

Allegato 6

Nota tecnica - Condizioni di avviamento e di transitorio, gestione delle attività di manutenzione e prestazioni dei bruciatori policombustibile

Richiesta DSA-2008-0008613 sezione "All B.18: Si richiede la descrizione delle condizioni di avviamento e di transitorio anche in termini di consumi e di emissioni. Si richiede inoltre la gestione di malfunzionamenti e delle attività di manutenzione programmata (criticità ambientali durante l'attività di manutenzione, periodicità e durata).

Si ritiene necessario che il gestore indichi, per quanto riguarda i periodi transitori di funzionamento dell'impianto, i tempi di avvio ed arresto dei gruppi turbogas (numero di transitori prevedibili), nonché l'indicazione delle curve di variazione delle emissioni inquinanti di NOx e CO al variare del carico della turbina (da 0 a 100% del carico nominale).

Si richiede di indicare le prestazioni dei bruciatori policombustibile in termini di emissioni di NOx.

ooooO000oooo

1 Premessa

Il presente documento ha lo scopo di fornire indicazioni in merito alle prestazioni delle unità termoelettriche installate nella Stabilimento EniPower di Taranto nelle fasi di transitorio e di avviamento.

In funzione della tecnologia utilizzata, possiamo individuare due diverse tipologie impiantistiche:

1. Gruppo a ciclo combinato costituito dalla turbina a gas TG5 (39 MW) connessa caldaia a recupero F7503 (da 85 t/h di vapore AP e 10 t/h di vapore MP, di cui 25 t/h di vapore AP a post-combustione con fuel gas);
2. Caldaie a combustione tradizionale (F7502 da 140 t/h, F7501B e F7501C da 70 t/h).

Nei paragrafi successivi saranno fornite informazioni su tali sistemi utilizzando le specifiche tecniche relative forniti dal costruttore ove disponibili, i dati misurati e/o calcolati relativi alle prestazioni energetiche ed ambientali e dati di letteratura.

2 Gruppo a ciclo combinato TG5 + F7503: prestazioni in fase transitoria

Il ciclo combinato in oggetto è costituito dalle seguenti tipologie di apparecchiature:

- Turbina a gas General Electric tipo MS6001(B), modello PG6541(B) da 39 MW dotata di sistema di combustione con bruciatori a diffusione e di sistema di abbattimento di NO_x tramite iniezione di vapore in camera di combustione (steam-injection);
- Caldaia a recupero a tre livelli di pressione dotata di due bruciatori che utilizzano fuel-gas e di post-combustione, con le seguenti potenzialità massima di produzione vapore:
 - Vapore alta pressione: 60 t/h a solo recupero+25 t/h da post-combustione;
 - Vapore media pressione: 12 t/h

La caldaia può, dunque, essere esercita nelle due modalità:

- Recupero semplice: recupero del solo calore dei fumi di scarico in uscita dalla turbina a gas;
- Recupero semplice + post-combustione: recupero del calore contenuto nei fumi di scarico della turbina a gas incrementato del calore fornito bruciando gas combustibile.

Si riportano di seguito le caratteristiche nominali della caldaia a recupero:

Temperatura ambiente:	15°C
Carico turbina a gas:	100%
Fumi di scarico turbogas:	536 °C
Portata fumi scarico turbogas:	505 t/h

2.1 Procedura di avviamento del ciclo combinato

L'avviamento della turbina a gas avviene, utilizzando come combustibile gasolio.

Inizialmente ci si portata nella condizione Full Speed No Load che viene mantenuta per 30-60 minuti. Terminata questa fase di riscaldamento si esegue il parallelo con la rete elettrica portando la turbina a gas a 8-10 MW, carico al quale viene mantenuta per 15-30 minuti. Successivamente il carico viene portato a 14-16 MW eseguendo il passaggio a combustibile gas di raffineria. Si rimane in questa condizione per ulteriori 30-60 minuti per permettere il riscaldamento graduale della caldaia a recupero.

L'avviamento procede aumentando il carico della turbina compatibilmente alla disponibilità dalla rete di gas di raffineria. Questa fase dura normalmente qualche ora.. Al 60% del carico della turbogas si inserisce il sistema di abbattimento di NO_x mediante l'iniezione del vapore prodotto dalla stessa caldaia a recupero.

La procedura descritta si riferisce all'avviamento successivo ad una fermata prolungata del sistema.

La post-combustione viene attivata, se necessario, successivamente alla conclusione della fase di avviamento.

2.2 Prestazioni in termini di emissioni di NO_x e CO in fase di avviamento

Come descritto nella documentazione presentata, tutte gli impianti di combustione presenti nella Centrale convogliano i fumi ad un unico camino (camino E3). Il sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni in atmosfera installato su tale camino non consente in generale, nel caso normale di funzionamento contemporaneo di più unità di produzione, di evidenziare le prestazioni in termini emissivi di ciascuna di esse, a meno di casi particolari (fasi di manutenzione). D'altra parte l'esecuzione di test specifici (che richiederebbero la fermata di più unità) risulta di difficile esecuzione, data la necessità di garantire le forniture di vapore ed energia elettrica alla Raffineria Eni Div. Refining & Marketing di Taranto.

In Figura 1 si riporta, al fine di rappresentare delle curve tipiche relative all'andamento delle emissioni specifiche, il grafico ottenuto dai dati misurati delle emissioni al camino E3 durante un transitorio di avviamento della turbina a gas (avviamento del 03/04/2008); si noti che i valori assoluti non sono rilevanti per caratterizzare le prestazioni della sola turbina a gas in quanto in tutto il transitorio è in esercizio la caldaia F7502 a solo olio combustibile a carico fisso; tuttavia le curve sono esemplificative dell'andamento delle emissioni al variare del carico del TG5 e della portata di vapore utilizzata per l'abbattimento degli ossidi di azoto.

Si nota come il vapore per l'abbattimento degli ossidi di azoto abbia un effetto rilevante sulle emissioni, andando a ridurre la temperatura di fiamma in camera di combustione. Tale sistema comporta la riduzione dell'efficienza complessiva del ciclo combinato correlata al combustibile utilizzato per produrre il vapore di abbattimento, anche se, d'altra parte, aumenta la potenza elettrica prodotta dalla turbina a gas per effetto dell'aumento del flusso di massa attraverso la turbina.

Esiste un limite fisico alla quantità di vapore che può essere introdotta in camera di combustione per l'abbattimento degli ossidi di azoto.

La formazione di monossido di carbonio dipende dall'efficienza della combustione e quindi dalla tecnologia utilizzata. Come noto, le emissioni specifiche di CO aumentano notevolmente alle basse temperature di fiamma.

DATI DI MONITORAGGIO
Avviamento TG5 39 MW con caldaia F7502 a carico fisso (a solo olio combustibile) - Curva emissioni

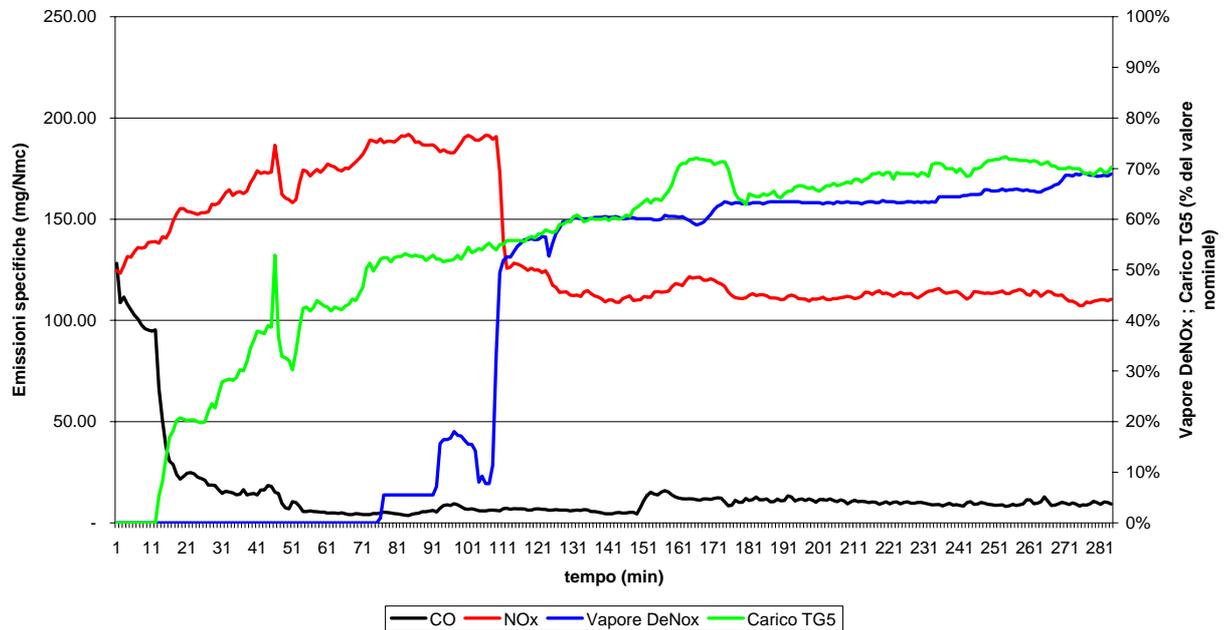


Figura 1 - Dati di monitoraggio: avviamento TG5 con caldaia F7502C in manutenzione e caldaia F7502 a carico fisso a solo olio combustibile

Il vapore a media pressione per l'abbattimento degli ossidi di azoto viene iniettato in camera di combustione non appena la caldaia è in grado di produrlo in quantità e ad un livello di temperatura tali da permetterne un corretto miscelamento con l'aria comburente e il combustibile. Prima di aver raggiunto tale stato, ovvero durante la prima fase di riscaldamento della caldaia, il vapore prodotto viene utilizzato per il preriscaldamento del sistema di adduzione (linee e valvole).

I consumi in fase di transitorio seguono l'andamento del carico, con un rendimento inferiore in condizioni di minimo tecnico fino a raggiungere il valore nominale in condizioni di massimo carico.

2.3 Procedura di fermata normale della caldaia a recupero F7503

La fermata della turbina a gas non necessita di particolari procedure. Poiché il sistema di abbattimento NO_x è già caldo in questa fase, può rimanere inserito anche fino al 50% del carico nominale. Una volta fermata la turbina a gas, si lascia raffreddare naturalmente mantenendo chiuse tutte le valvole. Una volta raggiunta la pressione di circa 2 bar sui corpi cilindrici M.P. e A.P. si aprono i rispettivi vents (da DCS) all'atmosfera e, a seguire, i dreni sui collettori interessati dal depressionamento.

Nel caso si preveda si prevede una messa fuori servizio dell'impianto per lungo tempo, è necessario provvedere ad una messa in conservazione della caldaia sia lato fumi che lato acqua e vapore.

3 Caldaie a combustione tradizionale: prestazioni in fase transitoria

Il transitorio di avviamento delle caldaie tradizionali avviene rispettando una curva di riscaldamento graduale e dura circa 8 ore; al termine di tale periodo avviene il parallelo con la rete vapore. Le emissioni specifiche in atmosfera delle caldaie in tali fasi non presentano andamenti particolari in funzione del carico.

4 Attività di manutenzione programmata e gestione dei malfunzionamenti

Nel paragrafo 4.1 è riportato il dettaglio delle attività di manutenzione programmata sul turbogas TG-7501. Per le attività di manutenzione si utilizzano contratti di manutenzione pluriennali al fine di ridurre e prevenire eventuali malfunzionamenti.

Duranti i periodi di manutenzione degli impianti vengono attivate le unità di back-up per garantire la fornitura del vapore tecnologico e delle altre utilities alla Raffineria. Il collegamento alla Rete Elettrica Nazionale permette inoltre il prelievo dell'energia elettrica dalla rete, quando necessario.

4.1

Attività di manutenzione programmata TG 7501 (Turbogas)

4.1.1 Dati tecnici

La macchina in oggetto è un gruppo turbo-gas installato nel 1993 ed alimentato da fuel gas di Raffineria. Essa è composta da un compressore assiale, una turbina a tre stadi, sistemi di supporto, componenti del sistema di combustione (10 camere di combustione) e del sistema di lubrificazione. Per dispositivo di avviamento è impiegato un motore elettrico. Tramite un riduttore di giri essa aziona un generatore di energia.

Turbogas		Alternatore	
Costruttore	NUOVO PIGNONE S.p.A.	Costruttore	GEC ALSTHOM
Tipo	MS 6001	Tipo	T190-240
Numero stadi di compressione	17	Matricola	413358
Numero camere di combustione	10	Potenza apparente	52'700 kVA
Numero stadi di turbina	3	Tensione	11 kV
Potenza max.	38'340 kW	Corrente	2'766 A
Velocità	5100 rpm	Fattore di potenza (cosφ)	0.8
		Velocità	3000 rpm

Interventi manutentivi programmati

I principali interventi di manutenzione preventiva eseguiti sulla macchina, sono quelli stabiliti dal costruttore GE. In particolare, le attività previste erano le seguenti:

Revisione camera di combustione ogni 8000 / 12000 h:

- ✓ Revisione camere di combustione
 - Sostituzione camicie di combustione
 - Sostituzione tubi di propagazione fiamma
 - Sostituzione convogliatori gas
 - Sostituzione degli iniettori

Revisione parti calde ogni 24000 h:

- ✓ Revisione camere di combustione
 - Sostituzione camicie di combustione
 - Sostituzione tubi di propagazione fiamma
 - Sostituzione convogliatori gas
 - Sostituzione degli iniettori

✓ Verifica sistemi di eccitazione "GEC Alsthom"

✓ Sostituzione termocoppie di scarico

✓ Revisione parti elettriche

✓ Revisioni parti strumenti

✓ Verifica circuito idraulico di comando valvole

Revisione generale ogni 48000 h:

- ✓ Smontaggio/montaggio cabinato e accessori
- ✓ Smontaggio/montaggio accessori camere di combustione
- ✓ Smontaggio/montaggio camere di combustione
- ✓ Smontaggio/montaggio convogliatori gas
- ✓ Smontaggio/montaggio cassa aria comburente
- ✓ Smontaggio/montaggio cassa turbina
- ✓ Smontaggio/montaggio ugelli 1°, 2° e 3° stadio
- ✓ Controllo ugelli
- ✓ Smontaggio/montaggio cassa compressore
- ✓ Controlli su palettatura compressore assiale
- ✓ Smontaggio/montaggio cuscini portanti e reggispinta
- ✓ Controllo pale
- ✓ Controlli vari e rilievo giochi
- ✓ Sostituzione parti di usura

Dal 2002 è in vigore il contratto di Global Service con il Costruttore per le attività di manutenzione programmata e di diagnostica, come illustrato nel paragrafo seguente.

Programma degli interventi

La manutenzione di tutto il treno macchina, comprensivo della turbina, del compressore, del generatore e dei

compressori gas, attualmente è eseguita e pianificata dalla Nuovo Pignone, poiché è stato sottoscritto un contratto di Global-Service.

Le attività pianificate in base alla politica manutentiva messa in atto dal Costruttore è prevista per le macchine di seguito elencate:

- ✓ Generatore di corrente elettrica ABB;
- ✓ Gruppo turbina-compressore (Turbogas);
- ✓ Compressori alternativi di alimento del fuel gas di combustione, K 5254 A/B;
- ✓ Motori ABB di azionamento dei compressori gas di cui sopra, MK 5254 A/B.

Le attività di manutenzione programmata sono illustrate nella Tabella 1

Oltre alle attività programmate, nell'intervento di quest'anno sono state eseguite anche altri due interventi, quali:

1. Sostituzione del cavo di collegamento (110V) elettrovalvola, che attualmente risulta essere a massa;
2. Verifica del cuscinetto n°2 (lato alternatore) della turbina.

Anno	Turbo gas	Alternatore	Compressore gas	Motore compressore gas
1°			<i>Revisione intermedia</i>	<i>Revisione minore</i>
2°	<i>Revisione generale</i>	<i>Revisione generale</i>	<i>Revisione generale</i>	<i>Revisione intermedia</i>
3°			<i>Revisione minore</i>	<i>Revisione minore</i>
4°		<i>Verifica rotore</i>	<i>Revisione intermedia</i>	<i>Revisione generale</i>
5°	<i>Revisione parti calde</i>	<i>Revisione minore</i>	<i>Revisione generale</i>	<i>Revisione minore</i>
6°			<i>Revisione minore</i>	<i>Revisione intermedia</i>

Tabella 1: Attività programmate per il treno macchina turbogas.

5 Prestazioni dei bruciatori policombustibile in termini di emissioni di NO_x

Il bruciatore policombustibile delle caldaie permette la combustione contemporanea, (sullo stesso bruciatore) di olio combustibile e gas di raffineria. L'olio combustibile viene iniettato nel punto centrale del bruciatore previa atomizzazione con vapore, mentre il gas viene introdotto in sei punti disposti su una corona circonferenziale rispetto alla lancia dell'olio combustibile (Figura 2 e Figura 3).

Figura 2 - Bruciatore policombustibile - Sezione longitudinale

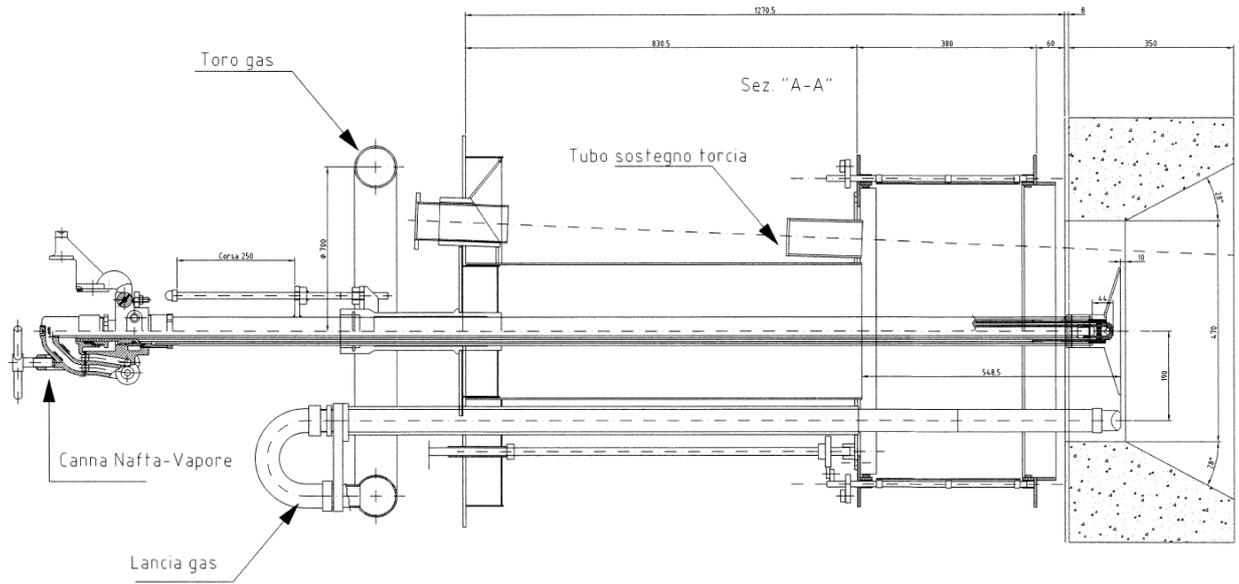
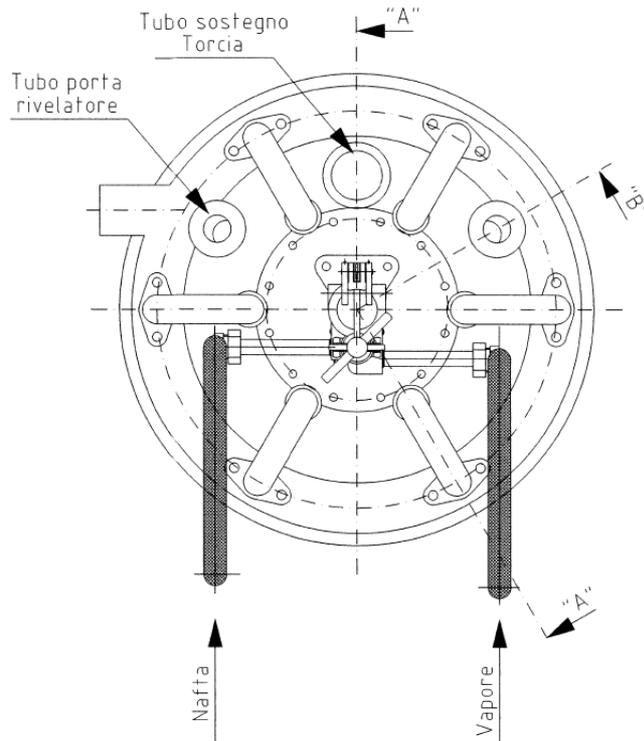


Figura 3 - Bruciatore policombustibile - Sezione trasversale



La prestazione del bruciatore in termini di emissioni di NO_x dipende da due fattori preponderanti:

- temperatura media a cui avviene la combustione;
- contenuto di azoto organico nel combustibile.

5.1 Temperatura media a cui avviene la combustione

La formazione di NO_x con il meccanismo di Zeldovich è legata in modo prevalente alla temperatura media a cui avviene la combustione. La temperatura della combustione raggiunge il valori massimo in condizione stechiometriche condizioni che si verificano in prima approssimazione nelle fiamme diffuse come quelle caratteristiche del bruciatore sopra descritto. In relazione all'effettivo rapporto aria/combustibile, alla composizione del combustibile in termini di rapporto C/H e alla presenza di sostanze che riducono la temperatura di fiamma come il vapore di atomizzazione dell'olio combustibile la produzione di NO_x legata a meccanismi termici comporta una emissione caratteristica di circa 300 mg/m^3 (riferiti a fumi secchi 3% di circa). Questo valore può variare (in un range limitato) in relazione al carico della caldaia , alla entità del vapore di atomizzazione e alla % di H_2 nel gas combustibile.

5.2 Contenuto di azoto organico nel combustibile

Nell'Olio combustibile sono presenti limitate quantità di N organico (<0,3-0,5%) che in parte viene ossidato ad NO_x . Questo comporta una emissione di NO_x in un range di $100\text{-}200 \text{ mg/m}^3$ aggiuntivi rispetto agli NO_x di origine termica.

5.3 Effetto complessivo – Bruciatore Policombustibile

Per un bruciatore policombustibile che utilizza contemporaneamente Gas di Raffineria e Olio combustibile si possono stimare le seguenti emissioni(base secca 3% O_2) :

- Combustione con solo olio combustibile :

Apporto di NO_x termici	= circa 250 mg/m^3
Apporto di NO_x di composizione	= circa 200 mg/m^3
Apporto Totale	=circa 450 mg/m^3

- Combustione con solo gas di raffineria:

Apporto di NO_x termici	= circa 300 mg/m^3
Apporto di NO_x di composizione	= circa 0 mg/m^3
Apporto Totale	=circa 300 mg/m^3

- Combustione di miscela 50-50 in % termica

Apporto di NO_x termici	= circa 270 mg/m^3
Apporto di NO_x di composizione	= circa 100 mg/m^3
Apporto Totale	=circa 375 mg/m^3

Come si vede, l'olio combustibile presenta una minore emissione di NO_x termici rispetto al gas di raffineria che è caratterizzato dalla presenza H₂. La presenza di atomizzazione con vapore contribuisce anch'essa al contenimento delle emissioni termiche caratteristiche dell'olio combustibile.

Il gas di raffineria non comporta invece emissioni di NO_x di composizione.

Le emissioni sopra riportate sono caratteristiche di un carico elevato della caldaia. Ai carichi intermedi la formazione di NO_x termico è generalmente ridotta dato che i bruciatori operano a temperature di fiamma mediamente inferiori.

SOMMARIO

1	Premessa.....	1
2	Gruppo a ciclo combinato TG5 + F7503: prestazioni in fase transitoria.....	2
2.1	Procedura di avviamento del ciclo combinato	2
2.2	Prestazioni in termini di emissioni di NOx e CO in fase di avviamento	3
2.3	Procedura di fermata normale della caldaia a recupero F7503.....	4
3	Caldaie a combustione tradizionale: prestazioni in fase transitoria	5
4	Attività di manutenzione programmata e gestione dei malfunzionamenti.....	5
4.1	Attività di manutenzione programmata TG 7501 (Turbogas)	5
5	Prestazioni dei bruciatori policombustibile in termini di emissioni di NOx.....	7
5.1	Temperatura media a cui avviene la combustione.....	9
5.2	Contenuto di azoto organico nel combustibile	9
5.3	Effetto complessivo – Bruciatore Policombustibile.....	9