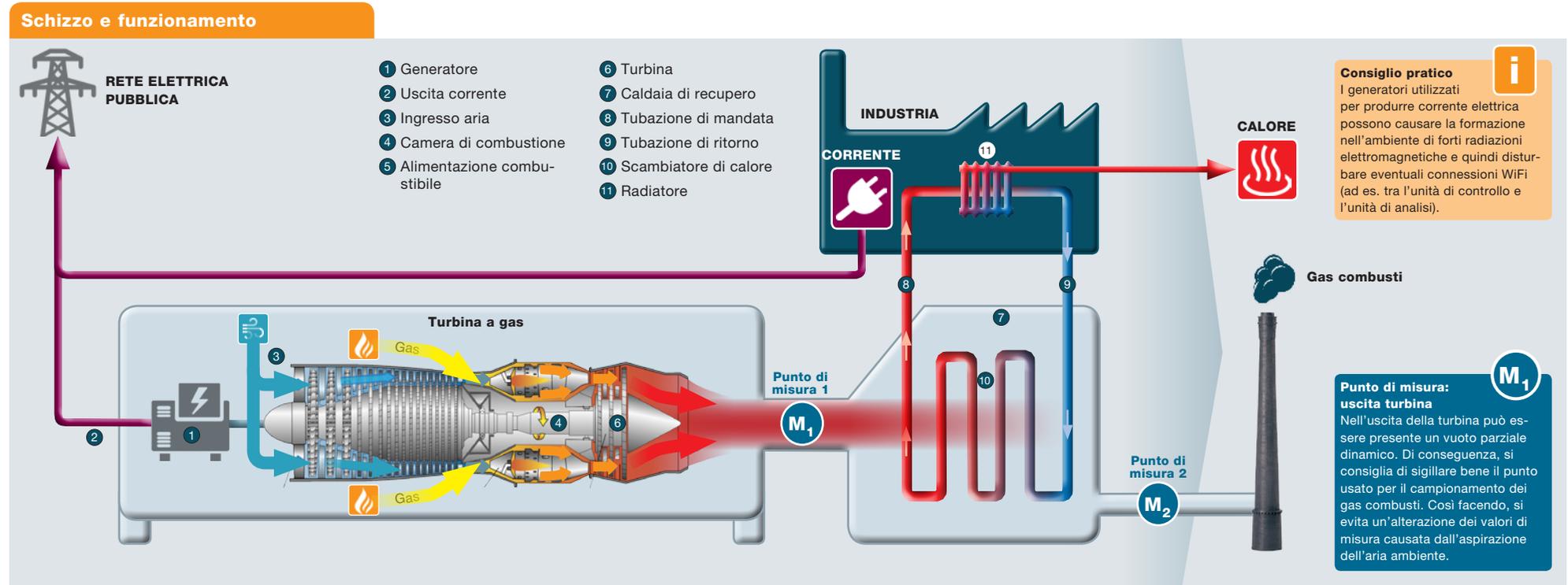


Descrizione applicazione **turbina a gas**



Tipici processi di combustione di una turbina a gas

I. Compressore

Il compressore ha la funzione di aspirare l'aria e comprimerla. Durante questa operazione, la temperatura dell'aria aumenta. Al giorno d'oggi i valori tipici dei compressori di turbine a gas <10 MW sono inferiori a 20 bar. All'inizio del processo di avvio, il motorino di avviamento della turbina a gas garantisce l'azionamento del compressore. Per regolare la quantità d'aria aspirata, il compressore dispone di un regolatore di portata a palette: regolando le palette direttrici viene regolata la portata dell'aria aspirata.

II. Camera di combustione

Dal compressore, l'aria viene convogliata nella camera di combustione. Qui viene arricchita con combustibile e la miscela combusta a una pressione pressoché costante. Durante questa operazione i gas combusti raggiungono temperature di oltre +1000 °C. L'energia che si forma nella camera di combustione causa un aumento della velocità dei gas combusti.

III. Turbina e generatore

Nella turbina collegata a valle i gas combusti caldi e saturi di energia si espandono all'incirca alla pressione atmosferica e riducono la loro velocità. Durante la fase

di espansione, i gas combusti cedono potenza alla turbina. Per azionare il compressore (aspirazione dell'aria) sono necessari circa $\frac{2}{3}$ di questa potenza. Il generatore accoppiato direttamente trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. Sul lato bassa pressione rimane ancora a disposizione circa $\frac{1}{3}$ della potenza effettiva per un secondo albero ad es. per azionare un generatore e/o motore di un compressore o di una pompa, prima che i gas combusti caldi vengano convogliati nella caldaia di recupero.

IV. Caldaia di recupero

Dal momento che la temperatura dei gas combusti è

ancora abbastanza alta (+450 ... +600 °C), può essere utilizzata per produrre vapore o, nel corso di diversi processi di cogenerazione, per aumentare il rendimento del carburante. Dopo essersi decompressi alla pressione atmosferica nella turbina, i gas combusti vengono dispersi nell'ambiente.

V. Gas combusti

I gas combusti raffreddati abbandonano successivamente l'impianto termoelettrico con una temperatura di soli circa +70 °C attraverso una ciminiera.

Descrizione applicazione **turbina a gas**

Analisi

M₁ Punto di misura 1: controllo del processo di combustione

Dove svolgere la misura?

- A valle della turbina

Perché si svolge la misura?

- Determinazione delle emissioni della turbina
- Ottimizzazione del rendimento della combustione della turbina
- Regolazione con diversi carichi termici
- Ottimizzazione alla massima efficienza
- Riduzione del consumo di combustibile

Cosa viene misurato?

- O₂
- NO
- CO
- NO₂

Tipiche proprietà dei gas combustivi:

- Temperatura dei gas combustivi: +450 ... +600 °C
- Pressione del canale gas combustivi: sino a 25 mbar

Nota:

In questo punto di campionamento è presente una depressione dinamica → Sigillare assolutamente questo punto, altrimenti viene aspirata e misurata l'aria ambiente.



M₂ Punto di misura 2: controllo del rispetto delle soglie di emissione regionali

Dove svolgere la misura?

- A valle della caldaia di recupero

Perché si svolge la misura?

- Monitoraggio del rispetto delle soglie nei gas combustivi
- Analisi della combustione durante la ricerca dei guasti/diagnosi
- Analisi della combustione durante i regolari interventi di ispezione e manutenzione

Cosa viene misurato?

- O₂
- NO
- CO
- NO₂

Tipiche proprietà dei gas combustivi:

- Temperatura dei gas combustivi: +70 ... +90 °C
- Pressione del canale gas combustivi: ±2 mbar

Valori di misura tipici

Valori e soglie tipiche di un impianto con turbina a gas:

Parametro	Valori tipici	
	M ₁	M ₂
O ₂	15 ... 18 %	15 % (valore di riferimento)
NO _x	25 ... 60 ppm	300 ... 350 mg/m ³
CO	0 ... 30 ppm	100 mg/m ³
CO ₂		
Polvere		
Temperatura dei gas	+300 ... +400 °C	+70 ... +90 °C
Corrente dei gas		
Umidità		

Vantaggi dei sensori e dei sistemi di diluizione Testo

- Alta precisione di misura con basse concentrazioni grazie a sensori CO_{low} e NO_{low} ultra-precisi
- Campo di misura molto ampio grazie alla diluizione sino al fattore 40x (2x, 5x, 10x, 20x, 40x)
- L'attivazione automatica della funzione di diluizione protegge contro il sovraccarico senza bisogno di interrompere la misura
- La protezione automatica del sensore impedisce il suo danneggiamento in presenza di alte concentrazioni
- Nessun "high sensor" supplementare (ad es. sensore NO e CO) necessario → Risparmio sui costi
- Campo di misura dei sensori:
 - Sensore O₂, 25 vol. %
 - Sensore NO_{low}, 300 ppm, 12.000 ppm*
 - Sensore CO_{low}, 500 ppm, 20.000 ppm*
 - Sensore NO₂, 500 ppm

* Diluizione per innesto singolo con fattore di diluizione 40x

Apertura per misura



Nota:

Quando si sceglie la sonda, occorre considerare che i canali dei gas combustivi possono avere grandi diametri (>1 m).



Vantaggi dell'analizzatore di combustione testo 350

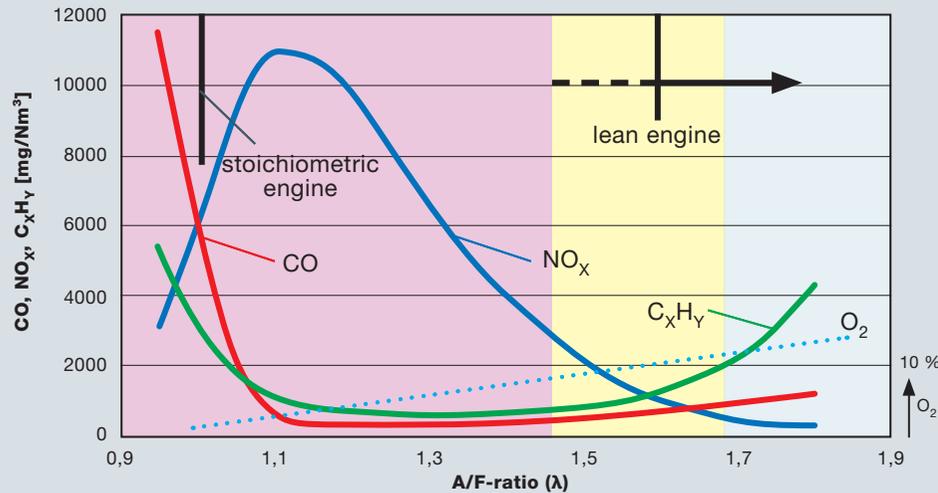
- Operativo entro 30 secondi
- Navigazione guidata con utili preimpostazioni dello strumento
- Possibile un semplice e preciso aggiustamento dello strumento con un gas di riferimento da parte dell'utente anche direttamente sul posto
- Corpo chiuso e robusto, resistente agli urti e allo sporco
- I sensori pre-tarati possono essere sostituiti sul campo riducendo così i tempi di indisponibilità
- Unità di analisi con attacchi compatibili con gli standard industriali e aperture di servizio facilmente accessibili
- Il sistema di trattamento dei gas combustivi integrato protegge dalla diluizione dei valori di misura causata dall'umidità e dal lavaggio ad es. di NO₂ causato dalla condensa presente nei gas combustivi



Descrizione applicazione turbina a gas

Know-how teorico 1

Curva delle emissioni di una turbina a gas



In generale vale la seguente regola:

a seconda del rapporto aria-combustibile, la temperatura d'esercizio si sposta lungo la curva di combustione.

$NO_x = NO + NO_2$

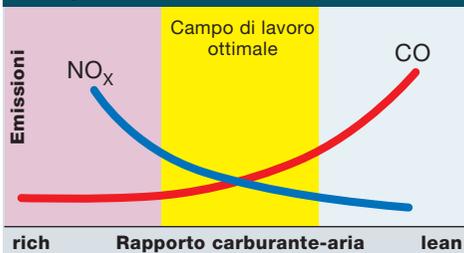
→ Misurare separatamente NO_x = sensore $NO + NO_2$

- Formato da combustibile NO_x e NO_x termici

- Le percentuali di NO_2 possono essere molto basse → Pericolo di lavaggio molto alto (→ Consigliato l'uso di un raffreddatore di gas)

- Anche NO in un campo molto basso → Sensore NO_{low}

Campo di lavoro ottimale



Emissioni di NO_x nelle turbine a gas

- Le turbine a gas funzionano con una grande quantità di eccesso d'aria.
- La produzione di NO_x termici aumenta molto velocemente dopo il raggiungimento della temperatura stechiometrica della fiamma.
- Un aumento del rapporto combustibile-aria in direzione "magro" (più O_2) riduce la produzione di NO_x termici, ma aumenta le emissioni di CO.

Da "rich"	Campo di lavoro ottimale	Da "lean"
<p>Proprietà: NO_x (ossidi di azoto): una maggiore alimentazione di aria causa un calo della temperatura della camera di combustione. Le emissioni di NO_x vengono ridotte, perché si formano meno NO_x termici.</p> <p>C_xH_y o HC (idrocarburo, ad es. metano): un buon rapporto della miscela combustibile-aria può causare, in buone condizioni, valori di C_xH_y molto bassi.</p> <p>CO (monossido di carbonio): un eccesso di ossigeno nel processo di combustione fa sì che le molecole di CO reagiscano con O_2 trasformandosi in CO_2, causando l'emissione di piccole quantità di CO.</p>		<p>Proprietà: NO_x (ossidi di azoto): a causa dell'ulteriore calo della temperatura di combustione, la maggior parte delle emissioni di NO_x termici decade.</p> <p>C_xH_y o HC (idrocarburo, ad es. metano): quando l'eccesso di ossigeno è troppo alto, la temperatura di combustione cala talmente tanto che la temperatura della fiamma non è più sufficiente per causare la combustione di tutto il combustibile (HC) → Aumento del valore di C_xH_y nei gas combusti.</p> <p>CO (monossido di carbonio): una temperatura di combustione troppo bassa causa un'ossidazione incompleta del CO e quindi un nuovo aumento del CO.</p>

Consiglio pratico

Durante l'avvio delle turbine a gas

Durante l'avvio possono formarsi alte concentrazioni di CO. In combinazione con la funzione di diluizione, con i sensori CO_{low} e NO_{low} possono essere non solo ottenute elevate precisioni, ma anche misurate alte concentrazioni.

Turbine a gas impostate in modo ottimale

In una turbina impostata in modo ottimale, i valori CO / NO possono essere molto bassi (valori $NO_x < 10$ ppm). I sistemi dotati di trattamento dei gas combusti evitano una diluizione dei valori di misura causata dall'umidità e assorbimenti di NO_2 causati dalla presenza di condensa nei gas combusti. Così possono essere mantenute costanti sia la performance che la precisione di misura.

Descrizione applicazione **turbina a gas**

Know-how teorico 2

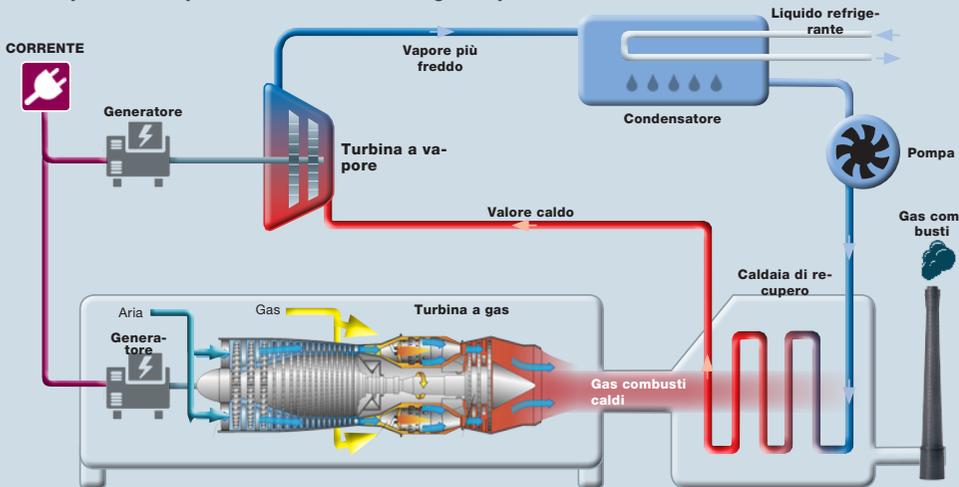
Differenza turbina a gas e turbina a vapore

Turbina	Combustibile	Fascia di temperatura
Turbina a gas	Combustibili gassosi e liquidi (ad es. metano, benzina, propano, diesel e cherosene).	Alta fascia di temperatura di oltre +1.000 °C durante la combustione.
Turbina a vapore	Vapore caldo (nella maggior parte dei casi vapore acqueo), il calore può essere utilizzato ad es. da reattori nucleari, impianti di riscaldamento con bruciatore a carbone o turbine a gas. → Importante: le turbine a vapore entrano in contatto solo con il vapore acqueo prodotto, non con il combustibile impiegato.	Bassa fascia di temperatura compresa tra circa +450 e +600 °C (la temperatura dei gas combusti del processo di combustione primario produce il vapore acqueo necessario).

Aumentare l'efficienza energetica con una combinazione di turbina a gas e a vapore

→ Combinando una turbina a gas con una turbina a vapore si ottiene un'alta efficienza energetica elettrica. Con un simile impianto a ciclo combinato gas-vapore, i gas combusti caldi della turbina a gas possono essere utilizzati per riscaldare una caldaia a vapore. Così si aumenta nettamente il rendimento, perché la turbina a vapore collegata a valle raggiunge di norma ancora la metà della potenza della turbina a gas.

Principio di un impianto a ciclo combinato gas-vapore



Combinazione diluizione e sensori low

Impostazioni strumento

La funzione di diluizione (fattori 2x, 5x, 10x, 20x, 40x) dei sensori viene attivata in base all'applicazione → Lo strumento testo 350 controlla automaticamente se i sensori del gas in questione sono collegati allo slot di diluizione previsto (slot 6).



Funzionamento

1. Definire le soglie di disattivazione per i sensori
2. Per slot 6: attivazione della diluizione → Selezionare il fattore di diluizione 2x, 5x, 10x, 20x, 40x
3. Se viene raggiunta la soglia di disattivazione, il gas di misura per il sensore che si trova collegato nello slot 6 viene diluito in modo controllato con aria ambiente (altra possibilità: azoto). → Attraverso una pompa e una valvola, il gas di diluizione viene aspirato dall'ingresso separato in base all'ampiezza dell'impulso. → Per proteggere il percorso del gas dalla polvere, è presente un filtro montato a monte.
4. Se la soglia di disattivazione viene di nuovo raggiunta nonostante la diluizione, si attiva automaticamente la funzione di protezione dei sensori, per proteggere i sensori dal danneggiamento.

Esempio di calcolo x40

Esposizione sensore e display strumento a confronto	Campo di misura sensore CO _{low}	Campo di misura sensore CO _{low} con fattore di diluizione 40x*	Protezione sensori: campo di misura sensore CO _{low} con fattore di diluizione 40x**
Display strumento	500 ppm	10.000 ppm	20.000 ppm
Sensore CO_{low}	500 ppm	250 ppm	500 ppm → Protezione sensori tramite lavaggio aria fresca in caso di superamento del valore di 20.000 ppm

* Incertezza di misura supplementare del 2 % del v.m. quando si usa la diluizione innesto singolo.

** Campo di misura sensore CO_{low}: 20.000 ppm

Consiglio pratico

- Se nell'aria ambientale sono presenti gas di disturbo, introdurre il flessibile nell'ingresso aria di diluizione e portarlo in atmosfera pulita.
- Se viene utilizzato gas in bombole (ad es. azoto), accertarsi che la pressione massima non superi i 30 hPa.
- A causa della diluizione, varia anche la risoluzione dei valori visualizzati.
Esempio: senza diluizione = risoluzione di 1 ppm, con fattore 10x = risoluzione di 10 ppm.

* Attenzione alle limitazioni riguardanti il diametro e la lunghezza.