actuatoren, dus zorg ervoor dat je het juiste bepaalt. Het vervangen van een kogelomloopspindel door een ander type met een grotere spoed/lead bijvoorbeeld, veranderen de uiteindelijke specificaties, zoals je kunt zien in de grafiek hieronder.





Pneumatische actuatoren werken doorgaans tussen **5 en 8 bar**, terwijl elektrische actuatoren het motorkoppel en het toerental (RPM) omzetten in een lineaire kracht en lineaire snelheid.

Om de kracht of snelheid van een pneumatische actuator te verhogen, zijn **meer zuigers** en/of een **hogere luchtdruk (bar)** nodig.

Om de kracht, snelheid of versnelling van een elektrische actuator te verhogen, is **meer koppel** van een grotere of langere motor nodig. Dit leidt tot een hogere energieconsumptie, maar door een doordacht design kan er dus gekozen worden voor de hoogst mogelijke efficiëntie die toch voldoet aan de eisen van de toepassing.

3. Nauwkeurigheid & herhaalbaarheid

Elektrische actuatoren domineren in nauwkeurigheid en herhaalbaarheid, wat ze ideaal maakt voor toepassingen waar meerdere posities moeten bereikt worden.



Low repeatability, Low accuracy



High repeatability, Low accuracy



High repeatability, High accuracy

Omdat spanning en stroom eenvoudiger te regelen zijn dan luchtdruk, kunnen elektrische actuatoren hun positie zeer nauwkeurig aansturen en deze met hetzelfde bewegingsprofiel herhalen. Pneumatische actuatoren worden daarentegen meestal ingezet voor eenvoudige in-uit bewegingen, aangezien ze niet dezelfde nauwkeurigheid en herhaalbaarheid bereiken.

Elektrische actuatoren met servo- of stappenmotoren bieden een hoge nauwkeurigheid en goede koppelregeling. Het houdkoppel van deze motoren voorkomt bovendien dat de actuator uit positie wordt geduwd.

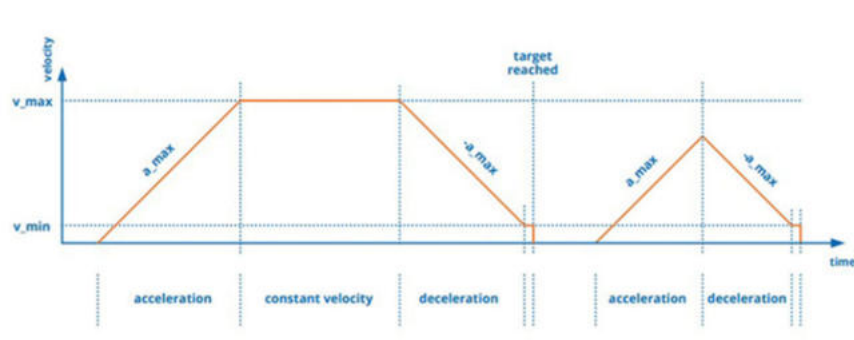
Pneumatische actuatoren worden steeds geavanceerder en maken vaker gebruik van vergelijkbare besturingstechnieken. Toch zijn aanvullende sensoren en aanpassingen nodig om in de buurt te komen van de "kant-en-klare" nauwkeurigheid en herhaalbaarheid van elektrische actuatoren.



4. Motion control-mogelijkheden

Dankzij de nauwkeurigere regeling van koppel, snelheid en acceleratie/deceleratie bieden **elektrische actuatoren** veel meer mogelijkheden op het vlak van bewegingsprofielen dan **pneumatische actuatoren**.

Ter illustratie toont het volgende bewegingsprofiel wat een elektrische actuator of motor kan uitvoeren.

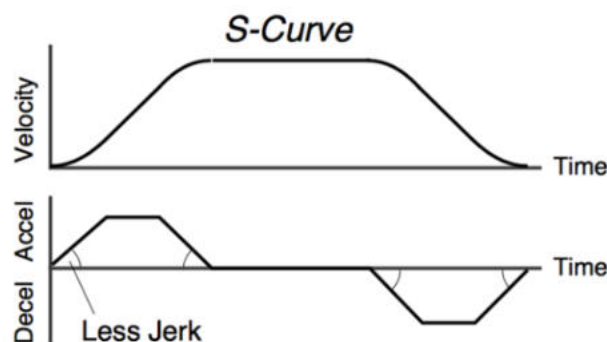


Het is moeilijk om dit exacte bewegingsprofiel te herhalen met een pneumatische actuator.

Dankzij hun hoge precisie en nauwkeurigheid zijn elektrische actuatoren het meest geschikt voor het herhalen van specifieke bewegingsprofielen. Pneumatische actuatoren zijn hierin beperkter en eenmaal geconfigureerd zijn deze profielen ook minder eenvoudig aan te passen.

Door hun hoge herhaalbaarheid worden elektrische actuatoren vaak ingezet in toepassingen met meerdere gesynchroniseerde assen.

Bovendien kunnen honderden doelposities worden opgeslagen en bewaard. Trillingen en schokbelastingen zijn te beperken met aangepaste bewegingsprofielen, zoals S-curves, terwijl pneumatische actuatoren doorgaans afhankelijk zijn van een harde aanslag en een veer.





Absolute positiebesturing bij elektrische actuatoren is al geruime tijd in ontwikkeling. Multi-turn absolute encoders helpen daarbij de benodigde ruimte te verkleinen, omdat externe homing- en eindeloopsensoren niet meer nodig zijn. De nieuwste generatie actuatoren maakt bovendien gebruik van **mechanische absolute encoders**, waardoor **geen backupbatterij meer nodig is**.

5. Energie-efficiëntie & totale kostprijs

Een ander belangrijk voordeel van elektrische actuatoren is hun **efficiëntie**. Pneumatische actuatoren werken met een rendement van ongeveer **10–25%**, wat zelfs lager is dan dat van hydraulische lineaire actuatoren (ongeveer **40%**)
Elektrische actuatoren halen daarentegen een rendement van ongeveer **80%**.

Hieronder volgt een vergelijking van de energiekosten van een pneumatische actuator en een elektrische actuator in dezelfde toepassing uitgaande van een theoretische elektriciteitsprijs van € 0.27 /kWh.

0.1 KW APPLICATIE		
DUTY CYCLE	50%	80%
Pneumatisch	€ 520	€ 833
Elektrisch	€ 130	€ 208
0.5 KW APPLICATIE		
DUTY CYCLE	50%	80%
Pneumatisch	€ 2.604	€ 4.165
Elektrisch	€ 651	€ 1.040
1 KW APPLICATIE		
Pneumatisch	€ 5.208	€ 8.330
Elektrisch	€ 1.116	€ 2.079

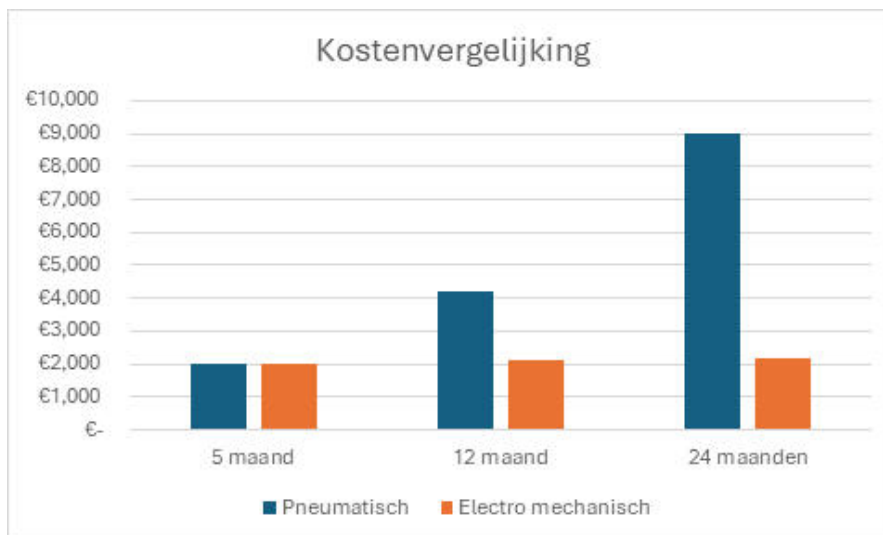


“Perslucht is één van de duurste energiebronnen in een fabriek. De totale efficiëntie van een typisch persluchtstelsel kan zo laag zijn als 10 tot 15%”

”

Als enkel de **initiële kostprijs** in overweging genomen wordt, zijn **pneumatische actuatoren** de beste keuze. Ter vergelijking: **elektrische actuatoren** hebben hogere initiële kosten, maar lagere operationele kosten en lagere onderhoudskosten.

Wanneer je echter kijkt naar de **TCO** (total cost of ownership), komen elektrische actuatoren juist als winnaar uit de bus. Dit komt doordat luchtcracht meer energie vergt om op te wekken en bovendien minder efficiënt is dan elektrische energie in de omzetting naar een lineaire kracht.



Korte termijnkosten bestaan uit de aankoop- en installatiekosten, maar de TCO omvatten vervangingskosten, installatie van luchtleidingen en onderhoud. Vergeet niet dat **luchtcompressoren ook elektriciteit nodig hebben** om te werken.

TIP: Wat is Total Cost of Ownership?

Definitie:



TCO = initiële aankoopkosten + (aantal dienstjaren x jaarlijkse operationele kosten)

“Jaarlijks operationele kosten omvatten o.a. elektriciteit, vervangingskosten, onderhoudskosten, schrootkosten en productiviteitsverlies door onderhoud.”



Lager zijn twee toepassingsvoorbeelden van **Linear Motion Tips** uitgewerkt.

APPLICATIEKOST Toepassing #1 - Noedelsnijmachine		
KOSTEN	PNEUMATISCHE CYLINDER	ELEKTRISCHE ACTUATOR
Aankoop	€ 110 + kleppen etc tot € 400 1 maand levensduur	€ 1.500 (actuator+drive+motor) 3 jaar levensduur
Jaarlijkse elektriciteitskost*	€ 170,10	€ 27,44
Jaarlijkse onderhoudskost	? - Niet in rekening gebracht	€ 0
Jaarlijkse vervangingskost	€ 1.320 (zonder lonen, enkel cyl.)	€ 0
Geschatte TCO voor 3 jaar**	€ 4.470,30	€ 1.582,32

*Vermogen = $0,67\text{m/s} \times 0,0225\text{KN} = 0,015\text{KW}$; Vermogen pneumatisch = $0,015\text{KW} / 20\% = 0,075\text{KWh}$; Vermogen elektrisch = $0,015\text{KW} / 80\% = 0,0121\text{KW}$, rekening houdend met 28 cent/KWh en 8.400 uren/jaar

**Pneumatisch: $3 \times (1.320 + 170,10) = € 4.470,30$ zonder onderhoud en loonkosten voor vervanging, zonder kosten voor bestelling, levering en stockeren vd cylinders. Elektrisch: $1.500 + (3 \times 27,44) = € 1.582,32$

APPLICATIEKOST Toepassing #2 - Puntlassen (5Mio lassen/jr)		
KOSTEN	PNEUMATISCHE CYLINDER	ELEKTRISCHE ACTUATOR
Aankoop	ca. € 1.250 - 3 Mio lassen	ca. € 5.000 - 2 Mio bewegingen
Jaarlijkse elektriciteitskost	€ 1.771	€ 419
Jaarlijkse onderhoudskost	€ 1.250: € 250/ 1 Mio lassen	€ 375: € 750/ 10 Mio lassen
Jaarlijkse vervangingskost*	€ 2.803: € 1.250/ 3 Mio lassen	€ 0
Geschatte TCO voor 3 jaar	€ 20.417	€ 8.176

*(5Mio / 3)*1.250 = € 2.083

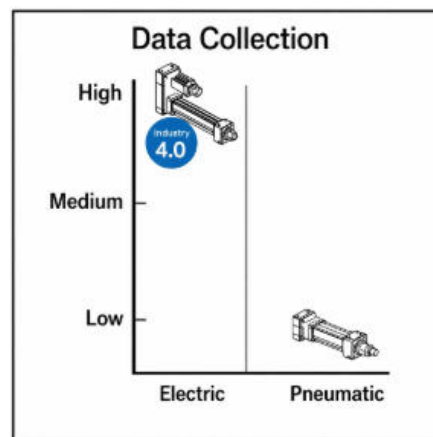


Vergelijkingen van de TCO tussen pneumatische en elektrische lineaire actuatoren omvatten veel variabelen en aannames. Soms komt het neer op het ontwerp van buisfittingen, hoe goed de systemen kunnen worden onderhouden en hoe je ze gebruikt. Voor toepassingen die geen precisie of continue levensduur vereisen, kunnen pneumatische actuatoren geld besparen.

6. Dataverzameling

Meer data leidt tot hogere efficiëntie door het onderhoud beter voorspelbaar te maken.

Elektrische actuatoren zijn ook in deze categorie de winnaar



De besturing van elektrische motoren en actuatoren heeft de laatste jaren een snelle ontwikkeling doorgemaakt waardoor geavanceerde regelsystemen nu uiterst eenvoudig inzetbaar zijn. Dataverzameling is eenvoudig te implementeren omdat veel van de meetsensoren zoals stroom- en temperatuursensoren al zijn ingebouwd of de kritische gegevens een voorspelbaar gedrag vertonen. Meer industriële netwerkcommunicatieprotocollen, zoals **EtherNet/IP**, **Profinet** en **EtherCAT**, zijn direct beschikbaar om verbinding te maken met allerlei PLC's, HMI's en IPC's. Hoewel pneumatische actuatoren ook vooruitgang boeken, kan het moeilijk zijn om op een niveau te komen waarop gegevens in realtime kunnen worden gebruikt om een proces te sturen of slijtage te voorspellen.



7. Omgeving, temperatuur en geluid

Aangezien elektrische actuatorsystemen gevoelige componenten kunnen bevatten, zoals motoren, encoders en sensoren, zijn **pneumatische actuatoren typisch beter geschikt voor zware omgevingen**. Let echter altijd op de **IP-classificatie** en/of specificaties om te begrijpen welke omgevingscondities werkelijk geschikt zijn. Zo zijn er vandaag de dag elektrische actuatoren voor extreme omgeving of gebruik onder water beschikbaar, iets dat zelfs voor pneumatische actuatoren niet vanzelfsprekend is.



Voorbeeld van een elektrische actuator voor gebruik onder water

Source: <https://actintime.be/blog/concens-uw100-onderwater-actuator>

Pneumatische actuatoren kunnen soms een **breder temperatuurbereik** aan dan elektrische actuatoren (ongeveer **-30 tot 180°C** vergeleken met de typische **0 tot 70°C**). Maar bij hoge omgevingstemperaturen kunnen de **luchtdichtingen falen**, waardoor de werking traag wordt.

Hoge temperaturen kunnen ook de levensduur van vet in motorlagers beïnvloeden en uitzetting van metalen veroorzaken, wat wrijving en slijtage in een elektrische actuator vergroot.

Pneumatische actuatoren produceren bovendien **meer geluid** door de samengeperste lucht, hoewel dit in de loop der jaren is verbeterd is voor toepassingen waar geluid echt heel kritisch de beste keuze elektrisch.



8. Onderhoud

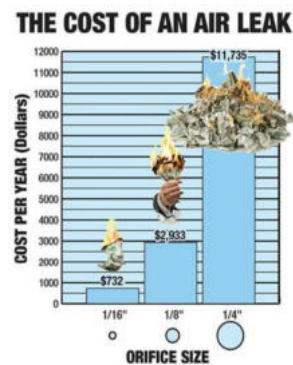
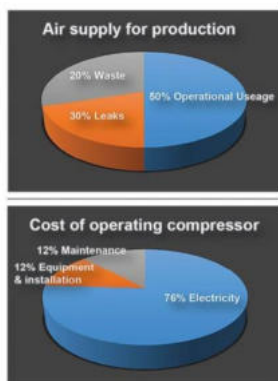
Als je geen fan bent van onderhoud, zijn **elektrische actuatoren de beste keuze**.

De onderhoudsbehoefte van een pneumatische actuator is veel groter dan die van een elektrische actuator. Er moet een constante toevoer van gecomprimeerde lucht zijn vanuit een reservoirtank, wat niet eenvoudig te onderhouden is. Naast de actuator zelf zijn er vele extra componenten die onderhoud vereisen, zoals:

- compressor
- ventielen
- fittingen
- demper (muffler)
- smeerunit
- filter-regelaar-smeerder (FRL)
- magneetventiel
- luchtslangen

Een elektrische actuator vereist **minimaal onderhoud** omdat er minder onderdelen zijn die kunnen slijten, dankzij de beperkte wrijving van lagers en lineaire geleidingen. Af en toe smeren kan in specifieke toepassingen nodig zijn om de gewenste levensduur te halen.

Het voorkomen van luchtlekken is essentieel bij pneumatische actuatoren. Naarmate afdichtingen slijten, verandert de kracht die de actuator levert, wat de nauwkeurigheid en herhaalbaarheid verder vermindert. Pneumatische actuatoren zijn afhankelijk van strakke stang- en zuigerdichtingen om luchtlekken door slijtage te voorkomen. Soms kan het lang duren om de luchtstroom correct af te stellen of te regelen.





9. Levensduur

Zowel pneumatische actuatoren als elektrische actuatoren bieden een **gemiddelde L10-levensduur**, gebaseerd op de levensduur van de lagers.

De levensduur van een elektromotor kan worden berekend, terwijl de levensduur van een pneumatische actuator slechts kan worden geschat. Het voorspellen van het moment waarop luchtdichtingen falen is zeer moeilijk, dus periodiek onderhoud is essentieel bij pneumatische actuatoren.

TIP: Wat is L10 levensduur?

L10-levensduur is het aantal omwentelingen of uren dat 90% van een groep ogenschijnlijk identieke lagers zal voltooien of overschrijden voordat vermoeidheid wordt verwacht. Het is een veelgebruikte methode om de levensduur van een elektromotor te schatten.

Omdat de levensduur van het lager gebaseerd is op de levensduur van het tandwielvet, en de levensduur van het lagervet wordt verlaagd door hoge temperaturen, helpt het zo laag mogelijk houden van de omgevingstemperatuur om de levensduur te verlengen.

Hier is een berekeningsvoorbeeld van Koyo Bearings:



$$\left(\begin{array}{l} \text{Total} \\ \text{revolutions} \end{array} \right) L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^P \dots\dots\dots(5-1)$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Time} \end{array} \right) L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^P \dots\dots\dots(5-2)$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Running} \\ \text{distance} \end{array} \right) L_{10s} = \pi D L_{10} \dots\dots\dots(5-3)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^P$$

$$= \frac{10^6}{60 \times 800} \times \left(\frac{50.9 \times 10^3}{3500} \right)^3 \doteq 64\,100 \text{ h}$$

De sleutel tot het verlengen van de levensduur van **pneumatische actuatoren** is het zorgen dat de stang en zuigerdichtingen in goede staat blijven. Slijtage aan deze afdichtingen is onvermijdelijk. Wanneer lucht lekkage toeneemt, zullen efficiëntie, kracht, snelheid en respons verslechteren.

De sleutel tot het verlengen van de levensduur van **elektrische actuatoren** is het laag houden van de bedrijfstemperatuur. Werk voor beide types altijd binnen de gespecificeerde grenzen.



10. Ideale toepassingen

De ontwerpovereenkomsten en verschillen tussen pneumatische en elektrische actuatoren leiden tot verschillen in hun eigenschappen.

Daarom zijn de grove, eenvoudige eigenschappen van pneumatische actuatoren ideaal voor basistoepassingen met snelle in/uit positionering, terwijl de precisie van elektrische actuatoren ze zeer geschikt maakt voor multi-punt positionering, geavanceerde bewegingsprofielen en multi-as synchronisatie. Ook in de tussenliggende categorie van toepassingen waar de snelheid niet belangrijk is en er slechts 2 posities nodig zijn zoals het openen van een klep, is de elektrische actuator vaak de meer aangewezen oplossing.

Pneumatische actuatoren kunnen in vuilere omgevingen werken dan de meeste standaard elektrische actuatoren. Maar hoge temperaturen kunnen voor beide types de levensduur verkorten.

Als geavanceerde functionaliteit nodig is—zoals closed-loop feedback of dataverzameling—dan bieden elektrische actuatoren een geïntegreerde, toekomstbestendige oplossing die veel eenvoudiger te gebruiken is.



Samenvatting

In de eenvoudigste termen komt de keuze tussen pneumatische en elektrische actuatoren neer op **eenvoud, precisie, efficiëntie en onderhoud**.

- **Pneumatische actuatoren** zijn kleiner, eenvoudig te installeren en geschikt voor simpele, korte slagtoepassingen met eind-tot-eind beweging.
- **Elektrische actuatoren** voldoen aan strengere eisen dankzij hun superieure precisie en herhaalbaarheid, en zijn ideaal voor lange slaglengtes, multi-punt positionering en geavanceerde bewegingsprofielen.

Hoewel de aankoopprijs van pneumatische actuatoren lager is, moet je kijken naar de **total cost of ownership**, inclusief aanschaf, energie en onderhoud. Vergeet hierbij niet dat luchtcompressoren ook elektriciteit verbruiken.

Op de lange termijn kunnen elektrische actuatoren lagere operationele en onderhoudskosten hebben.

De overstap van pneumatisch naar elektrisch is vooral zinvol voor toepassingen die **positie, snelheid, versnelling en kracht** met hogere nauwkeurigheid en herhaalbaarheid vereisen. Ze zijn bovendien beter in **dataverzameling** en **gesynchroniseerde multi-as toepassingen**.

Met de huidige focus op **efficiëntie en kostenreductie** verwachten we dat de vraag naar lineaire actuatoren met hogere energie-efficiëntie en een compacter ontwerp de komende jaren alleen maar zal toenemen.

Credit: Dit document is gebaseerd op een document geschreven door Johann Tang, Product Specialist bij Oriental Motor USA. Met dank aan Johann Tang voor de beschikbaarstelling van de oorspronkelijke inzichten en structuur die als basis voor deze whitepaper hebben gediend.

Over ACT IN TIME

ACT IN TIME helpt professionele klanten bij de ontwikkeling van steeds betere machines en toestellen op het gebied van mechatronica. We leveren mechanische, elektrische en elektronische componenten en ondersteunen met applicatiekennis zodat OEM's sneller tot een robuuste, efficiënte en toekomstgerichte oplossing komen.

Contact:

ACT IN TIME
Hermansstraat 19
B-2570 Duffel
info@actintime.be
Tel. +32 2 366 06 06