



nuovo assetto, una proposta di adeguamento alle migliori tecniche e tecnologie disponibili per ulteriormente ridurre le emissioni di NOx e CO.

Fermo restando che il gruppo turbogas sin dalla sua prima realizzazione è stato dotato di un sistema bruciatori a bassa emissione di NOx, e pertanto sin da subito conforme alle migliori tecniche disponibili al momento, come evidenziato nell'istanza di AIA trasmessa in data 22 dicembre 2006, protocollo n. 262 e nelle successive integrazioni, trasmettiamo in allegato, ad integrazione della stessa domanda di AIA, ed in ottemperanza alla succitata prescrizione n. 2c, la relazione contenente la proposta tecnica per un possibile ulteriore miglioramento delle prestazioni ambientali dell'impianto, basata su messe a punto e piccole modifiche impiantistiche scaturite dalla esperienza accumulata in questi primi anni di esercizio sulla macchina in questione.

Le modifiche e messe a punto del turbogas, descritte nella relazione, dovrebbero consentire una ulteriore riduzione dei valori di NOx e CO rispetto ai limiti attualmente autorizzati, con il raggiungimento, entro circa 12 mesi dal rilascio dell'AIA, del nuovo limite di 40 mg/Nm<sup>3</sup> per entrambi i parametri, calcolato come media giornaliera.

Restando a disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti, inviamo distinti saluti.

**Ignazio Mancuso**  
IL RESPONSABILE



Allegati:  
c.s. specificato

 <b>Enel</b> L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. GEM / SAI - ASP	<b>Nota Tecnica</b>	<b>ASP10CTGNT002-00</b>	25/03/2010
	Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese. Modifiche alla combustione della Turbina a Gas		Pagina 1/6
			<i>Uso Aziendale</i>

*Nota Tecnica*

**Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese.  
Modifiche alla combustione della Turbina a Gas**

00	25/03/2010	Prima emissione	Costarelli Marco	Costarelli Marco	Tirone Giacomo
Rev	Data	Oggetto	Redazione	Approvazione	Emissione



 <b>Enel</b> L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. GEM / SAI - ASP	<b>Nota Tecnica</b>	<b>ASP10CTGNT002-00</b>	25/03/2010
	Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese. Modifiche alla combustione della Turbina a Gas		Pagina 3/6
			<i>Uso Aziendale</i>

## **Indice**

1.	INTRODUZIONE .....	4
2.	SISTEMA DI COMBUSTIONE .....	4
2.1.	Requisiti .....	4
2.1.1	Stabilità della fiamma .....	4
2.1.2	Emissioni .....	4
2.1.3	Funzionamento dei bruciatori .....	5
3.	MODIFICHE DI REGOLAZIONE E SUPERVISIONE IMPLEMENTATE .....	5
3.1.	Correzione della portata gas pilota al variare della temperatura ambiente .....	5
3.2.	Correzione della portata gas pilota nelle variazioni di carico .....	5
3.3.	Nuovo sistema di posizionamento delle IGV .....	6
3.4.	Sistema di supervisione delle pulsazioni di pressione in camera di combustione ...	6
4.	CONCLUSIONI .....	6

 L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. GEM / SAI - ASP	<b>Nota Tecnica</b>	<b>ASP10CTGNT002-00</b>	25/03/2010
	Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese. Modifiche alla combustione della Turbina a Gas		Pagina 4/6
			Uso Aziendale

## 1. INTRODUZIONE

Le Turbine a Gas della Centrale Enel di Termini Imerese utilizzano compressori, combustori e turbine di espansione caratterizzati da proprietà di progetto all'avanguardia con l'impiego di materiali e tecnologie di raffreddamento tali da consentire il raggiungimento di elevati valori di temperature dei gas caldi in ingresso turbina e, pertanto, elevati rendimenti.

In particolare, un'importante caratteristica di progetto delle Turbine a Gas installate nella centrale Termini Imerese, consiste nella camera di combustione anulare equipaggiata con 24 bruciatori per Gas Naturale (GN) a fiamma premiscelata.

Questi bruciatori, rispondenti alle più recenti BAT, consentono di mantenere a livelli estremamente contenuti i valori di emissione in termini di Ossidi di Azoto (NOx) e Monossido di Carbonio (CO).

Lo sviluppo in esercizio di nuove tecniche di regolazione della combustione consentirà, inoltre, di ottimizzare il funzionamento, in particolari condizioni ambientali, mantenendo la stabilità della fiamma e migliorando il livello delle emissioni di inquinanti.

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche nonché le modifiche di regolazione e supervisione che si intende implementare al fine di migliorare il sistema di combustione delle Turbine a Gas di Termini Imerese.

## 2. SISTEMA DI COMBUSTIONE

### 2.1. Requisiti

I requisiti principali sono i seguenti:

- **stabilità della fiamma** nell'intero campo operativo della macchina, a partire dalle condizioni di accensione e fino al carico massimo;
- elevata efficienza di combustione e **livelli di emissioni** compatibili con i limiti di legge;
- fluttuazioni di pressione e temperatura contenute per limitare le sollecitazioni meccaniche e termiche;
- omogenea distribuzione della temperatura del gas all'ingresso della turbina, per minimizzare la sollecitazione meccanica sugli ugelli e sulle palettature.

#### 2.1.1 Stabilità della fiamma

Nei sistemi di combustione possono avvenire fenomeni di feedback fra la quantità di calore scambiata ed il campo di pressioni acustiche presenti nella camera di combustione: le fluttuazioni della quantità di calore eccitano un campo di pressioni acustiche che a sua volta causa nuove fluttuazioni. Se le fluttuazioni di pressione e quelle di rilascio di calore del fronte di fiamma sono in una determinata relazione di fase, si può avere un'auto amplificazione delle oscillazioni tali da danneggiare le strutture meccaniche dei combustori stessi o dei componenti ad essi collegati.

Il progetto del sistema di Regolazione e Controllo delle Turbine a Gas di Termini Imerese è tale da minimizzare i rischi derivanti dal fenomeno sopra descritto.

#### 2.1.2 Emissioni

Le emissioni inquinanti sono essenzialmente costituite da monossido di carbonio (CO) e ossidi di azoto (NOx).

 L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. GEM / SAI - ASP	<b>Nota Tecnica</b>	<b>ASP10CTGNT002-00</b>	25/03/2010
	Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese. Modifiche alla combustione della Turbina a Gas		Pagina 5/6
			Uso Aziendale

Il monossido di carbonio (CO) si forma nelle zone di combustione a miscela ricca per il deficit di ossigeno che non favorisce il completamento del processo di ossidazione fino a CO<sub>2</sub>, ed anche in condizioni stechiometriche, in presenza di un processo di miscelazione incompleto o per temperature di fiamma contenute (nelle fasi di avvio del turbogas).

I principali fattori che influenzano la formazione del CO sono la temperatura dell'aria comburente, la pressione in camera di combustione ed il fattore di equivalenza nella zona di combustione (rapporto combustibile/aria riferito al rapporto stechiometrico dello stesso combustibile).

### **2.1.3 Funzionamento dei bruciatori**

I bruciatori delle Turbine a Gas della Centrale di Termini Imerese utilizzano una piccola fiamma pilota per estendere il campo operativo.

La maggior parte del combustibile viene fornita dagli ugelli a fiamma premiscelata (bruciatore di Premix) mentre la restante parte del gas va ad alimentare la lancia pilota.

Superata la fase di avviamento del TG, al raggiungimento del carico minimo tecnico, ulteriori incrementi di potenza (generata) avvengono incrementando di pari passo la portata di GN ai bruciatori di Premix e la portata aria di combustione.

Quanto sopra si ottiene attraverso la regolazione della posizione delle serrande di immissione aria al TG (**Inlet Guide Vane**) in modo che il rapporto d'equivalenza si mantenga circa sempre costante fino al 100% del carico di base.

In tali condizioni la portata del gas pilota è pari a circa il 10% della portata totale del GN.

## **3. MODIFICHE DI REGOLAZIONE E SUPERVISIONE IMPLEMENTATE**

Con l'esercizio dei gruppi sono state individuati alcuni punti di miglioramento a livello del sistema di controllo del TG.

L'implementazione delle modifiche di seguito descritte, permetterà di ottimizzare la portata del combustibile alla torcia pilota al variare di condizioni esterne.

Tali interventi, favorendo la stabilità della fiamma in camera di combustione, consentiranno di limitare la formazione di inquinanti.

### **3.1. Correzione della portata gas pilota al variare della temperatura ambiente**

Il rapporto tra le portate del gas pilota e la totale viene, normalmente, calcolato dal sistema di controllo (al variare della posizione delle IGV) non tenendo conto della variazione massica di portata aria compressore conseguente alla variazione della temperatura ambiente.

L'inserimento di questo ulteriore controllo può consentire, viceversa, una regolazione del rapporto di aria e combustibile corretto in tutte le condizioni ambientali.

I vantaggi ottenibili sono quelli di contenere le emissioni di NOX, nel rispetto della stabilità di fiamma, all'interno della camera di combustione.

### **3.2. Correzione della portata gas pilota nelle variazioni di carico**

Le esigenze della Rete Elettrica determinano la necessità di dover operare continue variazioni della potenza erogata dalla Turbina a Gas.

In queste condizioni di funzionamento (elevati gradienti di variazione) possono verificarsi fenomeni di instabilità di fiamma in camera di combustione con conseguente formazione di zone a più alta temperatura e complessiva disuniformità delle stesse.

 L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. GEM / SAI - ASP	<b>Nota Tecnica</b>	<b>ASP10CTGNT002-00</b>	25/03/2010
	Centrale a Ciclo Combinato di Termini Imerese.		Pagina 6/6
	Modifiche alla combustione della Turbina a Gas		Usa Aziendale

Per prevenire tali eventi è stata progettata una nuova regolazione che corregge il set di ripartizione combustibile al pilota garantendo una maggior uniformità delle temperature stesse e limitando, di conseguenza, la produzione di NOx.

### **3.3. Nuovo sistema di posizionamento delle IGV**

La portata dell'aria comburente, come detto, è regolata dalla posizione delle IGV in funzione del carico richiesto.

Al fine di rendere tale regolazione più sensibile, e pertanto garantire una maggiore stabilità della fiamma all'interno della camera di combustione (con il risultato di contenere le emissioni di NOx) si è deciso di sostituire l'attuatore elettrico con un nuovo sistema idraulico atto a fornire una maggiore precisione e velocità di posizionamento.

### **3.4. Sistema di supervisione delle pulsazioni di pressione in camera di combustione**

Nell'ambito della sola supervisione è stato installato un sistema che è in grado di effettuare l'analisi in frequenza delle pulsazioni di pressione in camera di combustione (accelerazione).

L'analisi di tali misure consente di affinare le tecniche di regolazione di cui ai punti 3.1 e 3.2 oltre ad essere utilizzabile durante eventuali controlli di manutenzione.

## **4. CONCLUSIONI**

Il processo relativo alla combustione di una macchina Turbina a Gas è condizionato dalla interazione di fattori esterni, quali la temperatura, la pressione l'umidità ambiente e la natura del gas combustibile nonché dalle varie regolazioni impostate attraverso le quali vengono tarate ed ottimizzate le condizioni di funzionamento.

Le migliorie descritte ai punti 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, potranno consentire un maggiore controllo della stabilità della fiamma in camera di combustione con un conseguente contenimento della formazione degli ossidi di azoto (NOx) valutato in circa 10 mg/Nm<sup>3</sup>, rispetto ai limiti indicati, come medie giornaliere, dal Decreto Autorizzativo (50 mg/Nm<sup>3</sup>).

Si ritiene, pertanto, che i Turbogas della Centrale di Termini Imerese potranno, normalmente, funzionare nel rispetto di nuove medie giornaliere pari a 40 mg/Nm<sup>3</sup> di NOx.