Attuatore elettrico vs. cilindro pneumatico: La guida completa dell'ingegnere

Gli ingegneri dell'automazione industriale affrontano questa decisione ogni giorno: **cilindro pneumatico o attuatore elettrico?**
La risposta non è più ovvia. L'aumento dei costi energetici, i requisiti di precisione più severi e le direttive di sostenibilità stanno spostando l'equilibrio verso gli azionamenti lineari elettrici — ma non in ogni applicazione.

Questa guida ti fornisce i dati per decidere. È scritta dagli ingegneri di NILAB, produttori di motori lineari tubolari e attuatori elettrici dal 2003.

1. Panoramica tecnologica

Cilindro pneumatico

Un cilindro pneumatico converte l'aria compressa in forza meccanica lineare. È semplice, veloce ed economico da acquistare — ecco perché è diventata la scelta predefinita per il movimento lineare ripetitivo nell'automazione industriale per tutto il XX secolo.

Come funziona:

Voce
Un compressore genera aria compressa (tipicamente 6–8 bar)
L'aria viene instradata attraverso valvole verso uno o entrambi i lati di un pistone
La differenza di pressione muove l'asta del pistone linearmente
La posizione è di norma controllata da arresti meccanici di fine corsa

Limiti intrinseci:

Voce
La posizione è binaria (completamente dentro / completamente fuori) a meno che non si aggiungano valvole proporzionali costose
La forza è difficile da controllare senza hardware aggiuntivo
L'energia viene sprecata continuamente — il compressore funziona anche quando non avviene alcun movimento
Le perdite d'aria sono inevitabili e progressive nel tempo

Attuatore lineare elettrico / motore lineare

Un attuatore elettrico converte l'energia elettrica direttamente in movimento meccanico lineare, sia attraverso un motore rotativo + meccanismo a vite sia — nel caso dei motori lineari tubolari NILAB — attraverso l'azionamento elettromagnetico diretto senza parti rotanti.

Come funziona:

Voce
Un servoazionamento controlla la corrente verso gli avvolgimenti del motore
L'interazione del campo magnetico produce forza lineare diretta
Un encoder fornisce il feedback di posizione a loop chiuso
Il controller può comandare qualsiasi profilo di posizione, velocità o forza

Vantaggi chiave rispetto al pneumatico:

Voce
Posizionamento intermedio infinito (non solo arresti di fine corsa)
Profili di forza, velocità e accelerazione programmabili
Nessuna infrastruttura di aria compressa richiesta
Energia consumata solo durante il movimento effettivo

2. Confronto fianco a fianco

Parametro	Cilindro pneumatico	Attuatore elettrico NILAB
Posizionamento	Binario (2 posizioni)	Infinito (loop chiuso)
Ripetibilità di posizione	±0,5–2,0 mm sull'arresto meccanico	±0,01–0,05 mm
Controllo della forza	Difficile / Impreciso	Preciso / programmabile
Controllo della velocità	Limitato (valvole di flusso)	Profilo completo, programmabile
Energia in idle	Il compressore funziona = spreco	Consumo zero o molto basso
Energia in movimento	Efficienza 25–35%	Efficienza 85–92%
Manutenzione	Guarnizioni, valvole, filtri	Minima (solo IGUS sostituibile)
Rumore	Alto (aria di scarico)	Basso
Pulizia	Rischio di nebbia d'olio	Compatibile con cleanroom
Protezione IP	Standard fino a IP54	Fino a IP 68
Costo iniziale	Basso	Medio-alto
TCO su 5 anni	Alto (energia + manutenzione)	Basso
Complessità di integrazione	Bassa (valvola + tubi)	Da media a bassa (stesso controllo valvole)

—

3. Consumo energetico: i numeri reali

È qui che l'attuatore elettrico vince in modo decisivo nella maggior parte delle applicazioni. I numeri seguenti si basano su un tipico scenario di produzione a due turni.

Un tipico sistema pneumatico spreca energia in tre modi:

Voce
Inefficienza del compressore: solo circa il 10–15% dell'energia elettrica in ingresso raggiunge il cilindro come lavoro utile
Perdite di distribuzione: perdite in tubi e raccordi (tipicamente il 20–30% dell'aria totale prodotta)
Perdite in idle: il compressore mantiene la pressione anche quando nessun cilindro si muove

Calcolo di esempio — produzione a due turni (16 h/giorno):

Un singolo cilindro pneumatico Ø50mm, corsa 200mm, 6 bar, 30 cicli/minuto:

Voce di costo	Pneumatico	Attuatore elettrico NILAB
Consumo d'aria	85 l/min	-
Potenza equivalente del compressore	1,8 kW continui	-
Potenza motore	-	180 W di picco / 45 W media
Costo energetico annuo (0,25 €/kWh)	€2628/anno	€263/anno
Manutenzione (guarnizioni, valvole)	€400/anno	€50/anno
Costo totale annuo	€3028/anno	€313/anno
Risparmio	-	€2715/anno

ROI sulla sostituzione elettrica: tipicamente 12–18 mesi per operazioni a due turni.

Calcola il tuo risparmio esatto: Strumento NILAB Pneumatico → Elettrico — Calcolatore online gratuito

Inserisci il diametro del cilindro, la corsa, la pressione di lavoro e il tasso di cicli.
Lo strumento restituisce il consumo energetico, l'equivalente di CO_2, il costo annuo e l'attuatore elettrico NILAB raccomandato.

—

4. Quando scegliere il pneumatico

L'elettrico non è sempre la risposta. I cilindri pneumatici rimangono la scelta migliore quando:

Voce
Tassi di ciclo molto elevati (>200 cicli/min) con movimento semplice end-to-end — il pneumatico può essere più veloce e semplice per pure applicazioni bang-bang
Rapporto forza-costo estremo richiesto e la precisione è irrilevante (es. bloccaggio, punzonatura, pressatura a forza fissa)
Atmosfere ATEX / esplosive — gli azionamenti elettrici richiedono una selezione accurata; il pneumatico è intrinsecamente sicuro
Infrastruttura pneumatica esistente con tassi di utilizzo molto bassi — il periodo di ritorno può superare i 3 anni
Corse molto brevi (<10mm) senza requisito di posizionamento — il delta di costo non è giustificato

5. Quando scegliere l'elettrico

Scegli un attuatore lineare elettrico quando:

Voce
Controllo multi-posizione richiesto (3 o più posizioni per corsa)
Controllo della forza necessario (atterraggio morbido, forza di bloccaggio variabile, assemblaggio press-fit)

Efficienza energetica è un KPI — l'elettrico risparmia il 70–90% di energia rispetto al pneumatico
Ambiente cleanroom o food/pharma — nessuna nebbia d'olio, IP65/IP67 disponibile
Funzionamento silenzioso richiesto (food retail, laboratori, medicale)
Manutenzione predittiva parte della strategia — i servoazionamenti forniscono dati di corrente del motore che prevedono l'usura
Eliminare il compressore è un obiettivo — un compressore serve tipicamente dozzine di cilindri; rimuovere il pneumatico semplifica l'intero sistema di utilità dell'impianto

6. Motore lineare tubolare NILAB — Vantaggio dell'azionamento diretto

La maggior parte degli attuatori elettrici usa un motore rotativo + vite a ricircolo di sfere o cinghia per convertire la rotazione in movimento lineare.
I motori lineari tubolari NILAB sono **a azionamento diretto**: la forza elettromagnetica agisce direttamente sul forcer,
senza trasmissione meccanica intermedia.

Questo significa:

Voce
Zero gioco meccanico — niente riduttore, niente vite, niente cinghia
Nessuna usura meccanica sull'elemento di azionamento
Maggiore accelerazione — la massa in movimento è solo il forcer, non motore + giunto + vite
Meccanica più semplice — meno componenti, meno punti di guasto

Serie	Forza di picco	Corsa	Protezione	Applicazione tipica
NL080QX & NL120QX	fino a 247 N	fino a 300–400 mm	IP65	Assemblaggio leggero, pick and place
GD160DTQ	fino a 152 N	fino a 500 mm	IP65	Food & beverage, pharma
GD250DQTX	fino a 1748 N	fino a 500 mm	IP65	Macchine utensili, lavorazione del legno

—

7. Guida alla migrazione: Sostituzione di un cilindro pneumatico

Segui questi passaggi per selezionare l'attuatore NILAB corretto per la tua sostituzione del pneumatico:

Passaggio 1 — Documenta il tuo cilindro attuale:

Voce
Diametro del foro (mm)
Corsa (mm)
Pressione di lavoro (bar)
Tasso di cicli (cicli/min)

Forza richiesta (N) — calcola: F = P × A = pressione(Pa) × area del foro(m^2)
Condizioni ambientali (IP, temperatura, lavaggio)

Passaggio 2 — Usa lo strumento NILAB P2E:
→ Calcolatore Pneumatico → Elettrico

Inserisci i tuoi parametri. Lo strumento restituisce:

Voce
Modello NILAB raccomandato
Curva forza-velocità per il tuo ciclo di lavoro
Risparmio energetico rispetto al pneumatico (kWh e € annui)
Riduzione equivalente di CO_2
Periodo di ritorno

Passaggio 3 — Scarica datasheet e file CAD:
→ Motore datasheet NILAB
→ Download file CAD 3D (STEP, IGES, Parasolid)

Passaggio 4 — Seleziona il servoazionamento:
I motori tubolari NILAB sono compatibili con:

Voce
Serie NILAB Epulse (CANopen DS402, Modbus RTU, EtherCAT)
Siemens SINAMICS
Beckhoff TwinCAT NC
Qualsiasi servoazionamento compatibile DS402

Strumenti e risorse correlate

Risorsa	**Link**
Calcolatore Pneumatico → Elettrico	Strumento NILAB P2E
Dimensionamento motore (WebSmart)	Dimensionatore WebSmart NILAB
Download datasheet	Motore datasheet
File CAD 3D	Download CAD
Catalogo prodotti	Scarica catalogo PDF

Contatti e supporto applicativo

Hai bisogno di aiuto per dimensionare la tua applicazione o valutare una migrazione pneumatico→elettrico?

→ Contatta il team tecnico NILAB
→ Forum utenti prodotti
→ **Diretto:** katharina.pirker@nilab.at | +43 720 513 258

From:
https://www.nilab.at/dokuwiki/ - **NiLAB GmbH Knowledgebase**

Permanent link:
https://www.nilab.at/dokuwiki/doku.php?id=it:engineersguide:p2e

Last update: **2026/09/11 09:33**