

# Aria compressa da regolare

RIDURRE GLI SPRECHI È ESSENZIALE PER CONTENERE I COSTI. NEI SISTEMI PNEUMATICI UNA VOCE SIGNIFICATIVA È DATA DALLA COMPRESSIONE DELL'ARIA, IL CUI COSTO CRESCE CON LA PRESSIONE. ABBASSARNE IL VALORE, RISPETTANDO LE ESIGENZE DELLE UTENZE, PRODUCE SIGNIFICATIVI RISPARMI. LA RIDUZIONE DELLA PRESSIONE SI OTTIENE CON REGOLATORI CHE POSSONO ESSERE USATI ANCHE LOCALMENTE. OVE NECESSARIO, LA PRESSIONE PUÒ INVECE ESSERE AUMENTATA CON MOLTIPLICATORI. LA SCELTA OCULATA DEI VALORI DELLA PRESSIONE CONSENTE DI ELIMINARE GLI SPRECHI.

**Guido Belforte**

**L**a pneumatica opera da tempo all'interno dei sistemi automatici ed è utilizzata in moltissime applicazioni accanto ai dispositivi elettromeccanici. La funzione tipica delle apparecchiature pneumatiche è quella di realizzare movimenti e sviluppare forze tramite cilindri. In un circuito pneumatico già definito, i valori della velocità di spostamento e della forza prodotta possono essere variati cambiando la pressione di lavoro dell'aria compressa.

Pertanto, la pressione costituisce un parametro essenziale per garantire il corretto funzionamento di un impianto. La pressione ha poi un altro importante effetto sul funzionamento: maggiore è la pressione raggiunta nelle camere di un cilindro, maggiore è il consumo di aria compressa

e, di conseguenza, l'energia che viene spesa per la compressione dell'aria. Aumentare la pressione vuol dire aumentare direttamente i consumi e il costo di esercizio di un macchinario. Questo pone un importante problema sulla corretta gestione della pressione operativa di ogni singolo attuatore e, più in generale, dell'intero sistema. Analogo discorso può essere fatto per quelle macchine nelle quali l'aria compressa agisce direttamente tramite ugelli, invece che attraverso cilindri, come avviene in molte applicazioni tessili. Tipico è il caso dei telai ad aria nei quali getti di aria trascinano il filo di trama facendolo passare attraverso i fili di ordito durante la fabbricazione delle stoffe. In questi telai una pressione più alta di lavoro vuol dire avere una forza di trascinamento dei fili di trama più elevata, ma anche una energia elettrica spesa nella centrale di compressione maggiore. In ogni caso, per una buona gestione energetica, il controllo del livello della pressione adatta ad ogni applicazio-



**1 -  
Regolatore  
di pressione**

ne, associato a un efficace recupero energetico nella centrale di compressione, contribuisce alla sostenibilità degli azionamenti pneumatici.

## **Ridurre la pressione per evitare sprechi**

La funzione principale delle apparecchiature pneumatiche è quella di realizzare nei sistemi automatici dei mo-

vimenti controllati con forze e velocità adeguate alle necessità. Per realizzare una determinata forza, occorre definire due valori, uno dei quali appartiene all'hardware dei componenti pneumatici e l'altro alle condizioni operative del sistema, in particolare:

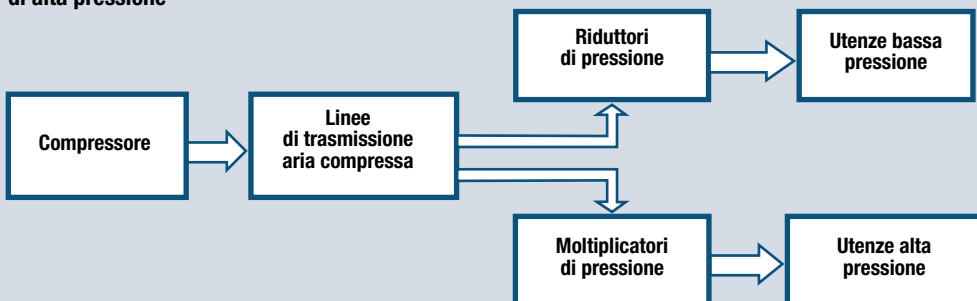
- Il diametro del cilindro;
- Il valore della pressione dell'aria compressa.

Per avere un movimento alla velocità richiesta, oltre a vincere le azioni resistenti al moto, bisogna anche garantire un certo flusso di aria compressa. Oltre ai parametri precedentemente indicati bisogna garantire la presenza di un elemento che regola il flusso. Nel caso in cui occorre produrre dei getti di aria (pulizia oggetti, telai tessili, supporti ad aria, ecc.), si dispone di una determinata sezione di passaggio e si agisce ancora una volta sulla pressione di alimentazione.

In tutti i casi applicativi la pressione di alimentazione di dispositivi e sistemi è un parametro fondamentale per il funzionamento e per il successo dell'azione richiesta. Questa condizione impone che il compressore operi con una pressione di lavoro adeguata alla richiesta delle utenze, tenendo conto dei tubi di trasmissione e degli elementi interposti tra il compressore stesso e le utenze. In ogni caso più alta è la pressione di lavoro delle apparecchiature finali, più elevata è la pressione di lavoro del compressore. Dal punto di vista energetico il costo dell'esercizio dei sistemi pneumatici è soprattutto collegato all'energia di compressione dell'aria. Riduzioni anche piccole della pressione dei compressori possono portare a significativi risparmi di energia. Per avere delle indicazioni sui possibili risparmi che si possono ottenere con la riduzione della pressione si può fare riferimento alla tabella 1. La tabella considera due diversi casi di compressione:

- il primo è quello di una compres-

## 2 - Schema di impianto ad aria compressa con utenze di bassa e di alta pressione



sione isentropica, ossia senza alcuno scambio di calore con l'esterno e con un gas ideale (senza perdite interne), in un compressore con un unico stadio;

- il secondo è quello di una compressione isoterma (compressione a temperatura costante), più favorevole dal punto di vista energetico.

Nei casi reali la situazione è intermedia tra le due condizioni riportate ed è normalmente più vicina a quella isentropica, a causa della ridotta capacità di dispersione del compressore. Nella prima colonna è riportata la pressione di lavoro del compressore, nella seconda e quarta colonna l'energia assorbita nella compressione di 1 dm<sup>3</sup> di aria alla pressione indicata (nei due casi di compressione isentropica e isoterma), nella terza e quinta colonna sono indicati i risparmi percentuali di energia diminuendo di 1 bar la

pressione del compressore.

Ad esempio, nel caso di compressione isentropica diminuendo la compressione da 10 a 9 bar l'energia si riduce del 6,3%.

Si tratta di percentuali contenute, ma interessanti tenendo conto che i compressori d'aria sono macchine energivore e che l'energia spesa per la compressione è una voce significativa in molte industrie.

Anche se il calore di compressione può essere in gran parte recuperato e riutilizzato per altri scopi, riducendo quindi le spese, per evitare sprechi è bene far funzionare i compressori intorno ai valori di pressione più bassi possibile, compatibilmente col fatto di garantire che le utenze che richiedono le pressioni più elevate siano soddisfatte. Il livello adeguato di pressione è garantito da regolatori di pressione, o riduttori di pressio-

Pressione di lavoro bar	Energia di compressione isentropica J/dm <sup>3</sup>	Riduzione di energia %	Energia di compressione isoterma J/dm <sup>3</sup>	Riduzione di energia %
10	320		227	
9	300	6,3	219	3,5
8	280	6,7	207	5,5
7	258	7,8	192	7,2
6	230	10,8	177	7,8
5	200	13,0	160	9,6
4	170	15,0	137	14,3

**TABELLA 1** - ENERGIA ASSORBITA NELLA COMPRESSIONE DI UN LITRO DI ARIA E SUA RIDUZIONE PERCENTUALE, IN FUNZIONE DELLA PRESSIONE DI LAVORO, NEI CASI ISENTROPICO E ISOTERMO.

ne, che forniscono la pressione richiesta su ogni utenza, con pressioni più alte o pressioni più basse. Nella figura 1 è mostrato un regolatore di pressione. Naturalmente, nella definizione delle pressioni delle utenze e di quella del compressore si deve tenere in conto anche l'effetto delle cadute di pressione che possono verificarsi nelle linee di trasmissione dell'aria compressa; tali perdite di pressione sono importanti se le distanze da collegare sono grandi, se le tubazioni hanno diametro troppo piccolo in relazione alle portate che devono transitare o se i percorsi sono caratterizzati da andamenti tortuosi. La scelta dei livelli di pressione negli impianti pneumatici deve tenere conto di molti fattori. Non ultimo vi è il caso in cui solo una o poche utenze di un impianto complesso richiedano pressioni più elevate di quelle necessarie a tutte le altre. In questo caso si possono usare convenientemente, per non sprecare energia di compressione, dei moltiplicatori di pressione, ossia delle apparecchiature ad azionamento pneumatico in grado di aumentare localmente la pressione per soddisfare le esigenze particolari di qualche utenza.

In definitiva, un impianto complesso di aria compressa può comprendere utenza a pressione piuttosto diversa che possono essere idealmente raccolte in due gruppi:

- utenze a bassa pressione;
- utenze ad alta pressione.

Nei due casi, come è indicato in figura 2 vi può essere: un unico compressore, che opera con una pressione di lavoro che soddisfa le necessità delle utenze di bassa pressione, che trasmette l'aria compressa con linee di distribuzione che terminano con riduttori di pressione (nel caso di utenze di bassa pressione) o con moltiplicatori di pressione (nel caso di utenze di alta pressione).



3 - Filtro-regolatore



4 - Gruppo con filtro e regolatore di pressione

## La regolazione della pressione

La regolazione della pressione deve essere fatta all'ingresso di ogni apparecchiatura per passare dalla pressione della linea di distribuzione dell'aria compressa a quella richiesta dalla singola utenza. Questa regolazione si accompagna sempre a una riduzione di pressione (normalmente intorno a 1 bar), necessaria per garantire il funzionamento degli organi interni dei regolatori utilizzati allo scopo. Come già indicato, è opportuno che la pressione della rete di distribuzione sia prossima a quella di utilizzo per evitare un inutile lavoro di compressione nella centrale di produzione dell'aria compressa.

Quando i regolatori di pressione sono piazzati all'ingresso di una apparecchiatura è bene che siano associati a un filtro, normalmente predisposto per il trattenimento di particelle solide che possono giungere con l'aria compressa a causa di impurità introdotte nelle linee a monte (ad esempio, du-



5 - Regolatore da pannello con manometro integrato



**6 - Gruppo per il trattamento dell'aria compressa**

rante una manutenzione) o prodottesi all'interno delle tubazioni, come può capitare nel caso di tubi in acciaio. Il filtro può essere un componente separato o integrato nel regolatore. Nella figura 3 è mostrato un filtro-regolatore costituito da un unico elemento pneumatico.

L'uso dei regolatori di pressione non è peraltro limitato agli ingressi delle apparecchiature, ma in un sistema vi possono essere vari riduttori di pressione usati per limitare l'ingresso di aria compressa nelle camere di un cilindro quando non serve. Infatti, se in un circuito vi sono più cilindri e se si usa un unico riduttore al termine della corsa tutti i cilindri avranno le camere riempite alla stessa pressione di alimentazione, indipendentemente dalla pressione richiesta per muovere ogni stantuffo. In questo caso, l'aria compressa introdotta tra il momento in cui uno stantuffo arriva a fondo corsa (con la pressione di lavoro che ga-

rantisce il movimento) e il riempimento finale (con la pressione di alimentazione) è aria non usata in modo utile e inutilmente compressa. Dove un cilindro o gruppi di cilindri presentano volumi significativi si possono usare riduttori dedicati a questi utilizzatori finali. Vi possono essere riduttori singoli o gruppi di riduttori con la medesima linea di alimentazione montati in batteria, tenendo conto che tutti i componenti dedicati al trattamento dell'aria sono modulari e possono essere assemblati in modo semplice e veloce. Nella figura 4 vi è un gruppo costituito da un filtro e un regolatore.

Nell'ambito della realizzazione di componenti particolari nella figura 5 vi è un riduttore di pressione per montaggio a pannello. Per evitare di fare forature sul pannello per un manometro, il componente di figura 5 ha il manometro incorporato nella manopola, costituendo così un tutto unico per la regolazione della pressione e la sua verifica. La regolazione della pressione viene spesso associata ad altre



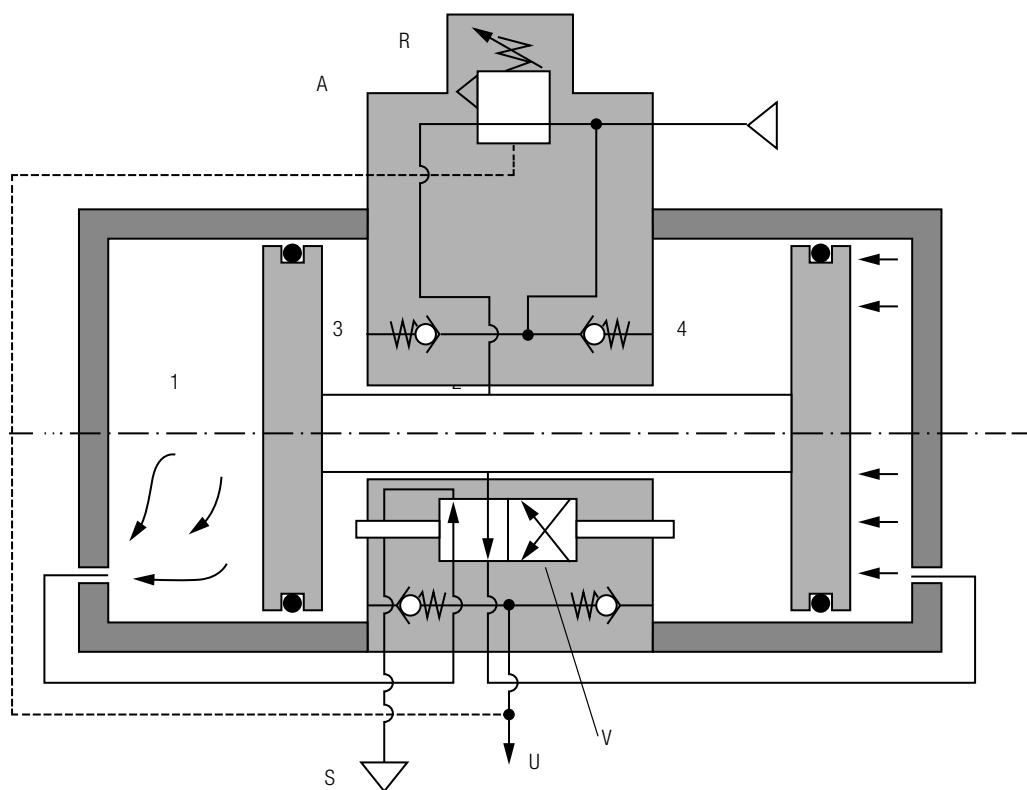
**7 - Gruppo per il trattamento con regolatore di pressione ed elementi di sicurezza**

funzioni per la gestione dell'aria compressa per i circuiti pneumatici. La disponibilità di componenti modulari, assemblabili con flange ad aggancio rapido e un'ampia scelta di tipologie, consente di realizzare gruppi idonei alle più svariate esigenze.

È possibile anche integrare elementi con funzioni di sicurezza. Nella figura 6 si vede un gruppo costituito, a partire da sinistra, da: una valvola di intercettazione a tre vie per l'alimentazione o lo scarico del sistema collegato a valle con relativa elettrovalvola di comando, un filtro-riduttore con integrato un pressostato digitale, un lubrificatore, un avviatore progressivo per il riempimento graduale del sistema pneumatico collegato.

Il lubrificatore ha la funzione di inviare olio di lubrificazione verso le apparecchiature dell'impianto pneumatico quando è necessario. È una funzione che oggi viene usata di rado, dato che i componenti pneumatici normal-

**8 - Schema di un moltiplicatore di pressione.**



**9 - Moltiplicatore di pressione**



mente non richiedono lubrificazione aggiuntiva. Nella figura 7 vi è un secondo esempio di gruppo di trattamento della serie AIRPLUS TG3 che è costituito da: una valvola di intercettazione a tre vie; un filtro-regolatore di pressione con manometro integrato nel corpo del componente;

un disoleatore con elemento filtrante a coalescenza; una valvola di inserimento e scarico doppia a comando elettropneumatico e ritorno a molla, munita di un sistema di diagnostica dello stato interno della valvola SAFE-LINE; un sensore di flusso. La valvola di inserimento e scarico ha la pos-

sibilità di realizzare un doppio canale con ridondanza del sistema e svolge una funzione di sicurezza con l'interruzione dell'alimentazione pneumatica e la messa in scarico del circuito pneumatico ad essa collegato.

Il funzionamento prevede la chiusura dell'alimentazione e il collegamento allo scarico del circuito collegato a valle, quando la bobina dell'elettrovalvola di comando non è attivata. Con elettrovalvola attiva il circuito è alimentato e lo scarico è chiuso. Lo stato della valvola viene costantemente monitorato da un sistema di diagnostica, realizzato tramite un sensore ad effetto Hall che legge la posizione del gruppo mobile dell'elettrovalvola e di conseguenza rende noto il suo stato operativo.

La versione a doppio canale ridondante, si effettua utilizzando due elettrovalvole 3/2 normalmente chiuse munite di diagnostica, montate in serie

in modo tale che l'uscita della prima elettrovalvola sia collegata all'ingresso della seconda. È sufficiente che solo una delle due elettrovalvole sia disaccoppiata per garantire lo scarico del circuito pneumatico.

Se una delle due elettrovalvole dovesse rimanere bloccata a causa di un guasto, l'altra assicura la funzione di messa in scarico dell'impianto pneumatico.

### **Aumentare la pressione quando serve**

Quando in un impianto ad aria compressa vi è un numero limitato di utenze che richiedono pressione alta si possono usare dei moltiplicatori di pressione che utilizzano la stessa aria compressa della rete come elemento motore per produrre pressione più elevata.

Lo schema di un moltiplicatore di pressione è visibile in figura 8. Il dispositivo ha due stantuffi collegati insieme che separano quattro camere: 1 e 2 sono le camere motrici; 3 e 4 sono le camere di compressione. Le camere di compressione sono isolate tra loro da guarnizioni sull'asta di collegamento tra i due stantuffi. Il funzionamento prevede un movimento alternativo, inviando e togliendo aria motri-

ce nelle camere 1 e 2 con una valvola di commutazione V a quattro bocche. La valvola è alimentata da un regolatore di pressione R collegato alla rete A, che commutata quando la faccia interna di uno stantuffo aziona un'asta sporgente che sposta il cassetto della valvola.

Il regolatore permette di adattare la pressione motrice al valore della pressione di uscita U voluto, dato che la pressione di uscita è funzione del dimensionamento geometrico dell'unità (in particolare, dell'area degli stantuffi e dell'asta di collegamento) e della pressione erogata dal regolatore. Un collegamento di retroazione dall'uscita del moltiplicatore al regolatore di pressione arresta il funzionamento quando si raggiunge la pressione richiesta. Quattro valvole di non ritorno collegano l'alimentazione con le camere di compressione, quando la loro pressione è inferiore a quella di rete, e le stesse camere con l'uscita, quando la loro pressione è maggiore di quella di uscita.

Nella figura 9 è visibile un moltiplicatore di pressione con regolatore per la scelta della pressione erogata.

### **Criteri per la scelta delle pressioni evitando sprechi**

Alla luce di quanto indicato precedentemente, per operare con impianti e sistemi ad aria compressa evitando sprechi è bene seguire alcune semplici regole:

- definire la pressione di lavoro delle utenze pneumatiche, uniformandone la pressione ai valori più alti richiesti e tenendo conto della presenza dei regolatori di pressione all'ingresso delle varie apparecchiature per l'alimentazione dei circuiti pneumatici (mediamente pressioni da 5 a 8 bar);



## **In conclusione**

La pneumatica è una tecnologia di automazione low cost per sistemi integrati compatti e digitali, che richiede una attenta gestione per contenere i costi.

Una scelta adeguata delle pressioni di lavoro delle apparecchiature pneumatiche e dei compressori evita inutili spese di energia per comprimere l'aria oltre il necessario. I regolatori di pressione sono fondamentali per garantire i livelli corretti.

Ove sia presente qualche utenza che richieda pressioni più elevate di quelle di tutte le altre, possono essere usati moltiplicatori di pressione.

- in conseguenza scegliere il campo della pressione di lavoro dei compressori, tenendo conto anche delle cadute di pressione delle linee di distribuzione dell'aria compressa;
- nel caso della presenza di una o poche apparecchiature che richiedono pressioni significativamente più elevate di quelle necessarie alla maggioranza delle altre, usare dei moltiplicatori di pressione. •

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia la società PNEUMAX per la collaborazione e per la fornitura di materiale tecnico e fotografico.

### **Riferimenti**

[1] <https://www.pneumaxspa.com>

[2] G. Belforte, "Manuale di pneumatica - terza edizione", Tecniche Nuove, 2019

Crediti Fotografici: Pneumax

QUANDO IN UN IMPIANTO AD ARIA COMPRESSA VI È UN NUMERO LIMITATO DI UTENZE CHE RICHIEDONO PRESSIONE ALTA SI POSSONO USARE DEI MOLTIPLICATORI DI PRESSIONE