

Compressori d'aria

I sei punti più importanti per l'ottimizzazione del sistema

- Controllo dell'applicazione di aria compressa, eventuale sostituzione con sistemi più efficienti
- Controllare il fabbisogno di aria compressa: limitare la pressione al livello necessario. Diminuire la pressione di rete di 1 bar comporta un risparmio di energia elettrica del 10%
- Utilizzare migliori attrezzature per l'applicazione di aria compressa
- Ridurre la disponibilità d'aria compressa alle ore del giorno, spegnere le sottoreti di notte e nei fine settimana
- Riduzione sistematica delle perdite nelle linee, nei raccordi, nelle valvole e nelle utenze con controlli regolari
- Utilizzare azionamenti efficienti e regolati sul fabbisogno con compressori adeguati. Utilizzare un sistema di controllo.

Obiettivi e target

La scheda tematica Topmotors n. 26 affronta la questione dell'efficienza degli impianti di aria compressa. Essa fornisce a tutte le parti interessate, vale a dire utenti, progettisti, installatori, consulenti in materia di energia, ecc., informazioni sulla produzione e sull'utilizzo efficiente di aria compressa nella progettazione di nuovi impianti e offre consigli e know-how sull'ottimizzazione degli impianti esistenti.

Consumo energetico dei sistemi d'aria compressa

In Svizzera, i compressori consumano circa 1,1 miliardi di kWh di energia elettrica all'anno, pari al 2% del consumo finale totale (fonte: Studio UFE 2004 «Fabbisogno di energia elettrica per l'aria compressa in Svizzera»). Insieme alle pompe, ai ventilatori e ai sistemi di refrigerazione gestiti da compressori, sono tra i maggiori consumatori di ener-

gia nell'industria (vedere la figura 1). Con costi da 3 fino a 10 ct. per m³, l'aria compressa è un'energia molto costosa. Per gli impianti con poche ore di funzionamento, i costi dell'elettricità rappresentano solo il 20% circa dei costi di esercizio; per gli impianti che funzionano 24 ore su 24, questa quota può arrivare fino a 80%. Sistemi ad aria compressa regolati, correttamente dimensionati e orientati all'applicazione, soddisfano tutte le esigenze del funzionamento quotidiano con il minimo consumo di energia elettrica e consentono quindi l'utilizzo dell'impianto nel modo più economico possibile. Le ottimizzazioni energetiche sono particolarmente vantaggiose per gli impianti con tempi lunghi di funzionamento. Tutti i risparmi si sommano, cosicché anche conversioni più complesse o analisi dettagliate si fanno con tempi di payback brevi o comunque soddisfacenti.

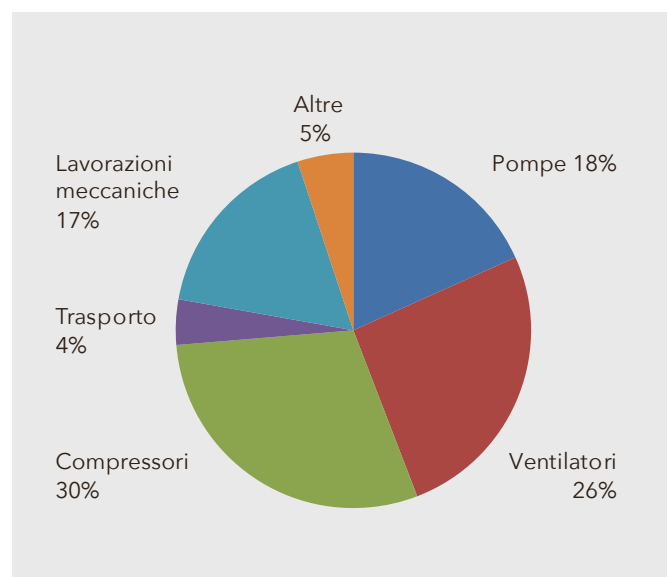


Figura 1: quote di consumo dei motori elettrici secondo la loro applicazione. (fonte: Easy, 2012)

Compiti delle istanze coinvolte

La progettazione di un impianto di aria compressa ottimale richiede la collaborazione di diversi specialisti. Sin dalla fase iniziale, deve essere definito con la massima precisione possibile il volume, la qualità richiesta dell'aria compressa e la pressione di rete necessaria. Successivamente, un ufficio di progettazione o un fornitore di compressori prepara un concetto che soddisfa questi requisiti nel modo più efficiente ed economico possibile. Dopo l'ammmodernamento è necessaria la presenza di personale interno che comprenda le funzioni dell'impianto e che sia in grado di regolarlo quando è necessario. Possono attivare, ad esempio, la modalità weekend durante i giorni festivi e questo consente di risparmiare energia senza grandi sforzi.

Il sistema deve essere progettato con precisione per tutte le esigenze e le condizioni di funzionamento devono essere simulate in anticipo. In linea di principio, si devono evitare sovradimensionamenti per garantire un punto di funzionamento ottimale.

Principi fondamentali

Dove e come vengono utilizzati in modo efficiente i sistemi ad aria compressa?

Si distingue tra ventilatori (fino a 0.1 bar di sovrappressione), soffianti (fino a 3 bar di sovrappressione) e compressori (da 3 bar di sovrappressione).

Per l'applicazione, l'aria viene portata ad una pressione maggiore con compressori e trattata in modo diverso a seconda dell'applicazione. L'energia necessaria per il processo di compressione è considerevole, poiché la compressione dell'aria e l'attrito nei compressori generano inevitabilmente grandi quantità di energia termica, che spesso non vengono utilizzate. Assieme all'elettricità, l'aria compressa è un'importante fonte di energia secondaria nell'industria e nella produzione. Molti dispositivi, macchine e sistemi funzionano con questa fonte di energia, ad es. cilindri ad aria compressa per la movimentazione e lo stampaggio, valvole ad aria compressa nelle tubazioni, motori ad aria compressa (protezione antideflagrante), utensili ad aria compressa, aria di spurgo come protezione contro il deposito di sporcizia, ugelli di soffiaggio per la pulizia, l'asciugatura e il raffreddamento, iniettori per il trasporto del materiale, per la generazione del vuoto e per il gonfiaggio.

In un sistema ad aria compressa ideale, il compressore fornisce esattamente la pressione e il volume d'aria necessari per un'applicazione, mentre per il resto del tempo rimane spento. Nel sistema ad aria compressa reale, tuttavia, molte applicazioni sono collegate a una rete di distribuzione e il compressore è impostato alla pressione massima richiesta magari da una sola applicazione. Inoltre, l'aria compressa fuoriesce dalle perdite di molte macchine, anche se non sono in funzione, perché il compressore rimane acceso durante le ore di lavoro e spesso addirittura in modo continuo. La figura 2 mostra la forma più semplice di un sistema ad aria compressa con un giocattolo. Essa mostra un pistone ad azionamento manuale come compressore e un cilindro pneumatico come applicazione. Se l'aria viene compressa attraverso il pistone, il cilindro si estende.



Figura 2: a sinistra c'è la pompa dell'aria compressa (compressore), a destra il cilindro dell'aria compressa (applicazione).

(Foto: Rolf Gloor)

Definizioni

Un sistema ad aria compressa (figura 3) è costituito da:

- un motore elettrico come azionamento
- un compressore che aspira e comprime l'aria esterna
- un accumulatore
- una rete di distribuzione
- Apparecchiature che utilizzano l'energia dell'aria compressa per poi rilasciarla nuovamente in atmosfera senza pressione.

Il compressore è una combinazione di motore, compressore e raffreddamento.

Un sistema ad aria compressa comprime l'aria fino a un volume minore e genera quindi una pressione. Come unità di misura per la sovrappressione viene utilizzato il «bar». Un compressore con 7 bar ha una pressione di uscita superiore di 7 bar rispetto alla pressione atmosferica (circa 1 bar assoluto, a seconda delle condizioni atmosferiche e dell'altitudine). Rispetto al vuoto quindi, la pressione è di circa 8 bar (assoluto) o 800 kPa (kilo-Pascal).

La quantità erogata si riferisce al volume dell'aria aspirata dal compressore. Vengono utilizzate le misure l/s (litri al secondo), l/min (litri al minuto) e m³/min (metri cubi al

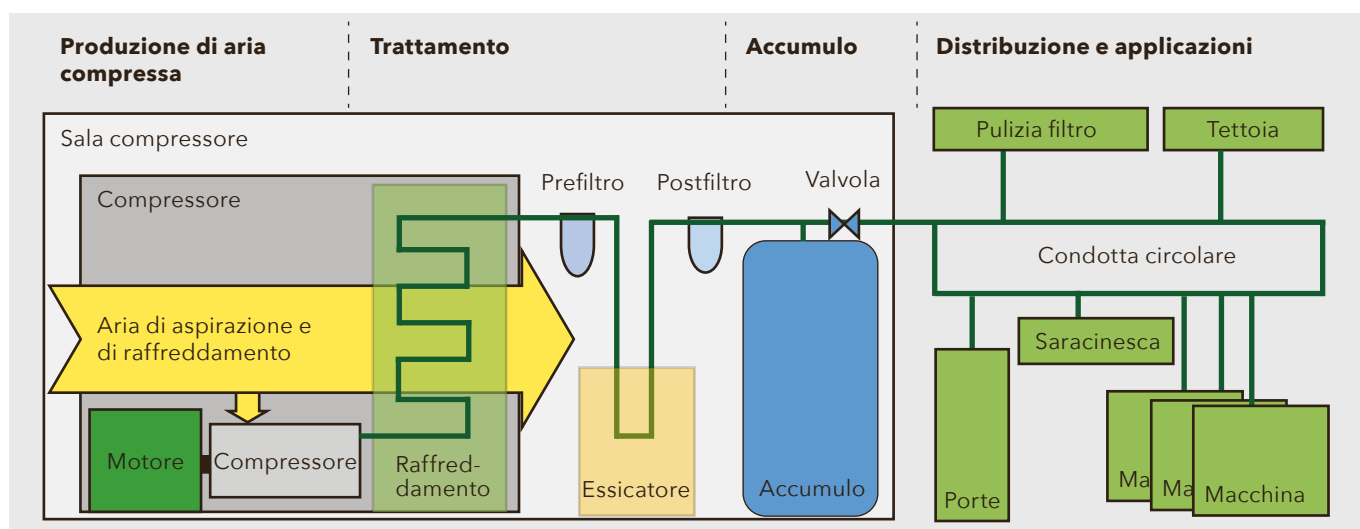


Figura 3: Componenti di un sistema ad aria compressa (fonte: Rolf Gloor).

Pressione assoluta		Sovrappressione	Descrizione, Osservazioni
Pa	bar	bar	
0	0	-1.00	Vuoto perfetto
2000	0,02	-0.98	Depressione delle pompe del vuoto
15 000	0,15	-0.85	Depressione degli eiettori di aria compressa
50 000	0,50	-0.50	Depressione di una ventola di aspirazione
75 000	0,75	-0.25	Depressione di un'aspirapolvere
89 120	0,89	0	Pressione dell'aria a 1000 m sul livello del mare
100 000	1,00	0	Pressione dell'aria a 100 m sul livello del mare
101 325	1,01	0	Pressione dell'aria sul livello del mare (1 atm)
101 000	1,01	0.01	Sovrappressione di un ventilatore
Parte trattata nella scheda tematica	150 000	1,5	0.5 Sovrappressione di una ventola
	200 000	2	1 Sovrappressione di un soffiante a pistone rotante (Soffiatore Roots)
	250 000	2,5	1.5 Sovrappressione di un soffiante a vite
	500 000	5	4 Limite tra pressione bassa e pressione normale
	730 000	7,3	6.3 Pressione normale per attrezzi ad aria compressa (a pieno carico)
	1 700 000	17	16 Pressione massima comunemente consentita per componenti
	3 700 000	37	36 Pressione per la produzione di bottiglie PET
30 100 000	301	300	Bombole di aria respirabile, bombole per immersioni
200 100 000	2001	2000	Applicazioni ad alta pressione nella tecnologia di trasporto

Tabella 1: Panoramica dei diversi campi di pressione (pressione negativa, pressione atmosferica, bassa pressione, pressione normale e alta pressione). (valori di sovrappressione relativi a 1 bar di pressione assoluta, ad eccezione degli esempi di pressione dell'aria)

minuto) e m³/h (metri cubi all'ora). Nell'industria dell'aria compressa vengono utilizzate tutte queste misure in quanto non esiste una designazione uniforme. I dati sulle prestazioni dei compressori d'aria devono corrispondere alle condizioni della norma ISO 1217: una pressione ambiente di 1 bar, una temperatura (aria e acqua di raffreddamento) di 20°C e una umidità relativa di 0%.

La potenza nominale del compressore si riferisce alla potenza elettrica nominale del motore di azionamento. La capacità dell'aria compressa è legata a una compressione isoterma ideale:

$$P = \dot{V}_1 p_1 \ln(p_2/p_1)$$

Esempio: Per una quantità fornita di $\dot{V}_1 = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, una pressione ambiente $p_1 = 100 \text{ kPa}$ (1 bar) e una pressione di uscita di $p_2 = 900 \text{ kPa}$ (9 bar, 8 bar di pressione relativa), l'aria compressa ha una potenza pneumatica di $P = 22 \text{ kW}$. Se il motore di azionamento del compressore assorbe 37 kW di potenza elettrica, l'efficienza del compressore è del 59% ($22 \text{ kW}/37 \text{ kW} = 0.59$).

Quantità di aria aspirata V_n				Potenza del compressore
l/s	l/min	m ³ /min	m ³ /h	kW
1	60	0,06	3.6	0.4
2	120	0,12	7.2	0.7
5	300	0,3	18	1.7
10	600	0,6	36	3.5
20	1200	1,2	72	7
50	3000	3	180	17
100	6000	6	360	35
200	12000	12	720	70
500	30000	30	1800	175
1000	60000	60	3600	350

Tabella 2: Volume d'aria nelle 4 unità comuni, potenza del compressore per una sovrappressione di 7 bar e rendimento del 60% (relativo alla compressione isoterma)

Sistemi alternativi: sistema idraulico, servozionamento diretto, motore lineare

I motori e i cilindri pneumatici sono molto più economici da acquistare rispetto ad alternative più efficienti dal punto di vista energetico. Sono spesso più leggeri, più robusti (sporco, umidità), più sicuri (scosse elettriche, perdite d'olio, protezione antideflagrante) e vengono raffreddati dall'aria compressa in espansione. Per gli azionamenti pneumatici con molte ore di funzionamento, gli azionamenti elettrici diretti rappresentano un'alternativa molto più economica grazie alla loro efficienza notevolmente migliore nel corso della vita utile (tabella 3).

Applicazione	Grado di efficienza massimo*		
	Aria compressa	Idraulico	Elettrico**
Mandrino ad alta velocità (ca. 20 000 giri/min)	40%	-	80%
Attrezzi manuali (ca. 2000 giri/min)	15%	40%	80%
Agitatore (ca. 200 giri/min)	10%	50%	80%
Cilindro di sollevamento a effetto semplice	40%	-	80%
Cilindro di sollevamento a effetto doppio	30%	50%	80%
Vibratore	20%	40%	70%
Impianto per sottovuoto	5%	-	40%

* Efficienza totale (Potenza meccanica di uscita, in relazione alla potenza elettrica di ingresso)
 ** Motore servo o lineare

Tabella 3: Massimo rendimento possibile delle applicazioni

Dove si verificano le perdite nel compressore?

La compressione riscalda l'aria. Altre perdite di calore si verificano nel compressore a causa del motore di azionamento e dell'attrito. Gran parte di questo calore è disponibile e utilizzabile fino a 80°C (utilizzo del calore di scarto). Un'altra parte dell'energia utilizzata viene persa a causa delle perdite interne, che aumentano in proporzione all'aumentare della pressione. Un buon compressore d'aria ha un'efficienza del 60%. In un compressore d'aria, l'aria aspirata viene compressa dal lavoro meccanico apportato dal motore. La compressione riscalda l'aria e il contenuto energetico (entalpia) aumenta. L'aria calda nel compressore viene raffreddata nuovamente alla temperatura ambiente in modo che il contenuto energetico (prodotto da volume e pressione) sia lo stesso di quando è entrata. Il calore residuo generato nel compressore corrisponde quindi all'energia elettrica consumata, di cui circa il 70 – 80% viene generata a una temperatura utilizzabile compresa tra 60°C e 80°C. La capacità di rendimento dell'aria compressa, l'energia dell'aria compressa, è descritta con il termine fisico exergia. L'exergia corrisponde al lavoro del compressore in compressione isoterma. Nel processo di espansione l'aria si raffredda.

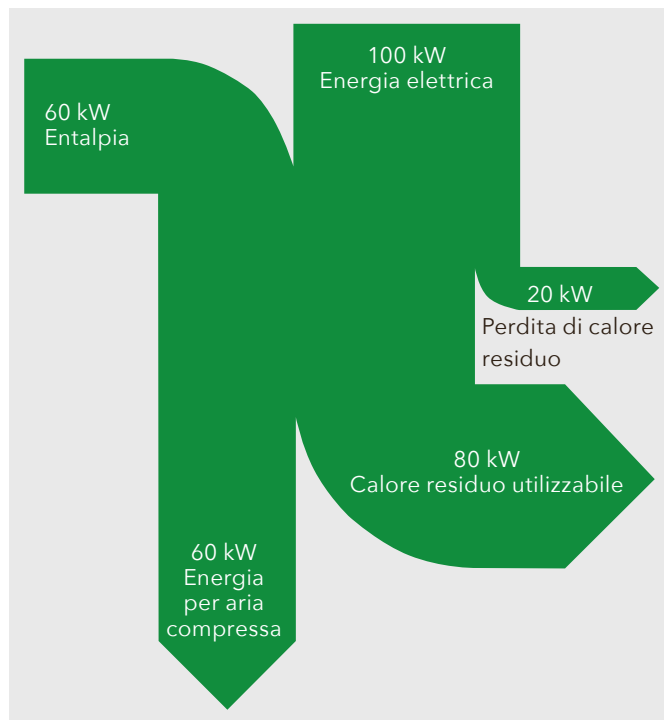


Figura 4: Flussi energetici nella compressione dell'aria (fonte: Rolf Gloor)

Dove si verificano le perdite nei sistemi ad aria compressa?

Le quote di perdita dei vari componenti sono distribuite in modo diverso a seconda del tipo di impianto. Una ripartizione tipica è illustrata nella figura 5.

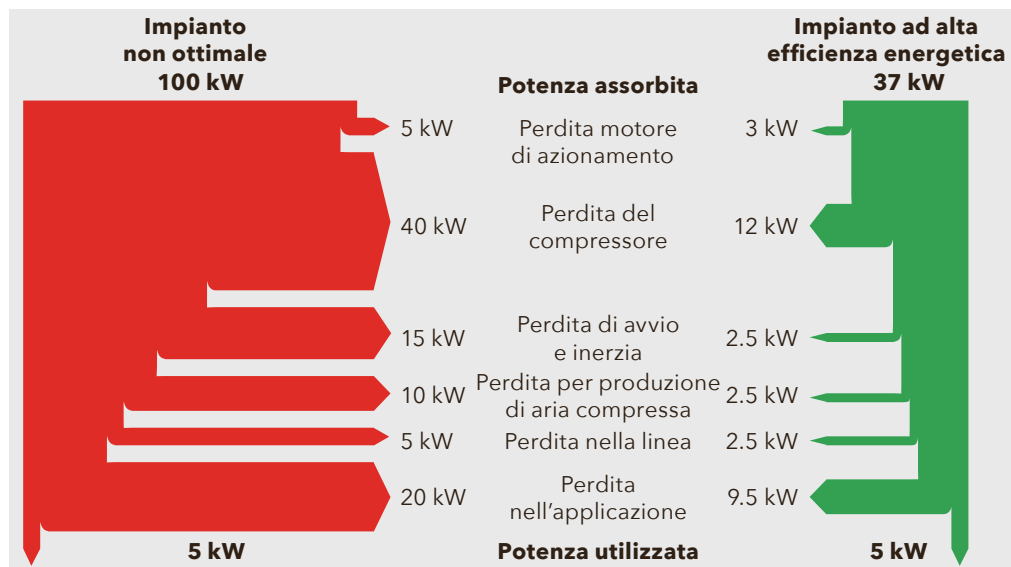


Figura 5: Partendo da una potenza finale richiesta di 5 kW per un impianto ad aria compressa, in tabella 4 vengono confrontati due esempi: sistema non ottimale (rosso, sinistra) e sistema ad alta efficienza energetica (verde, destra). (fonte: Rolf Gloor)

Potenza utilizzata	<ul style="list-style-type: none"> ■ Potenza meccanica dell'albero per agitatori, utensili, ecc. ■ Lavori di sollevamento di cilindri pneumatici per sistemi automatici e valvole ■ Soffiaggio per la pulizia di filtri, componenti e impianti 	
Componenti dell'impianto	Impianti non ottimali	Impianti efficienti
Applicazioni di aria compressa (qui senza la possibilità di sostituzione tramite componenti azionati elettricamente)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Motori per aria compressa con 20% di efficienza ■ Cilindri ad aria compressa con doppio effetto (anche il ritorno è con aria compressa) ■ Lunghi impulsi di soffiaggio ■ Intervalli fissi tra gli impulsi di soffiaggio ■ Ugelli con grandi aperture 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Motori per aria compressa con 33% di efficienza ■ Cilindri ad aria compressa con effetto semplice (ritorno a molla) ■ Brevi impulsi di soffiaggio ■ Impulsi di soffiaggio al superamento della pressione differenziale ■ Ugelli a iniezione
Perdite di aria	<ul style="list-style-type: none"> ■ Collegamenti a vite e accoppiamenti che perdono aria ■ Valvole manuali sulla macchina non utilizzate ■ Valvole di scarico condensa con intervallo fisso o galleggianti bloccati 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Collegamenti a vite e accoppiamenti a tenuta ■ Valvole principali sulla macchina ■ Valvole di scarico condensa elettroniche con controllo di livello
Trattamento dell'aria compressa	<ul style="list-style-type: none"> ■ Troppi filtri e troppo piccoli, manutenzione insufficiente (sostituzione dopo problemi di rete) ■ Essiccatore ad adsorbimento con intervalli di regolazione fissi (perdite di aria 20–30%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Quantità e dimensioni dei filtri necessari per la qualità dell'aria compressa, manutenzione regolare ■ Essiccatore a freddo e per laboratorio piccolo essiccatore ad adsorbimento e regolazione di umidità
Perdite di avvio e di inerzia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Funzionamento con due compressori da 70 kW e 300 litri di accumulo (tempi di funzionamento brevi) ■ Banda di pressione tra 7 e 8 bar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Funzionamento con due compressori da 25 kW (uno di essi con CF) e 6000 litri di accumulo ■ Banda di pressione tra 6.5 e 7 bar ■ Sistema di controllo di livello superiore
Compressori d'aria	<ul style="list-style-type: none"> ■ Compressori inefficienti con 50% di efficienza (Isotherm) ■ Senza manutenzione (filtri di aspirazione ecc.) sala compressori calda e con polvere ■ Il calore residuo viene dissipato in modo insufficiente (accumulo di calore) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Compressori efficienti con 60% di efficienza (isoterma) ■ Manutenzione annuale ■ Recupero del calore residuo per acqua calda sanitaria
Motore di azionamento	Motori inefficienti con cinghia trapezoidale	Motori IE3 o IE4 con azionamento diretto ed eventualmente con convertitore di frequenza

Tabella 4: Spiegazione della figura 5.

Efficienza energetica

Un sistema ad aria compressa ad alta efficienza energetica dispone di una bassa pressione di rete (5 bar di sovrappressione). Le applicazioni che richiedono molta aria compressa per diverse centinaia di ore all'anno dovrebbero essere sostituite, se possibile, da alternative ad alta efficienza energetica (servoazionamenti elettrici, motori lineari, sistemi idraulici, ecc.). Le macchine o le linee con perdite difficilmente evitabili devono essere scollegate dalla rete elettrica con una valvola automatica quando non sono in uso. Nel caso ideale, il compressore funziona per la maggior parte del tempo nel campo di funzionamento ottimale e il consumo energetico è costantemente monitorato.

Sistemi di compressione efficienti

Non esiste un compressore efficiente. Deve essere considerato l'intero sistema di aria compressa, compreso il trattamento dell'aria compressa e l'eventuale utilizzo del calore residuo. I produttori di compressori lavorano costantemente per migliorare l'efficienza dei loro prodotti al fine di mantenere la loro posizione sul mercato. Tuttavia, un compressore più efficiente non si traduce necessariamente in un sistema ad aria compressa efficiente. Inoltre, il consumo di aria compressa varia costantemente rispetto alla media settimanale. Le simulazioni di un profilo di consumo possono aiutare a determinare una variante efficiente. I produttori di compressori offrono opuscoli con conoscenze di base nel campo della tecnologia dell'aria compressa, in cui vengono spiegati i singoli compressori e i singoli tipi di produzione dell'aria compressa. Questa scheda tematica tratta solo brevemente le basi dei singoli componenti ed è rivolta in modo più dettagliato all'ottimizzazione dei sistemi.

Principi di base della compressione

Un compressore volumetrico (ad es. compressore a pistone) racchiude un volume e aumenta la pressione riducendo questo volume. I compressori volumetrici sono i più comuni nell'industria. In un compressore dinamico (ad es. turbocompressore), l'aria è fortemente accelerata da una girante (turbina). L'energia cinetica dell'aria viene poi trasformata in energia di pressione frenando l'aria e comprimendola. Fino ad oggi, i compressori dinamici sono stati costruiti solo per grandi quantità di aria compressa con potenze del motore superiori a 400 kW. Alcuni produttori stanno cercando di immettere sul mercato compressori più piccoli con una potenza inferiore a 100 kW. Rispetto ai compressori volumetrici, i costi di manutenzione sono inferiori, ma le condizioni di aspirazione nell'impianto di aria compressa hanno un'influenza maggiore sull'efficienza energetica.

Compressore a pistone

Il compressore a pistone è il tipo di compressore più vecchio e più frequentemente utilizzato, soprattutto per le applicazioni più piccole (imprese commerciali). È a semplice o doppio effetto, lubrificato a olio o senza olio ed è disponibile con diversi numeri di cilindri in diverse configurazioni (vedere la figura 6). Ad eccezione dei compressori molto piccoli con cilindri verticali, la disposizione a V è il tipo più comune. Sono disponibili anche compressori a pistoni per applicazioni industriali. Sono particolarmente adatti anche per la compressione ad alte pressioni > 20 bar e gas speciali.

Tipo	Range di pressione [bar]	Potenza assorbita [kW]	Grado di efficienza [isoterma]	Note
Compressore a pistoni a due stadi	4-500	0.1-30	60%	Senza funzionamento continuo
Compressore a vite senza olio	4-16	5-500	50%	
Compressore a vite	4-16	5-500	60%	
Turbocompressore	3-8	30-1000	80%	
Compressore per refrigerazione	4-8	1-5	50%	
Soffiatore a vite	0.3-1.5	10-1000	70%	
Pistone rotante (Roots)	0.1-1	0.1-1000	60%	
Soffiante	0.1-0.2	0.1-1000	80%	

Tabella 5: Confronto tra compressori.

Compressore a vite

Il principio di un compressore rotante a spostamento positivo con «pistone» a forma di vite è stato sviluppato già negli anni Trenta. All'epoca erano necessari compressori con una portata volumetrica quanto più ampia e costante possibile in un'ampia varietà di condizioni operative. I componenti principali di un elemento a vite sono il rotore principale e il rotore secondario. Questi racchiudono un volume insieme all'alloggiamento, lo riducono per rotazione, comprimono l'aria in esso contenuta e poi la espellono. Ogni elemento della vite ha un rapporto di pressione determinato dalla sua geometria, che dipende dalla sua lunghezza, dal passo della vite, dalla posizione e dalla forma dell'apertura di uscita. Per ottenere un buon grado di efficienza, il rapporto di pressione deve essere adattato alla sovrappressione di esercizio. Un compressore a vite non ha valvole e non ha forze di massa sbilanciate.

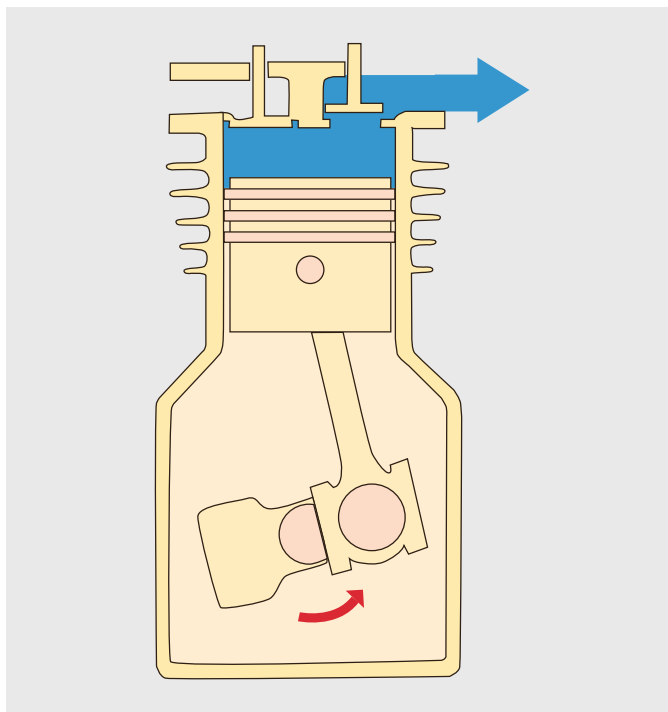


Figura 6: Compressore a pistone semplice (fonte: Atlas Copco)

Compressori a vite raffreddati a liquido

Un compressore a vite raffreddato a liquido viene raffreddato e contemporaneamente lubrificato dal liquido iniettato nella camera di compressione e sui cuscinetti (vedere la figura 7). Oltre all'effetto di raffreddamento e lubrificazione, il liquido riduce anche le perdite di riflusso nell'elemento. Oltre agli oli lubrificanti, vengono eseguiti anche test con altri liquidi, come ad esempio l'acqua. I compressori a vite raffreddati a liquido sono progettati per alte pressioni. Questo è anche il motivo per cui un singolo stadio di compressione è sufficiente a generare pressioni fino a 15 bar. Le perdite di riflusso relativamente basse fanno sì che anche i piccoli compressori a vite funzionino in modo economico.

Compressori a vite a secco

Per i compressori a vite a secco (spesso chiamati anche compressori a vite senza olio), è sempre necessario un ingranaggio di sincronizzazione per l'azionamento del rotore concorrente (figura 8). Poiché i rotori non si toccano tra loro né entrano in contatto con l'alloggiamento, non è necessario lubrificante nella camera di compressione. Per questo motivo, anche l'aria compressa è completamente priva di olio. I rotori e l'alloggiamento sono realizzati con la massima precisione per evitare il più possibile perdite dal lato pressione a quello di aspirazione. Il rapporto di pressione è limitato dalla differenza di temperatura risultante tra il lato di ingresso e quello di uscita. Per questo motivo, i compressori a vite senza olio hanno generalmente diversi stadi di compressione. Oltre ai modelli sopra menzionati, sono disponibili anche i compressori scroll, a velocità fissa e turbocompressori. Poiché solo un piccolo numero di tali compressori è in funzione, non entreranno qui nei dettagli.

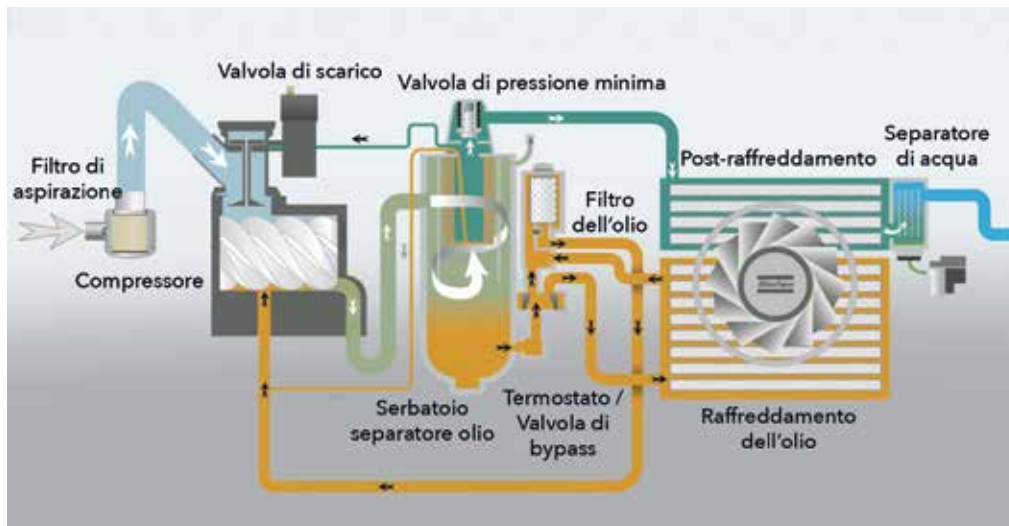


Figura 7: Compressore a vite raffreddato a liquido (fonte: Atlas Copco)

Trattamento dell'aria (raffreddamento, filtraggio, asciugatura, ecc.)

Senza trattamento, non è possibile ottenere la qualità dell'aria compressa necessaria, perché il compressore agisce come un grande aspirapolvere. Le impurità nell'aria ambiente vengono aspirate dal compressore e immesse nella rete di aria compressa in forma concentrata, indipendentemente dal fatto che si tratti di una macchina a secco o raffreddata a olio. L'aria compressa può essere utilizzata solo in rari casi direttamente dopo il compressore senza ulteriori trattamenti. La quota di particelle, umidità e olio è generalmente troppo elevata per le apparecchiature. Il guasto di un componente per il trattamento ha quindi sempre un'influenza negativa sulla funzionalità e sulla durata di vita delle apparecchiature. La purezza dell'aria compressa deve essere determinata principalmente dall'utente. È possibile che nei grandi impianti di aria compressa vi siano singole utenze che richiedono una qualità dell'aria compressa più elevata rispetto al resto del sistema. Ad esempio, i sistemi con utenze (valvole, cilindri) che si trovano all'aperto e possono congelare in inverno possono richiedere talvolta aria compressa con minore

umidità. In questi casi è spesso ragionevole trattare l'aria compressa in modo decentrato. Tuttavia, ciò dipende individualmente dalla quantità e dalla posizione di queste utenze nel sistema di aria compressa.



Figura 8: Compressore a vite a secco (fonte: Atlas Copco)

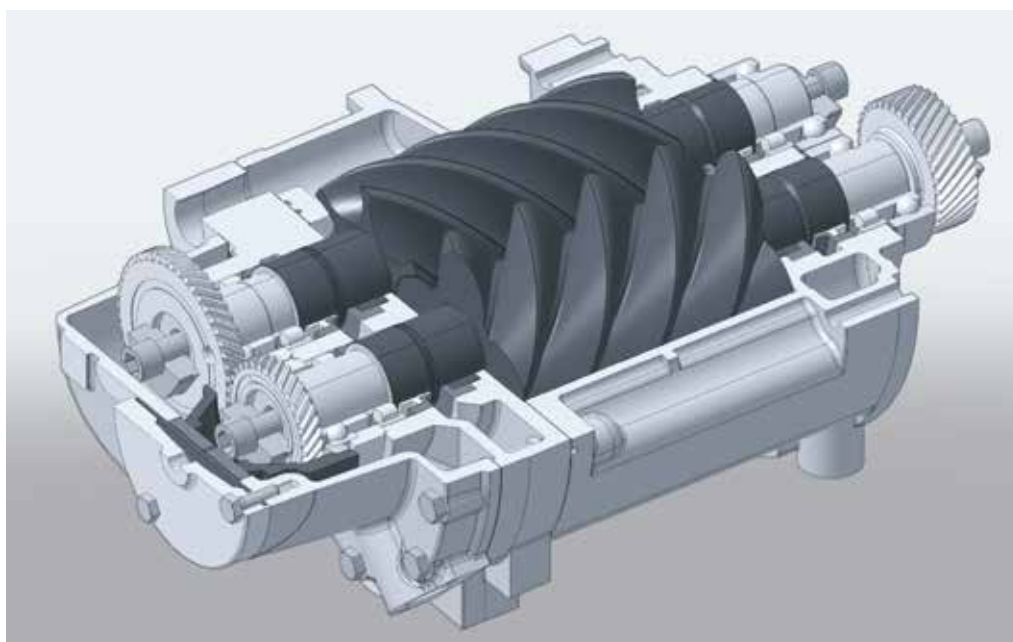


Figura 9: Compressore a vite senza olio con ingranaggi di sincronizzazione (fonte: Atlas Copco)

Essiccazione dell'aria compressa

L'aria atmosferica di solito contiene più vapore acqueo a temperature più elevate e meno a temperature più basse. Se quest'aria viene compressa, la concentrazione di vapore acqueo aumenta ulteriormente. Un compressore (vedere la figura 10) con una portata volumetrica di 200 l/s aspira in 8 ore, insieme all'aria, 80 litri di vapore acqueo e la immette nella rete di aria compressa (condizioni di aspirazione: 20 °C, 80% di umidità relativa). L'umidità non può essere rimossa per mezzo di filtri, poiché il vapore acqueo è contenuto nell'aria come gas e i filtri possono rilevare solo solidi o goccioline. La scelta dell'essiccatore di aria compressa dipende dal punto di rugiada in pressione necessario. In linea generale vale il principio: più basso è il punto di rugiada in pressione necessario, più alti sono i costi di acquisto e di esercizio dell'essiccatore. Esistono quattro diversi metodi per rimuovere l'umidità dall'aria compressa: Raffreddamento, sovracompressione, adsorbimento e assorbimento. In circa 80% di tutte le applicazioni gli essiccatori a refrigerazione sono sufficienti per il trattamento dell'aria compressa. Il loro utilizzo è generalmente consigliabile, in quanto consentono di risparmiare sui costi di manutenzione della rete di condutture e delle utenze di aria compressa. Quando si genera un punto di rugiada in pressione tra 3 °C e 7 °C, gli essiccatori a refrigerazione con regolazione a risparmio energetico o con accumulatori di freddo risparmiano dal 50% al 70% di energia rispetto a quelli con sistemi di bypass del gas caldo. Anche se sono richiesti punti di rugiada a pressione inferiore, l'aria compressa può essere essiccata in modo efficiente fino a -70 °C, se si acquistano unità più costose. Un esempio è dato dalla combinazione di essiccatori a refrigerazione e ad adsorbimento, che riduce il consumo energetico di circa due terzi rispetto ai tradizionali essiccatori ad adsorbimento.

Filtrare l'aria compressa

I filtri per la polvere, grossolani e fini separano i solidi, le polveri e gli aerosol dall'aria compressa. Se le particelle sono più grandi delle aperture esistenti nel filtro, vengono trattenute dall'azione di setacciatura. Ciò vale di solito solo per le particelle di dimensioni superiori a 100 µm. L'efficienza del filtro può essere aumentata con un mezzo filtrante più fine e denso. Le particelle tra 10 µm e 100 µm sono rimosse grazie alla loro inerzia. Mentre l'aria scorre intorno alle fibre, le particelle colpiscono le fibre e aderiscono alla loro superficie. Più veloce è il flusso di gas, migliore è il risultato di questo effetto. Particelle molto piccole (< 0.1 µm) si muovono più o meno casualmente a causa di collisioni con molecole d'aria. Prima o poi, però, incontrano una fibra e vi si attaccano. Questo processo è supportato da una bassa velocità di flusso e da un elevato numero di fibre. L'effetto filtro è composto dalla qualità dei processi menzionati. In sostanza, ogni filtro rappresenta un compromesso, poiché nessun filtro può raggiungere la stessa efficienza per tutte le dimensioni delle particelle. Soprattutto la diversa influenza della velocità del flusso impedisce un'efficienza ugualmente elevata per tutte le dimensioni delle particelle. In pratica è evidente che le particelle con un diametro di 0.3 µm sono le particelle più difficili da eliminare. L'efficienza di un filtro è sempre specificata per una determinata misura delle particelle. Spesso si raggiunge un'efficienza del filtro superiore al 95%. Tuttavia, ciò significa che il 5% delle particelle passa ancora attraverso il filtro. Inoltre, un filtro che ha un'alta efficienza del 95% per particelle di 10 µm può ancora permettere il passaggio di particelle con un diametro da 30 µm a 100 µm. L'olio e le gocce d'acqua si comportano come particelle solide e vengono catturate dai filtri. Queste gocce si combinano nel mezzo filtrante, scorrono verso il basso e gocciolano sul fondo dell'alloggiamento del filtro. Tuttavia, se nell'aria c'è acqua o olio sotto forma di vapore, questi fumi passano attraverso il filtro. Per separare i vapori d'olio sono necessari materiali filtranti speciali, come il carbone attivo.

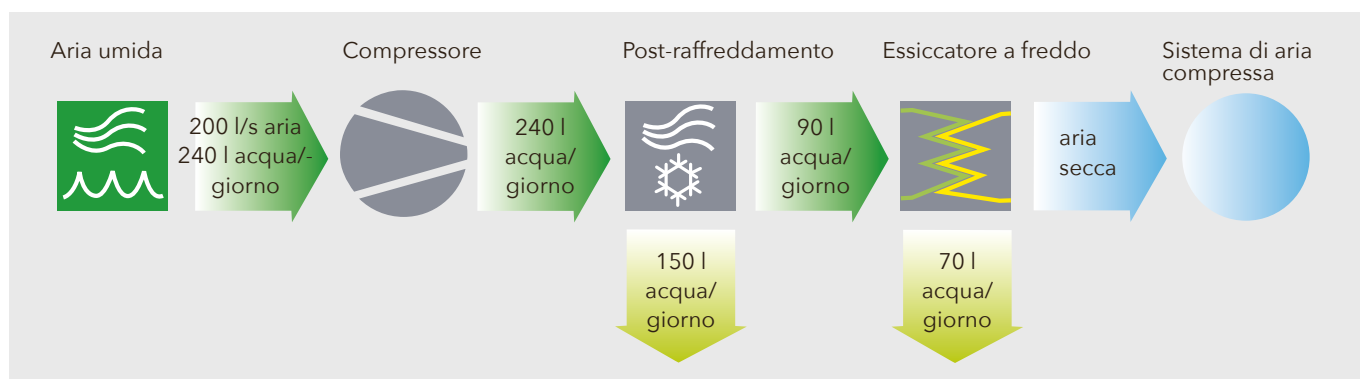


Figura 10: L'acqua nell'aria compressa. (fonte: Atlas Copco)

Ogni filtro genera una perdita di carico. Questa perdita di pressione è un'ulteriore perdita di energia nell'aria compressa. I filtri molto fini con un mezzo filtrante denso causano una maggiore perdita di carico e si riempiono più velocemente di particelle. Ciò comporta tempi di servizio più brevi e costi operativi più elevati.

Efficiente trattamento dell'aria compressa significa: non più puro di quanto richiesto dal processo. Ogni componente del trattamento genera un calo di pressione e quindi contribuisce al peggioramento del bilancio energetico. Inoltre, aumentano anche i costi di investimento e di manutenzione.

Da notare che il filtro deve essere abbastanza grande da avere tempi di servizio più lunghi, ma non sovradimensionato, altrimenti le prestazioni del filtro diminuiranno drasticamente al di sotto del 20% di sfruttamento massimo. Di solito, sull'alloggiamento del filtro è montato un manometro differenziale, con il quale è possibile riscontrare se c'è una manutenzione da fare.

Il filtro con carbone attivo pressato o l'adsorbitore con carbone attivo sciolto si utilizzano per rimuovere vapori d'olio dell'aria compressa in presenza di elevati requisiti di qualità.

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (Associazione tedesca per l'ingegneria meccanica e l'impiantistica)

Una panoramica approssimativa delle qualità tipiche dell'aria compressa per determinate applicazioni e maggiori informazioni si possono trovare nei fogli VDMA 15390-1, -2 e -3. Parte 1: Applicazioni industriali, 2014; Parte 2: Industria alimentare/farmaceutica, 2018; Parte 3, 2020: Impianti di verniciatura.

Dimensionamento dei sistemi ad aria compressa (Nuovi impianti)

Approccio integrale: Quando si considera l'aria compressa nel suo insieme e dal punto di vista delle applicazioni, è possibile ottenere un aumento significativo dell'efficienza energetica.

Esaminare correttamente il fabbisogno

Non esiste un concetto generalmente applicabile per una «corretta» fornitura di aria compressa; ogni impianto dovrebbe essere ottimizzato tenendo conto delle singole esigenze e delle condizioni ambientali. Per creare le basi della progettazione di un nuovo impianto di aria compressa, devono essere chiariti in partenza i seguenti punti.

Pressione di rete

Per poter far funzionare il sistema alla pressione più bassa possibile, deve essere controllata la pressione e il relativo fabbisogno di tutte le utenze. Quando, ad esempio, è necessaria un'alta pressione solo per una piccola parte del fabbisogno totale di aria compressa, è necessario cercare soluzioni alternative per ottenere la pressione di rete più bassa possibile.

Volume del fabbisogno

Una misurazione si ritiene ottimale se eseguita per almeno una settimana, compreso il fine settimana e se documenta così il tipico fabbisogno di aria compressa. In base a questa misurazione si può determinare il fabbisogno durante i turni di lavoro, le notti e i fine settimana. Se non ci sono le premesse per una misurazione o non è a disposizione un sistema di misurazione esistente, le utenze devono essere elencate e sommate, tenendo conto del grado di utilizzo e della simultaneità.

Definire la qualità dell'aria compressa

Il principio è il seguente: produrre solo la quantità necessaria, perché il trattamento dell'aria compressa è costoso! L'impiego dell'aria compressa sta diventando sempre più diversificato. Inoltre, anche i beni di produzione possono venire a diretto contatto con l'aria compressa. La qualità dell'aria compressa dipende dall'applicazione in cui l'aria viene utilizzata. Per esempio, un utensile ad aria compressa su un banco di lavoro non ha bisogno della stessa qualità dell'aria di un processo di confezionamento nell'industria alimentare. A seconda dei requisiti, la qualità dell'aria compressa per solidi, acqua e olio deve essere definita conformemente alla norma ISO 8573-1(2010) (figura 11).

Sostanze solide/Polvere			
Classe	Numero massimo di particelle per ogni m ³ * per una dimensione delle particelle d in µm		
	0.1 ≤ d ≤ 0.5	0.5 ≤ d ≤ 1,0	1.0 ≤ d ≤ 5.0
0	Definizione individuale previa consultazione		
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100
3	non definito	≤ 90 000	≤ 1 000
4	non definito	non definito	≤ 10 000
5	non definito	non definito	≤ 100 000
Classe	Concentrazione delle particelle C _p in mg/m ³ *		
6	0 < C _p ≤ 5		
7	5 < C _p ≤ 10		
X	C _p > 10		

Acqua	
Classe	Punto di rugiada in pressione in °C
0	Definizione individuale in base alle esigenze
1	≤ -70 °C
2	≤ -40 °C
3	≤ -20 °C
4	≤ +3 °C
5	≤ +7 °C
6	≤ +10 °C
Classe	Concentrazione di acqua allo stato liquido in C _w in g/m ³ *
7	C _w ≤ 0.5
8	0,5 < C _w ≤ 5
9	5 < C _w ≤ 10
X	C _w > 10

Olio	
Classe	Concentrazione totale di olio (liquido, aerosol + gassoso), in mg/m ³ *
0	Definizione individuale in base alle esigenze
1	≤ -0.01
2	≤ 0.1
3	≤ 1.0
4	≤ 5.0
X	> 5.0

Figura 11: Classi di qualità dell'aria compressa secondo la norma ISO 8573-1(2010)

Il trattamento dell'aria può essere centralizzato, decentralizzato o combinato. L'alta qualità non può essere garantita da un trattamento centrale e da un sistema di tubazioni dell'aria compressa vecchio e sporco a valle del trattamento. In questi casi sono necessarie una separazione centralizzata dell'acqua e una filtrazione decentralizzata.

Compressori lubrificati a olio o a secco

Il tipo di sistema di compressione è determinato dalla pressione di rete richiesta e dal volume del fabbisogno. D'altra parte, la decisione tra un compressore raffreddato ad olio o con funzionamento a secco è una decisione di gestione, poiché la stessa qualità dell'aria compressa può essere ottenuta con entrambi i tipi. In particolare, per le industrie con elevati requisiti di qualità e sicurezza (alimentari, ecc.), spesso è fondamentale non utilizzare l'olio in tutta la catena di processo.

Ridondanza

Nella maggior parte delle applicazioni di aria compressa, un'interruzione della fornitura è associata a costi elevati, motivo per cui la generazione di aria compressa è spesso ridondante. Ciò vale anche per il trattamento dell'aria compressa, che deve garantire una qualità ininterrotta in caso di guasto o durante un intervento di manutenzione.

Futuro

Progettare un impianto per soddisfare esattamente le esigenze odierne, non è la cosa giusta da fare a lungo termine. Un impianto deve essere flessibile in modo da poter far fronte alle condizioni mutevoli. È quindi necessario considerare lo sviluppo futuro delle utenze e tenerne conto nella progettazione di un nuovo impianto. Oltre a un aumento del fabbisogno, deve essere presa in considerazione anche una eventuale riduzione del fabbisogno.

Condizioni di spazio

L'esperienza ha dimostrato che lo spazio è costoso e quindi disponibile solo in misura limitata, per cui è tanto più importante verificare e definire le diverse possibili varianti. In particolare, si deve considerare il posizionamento nell'intero sistema (perdita di pressione), le possibilità di aspirazione e scarico dell'aria, del raffreddamento ad aria o ad acqua e della possibilità di utilizzare il calore residuo.

Sistema di raffreddamento

Gli impianti raffreddati ad aria sono i più economici. Se, invece, gli impianti sono installati in una cantina dove non è possibile installare grandi impianti di aspirazione e di scarico dell'aria e lo spazio disponibile o le dimensioni della macchina non consentono il raffreddamento ad aria, il raffreddamento ad acqua è più vantaggioso.

Recupero di calore

Siccome quasi tutta l'energia elettrica consumata può essere sfruttata nuovamente sotto forma di calore, l'uso del calore residuo deve sempre essere esaminato. L'investimento può ripagare rapidamente, soprattutto per impianti ad uso intensivo e continuo.

Produzione di aria compressa

Per la produzione di aria compressa, raffreddata a liquido o a secco, vengono installati principalmente compressori a vite con una quantità erogata fissa (commutazione stella-triangolo) o variabile (a frequenza controllata). Per una scelta adeguata devono essere considerate tutte le condizioni che abbiamo fin qui esaminato. A seconda dei casi, la soluzione può essere usare uno, due o più compressori. Per un'efficiente alimentazione di aria compressa devono essere osservati i seguenti punti:

Quantità fornita

La quantità fornita alla rete di aria compressa viene definita come la quantità di aria erogata dal compressore. Viene calcolata in base alle quantità di aria aspirata dal compressore. La misurazione delle prestazioni è documentata nella norma ISO 1217, allegato C per la comparabilità dei diversi produttori.

Potenza specifica

Il rapporto tra la potenza elettrica assorbita e la quantità di aria fornita alla corrispondente pressione di esercizio è detto potenza specifica (figura 12).

$$P_{\text{spec}} = \frac{\text{potenza elettrica assorbita}}{\text{quantità di aria fornita}}$$

Selezione dei motori di azionamento efficienti

In base alla velocità richiesta dal compressore, possono essere utilizzati motori asincroni con diversi numeri di poli.

Velocità sincrona nominale (giri al minuto):

- 2 poli con 3 000 giri/min
- 4 poli con 1 500 giri/min
- 6 poli con 1 000 giri/min
- 8 poli con 750 giri/min

Le classi di rendimento dei motori con potenze comprese tra 0.12 kW e 1 000 kW si basano sulla norma IEC 60034-30-1 (figura 13). Per le piccole potenze fino a 10 kW, i guadagni di efficienza di IE4 rispetto a IE1 sono molto elevati in termini percentuali. Per potenze maggiori, da 100 kW a 1 000 kW, i miglioramenti percentuali sono minimi, ma la riduzione delle perdite in kW è molto significativa. Da luglio 2021, devono essere utilizzati almeno motori IE2 (fino a 0.75 kW) o IE3 (da 0.75 kW), e da luglio 2023 anche motori IE4 (75-200 kW). I requisiti minimi per i motori e i Convertitori di frequenza VSD sono descritti in dettaglio

sul sito di Topmotors Norme e Regolamenti. I più alti rendimenti possono essere raggiunti con motori a magneti permanenti o a riluttanza commutati elettronicamente.

Attenzione: I motori di classe di efficienza superiore (IE3) hanno spesso uno slittamento minore rispetto ai vecchi motori inefficienti (IE1). Il risultato è una velocità nominale superiore da 1 fino al 5%. Ciò si traduce in un aumento della potenza dell'albero del compressore dal 3% al 15% (la potenza elettrica consumata aumenta con l'aumento di velocità con la terza potenza!). Nei sistemi chiusi, questo effetto indesiderato durante la sostituzione del motore comporta l'annullamento del guadagno di efficienza desiderato a causa di un inutile aumento della produzione d'aria dovuto all'aumento della portata. La maggiore potenza dell'albero può aumentare il consumo di corrente del motore più efficiente. In singoli casi, ciò significa che è necessario verificare il dimensionamento dell'impianto elettrico.

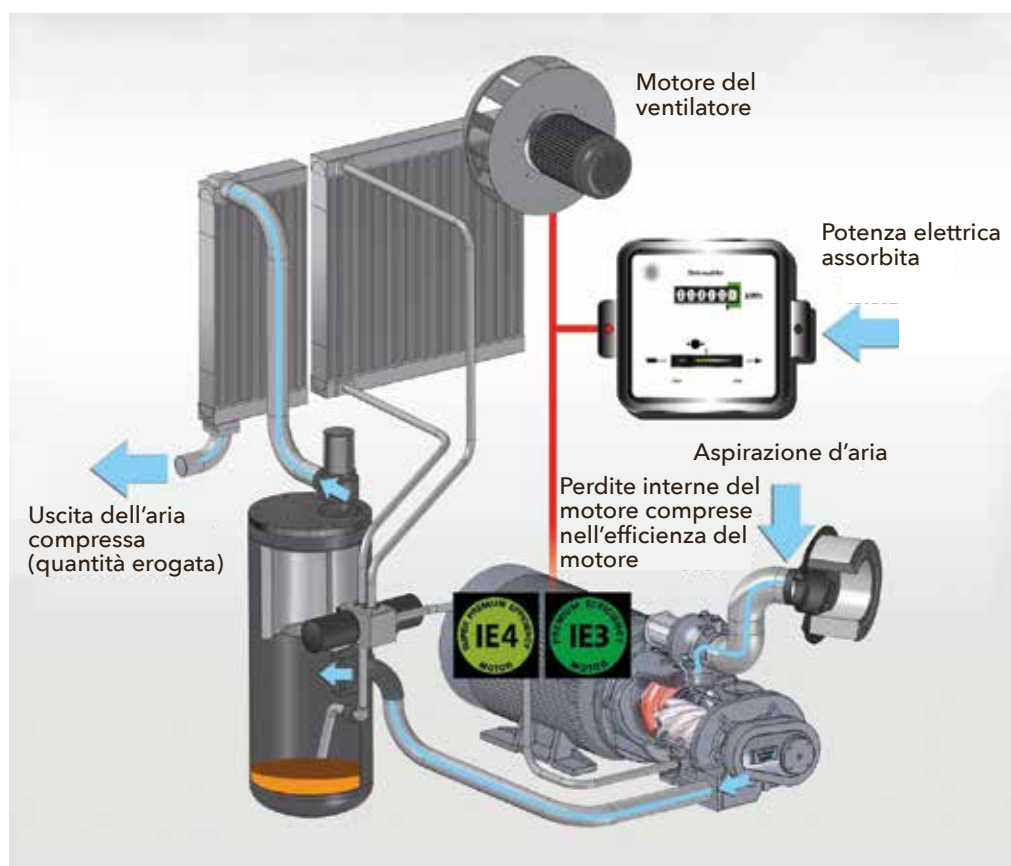


Figura 12: installazione di un compressore a vite e calcolo della potenza specifica. (Fonte: Kaeser Kompressoren)

Convertitore di frequenza

L'uso di convertitori di frequenza (CF) è oggi considerato una soluzione universale per ottenere sistemi ad alta efficienza energetica. Se si considerano le perdite del CF e il suo effetto sull'efficienza del motore (dal 3% al 5% della potenza assorbita), non è però sempre così. L'uso di un compressore con CF è vantaggioso nelle seguenti situazioni:

- forti fluttuazioni dei consumi
- basso volume di rete
- rispetto ad un compressore a velocità fissa, è possibile diminuire il tempo di funzionamento inutile.

Spesso si usano compressori a velocità fissa per coprire il carico base, mentre i convertitori di frequenza - con il loro campo di regolazione, che non deve essere superato - sono utilizzati per i carichi di picco.

Controllo del compressore

Oltre a regolare e controllare il compressore. Il sistema di controllo rileva anche i guasti e può visualizzarli insieme alle informazioni sulla manutenzione. Un moderno sistema di controllo ha diverse modalità che possono essere selezionate in base alle esigenze e alle modalità di utilizzo del compressore. Il collegamento a un sistema di management di livello superiore o a un sistema gestionale è anche un'opzione. I sistemi più piccoli hanno spesso solo possibilità limitate di connessione per motivi di prezzo.

Scarico condensa

La condensa viene scaricata dal sistema pressurizzato da scaricatori con controllo intelligente del livello. A differenza dei vecchi scaricatori a galleggiante meccanico soggetti a guasti, quelli odierni non sono interessati da contaminazione o usura meccanica. Inoltre, i tempi di apertura delle valvole calcolati e adattati con precisione riducono le perdite di aria compressa. Altri vantaggi sono il monitoraggio automatico e l'eventuale trasmissione del segnale a un sistema di controllo centrale.

Rete di distribuzione e accumulatori di pressione

- Dimensionare correttamente la rete (diametro)
- Installare le condotte tenendo conto del risparmio energetico
- Utilizzare materiale adatto per le condotte
- Utilizzare una tecnica di collegamento adeguata (saldato, flangiato, ecc.)
- Dimensione dell'accumulatore d'aria compressa in funzione della rete, del compressore e del fabbisogno.

Regola empirica: $\frac{1}{3}$ il carico di picco del compressore (senza CF), esempio: compressore $6 \text{ m}^3/\text{h} \geq 2 \text{ m}^3$ serbatoio aria compressa)

- Possibilità di utilizzare serbatoi supplementari di aria compressa per grandi utenze per soddisfare i picchi di domanda.

Controllo di livello superiore

Coordinare il funzionamento del compressore è un compito impegnativo. Ad esempio, i controlli trasversali non solo devono essere in grado di utilizzare compressori di diversi tipi e dimensioni al momento giusto, ma devono anche monitorare i sistemi per la manutenzione, regolare i tempi di funzionamento dei compressori e registrare i malfunzionamenti al fine di ridurre i costi di servizio di una sta-

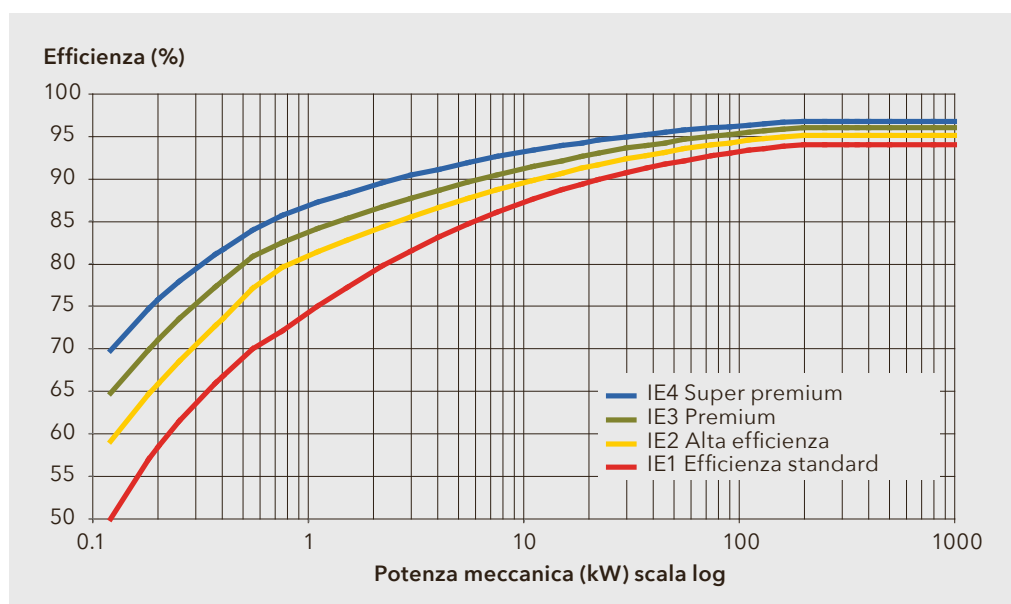


Figura 13: Efficienza in funzione della potenza dei motori elettrici a 4 poli con classi di efficienza secondo la norma IEC 60034-30-1.

zione di aria compressa e aumentare la sicurezza operativa (figura 14).

- Funzionamento efficiente della fornitura di aria compressa con più compressori
- Controllo e regolazione della stazione di compressione
- Monitoraggio (guasti)
- Efficienza totale della produzione di aria compressa (monitoraggio permanente)
- Memoria dati (registrazione del fabbisogno)
- Collegamento al sistema gestionale
- Gestione dell'energia ISO 50001
- Elemento centrale per l'industria 4.0

La figura 14 mostra 4 diversi metodi di controllo. Diversi compressori sono controllati dal sistema di controllo di livello superiore in modo tale che la pressione richiesta (range) sia sempre disponibile. A seconda del consumo di corrente, uno o più compressori vengono attivati per soddisfare al meglio la rispettiva richiesta. La «regolazione con la pressione del fabbisogno» offre il controllo ottimale. Con questa variante non sono specificati limiti di pressione minima e massima, ma solo la pressione di esercizio più bassa possibile, che non deve essere ulteriormente ridotta. Un controllo di livello superiore può determinare il livello ottimale possibile per la commutazione e la selezione dei compressori tenendo conto di tutte le possibili perdite (causate da aumento di pressione, tempi di avviamento, di reazione e di inattività). Grazie alla conoscenza dei singoli tempi di reazione, il regolatore è in grado di evitare che la pressione minima richiesta sia inferiore a quella minima possibile e di ridurre al minimo le fluttuazioni di pressione nella rete. Inoltre, il controllo consente di impostare facilmente la pressione di rete desiderata. In questo modo (se possibile) la pressione della rete può essere ridotta senza grandi spese e il consumo energetico può essere ulteriormente diminuita.

Recupero del calore

Riscaldamento di locali

Il modo più economico per recuperare il calore dai compressori è quello di utilizzarlo per il riscaldamento di locali. Le condizioni necessarie sono di avere a disposizione compressori raffreddati ad aria e la possibilità di canalizzare l'aria di raffreddamento. Questo tipo di recupero è il più vantaggioso in quanto permette di recuperare tutte le perdite di calore, incluse quelle legate alle irradiazioni. L'aria così riscaldata deve essere convogliata attraverso apposite condotte che devono essere il più corte possibile. Le condotte lunghe provocano cadute di pressione e richiedono ventilatori aggiuntivi e, nel caso di lunga permanenza dell'aria nelle condotte, si verificano significative perdite di calore. Bisogna considerare che lo sfruttamento del calore per il riscaldamento di locali è utilizzabile solo nei mesi invernali e quindi il tempo di ammortamento risulta ridotto. In estate il calore in esubero deve essere espulso all'esterno.

Acqua calda per il riscaldamento

Nei compressori a vite con iniezione di olio, l'olio disperde circa il 70-80% dell'energia elettrica fornita sotto forma di calore. Questa energia può essere recuperata. Non importa se il compressore a vite è raffreddato ad aria o ad acqua. Per il recupero di calore, l'olio viene convogliato attraverso uno scambiatore di calore, che può riscaldare l'acqua di 50 K fino a 85 °C.

Da notare che naturalmente l'acqua viene riscaldata solo quando il compressore è nella fase di caricamento. Siccome non sempre c'è un caricamento in atto e quindi non sempre viene rilasciata acqua calda, il riscaldamento dell'acqua mediante recupero di calore può servire solo quale supporto del circuito di riscaldamento.

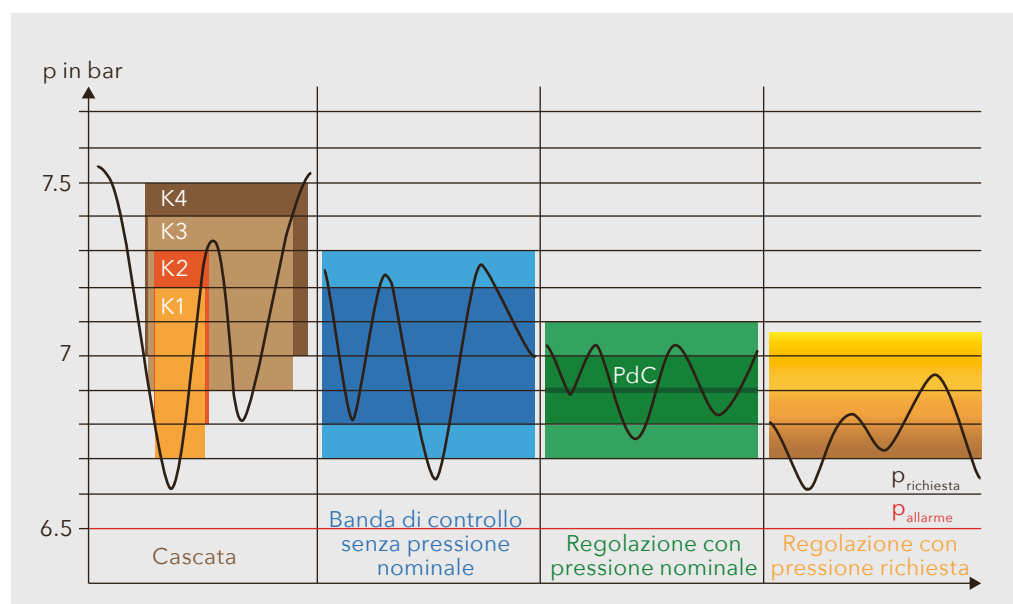


Figura 14: Diverse varianti di controlli superiori del compressore. (Fonte: Kaeser Kompressoren)

Gara d'appalto

Le condizioni (pressione di rete, profilo quantitativo della fornitura, qualità, ridondanza, sistema di raffreddamento, condizioni di spazio e i dati sull'utilizzo del calore residuo) chiarite nel capitolo «Esaminare correttamente il fabbisogno» a pagina 13 servono come base per la preparazione di un'offerta, che può essere concentrata in poche pagine. I requisiti devono essere formulati in modo chiaro e, soprattutto, con le necessarie condizioni quadro, in modo che le singole offerte siano comparabili. Oltre alle condizioni tecniche, è utile redigere una breve relazione generale che descriva lo scopo del progetto e a cosa serve l'aria compressa. I documenti possono essere consegnati agli imprenditori insieme alle condizioni generali di fornitura. Una versione più dettagliata del bando di gara, come il numero di compressori, la potenza nominale, il numero di macchine con convertitori di frequenza o anche un diagramma completo del sistema di aria compressa, in genere non è necessaria. Al contrario, impedisce alle imprese di offrire un sistema completo ed efficiente dal punto di vista energetico. Ciò rende ancora più importante definire condizioni di accettazione chiare. Questo può essere, ad esempio, una misurazione della potenza in fabbrica, una misurazione della qualità durante la messa in funzione dell'impianto o un monitoraggio permanente del punto di rugiada in pressione con segnale di allarme. In assenza di un accordo preventivo chiaro, le successive misurazioni qualificate secondo le norme creano necessariamente grandi spese; esse devono quindi essere concordate con il produttore prima della conferma dell'ordine. La figura 15 mostra la distribuzione dei costi di un sistema ottimizzato con stazione di aria compressa raffreddata ad aria (tempo di funzionamento: 5 anni, prezzo dell'elettricità: 8 Cent/kWh, tasso di interesse: 6%, 7 bar di pressione d'esercizio, qualità dell'aria compressa secondo la norma ISO 8573-1: olio residuo classe 1, polvere residua classe

1, acqua residua classe 4). L'esempio dimostra che anche in condizioni ottimali, il consumo energetico rappresenta la maggior parte dei costi totali dell'aria compressa, pari a circa il 70%. Da un punto di vista finanziario, vale quindi la pena investire in sistemi ad alta efficienza energetica. Questo deve essere tenuto in considerazione nella valutazione delle varie offerte, altrimenti c'è il rischio che il produttore offra soluzioni che non si adattano in modo ottimale alle esigenze reali.

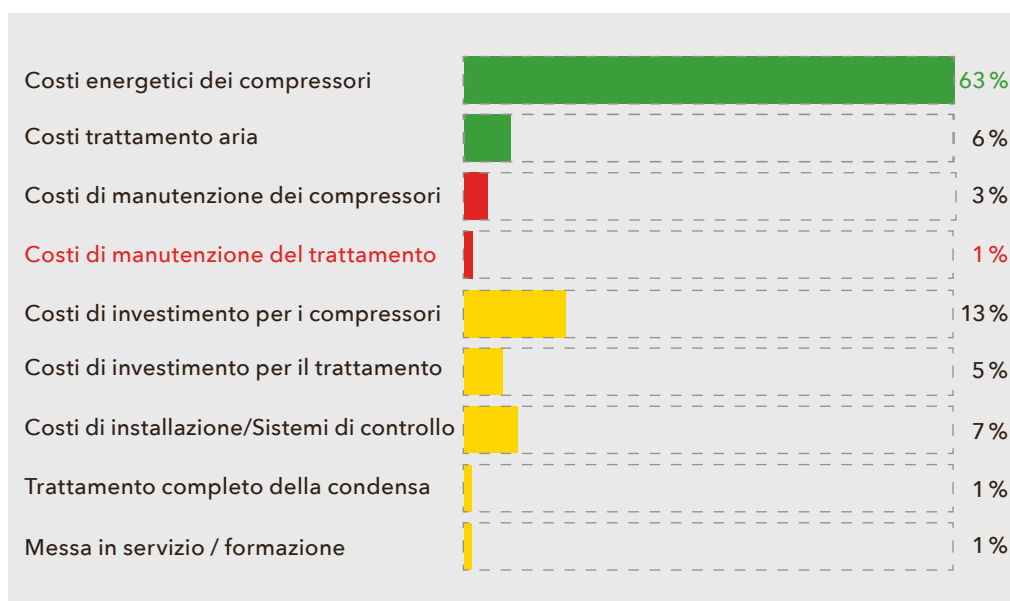


Figura 15: Struttura dei costi di un sistema di aria compressa ottimizzato. (fonte: Kaeser KompRESSoren)

Ottimizzazione dei sistemi di aria compressa esistenti (vecchi impianti)

Osservazioni e misurazioni in loco

Per avere un'analisi esaustiva devono essere rilevati i seguenti dati:

- Funzionamento sotto carico/a vuoto, corrente o potenza assorbita dei compressori. Questi dati permettono di creare un profilo di carico che mostra l'interazione e gli stati di funzionamento dei compressori. Essi indicano il rapporto di carico e di inattività e, nel caso di compressori a frequenza controllata, il tempo di funzionamento nel campo di regolazione ottimale. Se possibile dal punto di vista finanziario e dell'installazione, la portata volumetrica può essere misurata anche per ogni compressore, il che permette di fare una valutazione dell'efficienza dei compressori.
- Pressione di rete prima e dopo il trattamento dell'aria compressa e in un punto critico della rete. Mostra se il dimensionamento dei componenti è corretto e se le impostazioni della pressione sono corrette.
- La portata volumetrica all'uscita dalla centrale dei compressori mostra quanta aria compressa è necessaria al processo. L'ideale sarebbe misurare anche i singoli condotti di aria compressa (ad es. in diversi padiglioni), in modo che si possa anche indicare dove e quanta aria compressa viene consumata e dove si possono ottenere più facilmente i risparmi durante l'ottimizzazione.
- L'ideale sarebbe installare dei punti di misurazione continua. L'effetto delle misure di ottimizzazione può così essere perfettamente verificato.

La centrale di aria compressa forma un sistema autonomo che deve fornire una certa quantità di aria compressa alla pressione di esercizio richiesta e con una qualità definita. Pertanto, ci sono solo poche interfacce per l'analisi e la successiva ottimizzazione e il fornitore può facilmente ottenere le informazioni necessarie. Le analisi complete richiedono che il gestore, insieme all'esperto operativo, analizzi l'intero sistema di aria compressa, compresi i processi, e verifichi eventuali misure di ottimizzazione. Oltre al gestore, devono essere coinvolti altri responsabili della produzione, soprattutto nelle grandi aziende.

La norma ISO 11011 è correlata alla norma ISO 50001. ISO 50001 è una norma per i sistemi di gestione dell'energia (EMS), invece ISO 11011 è una nuova norma mondiale per gli audit energetici degli impianti di aria compressa. Prima della norma ISO 11011, chiunque poteva eseguire test energetici, test dell'aria e registrazione dei dati sul consumo di aria compressa. Senza uno standard ricono-

sciuto, le discrepanze tra i risultati erano notevoli. Il processo di audit energetico è stato standardizzato, con linee guida che non solo si concentrano sulla valutazione delle perdite di aria compressa, ma includono anche le competenze e i metodi dell'auditore.

Gli obiettivi di questo standard sono misurazioni migliorate e l'identificazione dei potenziali di miglioramento. L'attenzione si concentra sull'intera installazione dell'aria compressa, compresa la fornitura, la distribuzione e la domanda.

Prevenzione delle perdite

Nessun processo in Svizzera consuma più aria compressa delle perdite. Nel corso degli anni, le perdite negli impianti ad aria compressa si verificano, si moltiplicano e crescono. Ma anche sui nuovi impianti si possono trovare perdite, ad esempio, quelle dei collegamenti a vite. La riparazione di perdite richiede una certa ostinazione. Il processo di riduzione delle perdite dovrebbe essere saldamente nelle mani del gestore. Spesso è difficile ridurre le perdite, poiché gran parte di esse si verificano nelle applicazioni che usano l'aria compressa

Adeguatezza potenza del motore/compressore

Come si dimensionano correttamente i compressori? Se si tratta di un sistema di aria compressa esistente, la domanda è facile da rispondere: con una simulazione è possibile elaborare la variante più economica. In genere, i concetti con 2 o 4 compressori in combinazione con un sistema di controllo di livello superiore si dimostrano i migliori. Come procedere con un nuovo impianto? Vedere: «Acquisto di nuovi impianti» di SwissEnergy. Quando il consumo futuro di aria compressa è difficile da stimare, una soluzione flessibile con compressori piuttosto piccoli si è dimostrata la più adatta, anche perché la pianificazione viene spesso effettuata con una sicurezza esagerata. Di conseguenza, il fabbisogno di aria compressa previsto è superiore al consumo effettivo. In questo caso, se i compressori vengono acquistati in base al consumo previsto troppo alto, i costi di investimento, manutenzione ed energia sono superiori al necessario.

Regolazione secondo il fabbisogno: convertitori di frequenza

In caso di forti oscillazioni della domanda, è necessario controllare l'uso di uno o più compressori a velocità controllata. I compressori dotati di convertitore di frequenza con motori asincroni o inverter con motori a magneti permanenti possono variare la velocità del compressore e quindi la quantità di aria compressa prodotta. In questo modo si può generare una quantità variabile di aria compressa tra il 15% e il 100%. Un compressore a velocità variabile è efficiente quando funziona la maggior parte del tempo tra il 30% e 80% della sua potenza nominale. Se la maggior parte dei compressori funziona nella fascia di velocità più bassa (ad esempio di notte e nei fine settimana), altre soluzioni sono più efficienti. Se il compressore funziona in combinazione con altri compressori a velocità fissa, è necessario assicurarsi che il compressore a velocità controllata sia più grande del compressore a velocità fissa, al fine di evitare vuoti di controllo.

Componenti efficienti: motore e compressore

Se i compressori più vecchi non vengono ancora sostituiti a causa delle loro buone condizioni, vale la pena investire in un nuovo motore elettrico e in un nuovo elemento del compressore, a seconda della potenza e dei tempi di funzionamento. Questa misura deve essere ben congegnata perché questi componenti da soli non fanno ancora un nuovo compressore. Rispetto alle nuove unità, i vecchi compressori hanno resistenze di flusso interno più grandi in filtri e alette di aspirazione dell'aria, separatori, raffreddamenti e separatori d'acqua. In generale, tale misura può essere presa in considerazione se sono soddisfatti i seguenti criteri: il compressore si adatta ancora al profilo di consumo attuale grazie alla quantità di aria erogata e al livello di pressione; ha più di 4 000 ore di funzionamento all'anno; ha una potenza del motore di almeno 50 kW e ha meno di 15 anni.

Esempi pratici

Tre compressori invece di cinque compressori

In una centrale di aria compressa viene effettuata un'analisi dei consumi e il fornitore offre nuovi compressori con una maggiore efficienza. Il progetto viene attuato e si realizza l'aumento di efficienza promesso. Tuttavia si constata che a valle di uno dei nuovi compressori, era ancora installato un essiccatore a refrigerazione vecchio di quasi 20 anni. La sostituzione con una nuova unità avrebbe potuto essere effettuata immediatamente con l'installazione del nuovo compressore, riducendo così i costi di installazione successivi. Per effettuare la sostituzione, la persona responsabile delle operazioni ha dovuto presentare una nuova domanda alla direzione. Grazie al risparmio energetico del nuovo essiccatore a refrigerazione, il periodo di payback è stato ridotto di 2 anni.

Durante la pulizia dei filtri, nella centrale di aria compressa tutti e 5 i compressori funzionano per un breve periodo di tempo in contemporanea. Durante questo periodo la pressione di rete diminuisce di circa 1.5 bar. Questo si ripete tre volte all'ora. La pressione di rete è di 1.5 bar superiore a quella richiesta per garantire che tutte le utenze funzionino senza problemi anche durante il processo di pulizia. Ciò si traduce in un maggior consumo energetico di circa il 10% nella compressione dell'aria e un maggior consumo di aria compressa di circa il 18% per le utenze non regolate.

Interventi di ottimizzazione: prima del processo di pulizia, è installato un grande serbatoio di 24 m³. La sezione della condotta d'entrata del serbatoio è ridotta, in modo che solo una piccola quantità di aria compressa possa fluire all'interno del serbatoio. Tuttavia, questo è sufficiente per ricaricare il volume del contenitore alla pressione di esercizio nel tempo che intercorre tra un processo di pulizia e l'altro. Ottimizzazione: riduzione della quantità totale di aria compressa consumata con una minore pressione di rete, riduzione dell'energia necessaria per generare l'aria compressa e sono necessari al massimo tre compressori invece di cinque.

Coordinamento da parte dell'azienda

Su una macchina confezionatrice, l'imballaggio non può essere tagliato correttamente se la pressione di rete è troppo bassa. Secondo il produttore, è necessaria una pressione di esercizio di 7.0 bar, ma non è stato possibile quantificare la quantità di aria compressa necessaria durante il processo di taglio. L'intera rete di aria compressa funziona a 8.5 bar, in modo che l'imballaggio possa essere tagliato in modo pulito. Tuttavia, si nota che a monte della confezionatrice è installata una valvola riduttrice di pressione, che sembra troppo piccola e che è sempre aperta completamente. Purtroppo la raccomandazione di rimuovere il riduttore di pressione e installare una sezione del tubo più grande non è stata attuata, per cui non ci sono stati miglioramenti di efficienza. Il risparmio energetico era stato stimato a 30 000 kWh/a e la misura di ottimizzazione sarebbe stata ripagata in meno di un anno.

Questo esempio dimostra che le ottimizzazioni del sistema di aria compressa richiedono il l'impegno di tutte le persone coinvolte. Per questo motivo, è consigliabile che il coordinamento dei progetti di ottimizzazione nell'ambito dell'aria compressa sia affidato ad una persona all'interno dell'azienda che possa anche far rispettare le istruzioni dai settori interessati.

Maggiori informazioni

Parametri e unità di misura

Grandezza	Unità di misura	Designazione
P	W	Potenza meccanica
\dot{V}_1	m ³ /s	Volume di flusso aspirazione (Index 1), quantità erogata
p ₁	Pa	Pressione assoluta aspirazione (Index 1), pressione ambientale circa 100 000 Pa
p ₂	Pa	Pressione assoluta lato pressione (Index 1), 7 bar depressione = 800 000 Pa
ln		Logaritmo naturale

Norme, leggi e fonti

Norme

- ISO 1217:2009 / Emendamento 1:2016 Compressori a scoppio - Prove di accettazione
- ISO 5389:2005, Turbocompressori - Codice prova di rendimento
- ISO 5390:1977 / Emendamento 1: 2017 Compressori - Classificazione
- ISO 7183:2007, Essiccatori ad aria compressa - Specifiche e test
- ISO 8573 - Parte 1 a 9, Aria compressa - Contaminanti e classi di purezza - Metodi di prova
- ISO 11011:2013 Aria compressa - Efficienza energetica - Valutazione
 - stabilisce i requisiti per condurre e riportare i risultati di una valutazione dell'intero sistema ad aria compressa che considera l'intero sistema, dagli input di energia al lavoro svolto come risultato di questi input.
 - considera i sistemi ad aria compressa come tre sottosistemi funzionali: fornitura che include la conversione della risorsa energetica primaria in energia ad aria compressa; trasmissione che include il movimento di dell'energia dell'aria compressa da dove viene generata a dove viene utilizzata; la domanda che include il totale di tutte le utenze ad aria compressa, comprese le applicazioni produttive finali e le varie forme di scarti di aria compressa.
 - stabilisce i requisiti per l'analisi dei dati, la segnalazione e la documentazione dei risultati risultati della valutazione e l'identificazione di una stima per il risparmio energetico risultante dal processo di valutazione.
 - identifica i ruoli e le responsabilità delle persone coinvolte nell'attività di valutazione.

Leggi

Europa Ecodesign, n. 31, studi preparatori, vedere www.eceee.org/ecodesign/products/compressors:

- Su sistemi di motori elettrici / compressori, tasks 1 - 8, 2014, VHK
- Sui gruppi di compressori a bassa pressione e senza olio, relazione finale, 7 giugno 2017, VHK

Fonti

- Manuale dell'aria compressa Atlas Copco, 8a edizione, 2014
- Manuale dei compressori Kaeser, 2015
- Analisi dell'aria compressa da parte di esperti: impianti medi e grandi, prova di prestazione per il fornitore di aria compressa, pubblicato da SvizzeraEnergia, 2015
- Nuovo acquisto di attrezzature: la vostra guida decisionale per un sistema di aria compressa efficiente in termini di costi, pubblicato da SvizzeraEnergia, 2007
- Investire in aria compressa con lungimiranza. Controllo del progettista per i nuovi edifici, pubblicato da SvizzeraEnergia, 2015
- Anche nella vostra azienda migliaia di franchi spariscono nel nulla? Dossier di ottimizzazione per il gestore, pubblicato da SvizzeraEnergia, 2015

Ulteriori informazioni

- Energieschweiz: www.energieschweiz.ch/prozesseanlagentechnik/druckluft
- Topmotors Webinar N. 14: «Sistemi di aria compressa ad alta efficienza energetica»

Nota editoriale

La scheda tematica sull'aria compressa è stata preparata da Impact Energy come parte del programma di implementazione dei sistemi di azionamento efficienti di Topmotors. È stata preparata da Conrad U. Brunner (Impact Energy), Rolf Gloor (Gloor Engineering), Tai Moser (Atlas Copco/CS Instruments), Jakob Spillmann (KAESER Kompressoren AG) e Rolf Tieben (Impact Energy). Energia è parzialmente aggiornata nel 2021 (Norme, Leggi e fonti). Revisione e realizzazione grafica: Faktor Journalisten AG. Topmotors è sostenuto da SvizzeraEnergia.