

**Università degli studi di Firenze**  
**Corso di Diploma in Ingegneria Meccanica**

**Tesi:**

**"Automazione della stesura  
delle procedure di ProS"**

*Candidato*

**Raffaello Curtatone**

*relatore*

**Prof. Pierfrancesco Bellini**

*co-relatori*

**Ing. Jurgen Assfalg**

**Ing. Stefano Terzi**

**A.A. 2000 – 2001**

# Indice

<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PROS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 DI COSA SI OCCUPA PROS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 COS'È UNA PROCEDURA DI PROVA.....</b>	<b>21</b>
<b>3 ANALISI PRELIMINARE.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 VISUAL BASIC FOR APPLICATION.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 REALIZZAZIONE DEL PROGRAMMA.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 ESEMPIO DI PROCEDURA .....</b>	<b>38</b>
<b>4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>46</b>
<b>APPENDICE (TUVA).....</b>	<b>47</b>
<b>BIOGRAFIA .....</b>	<b>76</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>77</b>

# 1 Introduzione

In molti contesti aziendali sono diffusi strumenti di produttività individuale quali programmi di video scrittura o di calcolo che, se opportunamente impiegati, possono aumentare notevolmente la loro efficacia, svolgendo compiti anche molto specifici. Tra le possibilità interessanti che offrono questi programmi, c'è quella di poter essere personalizzati attraverso istruzioni macro che sono dei veri e propri linguaggi di programmazione, con i relativi strumenti di sviluppo. Uno dei più utilizzati è senza dubbio il pacchetto Office di "Microsoft", che gira su piattaforma "Windows". Il linguaggio "Visual Basic for Application" (VBA), in loro integrato, permette di risolvere una molteplicità di problemi, senza richiedere lo sviluppo di programmi a hoc.

Uno degli scopi di questo lavoro è la ricerca del miglioramento, in sintonia con quanto ci dice anche "Sei Sigma", che è una metodologia disciplinata che definisce misure, analisi, migliora e gestisce la qualità dei prodotti, dei processi e che ha come obiettivo finale quello di eliminare virtualmente tutti i difetti in modo da realizzare la soddisfazione totale del cliente.

Questa tesi tratta la realizzazione di un'applicazione VBA per automatizzare la stesura del documento "Procedura di prova" attraverso il programma "Word". Il lavoro è stato svolto presso il "Nuovo Pignone" di Firenze (reparto Sala Prove) ed il documento emesso, inerente alle norme ISO 9001, riguarda alcune delle macchine in prova, che l'azienda produce. Ogni volta che una macchina è venduta, questa sarà provata dai tecnici del Nuovo Pignone, qualche volta in presenza del cliente, secondo ben precise norme. Nella maggioranza di questi casi è prevista l'emissione del documento.

Nella procedura di prova sono elencate tutte le operazioni che saranno svolte in fase di prova della macchina, al fine di dimostrare al cliente i parametri garantiti in fase d'acquisto. Le macchine che sono provate a Sala Prove sono compressori centrifughi, turbine a vapore e a gas. Il contenuto del documento, per la maggioranza delle macchine, consta di una parte iniziale, dove sono descritti temperature, pressioni e i vari parametri di prova; una parte centrale dove sono

descritte le varie fasi della prova ed una parte finale che spiega gli strumenti di misura, schemi ed esempi di monitoraggio della prova.

Attualmente, il documento, è redatto rifacendosi a procedure di macchine simili, stese precedentemente, le quali sono state scritte, a loro volta, in base alla normativa interna ITN. Il tecnico di Sala Prove, una volta individuata una procedura simile come tipologia di macchina a quella per la quale deve stendere la procedura, la copia, sostituendo e/o correggendo opportunamente alcuni parametri adeguandoli per la nuova prova. Tale procedimento implica la conoscenza mnemonica dei punti della procedura nei quali occorre andare a sostituire sistematicamente alcuni dati, come il numero di commessa o il modello di macchina.

Attraverso la programmazione in Visual Basic for Application di Word, è resa possibile la generazione assistita dal calcolatore della procedura di prova. Ciò è stato realizzato per mezzo di alcuni database nei quali sono contenuti tutti gli esempi di frase utilizzati, divisi per tipologia di prove. In base al tipo di macchina in questione e ai parametri inseriti in una finestra di dialogo il programma seleziona opportunamente le frasi, codificate e rese standard, dal database e sostituisce, nei punti corrispondenti, i valori inseriti nella suddetta finestra.

Il progetto proposto, oltre a semplificare la stesura delle procedure, dà al tecnico una visione complessiva di quella che è la prova di una macchina. E' bene, infatti, precisare che il metodo con cui si affronta il lavoro deve essere il più possibile appropriato alla natura su cui esso si fonda. Spesso, operazioni ripetitive come la copiatura di spezzoni di frase, tolgono la concentrazione e lasciano la possibilità di commettere errori, ad esempio omettendo un valore in un determinato punto. Lasciando svolgere al programma la procedura, limitandosi a controllare di aver inserito i dati corretti, si evitano eventuali distrazioni, fonti d'errore, noiose tanto per i committenti, quanto per i clienti.

## 2 PROS

PROS significa progettazione di prove. E' un'équipe composta da periti e ingegneri appartenenti al nucleo di Sala Prove di Firenze del Nuovo Pignone della G.E. OIL & GAS. Lo scopo di PROS è di formalizzare lo standard operativo per le attività svolte dall'Ufficio Tecnico della Sala Prove. E' responsabilità dell'Unità PROS, assicurare l'applicazione dello standard operativo definito nella presente procedura, garantendo, altresì, gli aggiornamenti relativi ad eventuali modifiche.

Lo standard operativo comprende le seguenti attività:

- Attività di programmazione e interfaccia controlli costi
- Spesa preventiva delle prove
- Progettazione prove
- Preparazione istruzioni operative per l'esecuzione Prove

Con il termine progettazione di prove ci si riferisce, oltre che a quelle relative agli impianti di prova, anche all'attività di studio e specificazione del metodo di prova. La progettazione necessita, inoltre, di essere emessa entro un determinato periodo; ciò è ottenuto tramite la programmazione a lungo termine, eseguita dalla sezione di Programmazione Prove, Controllo Costi e Attività Ausiliare.

Per le seguenti prove standard:

- Prove meccaniche sotto vuoto CO/CE e SRL
- Prove meccaniche senza carico TU/VA
- Prove meccaniche e/o di prestazioni senza carico TU/GAS
- Prove di rodaggio CO/AL

L'attività di progettazione è necessaria solo in caso siano richieste modifiche da parte del cliente alle relative procedure di prova normalizzate.

Il tipo di prova richiesto, e quindi di progettazione, è stabilito nella Specifica di Prova emessa dall'Unità Progettazione della Divisione di prodotto e inserita nella Distinta Generale della commessa. Una volta stabilito il tipo di progettazione, dalla Distinta Generale, si ricavano tutti gli altri documenti (disegni, specifiche, ecc.) necessari, dal sistema informativo IBM installato sulla rete intranet. La progettazione è svolta attenendosi ai criteri esposti nel documento SOK 4400244/4 (D.I.P. Disposizioni Interne Progettazione) e suoi richiamati. L'individuazione del banco prova che va assegnato ad ogni macchina è in funzione delle esigenze della prova. La scelta è comunicata alla sezione programmazione che la riporta sui programmi temporali di prova ufficiali di ciascun banco, dei quali il progettista deve tenere conto, visionandoli giornalmente. Per le prove di compressori su banchi interni è inoltre emessa la scheda tecnica PROS235.

Le istruzioni sono suddivise in due categorie:

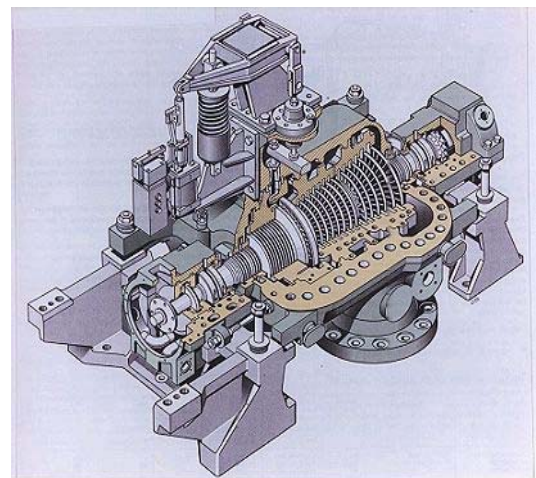
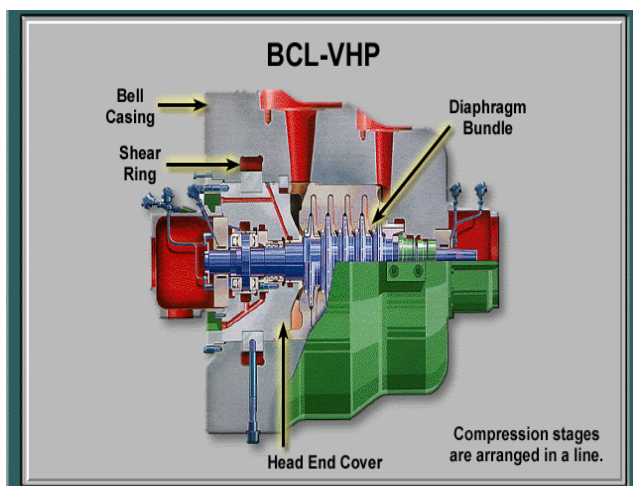
- **Programmi di prove ufficiali**, emessi da PROS/PROV, dove sono riportati gli accoppiamenti commesse/banchi prova prescelti, oltre che l'impegno temporale (e la scheda tecnica PROS235 per i compressori su banchi interni).
  
- **Distinta Generale** della commessa in oggetto dove sono riportati i numeri dei codici delle Procedure di Prova, delle Specifiche di Prova e delle Distinte Parziali di Prova.

## 2.1 Di cosa si occupa PROS

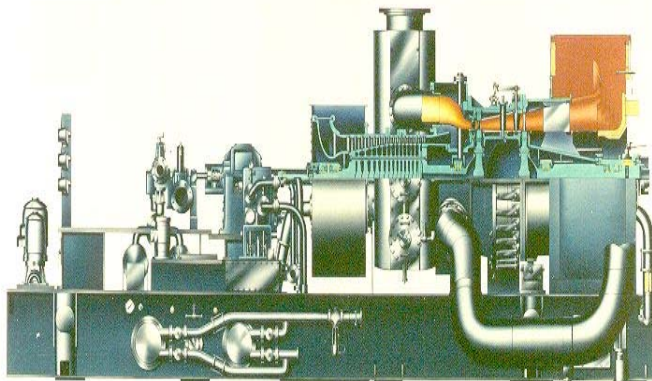
Il personale di PROS si occupa di tutto quello che riguarda la progettazione delle prove della macchina che è stata venduta al cliente.

Le macchine (vedi figure 2.1.1) si dividono in:

- Compressori centrifughi (COCE)
- Turbine a gas (TUGA)
- Turbine a vapore (TUVA)



**Figura 2.1.1: (a) Compressore centrifugo (b) Turbina a Vapore**



**(c) Turbina a Gas**

Compressori centrifughi, turbine a vapore ed a gas, sono provate termodinamicamente (performance test) rispettivamente secondo le norme

A.S.M.E. PTC 10 (classe I e III) - 17 - 22 e meccanicamente secondo le norme API 617 – 612 - 616.

Le prove si dividono in:

**SPECIALI** - le macchine sono provate nelle stesse condizioni in cui opereranno quando saranno installate nel cantiere per cui sono destinate (generalmente sono prove che si svolgono all'aperto, dato lo spazio che si occupa allestendo un treno completo di macchine, in gergo detto configurazione in string)

**STANDARD** - nelle quali sono riprodotte, in similitudine, le condizioni di lavoro in cui la macchina opererà quando sarà in funzione presso il cantiere dov'è destinata (queste ultime si svolgono in Sala Prove, all'interno dell'azienda)

Il motivo principale per cui sono provate le macchine, è la verifica delle prestazioni garantite al cliente all'atto della vendita della macchina. La vendita di una macchina comporta l'apertura di una commessa, identificata dal proprio numero. Ad ogni commessa sono assegnati un “*project manager*” (P.M.) ed un “*project engineer*” (P.E.), della Divisione di prodotto, che interagiscono coi clienti e coi tecnici di Sala Prove, occupandosi rispettivamente della gestione amministrativa e della gestione tecnica dell'appalto.

Il P.E. elabora un documento chiamato *specifici di prova*, sul quale sono annotate alcune delle informazioni di cui hanno bisogno i tecnici di Sala Prove per progettare la prova. Oltre alla specifica di prova, il tecnico di sala prove, per la progettazione della prova ha bisogno dei seguenti documenti:

- Additional request plan (PRA)
- Data sheet
- Scheda macchina
- Schema della macchina (pupazzetto)
- Schema lubrificazione e sensori
- Disegno dell'albero
- Lateral and torsion analysis



La progettazione della prova standard comprende l'emissione dei seguenti documenti:

- Procedura di prova (Test File) ufficiale
- Giunto di prova
- Idling adapter
- Adattatore di cono (eventuale)
- Disegni del circuito di prova
- Lista materiale di prova
- Distinta materiale di prova

I codici della suddetta documentazione sono contenuti nella Distinta materiale di Prova, a sua volta inserita in Distinta Generale. Esistono poi delle varianti, su cui non è importante dilungarsi in questa sede, per le quali i documenti emessi dall'ufficio progettazione siano meno (ad esempio se il compressore provato non ha l'albero passante, non necessita del peso aggiuntivo di squilibrio (idling adapter), oppure naturalmente necessari come nel caso delle prove speciali.

L'elaborazione dei seguenti documenti:

- P & ID (pipe & instrument drawing)

Procedure installate su elaboratore IBM e gestite dall'Unità Sistema Informativo Centrale (EDP):

- Calcolo del Reynolds e Mach in aspirazione e mandata (calcolo 80)
- Verifica della potenza del refrigerante (calcolo 81)

Procedure installate su elaboratore gestito dall'Unità Elaborazione Dati e Sistemi per l'automazione (ELDA/FIR) e dedicate a PROV elencate nel documento SOK 6784301/4:

- Calcolo termodinamico classe I e III (T7452A/B)

Procedure installate su apposito P.C. dedicato a PROS

Gli ultimi tre, necessari solo se la macchina fa il test termodinamico. PROS assicura il corretto utilizzo dei programmi per prove, avvalendosi del supporto operativo da ELDA/FIR, che provvede alla loro convalida in accordo alla procedura ETI04Z03.

Il tecnico di sala prove interagisce col P.E. informandolo sull'evolversi della progettazione della prova, informandosi eventualmente, sui valori riportati sulla specifica di prova.

L'impianto per la prova delle macchine si avvale di fluidi transfer, driver fissi di banco, gear box, postazioni, collegamenti idraulici ed elettrici dell'impianto dell'azienda..

Esso è composto dalla parte interna, nella quale alloggiato 15 banchi disposti su due file, una per le postazioni pari ed una per quelle dispari e da quattro attraversamenti (tubazioni sotterranee) necessari a collegare i circuiti per le prove termodinamiche con la parte esterna, dove sono alloggiati valvole e refrigeranti (vedi tabella 2.1.1).

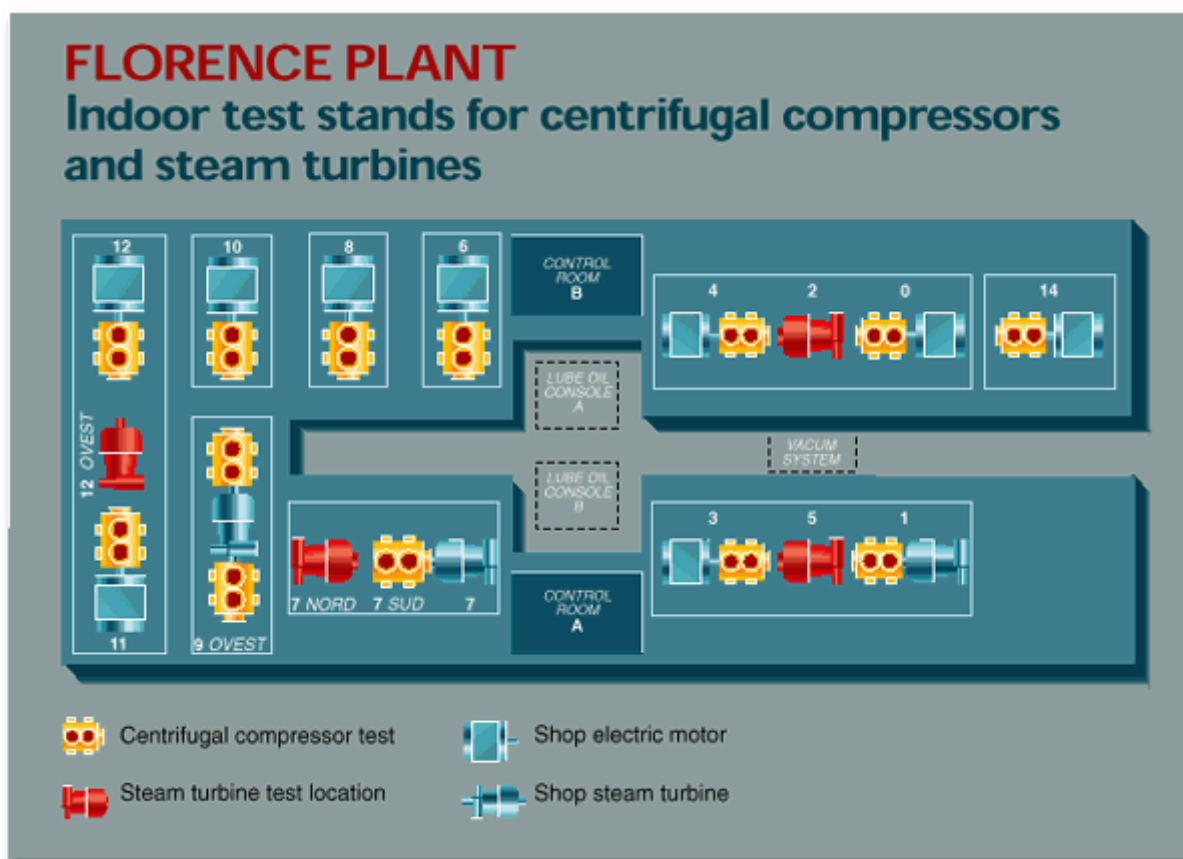
Banco	Driver	Regolatore	Potenza[MW]	Velocità[RPM]	Senso di rotazione
0	Motore elettrico		2,6	4120	Orario/antiorario
1	Turbina a vapore		9,725	5840	Orario
2					
3	Motore elettrico	Frequenza variabile	4,5	1500	Orario/antiorario
4	Motore elettrico	Frequenza variabile	2,7	1500	Orario/antiorario
5					
6	Motore elettrico		1,1	3000	Orario/antiorario
7nord					
7sud	Turbina a vapore		6,096	10000	Orario
8	Motore elettrico		1,1	3000	Orario/antiorario
9 est	Turbina a vapore		2,8	10000	Orario
9 ovest	Turbina a vapore		2,8	10000	Antiorario
10	Motore elettrico		0,88	3000	Orario/antiorario
11	Motore elettrico		1,838	5395	Orario/antiorario
12	Motore elettrico	Frequenza variabile	1,1	3000	Orario/antiorario
14	Motore elettrico	Fluid drive	4,5	4120	Orario/antiorario

**Tabella 2.1.1: Lista dei banchi di Sala Prove**

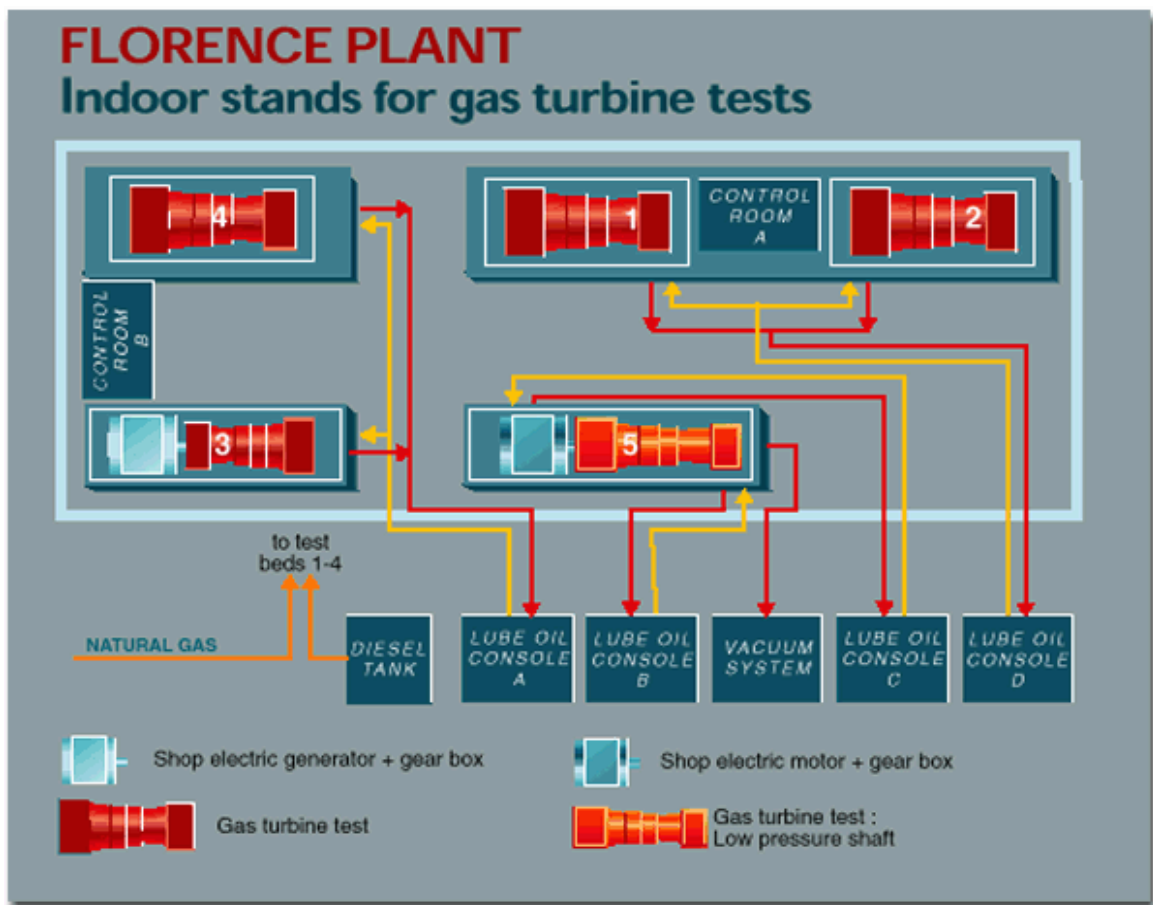
I banchi sono elevati da terra ad un'altezza di cinque metri, in modo da avere sotto lo spazio per il collegamento delle tubazioni. Alcune macchine come turbine a vapore o compressori possono avere rispettivamente scarichi o aspirazioni di diametri considerevoli (es. 60 pollici, circa un metro e mezzo). Le macchine, all'interno, sono provate in condizioni di similitudine, dunque senza raggiungere i valori di portata, pressione o temperatura uguali a quelli d'esercizio in cantiere;

vanno tuttavia sempre considerati fattori quali la velocità del fluido all'interno della tubazione o il contenimento del  $\Delta p$  tra aspirazione e mandata in un compressore (dovuto alle perdite di carico), che portano spesso a soluzioni con tubazioni voluminose e difficili da alloggiare all'interno del fabbricato.

Nella parte centrale della Sala Prove alloggiano i due cassoni che contengono l'olio con cui sono lubrificate e/o per il buffer di tenuta delle macchine. Adiacente ai due cassoni, passa il condotto del vuoto, da non confondere con quello provocato dal condensatore per mezzo del raffreddamento del vapore scaricato dalle turbine, il condotto in questione, invece, è un sistema che serve per aspirare l'aria dal circuito di prova dei compressori o delle turbine a gas, in modo da ridurre la potenza in prova meccanica, non elaborando portata (figure 2.1.2 e 2.1.3).



**Figura 2.1.2: Pianta dei banchi interni per prova di turbine a vapore e compressori**



**Figura 2.1.3: Pianta dei banchi interni per prova di turbine a gas**

I principali servizi utilizzati dai banchi prova (Figura 2.1.4), interni ed esterni, sono:

### 1-Sistema del vapore

Tale sistema è costituito da due distinte caldaie (Galleri a tubi d'acqua: potenzialità 50 t/h a 50 bar e 450°C combustibile metano) e da un impianto di cogenerazione (caldaia Bono a tubi d'acqua potenzialità 10 t/h a 50 bar e 450°C; motrici turbina a gas PGT 5 + turbina a vapore NG 20/25 + alternatore Ansaldo 9 MW, potenza prodotta 6,7 MW). Il vapore è impiegato esclusivamente per alimentare le turbine che sono sottoposte a test e/o quelle utilizzate come motrici per i compressori. Il

vapore di scarico della macchina può essere allacciato alla linea di contropressione o direttamente al condensatore.

## **2-Torri evaporative**

Sono impiegate per smaltire la potenza termica sia del vapore della turbina (fase di condensazione), sia del gas per la prova dei compressori. La loro potenzialità è 83 MW, con una portata d'acqua di 4000  $m^3/h$  ed un reintegro massimo di 40  $m^3/h$ .

## **3-Rete di distribuzione del gas naturale**

Il gas naturale è prelevato dalla rete di distribuzione nazionale (SNAM) ad una pressione di circa 24 bar e può essere impiegato come combustibile per le turbine a gas, o come componente per le miscele di prova dei compressori.

Il gas usato come combustibile per le turbine può essere direttamente inviato a queste, o pressurizzato precedentemente fino ad un massimo di 40 bar, presso la stazione di compressione del 2HM (compressore alternativo).

Quando la prova dei compressori richiede miscele a pressioni superiori di 40bar, si ricorre alla stazione di compressione del 2BVTN (2 compressori alternativi) la quale può garantire pressioni fino a 200 bar.

## **4-Aircooler**

E' impiegato esclusivamente per smaltire la potenza termica del gas di prova (ad alta pressione: 400 bar ad una temperatura massima di 190 °C) dei compressori. La potenzialità termica è 45 MW.

## **5-Sistema aria compressa**

L'aria compressa, preventivamente filtrata ed essiccata, è utilizzata per azionare gli ausiliari degli impianti di prova (Tabella 2.1.2). Essa è prodotta da quattro

compressori, oltre alla possibilità di poter essere spillata dal compressore assiale della turbina dell'impianto di cogenerazione (500 N m<sup>3</sup>/h alla pressione di 6 bar).

<b>COMPRESSORE 2HO/2</b>	<b>COMPRESSORE CENTAC</b>	<b>COMPRESSORE CENTAC</b>	<b>COMPRESSORE 2HO/2</b>
Max portata aria erogabile: 1200 N m <sup>3</sup> /h	Max portata aria erogabile: 3400 N m <sup>3</sup> /h	Max portata aria erogabile: 3400 N m <sup>3</sup> /h	Max portata aria erogabile: 1200 N m <sup>3</sup> /h
Max pressione aria erogabile: 7 bar	Max pressione aria erogabile: 7 bar	Max pressione aria erogabile: 7 bar	Max pressione aria erogabile: 7 bar

**Tabella 2.1.2: Compressori**

### **6-Gas per circuiti di prova (gas liquidi)**

Per realizzare le miscele di prova dei compressori, s'impiegano i seguenti gas:

<b>GAS CO2</b>	<b>GAS N2</b>	<b>GAS SUVA (R134)</b>
Capacità serbatoio: 15000 litri	Capacità serbatoio: 10000 litri	Capacità serbatoio: 50 m <sup>3</sup>
Max portata erogabile: 300 litri/h	Max portata erogabile: 16.5 litri/h	Max portata erogabile: 169 m <sup>3</sup> /h
Max pressione erogabile: 120 bar	Max pressione erogabile: 210 bar	Max pressione erogabile: 10 bar

**Tabella 2.1.3: Gas di prova**

Questi gas, con esclusione del metano, sono stoccati allo stato liquido e successivamente ricondotti alla fase gassosa.

## 7-Sistema elettrico

L'impianto elettrico preso in considerazione riguarda esclusivamente il servizio ai banchi prova ed è stato suddiviso in:

<b>BASSA TENSIONE:</b>		<b>MEDIA TENSIONE:</b>	
Potenza: 500 KW	Potenza: 800 KW	Potenza: 13 MW	
Tensione: 380V	Tensione: 440 V	Tensione: 3 KV / 6 KV / 10 KV	
Frequenza: 50 Hz	Frequenza: 50Hz	Frequenza: 50 Hz	
<b>FREQUENZA VARIABILE (Escluso banchi interni turbine a gas e banchi interni compressori alternativi):</b>			
Potenza: 3.5 MW	Tensione: 3 KV / 6 KV	Frequenza: da 0Hz a 60 Hz	
<b>EMERGENZA:</b>			
BANCHI ESTERNI	BANCHI INTERNI TURBINE A GAS	BANCHI INTERNI COMPRESSORI CENTRIFUGHI E TURBINE A VAPORE	GRUPPO ELETTROGENO
Potenza: 250 KW da suddividere tra I banchi dei seguenti gruppi: gruppo (1,2,3,4) e gruppo (5,6,7,8)	Potenza: 250 KW da suddividere tra I banchi dei seguenti gruppi: gruppo (1,2,) e gruppo (3,4)	Potenza: 250 KW da suddividere tra I banchi (da 0 a 14).	Per illuminazione di sicurezza Per carica batterie dei banchi esterni 1, 2, 3, 4 e 5, 6, 7, 8 Per carica batterie dei banchi interni compressori centrifughi e turbine a vapore da 0 a 14
Tensione: 110 V continua	Potenza: 100 KW per il banco 5	Tensione: 110 V continua.	Potenza: 150 KW Tensione: 380 V
	Tensione: 110 V continua		Frequenza: 50 Hz

**Tabella 2.1.4: Sistemi elettrici**



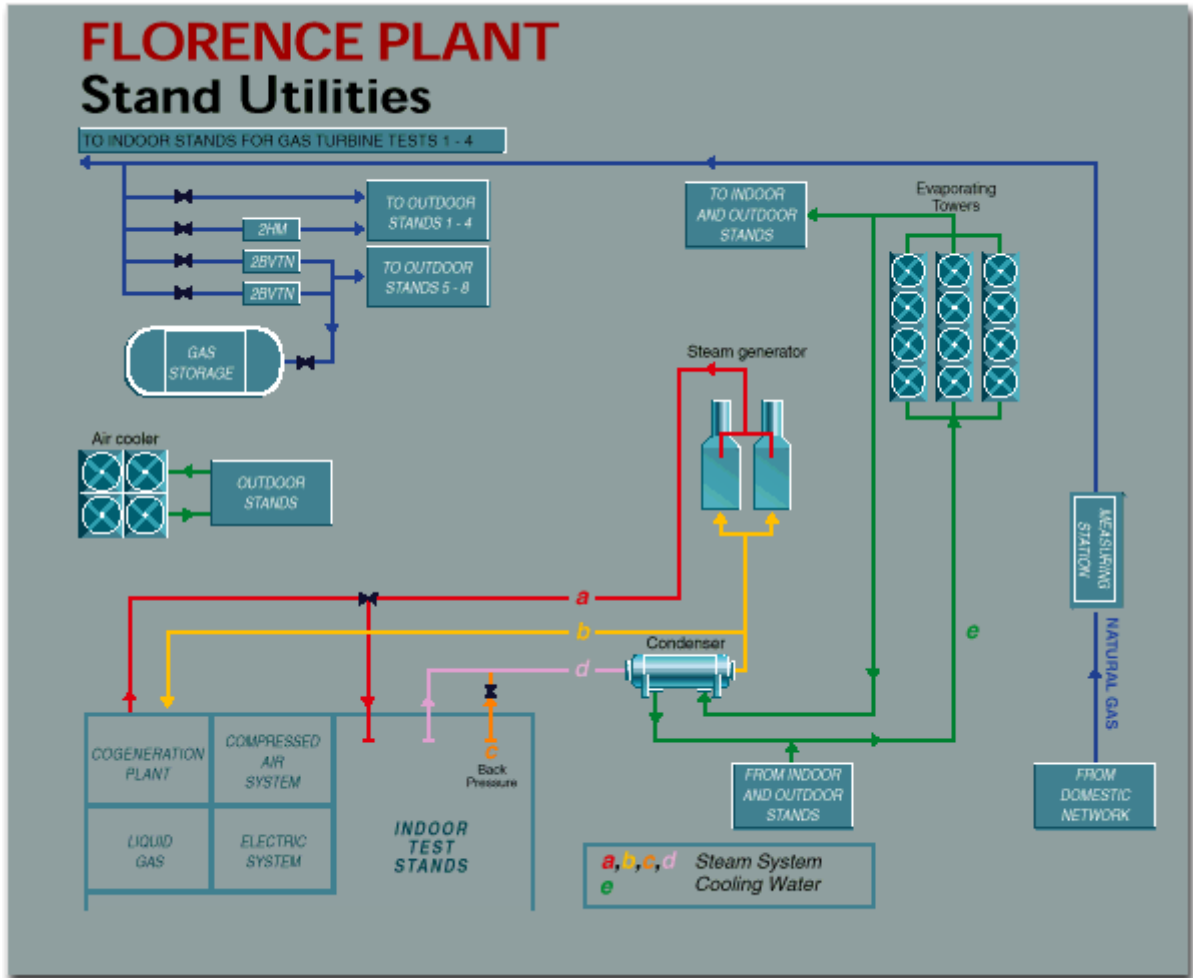


Figura 2.1.4: Impianto di Sala Prove

Le norme sull'inquinamento acustico prevedono l'allocazione esterna al capannone dei refrigeranti. I circuiti di prova termodinamica dei compressori centrifughi utilizzano i refrigeranti ed il collegamento di questi tra interno ed esterno del fabbricato si avvale di quattro attraversamenti (Tabella 2.1.5), interrati per motivi d'ingombro, nei quali trovano posto le seguenti tubazioni d'acciaio al carbonio ASTM A105 sono:

<b>NORD</b>	<b>CENTRO</b>	<b>SUD</b>	<b>SUD-SUD</b>
2 tubazioni 30" 300# RF	2 tubazioni 30" 300# RF	2 tubazioni 30" 300# RF	2 tubazioni 20" 600# RF
2 tubazioni 20" 600# RF	2 tubazioni 20" 600# RF	2 tubazioni 20" 600# RF	2 tubazioni 14" 1500# RJ
2 tubazioni 10" 1500# RJ	2 tubazioni 10" 1500# RJ	2 tubazioni 10" 1500# RJ	

**Tabella 2.1.5: Attraversamenti**

Durante il test termodinamico dei compressori, all'interno della tubazione che utilizza la macchina per allacciarsi al refrigerante, è inserito l'orifizio di misura della portata, coi relativi sensori di pressione a monte e a valle ed il sensore di temperatura a monte. Le norme A.S.M.E. PTC 19.5 indicano la lunghezza del tubo di misura (10 diametri prima dell'orifizio e 5 dopo) e come si determina la portata:

$G = C \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \gamma}$  con  $\gamma = \frac{P}{Z \cdot R \cdot T}$ ,  $\varepsilon$  = fattore di contrazione della vena fluida (valore tabellato, funzione di  $\beta^4$  e della viscosità),  $C = \alpha \cdot d^2$  = costante geometrica dell'orifizio ( $\alpha = f(\beta)$  = coefficiente del flusso;  $\beta = \frac{d}{D}$  = diametro orifizio su diametro tubazione).

La parte esterna di Sala Prove, sulla quale si trovano i refrigeranti gas/acqua:

Refrigerante	P max [Barg]	T max [°C]	Sup. Scambio [ $m^2$ ]	Peso a vuoto [Kg]
RE 620	98	280	74	3890
RE 630	31	150	489	14575
RE 640	24,5	280	297	8275
RE 650	24,5	300	625	18190
RE 660	44	300	430	14830
RE 670	98	300	189	9230
RE 800	40	150	396	13200
RE 840	24,5	250	1059	30190
RE 850	24,5	250	1059	30190
RE 860	255	180	147	9000
RE 870	255	180	147	9000
RE 880	35	250	1147	26000
RE 1020	75	200	224	9500
RE 1030	75	250	314	17270
RE 1040A	85	220	370	19800
RE 1040B	85	220	370	19800
RE 1050	260	200	198	13700
RE 1060A	41	250	469	15300
RE 1060B	41	250	469	15300
RE 1070A	550	180	78	10100
RE 1070B	550	180	78	10100

**Tabella 2.1.6: Lista dei refrigeranti di Sala Prove**

Esiste un documento di Sala Prove chiamato disposizioni interne di PROS (D.I.P.). Tale documento contiene tutte le informazioni utili, raccolte nel corso degli anni attraverso l'esperienza, cui si attiene il tecnico di sala prove per la scelta dei diametri delle tubazioni, le dimensioni dei refrigeranti, le potenze dei driver. Vi sono inoltre le normative americane, alle quali fanno riferimento i P.E. nelle specifiche:

**A.S.M.E.** = American Society of Mechanical Engineers

**A.P.I.** = American Petroleum Institute.

Durante le prove, possono verificarsi casistiche d'ogni genere: da un sistema di acquisizione dati che non funziona correttamente, ad un albero non standard che richiede l'applicazione di un adattatore di cono, il progettista si avvarrà di personale specializzato laddove non è sua competenza facendo le dovute richieste del caso al personale specializzato (ufficio tecnico, ecc.).

## 2.2 Cos'è una procedura di prova

La procedura di prova è uno dei documenti che viene emesso da PROS sotto le indicazioni riportate dal P.E. nella specifica di prova. Il documento è destinato al cliente, in più ne sono emesse tre copie indirizzate al P.E., ai tecnici dei banchi prova ed una all'archivio. Infine, una copia rimane a disposizione di PROS per eventuali verifiche o controlli. La struttura del documento, in conformità alle norme UNI EN ISO 9001, è descritta nel seguito.

Nell'intestazione/piè di pagina è realizzato un cartiglio che, oltre al logo dell'azienda e le scritte a difesa dei diritti d'autore, riporta, per la prima pagina:

- 1) Cliente
- 2) Località
- 3) Impianto
- 4) Numero commessa
- 5) Numero revisione
- 6) Codice identificativo
- 7) Lingua
- 8) Numero di pagina

Mentre, per le successive, sono indicati i dati di cui ai punti 5-8.

Come già accennato precedentemente, ogni numero di commessa corrisponde ad una macchina venduta, che sarà provata. Qualora le macchine che sono state vendute siano uguali, o che una commessa riguardi due macchine (es. treno di compressori), può capitare che due commesse siano contenute all'interno della medesima procedura. In tali casi, la procedura in questione, farà riferimento a ciò che sarà testato dell'una e dell'altra macchina.

Il documento è strutturato in base al tipo di macchina e prova in questione secondo la normativa aziendale ITN (appendici A, B, C). Ciò che spiegano in sintesi questi documenti sono i tipi di prove che possono sostenere le macchina: meccanica, termodinamica, gas leakage, ecc. e loro sequenza; normative secondo le quali è

stata venduta la macchina; pressioni, temperature, portate, vibrazioni massime ammissibili di prova della macchina, curve caratteristiche, nel caso di performance test e pressione di prova delle tenute, nel caso di leakage test. Vi sono poi alcuni schemi che riguardano il sistema di lubrificazione della macchina, il posizionamento delle sonde, con i riferimenti di ciascun dispositivo connesso al computer per mezzo d'interfaccia, che potranno poi essere controllati leggendone i valori sul monitor di sala prove.

Si capisce che, per una certa tipologia di macchine (compressori ad una fase, turbine a condensazione, ecc.), la struttura del documento è fondamentalmente la stessa; essa si differenzia da un'altra solo dal numero di prove che devono sostenere le macchine e dai parametri di prova. Ovviamente, per la natura del documento, colmo di discorsi che si ripetono, nelle varie procedure, esso è redatto revisionandone altri preesistenti, di macchine simili, adattando dati, numero delle prove, ecc. alla macchina per cui si sta scrivendo la procedura.

Una volta emesso, il documento, è posto al vaglio del cliente, il quale lo controlla, verificando che le condizioni di prova siano coerenti con quelle da lui attese, eventualmente lo commenta, e lo restituisce al P.E.. Qualora vi fossero dei commenti da parte del cliente, la procedura viene ricontrollata e corretta da PROS, richiamando per la correzione anche la copia dell'archivio, la quale deve essere speculare a quello ufficiale, dopodiché il documento prende valore ufficiale per quella che sarà la prova della macchina.

Al momento della prova, il tecnico di Sala Prove, dovrà attenersi scrupolosamente a ciò che è riportato nella procedura. Ogni eventuale variazione dovuta a qualche problema, dovrà essere precedentemente concordata col P.E. in accordo coi progettisti, che dovranno in seguito revisionare la procedura.

### 3 Analisi preliminare

Considerando le peculiarità della procedura di prova, appurato che il documento poteva essere steso in modo automatico, è stata condotta un'analisi volta a determinare quali parti cambiano e quali, invece, restano uguali.

Controllando ad esempio le turbine a vapore, tra le 40 procedure di prova analizzate presenti in archivio, è stato visto che le singole frasi che compongono il documento, possono cambiare o addirittura non essere presenti. Sempre confrontando le procedure di prova per le turbine a vapore, che sono più semplici, dato il minor numero di test che esse sostengono, sono state evidenziate le parti che mutavano con colori diversi in relazione alla causa del mutamento secondo la seguente legenda:

Giallo	muta in funzione del tipo e numero di macchine
Verde	muta in funzione delle prove che la macchina sostiene
Magenta	muta in funzione della specifica di prova
Celeste	mutamento non dipendente da alcun fattore



A seguito un esempio del lavoro che è stato fatto:

<b>Nuovo Pignone</b>	CLIENTE - CUSTOMER
	SNAM PROGETTI X FAVARAN
FIRENZE	LOCALITA' - PLANT LOCATION
COMMESSA – JOB	JOSE' - VENEZUELA
1109099	IMPIANTO - PLAN
	HAMACA UPGRADER PROJECT

**MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE**

**OF STEAM TURBINE TYPE EHNK 50/45**

**N.P. JOB 190.0382**

 EIED Linde Process Engineering and Contracting Division	AMIR KABIR PETROCHEMICAL COMPANY OLEFIN PLANT	 National Petrochemical Company (NPC)
	Linde Project No.: 3120 0995 Linde Job Code: Bandar Imam Linde Doc. No.: MRT 5005	EIED Project No.: 1001 EIED Job Code: Olefin Plant
P.O.No.: 83-2KA036	<input type="checkbox"/> approved for construction (AFC); certified by vendor Date _____ Signature _____	

0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG. A	PAGINA- PAG. 1/2
RE	DESCRIZIONE	-	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato.					SOSTITUISCE IL - REPLACES		
This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.					SOSTITUITO DA - REPLACED BY		



<b>Nuovo Pignone</b>	CLIENTE - CUSTOMER
FIRENZE	SNAM PROGETTI X FAVARAN
COMMESSA – JOB	LOCALITA' - PLANT LOCATION
1109099	JOSE' - VENEZUELA
	IMPIANTO - PLAN
	HAMACA UPGRADER PROJECT

## INDEX

### A) TEST SCHEDULE AND DATA SUMMARY

A1) TEST SCHEDULE  
A2) DATA SUMMARY

### B) MECHANICAL RUNNING TEST OF EHNK 50/45

1.1. FOREWORD

1.2. TESTING

1.3. MEASUREMENT

1.4. ACCEPTABLE CRITERIA

1.5. POST TEST CHECK

1.6. INSTRUMENTATION

1.7. SPARE ROTOR

## ANNEXES

1 - TYPICAL DIAGRAM FOR MECHANICAL RUNNING TEST

2 - MECHANICAL RUNNING TEST SEQUENCE

3 - TYPICAL AUTOMATIC DATA ACQUISITION ON SYSTEM PRINT OUT

						ITEM	
						N.SOS96100	
0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG. A	PAGINA- PAG. <b>1/2</b>
RE	DESCRIZIONE	-	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato. This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.						SOSTITUISCE IL - REPLACES	
						SOSTITUITO DA - REPLACED BY	

<b>Nuovo Pignone</b>	CLIENTE - CUSTOMER
FIRENZE	SNAM PROGETTI X FAVARAN
COMMESSA – JOB	LOCALITA' - PLANT LOCATION
1109099	JOSE' - VENEZUELA
	IMPIANTO - PLAN
	HAMACA UPGRADER PROJECT

**Sect. A) TEST SCHEDULE AND DATA SUMMARY**

**General**

The purpose of this document is to define the functional indoor shop tests, describing the methods and operations to be carried out on the EHNK 50/45 steam turbine.

**A1) TEST SCHEDULE**

Functional shop test schedule are summarized here below:

**N.P. JOB 190.0382 - EHNK 50/45**

**Mechanical running test on spare rotor**

**Spare rotor change with main. During this operation bearings, internal parts shall be visually inspected.**

**Mechanical running test on main rotor**

**Bearings strip down and visual check**

						ITEM	
						N.SOS96100	
0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG. A	PAGINA- PAG. <b>1/2</b>
RE	DESCRIZIONE	-	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato. This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.					SOSTITUISCE IL - REPLACES		
					SOSTITUITO DA - REPLACED BY		

<b>Nuovo Pignone</b>	CLIENTE - CUSTOMER
FIRENZE	SNAM PROGETTI X FAVARAN
COMMESSA – JOB	LOCALITA' - PLANT LOCATION
1109099	JOSE' - VENEZUELA
	IMPIANTO - PLAN
	HAMACA UPGRADER PROJECT

**A2) DATA SUMMARY**

**A2.1) STEAM TURBINE API 612 MECHANICAL RUNNING TESTING ON EHNK 50/45**

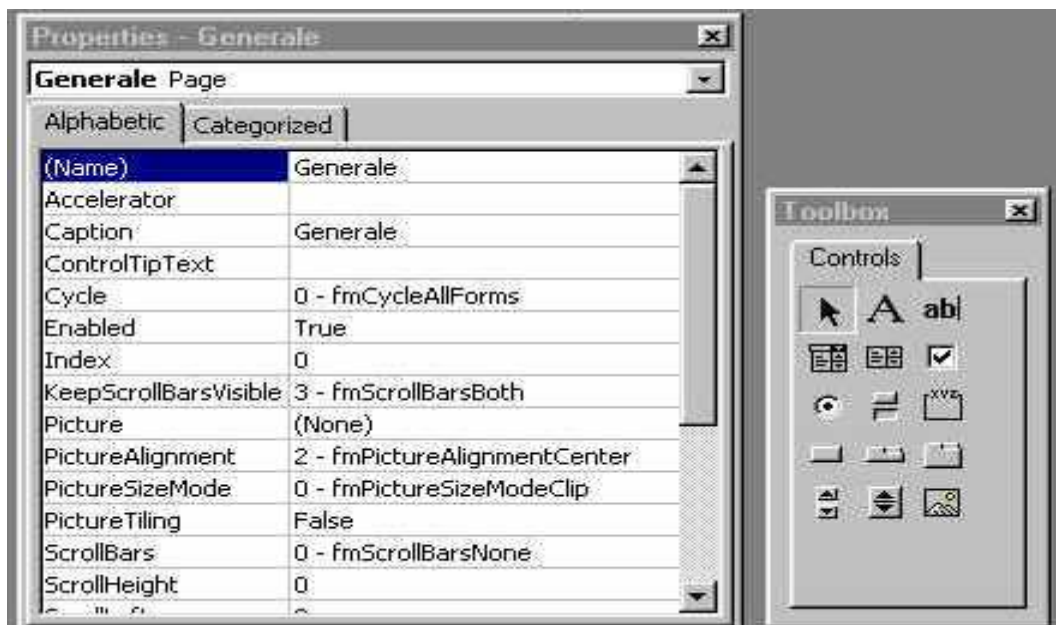
Oil type: ISO VG46  
 Max. continuous speed rpm 6742  
 Overspeed rpm 7341  
 Trip speed rpm 7416  
 Lube oil inlet pressure J.B. Barg 0.9÷1.2 Kpag 90÷120  
 Lube oil inlet pressure T.B. Barg 0.5÷0.7 Kpag 50÷70  
 Oil inlet temperature °C 50 (3.8°E)  
 J.B. expected lube oil flow lt/min 125 m<sup>3</sup>/h 7.56  
 T.B. expected lube oil flow lt/min 80 m<sup>3</sup>/h 4.8  
 Expected 1st critical speed (according to lateral analysis SOL41380/4) rpm ~ 4000  
 Bearings white metal shall not exceed the following temperature:  
 - journal bearings °C 105  
 - thrust bearings side °C 110  
 Regulation inlet oil pressure Barg 7÷8 Kpag 700÷800  
 Max. allowable peak to peak shaft vibrations:  
 unfiltered peak to peak at maximum cont. speed μm 25  
 unfiltered peak to peak at overspeed 1,5 times the value recorded at MCS  
 Max. allowable peak to peak at run-out μm 6.25

						ITEM	
						N.SOS96100	
0	Issued				13/11/01	LINGUA-LANG. A	PAGINA-PAG. 1/2
RE	DESCRIZIONE	-	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato. This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.					SOSTITUISCE IL - REPLACES		
					SOSTITUITO DA - REPLACED BY		

### 3.1 Visual Basic for Application

Visual Basic è un linguaggio di programmazione che consente di sviluppare sia applicazioni per Windows, sia procedure da eseguire all'interno d'applicazioni standard (es. Word, Excel.). Il nome Basic significa Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code, ed è un tipo di linguaggio molto semplice e diffuso. Il termine Visual indica la principale innovazione rispetto ai primi ambienti Basic: l'interfaccia grafica che consente per la realizzazione di componenti di vario tipo come pulsanti, caselle di testo, ecc. Con questo linguaggio è possibile creare l'interfaccia grafica in modo semplice e veloce, senza dover ogni volta scrivere le istruzioni necessarie per ordinare al computer di creare le finestre di cui abbiamo bisogno, come invece accadrebbe se utilizzassimo un linguaggio non visuale (vedi figure 3.1.1):

Finestre, pulsanti, check box, ecc. possono essere facilmente poste sulla form, prendendole dalla finestra tool box, dove sono già predisegnate.



**Figure 3.1.1: Tool Box (a) e Finestra Proprietà (b)**

Per ognuno di questi controlli sono assegnate una serie di proprietà, impostate in un certo modo in partenza, che possono essere modificate secondo le esigenze di programmazione.

Un esempio di form potrebbe essere il seguente:

- Una label (etichetta) che indica il parametro da inserire
- Una textbox (casella di testo) nella quale saranno inseriti i dati
- Un command button (pulsante) per confermare l'inserimento dei dati
- Una finestra delle proprietà per ciascun elemento della form
- Un editor, associato alla form, nel quale il programmatore inserisce le istruzioni che il computer deve eseguire al verificarsi di un evento

La modifica da programma può avvenire per esempio tramite un controllo "if" o per semplice comando da parte di un altro oggetto, come un check box. Per ogni classe d'oggetti si hanno uno o più membri. Un membro permette di cambiare una proprietà secondo una variabile di tipo booleano (vero/falso, on/off, ecc.), qualora si possano avere due stati ben definiti, o altre come "int", per numeri interi, "var" per numeri razionali per più stati possibili.

Colui che scrive un programma, deve far in modo che se in futuro ci fosse il bisogno di modificarlo, questo possa avvenire senza che il corpo sia stravolto, utilizzando cicli per le operazioni che si ripetono o che possono cambiare, senza ricorrere a macchinose sequenze specifiche, non adattabili a nuove circostanze. E' bene inoltre inserire di tanto in tanto qualche commento, specie laddove il significato del nome con cui si sono chiamate le variabili o gli oggetti, non sia così lampante. Altri metodi per la semplificazione di programmi lunghi consistono nel codificare i dati secondo precise nomenclature, o dividere il programma in sottoprogrammi, in modo che possano essere provati separatamente. Utile, quest'ultimo, soprattutto per l'individuazione d'errori.

## 3.2 Realizzazione del programma


Uno dei metodi per automatizzare l'inserimento di un parametro all'interno di un documento, come potrebbe essere per il numero di commessa o di procedura, è quello di utilizzare alcuni componenti, inseriti in una "form" (finestra che sarà visualizzata dalla nostra applicazione), attraverso la quale s'inserisce i dati, che saranno richiamati dal documento Word attraverso una proprietà.

All'interno del documento Word s'inserisce un "campo", identificato dalla relativa "proprietà", presente tra quelle del documento. Il nome della proprietà deve corrispondere a quello con cui si è nominato il textbox, precedentemente nell'editor, durante la programmazione. Questa prassi è iterata tante volte quanti sono i parametri che si vanno ad inserire, dunque quante sono le textbox contenute nel form (vedi figura 3.2.1). Ognuno di questi parametri viene inserito automaticamente nel corrispondente codice campo (vedi figura 3.2.2) al determinarsi dell'evento click (selezione del pulsante OK). Una volta selezionati: prove, macchine ed inserito i valori da specifica; i valori inseriti compariranno nei punti del documento dove erano stati inseriti i campi. Tale processo può essere poi iterato per tutti i valori che occorre inserire nei vari punti del documento.

Acquisizione dati per la procedura

Generale | macchina 1 | macchina 2 | macchina 3 | Dati da specifica (1) | Dati da specifica (2) | Dati da specifica (3)

Commessa	<input type="text"/>	Numero macchine	<input type="text"/>	Numero procedura	<input type="text"/>
Cliente	<input type="text"/>	Lingua	<input type="text"/>	Data	<input type="text"/>
Località	<input type="text"/>	diagramma velocità/tempo	<input type="text"/>	Regolatore velocità del driver	<input type="text"/>
Impianto	<input type="text"/>				



OK

**Figura 3.2.1: Form principale**

<b>Nuovo Pignone</b>		<b>CLIENTE</b> - CUSTOMER				
FIRENZE		<b>LOCALITA'</b> - PLANT LOCATION				
<b>COMMESSA</b> – JOB		<b>IMPIANTO</b> - PLAN				
						ITEM
						<b>N.</b>
0	Issued					<b>LINGUA</b> - LANG.
						PAGINA-PAG.
RE V	DESCRIZIONE DESCRIPTION	- PREP'D	CONT- CHK'D	APP- APPR'D	<b>DATA</b> - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato.					SOSTITUISCE IL - REPLACES	
This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.					SOSTITUITO DA - REPLACED BY	

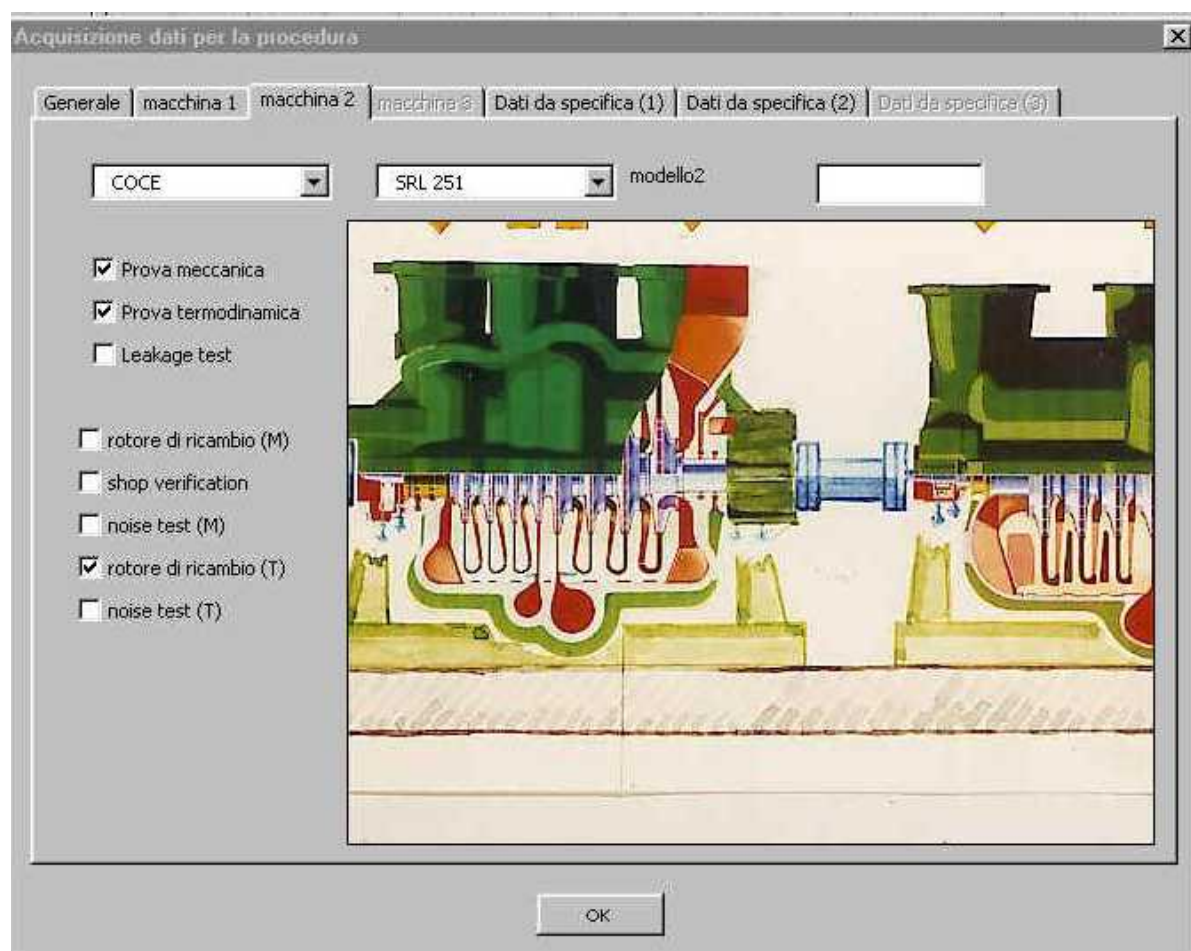
**Figura 3.2.2: Codici di campo dell'intestazione - piè di pagina**

Tale meccanismo può essere scomodo e inefficace, qualora si abbia a che fare con parametri che dipendano da altri. Il fatto è che non è poi tutto così standard. Per capire quale metodo poteva essere il più adatto, come si è detto in precedenza, si è fatto un'indagine sulle procedure di prova scritte in precedenza per alcuni tipi di macchine. A seconda del numero di macchine, tipo in questione, prove che esse devono sostenere e lingua con cui deve essere scritto il documento, i codici di campo potrebbero esserci e/o essere sostituiti da altri, addirittura uguali, ma non nello stesso punto della procedura. Il codice di campo si presta bene per inserire nel solito punto del documento, un parametro che non varia in funzione di altri. Invece, alcune parti del documento, dipendono dalle prove che sono state concordate col cliente all'atto della vendita della macchina. Pertanto, se ad esempio una macchina deve essere sottoposta al test termodinamico ed un'altra no, la prima procedura sarà composta da circa 25 pagine, mentre la seconda da circa 15. Gli annessi, che solitamente si trovano in fondo alla procedura nel primo caso hanno



una posizione, nel secondo ne hanno un'altra. Un altro esempio può essere quello del numero di macchine o della lingua: se la procedura parla di una singola macchina, alcune delle frasi contenute al suo interno saranno fatte al singolare, mentre, se le macchine sono più di una, queste dovranno essere al plurale. Sembra una banalità, ma se si dovesse utilizzare un codice di campo si avrebbero dei problemi, in quanto, come si è detto prima, questo deve essere legato a solo una delle proprietà del documento.

Quando sarà fatta girare la macro, la form, comparirà sullo schermo. Data la complessità del numero di dati da inserire, per ragioni di chiarezza, è stato deciso di dividere in sessioni la procedura, ad ognuna delle quali è stata dedicata una pagina (vedi figura 3.2.3). Solo nella prima sono stati inseriti i dati a carattere generale. Alcune pagine, relative al numero di macchine, si attivano alla selezione di queste.

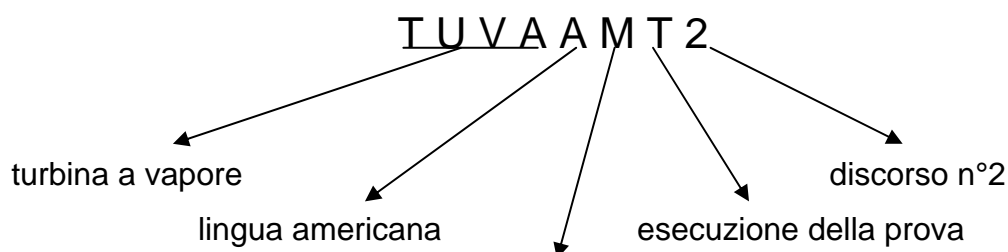


### Figura 3.2.3: Finestra Tipo macchina 1 e relative prove

A questo punto, appurato che l'inserimento dei dati all'interno della procedura sarà fatto in parte con i codici di campo (per i parametri non variabili, definiti attraverso la form) ed in parte attraverso un altro metodo, definito in seguito, è stato individuato il seguente elenco di parti del documento:

- Programma delle prove
- Sommario dati
- Prova meccanica
- Esecuzione della prova
- Misure
- Noise test
- Controlli post – test
- Strumentazione
- Prova del rotore di ricambio
- Analisi della risposta allo squilibrio

Tutte queste parti, con i relativi testi, sono state inserite all'interno di un database realizzato con Excel (vedere annessi A, B, C). Il database è formato da sei colonne ed un numero di righe equivalente al numero di discorsi che determinano la casistica completa. La prima colonna è un codice che identifica il discorso secondo il seguente metodo:



## prova meccanica

Nella seconda colonna sono stati messi i discorsi, standardizzati, ai quali sono stati sostituiti i valori di pressione, portata, temperatura e quant'altro, con delle parole chiave che servono per la successiva sostituzione con i valori appropriati inseriti nella form. La terza colonna è stata messa per indicare cosa cambia nei discorsi della seconda (è un commento), vista la vasta quantità di parole chiave da gestire, mentre la quinta specifica la frequenza con cui il discorso compare nelle procedure o semplicemente il suo verificarsi. Attraverso le colonne quattro e sei, il programma stabilisce: con la prima, attraverso la parola chiave contenuta al suo interno, se la frase va inserita o scartata; con la seconda, che stile deve usare per trascrivere la frase sul documento (vedi figura 3.2.4).

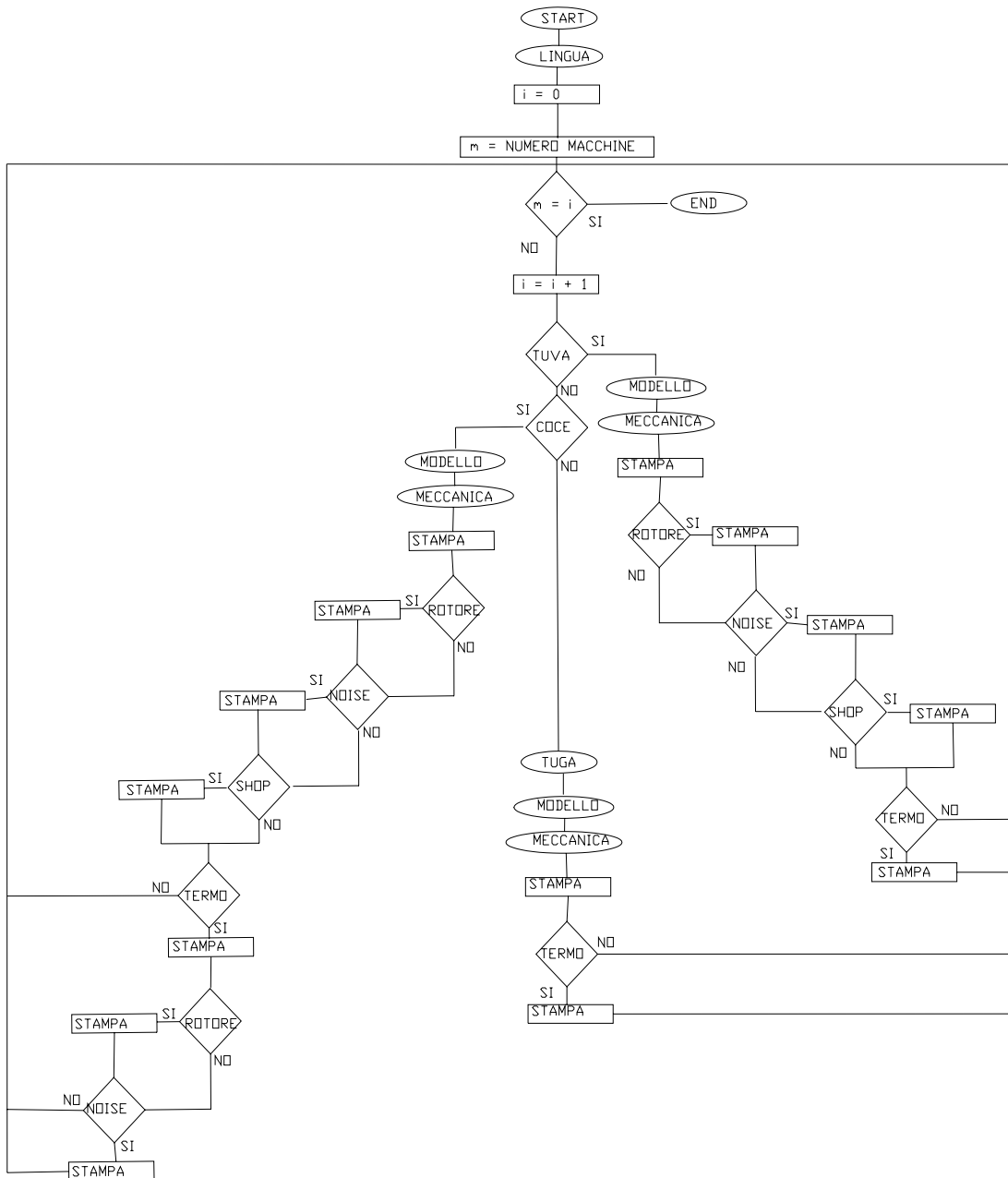
CHIAVE	DISCORSO	NOTE	CONTROLLO	FREQUENZA	GRANDE
TUVAAP0	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPE *_tipo_macchina_1_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e tipo macchina	1	per un solo tipo di macchina	GA
TUVAAP1	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPES *_tipo_macchina_1_* AND *_tipo_macchina_2_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e i tipi di macchina	2	per 2 tipi di macchina	GA
TUVAAP2	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPES *_tipo_macchina_1_*, *_tipo_macchina_2_* AND *_tipo_macchina_3_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e i tipi di macchina	3	per 3 tipi di macchina	GA
TUVAAGG0	INDEX		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG1					GI
TUVAAGG2	ANNEXES		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG3	1 TYPICAL DIAGRAM FOR MECANICAL RUNNING TEST		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG4	2 MECCANICAL RUNNING TEST SEQUENCE		SEMPRE1	sempre	G

**Figura 3.2.4: Esempio del database TUVA**

**Figura 3.2.5: Finestra inserimento dati da specifica**

Tornando ai parametri che variano e/o esistono in funzione di altri, per la realizzazione del form, sono state utilizzate alcune delle proprietà come: visibilità dell'oggetto, abilitazione del medesimo, ecc. (Figura 3.2.5). Attraverso delle strutture di controllo "IF THEN ELSE" queste proprietà assumono uno stato logico in funzione dei parametri che sono selezionati dalla finestra. Lo stesso controllo, che stabilisce se prendere o no un discorso, è abilitato in modo automatico per tutti e tre i tipi di macchina attraverso un ciclo FOR NEXT che ingloba il controllo IF, controllandone il valore (vedi figura 3.2.6). Per evitare di ripetere chiamate alle funzioni e/o alle variabili, molte di queste sono state inserite dentro a dei vettori per mezzo della funzione Array. L'elemento i-esimo del vettore, essendo stata ordinata la sua posizione, è stato possibile chiamarlo utilizzando lo stesso ciclo FOR. Una volta che sono stati selezionati e inseriti tutti i parametri della finestra, all'evento click, il programma apre il foglio Excel, analizzandone le colonne e

confrontandole con i parametri nella struttura IF, all'interno del ciclo FOR. I discorsi selezionati per l'inserimento nel testo sono elaborati in una successiva struttura IF che ne stabilisce lo stile ed un controllo with, che sostituisce i valori inseriti nella finestra dati da specifica (tecnica trova-sostituisci), dopodiché sono trascritti sulla procedura.



**Figura 3.2.6: Diagramma a blocchi del programma**

## 3.3 Esempio di procedura

### INTRODUZIONE ALL'USO

Nella prima pagina del form (generale) s'inseriscono la commessa, il cliente, la località, il tipo d'impianto, il numero di macchine, la lingua in cui deve essere scritta la procedura (al momento presenti: inglese, francese, italiano), la frequenza con cui sono effettuate le misure sulla macchina ed il tipo di diagramma, il numero di procedura e la data. La seconda pagina, relativa alla macchina dà la possibilità di scegliere il tipo, tra i tre presenti (compressore, turbina a gas, a vapore), il modello, la potenzialità e le prove che questa sostiene. Per ogni tipo di macchina selezionato compare il numero massimo di prove sostenibili da parte di questa. La check box, a fianco di ogni prova, dà la possibilità di selezionare quelle desiderate. La terza pagina (dati da specifica) si commenta da sola. Unica cosa da tenere presente sono i due valori della velocità di prova: allarme e blocco, che possono essere presenti o meno, dunque escludibili, sempre attraverso il controllo check box.

### ESEMPIO

Si esegue ora una prova del programma in modo da capire meglio cosa fa. Supponiamo che si abbia SNAM Progetti per cliente, la località sia il Venezuela, l'impianto sia un repowering di uno già esistente, la commessa sia la 1109099, il numero procedura ottenuto dall'archivio sia SOS96100, la lingua sia l'americano, la data sia il 13/11/01 e la macchina acquistata sia una turbina a vapore (TUVA) a condensazione modello EHK 50/56. Si procede con l'inserimento dei primi dati nel form (vedi figura 3.3.1).

Acquisizione dati per la procedura

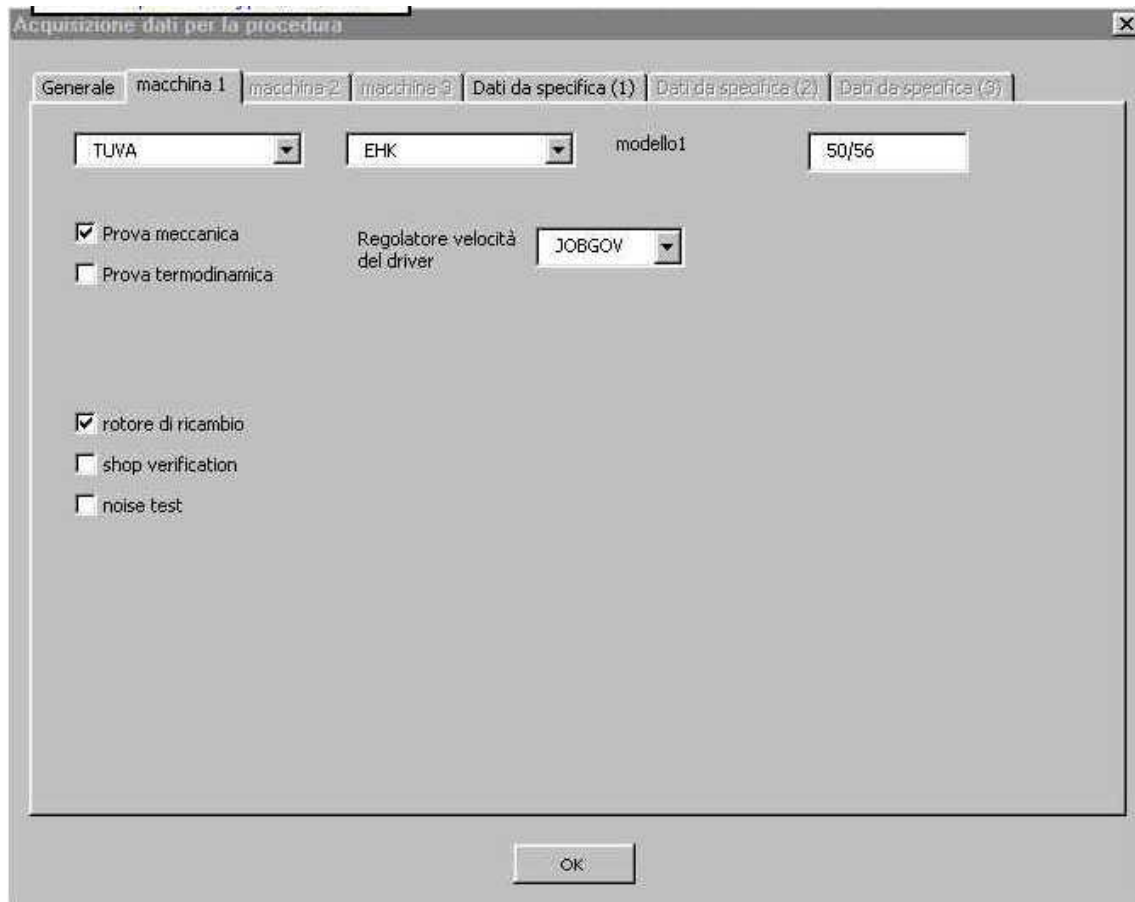
Generale | macchina 1 | macchina 2 | macchina 3 | Dati da specifica (1) | Dati da specifica (2) | Dati da specifica (3)

Commessa	1109099	Numero macchine	1	Numero procedura	SOS96100
Cliente	SNAM PROGETTI X FAVARAN	Lingua	A	Data	13/11/01
Località	JOSE' - VENEZUELA	diagramma velocità/tempo	ORA		
Impianto	HAMACA UPGRADER PROJECT				

OK

**Figura 3.3.1: Dati inseriti nella finestra generale**

Si supponga ora, per semplicità, che la macchina faccia solo la prova meccanica e il rotore di ricambio (vedi figura 3.3.2).



**Figura 3.3.2: Finestra tipo macchina**



A questo punto si inseriscono tutti i dati da specifica, che per questa prova corrisponderanno ad uno standard di valori, in modo che non siano proprio inventati del tutto (vedi figura 3.3.3)

Acquisizione dati per la procedura

Generale | macchina 1 | macchina 2 | macchina 3 | **Dati da specifica (1)** | Dati da specifica (2) | Dati da specifica (3)

EHK:

Velocità massima continua	12400	temperatura metallo cuscini portanti	105	pressione olio cuscini reggispinta (flooded) condizioni normali	1,2
<input checked="" type="checkbox"/> Sopravelocità	13250	temperatura metallo cuscini reggispinta	110	pressione olio cuscini reggispinta (flooded) allarme	1,7
<input checked="" type="checkbox"/> Trip speed	13600	campo regolazione pressione olio ingresso	40 - 90	pressione olio cuscini reggispinta (flooded) blocco	1,8
pressione ingresso olio cuscini portanti	1	edizione API	July 98	pressione olio cuscini reggispinta (direct) condizioni normali	
pressione ingresso olio cuscini reggispinta	1,2	viscosità dell'olio	3	pressione olio cuscini reggispinta (direct) allarme	
temperatura olio ingresso	50	scostamento superiore temperatura olio	90		
portata ingresso olio cuscini portanti	80	scostamento inferiore temperatura olio	40		
portata ingresso olio cuscini reggispinta	85	pressione olio cuscini portanti condizioni normali	1		
n° procedura analisi flessionale	505983	pressione olio cuscini portanti allarme	1,5		
velocità critica	6840	pressione olio cuscini portanti blocco	1,6		

OK

**Figura 3.3.3: Finestra dati da specifica**

Adesso, si preme il pulsante OK e si vede qual è il risultato ottenuto.

<b>Nuovo Pignone</b>	CLIENTE - CUSTOMER
FIRENZE	SNAM PROGETTI X FAVARAN
COMMESSA – JOB	LOCALITA' - PLANT LOCATION
1109099	JOSE' - VENEZUELA
	IMPIANTO - PLAN
	HAMACA UPGRADER PROJECT

**MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM  
TURBINE TYPE EHK50/56 N.P. JOB 1109099**

							ITEM
							N.SOS96100
0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG. A	PAGINA- PAG. <b>1/2</b>
RE	DESCRIZIONE	-	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato.				SOSTITUISCE IL - REPLACES			
This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.				SOSTITUITO DA - REPLACED BY			

<b>Nuovo Pignone</b> <b>FIRENZE</b>	
--	--

**ANNEXES**

- 1 TYPICAL DIAGRAM FOR MECHANICAL RUNNING TEST**
  - 2 MECCANICAL RUNNING TEST SEQUENCE**
  - 3 TYPICAL AUTOMAC DATA ACQUISITION ON SYSTEM PRINT OUT**
- TEST SCHEDULE AND DATA SUMMARY**

General

The purpose of this document is to define the functional indoor shop tests, describing the methods and operations to be carried out on the EHK50/56 steam turbine.

**TEST SCHEDULE**

Functional shop test schedule are summarized here below:

**N.P. JOB 1109099 - EHK50/56**

Mechanical running test on spare rotor

Spare rotor change with main. During this operation, bearings, internal parts shall be visually inspected.

Mechanical running test on main rotor

Bearings strip down and visual check

						ITEM	
						<b>N.SOS96100</b>	
0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG.	PAGINA- PAG.
R	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	<b>A</b>	<b>1/2</b>
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato.				SOSTITUISCE IL - REPLACES			
This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.				SOSTITUITO DA - REPLACED BY			

<b>Nuovo Pignone</b>	
<b>FIRENZE</b>	

**DATA SUMMARY**

**STEAM TURBINE API 612 MECHANICAL RUNNING TESTING  
ON EHK50/56**

Oil type: ISO VG46

Max. continuous speed rpm 12400

Overspeed rpm 13250

Trip speed rpm 13600

Lube oil inlet pressure J.B Barg 1

Lube oil inlet pressure T.B Barg 1,2

Oil inlet temperature °C 50

J.B. expected lube oil flow lt/min 80

T.B. expected lube oil flow lt/min 85

Expected 1st critical speed

(according to lateral analysis SOL SOS983 /4) rpm 6840

Bearings white metal shall not exceed the following temperature:

- journal bearings °C 105

- thrust bearings side °C 110

Regulation inlet oil pressure Barg 40 - 90

Max. allowable peak to peak shaft vibrations:

- unfiltered peak to peak at maximum cont. speed μm 24,98

- unfiltered peak to peak at overspeed 1,5 times the value recorded at MCS

Max. allowable peak to peak, run-out μm 6,4

						ITEM	
						<b>N.SOS96100</b>	
0	Issued				13/11/01	LINGUA- LANG.	PAGINA- PAG.
R	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	<b>A</b>	<b>2/3</b>
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato. This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.				SOSTITUISCE IL - REPLACES			
				SOSTITUITO DA - REPLACED BY			

<b>Nuovo Pignone</b>	
<b>FIRENZE</b>	

## MECHANICAL RUNNING TEST

### FOREWORD

The steam turbine will be tested in according to API standard 612 July 98 with the following sequences and exceptions. The reference paragraph of API standard is put in brackets.

### TESTING

Overspeed trip device shall be checked and adjusted until three consecutive non trending trip values within plus or minus 1 percent of nominal trip setting are attained (13600 RPM) for EHK50/56.

The test will be made with a dummy hub resulting in a moment nearly equivalent ( $\pm 10\%$ ) to that of the contract half-coupling plus one-half the coupling spacer.

The steam turbine casing oil inlet temperature will be adjusted to 50 °C (\*\*°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( 3 °E) of the job, for EHK50/56.

The oil used during the mechanical running test will fulfill the ISO VG 46 requirements. Oil pressures will be within the range of operating values recommended in the Vendor's operating instructions.

Running at the max. continuous speed for 4 hours. A complete set of readings will be taken each hour.

During the four hours, inlet bearings oil temperature will be varied from °C 40 to 90 °C (from 104 °F to 194 °F) to verify vibration response to change (minimum and maximum oil viscosity conditions).

The job thermoelements, vibration and axial displacement probes will be used.

						ITEM	
						<b>N.SOS96100</b>	
0	Issued				13/11/01	LINGUA-LANG.	PAGINA-PAG.
R	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	PREP'D	CONT-CHK'D	APP-APPR'D	DATA - DATE	<b>A</b>	<b>3/4</b>
Il presente documento è di proprietà NUOVO PIGNONE. A termine di legge ogni diritto è riservato. This document is the property of NUOVO PIGNONE. All rights are reserved according to law.				SOSTITUISCE IL - REPLACES			
				SOSTITUITO DA - REPLACED BY			

## 4 Considerazioni conclusive

Il VBA come strumento di miglioramento nell'uso di programmi del pacchetto Office offre valide opportunità. Anche se la programmazione non è del tutto uguale da un programma all'altro (essendo dedicato), ha comunque fondamento comune e tramite l'help, si apprende quanto basta per realizzare dei piccoli programmi, che consentono di risparmiare tempo. Se si considera che quest'applicazione fa parte del pacchetto Microsoft Office, dunque utilizzabile con la stessa licenza e che molti giovani ingegneri hanno in parte familiarizzato con questi, il guadagno per l'azienda è senza dubbio ottenibile.

Il campo d'applicabilità è vasto, personalmente, con l'aiuto del mio collega di lavoro, ho realizzato due programmi VBA per Microsoft Access, per la ricerca di giunti e idling adapter dal magazzino.

Il programma, così realizzato, può cadere di performance, qualora la mole di dati da gestire, sia elevata. In tali casi occorrerebbe un programma dedicato che può essere acquistato in futuro se si ritiene che l'utilizzo ne giustifichi la spesa.

Scrivere una procedura non è la cosa più interessante che può capitare ad un ingegnere, ma avere un approccio che dia un senso maggiore a ciò che si fa e stimoli la voglia di sapere e d'essere più professionale, è gratificante quanto progettare una macchina.

# Appendice (TUVA)

## TURBINE A VAPORE

### - Procedura di prova meccanica: ITN 02197

#### 1) Generalità

Questa è la procedura normalmente adottata: eventuali eccezioni devono essere concordate con l'ufficio progettazione prove che emette in distinta le specifiche, gli schemi e i disegni che integrano questa procedura.

#### 2) Assetto della macchina

##### 2.1) Sistema di regolazione

La turbina deve essere completa del sistema di regolazione di commessa.

##### 2.2) Tubazione macchina

La turbina deve essere completa di tutte le tubazioni di macchina previste a commessa.

##### 2.3) Strumentazione di macchina

La turbina deve essere completa della strumentazione di macchina: sonde radiali per rilievo delle vibrazioni assiali, key-phazor, termoelementi, ecc.

##### 2.4) Altri componenti

Quando altri componenti di commessa devono essere utilizzati per le prove, questi saranno richiamati nelle specifica.

### 2.5) Giunti ed eventuale peso aggiuntivo

La prova della turbina dovrà essere effettuata con metà giunto di commessa montato ed eventuale peso aggiuntivo. L'ufficio progettazione prove definirà l'eventuale peso.

Per turbina in più corpi dovranno essere usati i giunti di commessa, così come durante la prova della turbina in string test con i compressori centrifughi e/o moltiplicatori.

### 2.6) Accettazione della turbina per la prova

Prima di accettare la turbina per la prova la sala prove deve esaminare la ITN 09702 per la lista difetti e parti mancanti e se tutto risulta corretto, deve firmare per l'accettazione la ITN 09706 – ITN 07926.

In caso contrario i difetti devono essere eliminati e le parti aggiunte; ove questo non sia possibile l'accettazione deve essere avallata dal responsabile al livello superiore.

## Allineamento

### 3.1) Criteri generali

Quando quest'operazione si rende necessaria (prove in string-test con CO/CE e/o eventuale moltiplicatore) occorre fare riferimento alla specifica di prova.

I dati effettivi d'allineamento dovranno essere registrati dalla sala prove sul modulo "TABELLA ALLINEAMENTO ITN 09800".

## Lavaggio del circuito di lubrificazione



#### 4.1) Criteri generali

Le operazioni di lavaggio devono essere eseguite secondo le indicazioni elencate di seguito; in altri casi particolari occorre riferirsi alla specifica di prova.

La registrazione del lavaggio eseguito deve essere effettuata a cura della sala prove nel modulo ITN 09877.

Il sistema olio deve essere provvisto di filtri da 10 microns o migliori, posti il più vicino possibile alla macchina.

#### 4.2) Esecuzione dell'operazione

Prima del lavaggio si tolgono i cuscini.

Si esegue il lavaggio con olio caldo (65-80°C) e con portate, per ogni singola linea, superiori di almeno il 50% a quelle previste di funzionamento.

Si esegue il controllo periodico dei filtri.

Si continua il lavaggio finché non vengono soddisfatte le condizioni riportate sull'API 614/1973 par 4.3.6 sui campioni prelevati in corrispondenza dei cuscini.

Il lavaggio in ogni caso deve durare almeno 12 ore.

Successivamente si rimontano i cuscini. In tale fase occorre controllare con un gaussimetro il campo magnetico in corrispondenza delle sonde di vibrazione dell'albero dopo aver tolto il nastro adesivo di protezione della "zona sonde".

Se la lettura eccede i 2 gauss occorre procedere alla smagnetizzazione con l'apposito apparecchio secondo le istruzioni contenute nell'ITN 02183 "Criteri per la minimizzazione del run-out elettrico e magnetico sui rotori".

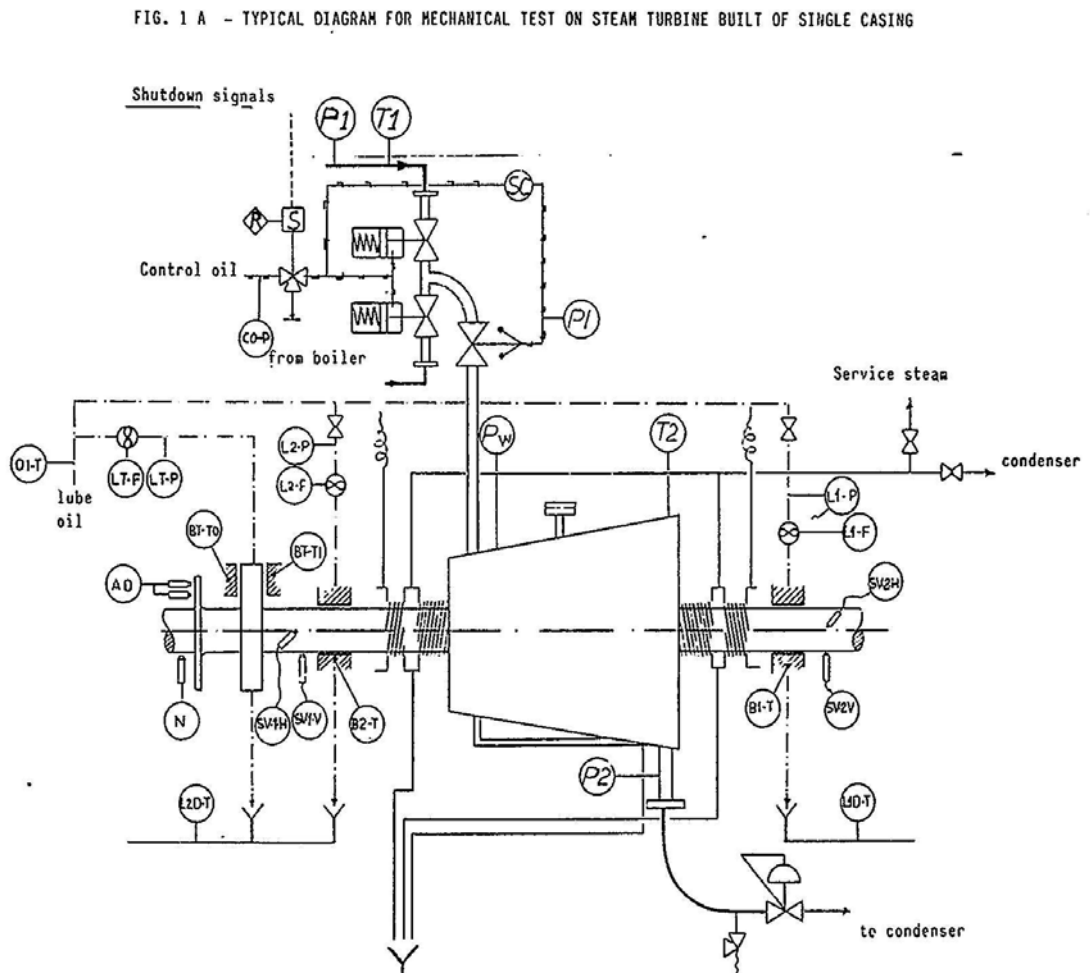
Sistemazione di prova

#### 5.1) Generalità

Questa procedura prevede una prova della turbina a vuoto o in string test con compressori centrifughi con eventuale moltiplicatore interposto. Le condizioni del vapore d'alimentazione saranno mantenute prossime a quelle di progetto per quanto possibile.

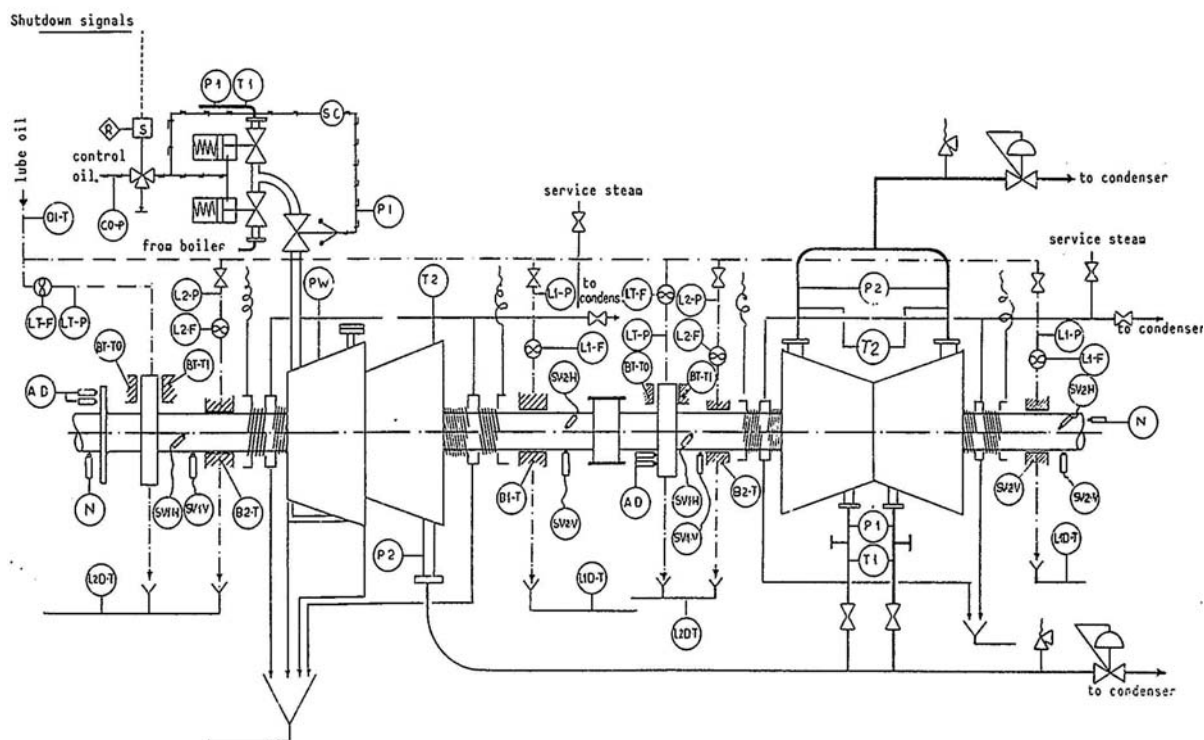
## 5.2) Schema d'impianto

Lo schema tipico d'impianto è quello di fig.1 per turbine ad un solo corpo e quello di figura 1B per quelle in due corpi. Eventuali estrazioni normalmente vengono flagiate cieche.



**FIGURA 1: Schema tipico di turbine ad un solo corpo**

FIG. 1 B - TYPICAL DIAGRAM FOR MECHANICAL TEST ON STEAM TURBINE BUILT OF TWO CASINGS



**FIGURA 1B: Schema tipico di turbine a doppio corpo**

I collegamenti con il vapore servizi deve essere fatto con tubazioni di diametro uguale a quello d'attacco sulle tubazioni o sulle flange di macchina.

Le tubazioni dell'olio devono avere normalmente diametro uguale o maggiore di quello di commessa.

Le tubazioni principali del vapore devono essere fatte di diametro circa metà di quello delle flange di macchina (salvo diversamente specificato).

Per il dimensionamento e le caratteristiche dei materiali vedi SOK 42308 foglio 1 (vapore vivo) foglio 2 (contropressione) foglio 3 (condensazione) salvo che per le controflange alla turbina che devono essere congruenti alle flange della turbina stessa. Tali tubazioni devono avere uno sviluppo tale da evitare sforzi inaccettabili sulle flange turbine e sulle tubazioni fisse.

Per questo l'ufficio tecnico progettazione prove valuterà se è necessario fare il calcolo di "stress analysis" avendo come base SOK 42375, SOK 42376 dove sono

riportati i risultati dello “stress analysis” delle tubazioni fisse, nell’ipotesi di nessuno sforzo trasmesso dalle flange di collegamento tra tubazioni fisse e tubazioni variabili.

Le tubazioni d’ingresso vapore di nuova costruzione o presumibilmente non pulite devono essere soffiate prima di collegarle alle turbine.

## Prove preliminari

6.1) Prima dell’avviamento occorre eseguire e registrare nella “chek list” (ITN 09877) i seguenti controlli:

Verifica della strumentazione di lettura (e dell’eventuale sistema d’acquisizione dati)

Pressione olio: confronto tra manometro e trasduttori (scarto max. accettabile 5%)

Portata olio: verificare che le portate misurate dei contatori siano dello stesso ordine di grandezza di quelle previste

Temperature olio e vapore: verificare con il sistema d’acquisizione dati od equivalente che le temperature siano ragionevolmente corrette

Vibrazione e spostamento assiale: verificare con l’apposito pannello o con il tester che il segnale di “gap” rientri nei valori di linearità della sonda

Verifica pompe emergenza olio. diminuire la pressione nel collettore (o diminuirla al pressostato se esiste un apposito sfiato) fino a 2 bar e verificare l’entrata in funzione della pompa d’emergenza e del blocco della motrice.

Questa verifica può essere fatta giornalmente all’inizio delle prove per evitare il blocco di macchine già in marcia su altri banchi.

Pressione olio cuscini (1,0 – 1,3 bar per i portanti, 0,3 – 0,5 bar per i reggispinta a bagno d’olio, 1,5 – 2 bar per i reggispinta a lubrificazione diretta salvo indicazioni diverse a specifica) da mantenere poi durante le prove. Nel caso dei collettori del banco con valvole tra collettori e cuscini, diminuire la pressione a ciascun cuscinio e verificare l’allarme (0,7 bar portanti, 0,2 bar reggispinta a bagno d’olio, 0,5 bar lubrificazione diretta) ed il blocco (0,4 bar portanti, 0,1 bar reggispinta a bagno d’olio, 0,5 bar lubrificazione diretta), mediante il sistema acquisizione dati. Verificare anche che la caduta di pressione sul filtro del banco prova non supero 0,3 bar.

Sistema olio regolazione: controllare che la pressione dell'olio di regolazione sia entro i valori normali. Eseguire prove in bianco della valvola di stop, valvola solenoide e trip manuale.

Alte temperature sistema lubrificazione: il programma d'acquisizione dati deve essere predisposto in modo da dare l'allarme per i valori di cui al punto 7.3 e in caso di rottura del termoelemento. Per controllo uno dei termoelementi viene scollegato e sostituito da un generatore di tensione a reostato e si deve poi verificare il corretto intervento della catena a valle fino all'allarme.

Alte vibrazioni dell'albero: normalmente il programma d'acquisizione dati deve essere predisposto in modo da dare l'allarme per valori pari a 2,5 mils picco-picco ed il blocco per valori pari a 3 mils picco-picco. Per compressori con bassissime o altissime velocità, il compressore deve essere settato con valori doppi per allarme e tripli per blocchi della vibrazione massima accettata dalle API. Per controllo una sonda viene scollegata e sostituita con un generatore di segnale sinusoidale e si verifica il corretto intervento della catena a valle fino all'allarme ed al blocco. Per le altre sonde si verifica la corrispondenza scollegandole una alla volta.

Sopravelocità: il blocco deve essere posto al 2% sopra il valore di scatto di sopravelocità e verificato sostituendo al pick-up un generatore di segnale a frequenza variabile. Tale blocco deve agire sulla valvola solenoide dell'olio di regolazione.

Alte pressioni vapore: verificare ed eventualmente modificare il programma d'acquisizione dati per i valori d'allarme e blocco di P1 e P2 riportati nella specifica di prova. Successivamente verificarne l'intervento sulla valvola solenoide dell'olio di regolazione pressando con torchietto od equivalente i trasmettitori.

Alte temperature vapore: verificare ed eventualmente modificare il programma d'acquisizione dati per i valori d'allarme e blocco di T1 e T2 nella specifica di prova (per le turbine a condensazione, salvo diversamente specificato per T2 si ha allarme a 160°C e blocco a 180°C).

Successivamente verificarne l'intervento sulla valvola solenoide dell'olio di regolazione sostituendo uno dei due termoelementi con un generatore di tensione o reostato.

## Prove di marcia

### 7.1) Modalità d'avviamento (con olio in marcia)

Aprire la valvola d'intercettazione scarico.

Regolare la fuoriuscita di vapore dai manicotti e spurgare opportunamente.

Mettere in funzione l'eventuale viratore.

Controllare che dalle flange in depressione non vi siano ingressi d'aria.

Aprire la valvola d'intercettazione vapore vivo e spurgare opportunamente la linea a valle.

Controllare che la temperatura dell'olio sia sopra 26-28°C.

Fermare il viratore.

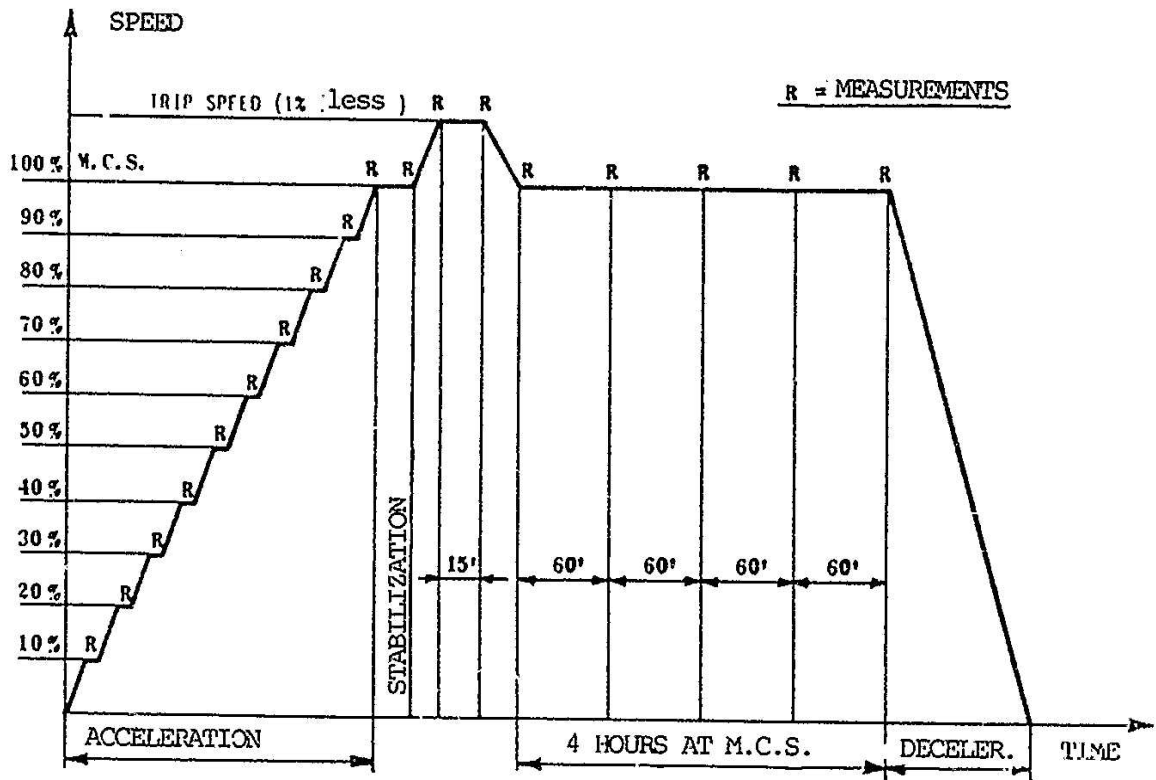
Mediante il sistema di regolazione, avviare lentamente la turbina e successivamente chiudere gli spurghi.

### 7.2) Modalità di prova

La prova meccanica della turbina deve essere effettuata secondo le norme API Giugno 1979, diagramma velocità-tempo fig.2.

In ogni caso la marcia della turbina alla velocità max. continua dovrà essere interrotta se si raggiunge la temperatura massima ammissibile di scarico del vapore. (Prima di arrivare a questo limite si può diminuire sia la pressione che la temperatura del vapore vivo, compatibilmente con le possibilità della caldaia e mantenendo in ogni caso almeno 15°C di surriscaldamento sopra la curva limite).

FIG. 2 - EXECUTION OF MECHANICAL TEST ON STEAM TURBINE ACCORDING TO API STANDARD 612 Nov. 1979



**FIGURA 2: Diagramma velocità-tempo**

A bassi giri dovrà essere controllata e registrata l'esattezza dell'eventuale rapporto di moltiplicazione impostato sul contagiri mediante un'analisi di frequenza con il "real time analyzer" o con un oscilloscopio ed un generatore di frequenza.

### 7.3) Rilievi e controlli di prova

Durante la prova meccanica verranno registrati sul modulo di prova o con il sistema d'acquisizione dati le letture effettuate agli intervalli di tempo in fig. 2.

Vibrazioni dell'albero: i valori accettabili per la vibrazione dell'albero sono in accordo alla norma API 617 Febbraio 1995 six edition par. 2.9.5.7.

Dovranno essere eseguiti, per ciascuna sonda radiale i seguenti rilievi da allegare in forma grafica o fotografica o con il sistema d'acquisizione dati, al modulo di prova:

analisi di frequenza (come minimo da 0 a 8 volte la max. continua, fino ad un max. di 1500 Hz) con taratura di scala da eseguirsi alla velocità max. continua.

In accelerazione e decelerazione registrare su nastro magnetico o con il sistema d'acquisizione dati i segnali delle quattro sonde e del key-phazor, e successivamente diagrammare, in funzione della velocità, ampiezza e fase della vibrazione sincrona per ciascuna sonda da 0 RPM alla sopravvelocità (sottraendo lo "slow-roll run-out"). In nastro magnetico (od equivalenti dati memorizzati) deve essere conservato per almeno 3 anni dalla prova con relativo foglio di identificazione.

Occorre registrare i valori delle vibrazioni dell'albero a velocità inferiore a 1000 RPM (slow-roll run-out).

Temperatura cuscini/olio: i valori accettabili per le temperature dei cuscini e di scarico olio sono i seguenti:

Valori in °C LOCAZIONE	T AMMISSIBILE	$\Delta t$ max INGRESSO-USCITA
Metallo cuscini portanti	120	-
Metallo cuscini reggispinta	120	-
Scarico cuscini portanti	85	40
Scarico cuscini reggispinta	95	50

**TABELLA 1: Valori accettabili temperatura olio cuscini**

Nota: Valori diversi rispetto a quelli elencati sono indicati nella specifica di prova.



Portata olio lubrificazione: i rilievi della portata-olio ad ogni cuscinio sono eseguiti nelle letture alle varie velocità e a macchina ferma, prima e dopo la prova, salvo diverse indicazioni contenute nella specifica di prova.

Velocità critica: in base al diagramma di Bode vibrazione-velocità, fase-velocità di cui al punto 7.2b, viene determinato, se possibile, il valore della velocità critica da registrare sui rilievi presi dal computer. Scarti superiori al 5% rispetto al previsto e/o rotori gemelli dovranno essere esaminati con l'ufficio progettazione prove prima dell'accettazione della prova.

Dispositivi vari: durante la prova dovranno essere controllati e fatti gli opportuni aggiustamenti sui dispositivi di controllo e protettivi montati sulla turbina. In particolare dovrà essere aggiustato il dispositivo dello scatto di sopravvelocità fino ad ottenere che per tre volte consecutive il valore dello scatto di sopravvelocità stia entro  $\pm 1\%$  del valore di specifica.

Controlli e protezioni dopo le prove

8.1) Si effettuano i seguenti controlli:

controllo visivo per accertare eventuali rigature od usura del metallo bianco.

rilevamento del gioco se c'è stata una leggera asportazione di metallo.

Controllo del valore dello spostamento assiale del rotore con i valori rilevati prima della prova con tutte le tenute a labirinto montate (escluso i lanciaolio) (vedi ITN09356)

Dopo tale ispezione dovrà essere ripristinato il nastro adesivo tolto dalle "zone sonde" dopo il lavaggio.

Proteggere con vasellina tipo filante bianco F.U. i cuscini e le tenute ad olio.

8.2) Controlli vari

Si eseguiranno i seguenti controlli elencati sull'ITN 02121.

Documentazione finale

Vale quanto esposto al par. 11 dell'ITN 02122

## Elenco possibili combinazioni occorse nelle procedure di prova delle turbine a vapore

CHIAVE	DISCORSO	NOTE	CONTROLLO	FREQUENZA	GRANDE
TUVAAP0	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPE *_tipo_macchina_1_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e tipo macchina	1	per un solo tipo di macchina	GA
TUVAAP1	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPES *_tipo_macchina_1_* AND *_tipo_macchina_2_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e i tipi di macchina	2	per 2 tipi di macchina	GA
TUVAAP2	MECHANICAL RUNNING TEST PROCEDURE OF STEAM TURBINE TYPES *_tipo_macchina_1_*, *_tipo_macchina_2_* AND *_tipo_macchina_3_* N.P. JOB *_commessa_*	inserire numero commessa e i tipi di macchina	3	per 3 tipi di macchina	GA
TUVAAGG0	INDEX		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG1					GI
TUVAAGG2	ANNEXES		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG3	1 TYPICAL DIAGRAM FOR MECANICAL RUNNING TEST		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG4	2 MECCANICAL RUNNING TEST SEQUENCE		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG5	3 TYPICAL AUTOMAC DATA ACQUISITION ON SYSTEM PRINT OUT		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG6	TEST SCHEDULE AND DATA SUMMARY		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGG7	General		SEMPRE1	sempre	
TUVAAGG8	The purpose of this document is to define the functional indoor shop tests, describing the methods and operations to be carried out on the *_tipo_macchina_1_* steam turbine.	inserire il tipo di turbina	1	se la turbina è 1	
TUVAAGG9	The purpose of this document is to define the functional indoor shop tests, describing the methods and operations to be carried out on the *_tipo_macchina_1_* and the *_tipo_macchina_2_* steam turbines.	inserire i tipi di turbina	2	se le turbine sono 2	
TUVAAGG10	The purpose of this document is to define the functional indoor shop tests, describing the methods and operations to be carried out on the *_tipo_macchina_1_*, the *_tipo_macchina_2_* and the *_tipo_macchina_3_* steam turbines.	inserire i tipi di turbina	3	se le turbine sono 3	
TUVAAGT0	TEST SCHEDULE		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAGT1	Functional shop test schedule are summarized here below:		SEMPRE1	sempre	
TUVAAGT2	N.P. JOB *_commessa_* - *_tipo_macchina_1_*	inserire numero commessa e macchina 1	1	per la prima macchina	G

TUVAAGT3	- Mechanical running test on spare rotor		ROTRIC1	se ha il rotore di ricambio	
TUVAAGT4	- Spare rotor change with main. During this operation bearings, internal parts shall be visually inspected.		ROTRIC1	solo se fa la prova del rotore di ricambio	
TUVAAGT5	- Mechanical running test on main rotor		1	sempre	
TUVAAGT6	- Shop verification on main rotor		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAGT7	- During the mechanical running test on main rotor will be made the noise test.		RUMORE1	se fa la prova del rumore	
TUVAAGT8	- Bearings strip down and visual check		1	sempre	GB
TUVAAGT9	N.P. JOB *_commessa_* - *_tipo_macchina_2_*	inserire numero commessa e macchina 2	2	per la seconda macchina, se c'è	G
TUVAAGT10	- Mechanical running test on spare rotor		ROTRIC2	se ha il rotore di ricambio	
TUVAAGT11	- Spare rotor change with main. During this operation bearings, internal parts shall be visually inspected.		ROTRIC2	solo se fa la prova del rotore di ricambio	
TUVAAGT12	- Mechanical running test on main rotor		2	sempre	
TUVAAGT13	- Shop verification on main rotor		SHOPVER2	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAGT14	- During the mechanical running test on main rotor will be made the noise test.		RUMORE2	se fa la prova del rumore	
TUVAAGT15	- Bearings strip down and visual check		2	sempre	GB
TUVAAGT16	N.P. JOB *_commessa_* - *_tipo_macchina_3_*	inserire numero commessa e macchina 3	3	per la terza macchina, se c'è	G
TUVAAGT17	- Mechanical running test on spare rotor		ROTRIC3	se ha il rotore di ricambio	
TUVAAGT18	- Spare rotor change with main. During this operation bearings, internal parts shall be visually inspected.		ROTRIC3	solo se fa la prova del rotore di ricambio	
TUVAAGT19	- Mechanical running test on main rotor		3	sempre	
TUVAAGT20	- Shop verification on main rotor		SHOPVER3	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAGT21	- During the mechanical running test on main rotor will be made the noise test.		RUMORE3	se fa la prova del rumore	
TUVAAGT22	- Bearings strip down and visual check		3	sempre	GB
TUVAAGD0	DATA SUMMARY		SEMPRE1	sempre	G

TUVAAGD1	STEAM TURBINE API 612 MECHANICAL	inserire il tipo di	1	sempre	G
	RUNNING TESTING ON *_tipo_macchina_1_*	macchina			
TUVAAGD2	Oil	type:	1	sempre	
	ISO VG46				
TUVAAGD3	Max. continuous	speed	1	sempre	
	rpm *_mcs_1_*	inserire velocità massima continua			
TUVAAGD4	Overspeed	inserire la	1	sempre	
	rpm *_ovsp_1_*	sopra velocità			
TUVAAGD5	Trip	speed	1	a richiesta	
	rpm *_trsp_1_*	inserire la velocità di blocco	TRIP1		
TUVAAGD6	Lube oil inlet pressure	J.B.	1	sempre	
	Barg *_p_in_cusc_port_1_*	inserire pressione dell'olio ingresso cuscini portanti			
TUVAAGD7	Lube oil inlet pressure	T.B.	1	sempre	
	Barg *_p_in_cusc_regg_1_*	inserire pressione dell'olio ingresso cuscini reggispinta			
TUVAAGD8	Oil inlet	temperature	1	sempre	
	°C *_t_in_olio_1_*	inserire temperatura dell'olio in ingresso			
TUVAAGD9	J.B. expected lube oil flow	inserire portata	1	sempre	
	lt/min *_q_in_cusc_port_1_*	dell'olio ingresso cuscini portanti			
TUVAAGD10	T.B. expected lube oil flow	inserire portata	1	sempre	
	lt/min *_q_in_cusc_regg_1_*	dell'olio ingresso cuscini reggispinta			
TUVAAGD11	Expected 1st critical speed (according to lateral analysis SOL *_sol_1_*/4) rpm *_vel_crit_1_*	inserire il codice sol dell'analisi flessionale + la velocità critica	1	sempre	
TUVAAGD12	Bearings white metal shall not exceed the following temperature:		1	sempre	
TUVAAGD13	- journal bearings	inserire max	1	sempre	
	°C *_t_cusc_port_1_*	temperatura dei cuscini portanti			
TUVAAGD14	- thrust bearings	inserire max	1	sempre	
	°C *_t_cusc_regg_1_*	temperatura dei cuscini reggispinta			

TUVAAGD15	Regulation inlet oil pressure	Barg *_p_reg_in_1_*	inserire campo di regolazione pressione olio in ingresso	1		
TUVAAGD16	Max. allowable peak to peak shaft vibrations:			1	sempre	
TUVAAGD17	- unfiltered peak to peak at maximum cont. speed	µm *_vibr_mcs_1_*	inserire ampiezza max vibrazioni a vel. max continua	1	sempre	
TUVAAGD18	- unfiltered peak to peak overspeed 1,5 times the value recorded at MCS			1	sempre	
TUVAAGD19	Max. allowable peak to peak, run-out	µm *_run_out_1_*	inserire ampiezza max vibrazioni al run-out	1	sempre	GB
TUVAAGD20	STEAM TURBINE API 612 MECHANICAL RUNNING TESTING ON	*_tipo_macchina_2_*	inserire il tipo di macchina	2	per la seconda macchina, se c'è	G
TUVAAGD21	Oil type:	ISO VG46		2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD22	Max. continuous speed	rpm *_mcs_2_*	inserire velocità massima continua	2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD23	Overspeed	rpm *_ovsp_2_*	inserire la sopravvelocità	2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD24	Trip	rpm *_trsp_2_*	inserire la velocità di blocco	TRIP2	a richiesta	
TUVAAGD25	Lube oil inlet pressure	J.B. Barg *_p_in_cusc_port_2_*	inserire pressione dell'olio ingresso cuscini portanti	2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD26	Lube oil inlet pressure	T.B. Barg *_p_in_cusc_regg_2_*	inserire pressione dell'olio ingresso cuscini reggispinta	2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD27	Oil inlet temperature	°C *_t_in_olio_2_*	inserire temperatura dell'olio in ingresso	2	per la seconda macchina, se c'è	
TUVAAGD28	J.B. expected lube oil flow	lt/min *_q_in_cusc_port_2_*	inserire portata dell'olio ingresso cuscini portanti	2	per la seconda macchina, se c'è	

TUVAAGD29	T.B. expected lube oil flow	inserire portata dell'olio ingresso cuscini reggispinta	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD30	Expected 1st critical speed (according to lateral analysis SOL *_sol_2_* /4) rpm *_vel_crit_2_*	inserire il codice sol dell'analisi flessionale + la 1 velocità critica	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD31	Bearings white metal shall not exceed the following temperature:		2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD32	- journal bearings °C *_t_cusc_port_2_*	inserire max temperatura dei cuscinetti portanti	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD33	- thrust bearings side °C *_t_cusc_regg_2_*	inserire max temperatura dei cuscinetti reggispinta	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD34	Regulation inlet oil pressure Barg *_p_reg_in_2_*	inserire campo di regolazione pressione olio in ingresso	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD35	Max. allowable peak to peak shaft vibrations:		2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD36	- unfiltered peak to peak at maximum cont. speed µm *_vibr_mcs_2_*	inserire ampiezza max vibrazioni a vel. max continua	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD37	- unfiltered peak to peak overspeed 1,5 times the value recorded at MCS		2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD38	Max. allowable peak to peak, run-out µm *_run_out_2_*	inserire ampiezza max vibrazioni al run- out	2	per la seconda macchina, se c'è
TUVAAGD39	STEAM TURBINE API 612 MECHANICAL RUNNING TESTING ON *_tipo_macchina_3_*	inserire il tipo di macchina	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD40	Oil ISO VG46	type:	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD41	Max. continuous speed rpm *_mcs_3_*	inserire velocità massima continua	3	per la terza macchina, se c'è

TUVAAGD42	Overspeed rpm *_ovsp_3_*				inserire la	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD43	Trip rpm *_trsp_3_*			speed	inserire la velocità di blocco	TRIP3	a richiesta
TUVAAGD44	Lube oil inlet pressure Barg *_p_in_cusc_port_3_*			J.B.	inserire pressione dell'olio ingresso cuscinetti portanti	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD45	Lube oil inlet pressure Barg *_p_in_cusc_regg_3_*			T.B.	inserire pressione dell'olio ingresso cuscinetti reggispinta	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD46	Oil inlet temperature °C *_t_in_olio_3_*				inserire temperatura dell'olio in ingresso	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD47	J.B. expected lube oil flow lt/min *_q_in_cusc_port_3_*				inserire portata dell'olio ingresso cuscinetti portanti	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD48	T.B. expected lube oil flow lt/min *_q_in_cusc_regg_3_*				inserire portata dell'olio ingresso cuscinetti reggispinta	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD49	Expected 1st critical speed (according to lateral analysis SOL *_sol_3_*/4) rpm *_vel_crit_3_*				inserire il codice sol dell'analisi flessionale + la velocità critica	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD50	Bearings white metal shall not exceed the following temperature:					3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD51	- journal °C *_t_cusc_port_3_*			bearings	inserire max temperatura dei cuscinetti portanti	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD52	- thrust bearings °C *_t_cusc_regg_3_*			side	inserire max temperatura dei cuscinetti reggispinta	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD53	Regulation inlet oil pressure Barg *_p_reg_in_3_*				inserire campo di regolazione pressione olio in ingresso	3	per la terza macchina, se c'è
TUVAAGD54	Max. allowable peak to peak shaft vibrations:					3	per la terza macchina, se



				c'è	
TUVAAGD55	- unfiltered peak to peak at maximum cont. speed $\mu\text{m} * \text{vibr\_mcs\_3\_}$	inserire ampiezza max vibrazioni a vel. max continua	3	per la terza macchina, se c'è	
TUVAAGD56	- unfiltered peak to peak overspeed 1,5 times the value recorded at MCS		3	per la terza macchina, se c'è	
TUVAAGD57	Max. allowable peak to peak, run-out $\mu\text{m} * \text{run\_out\_3\_}$	inserire ampiezza max vibrazioni al run- out	3	per la terza macchina, se c'è	GB
<b>TUVAAMF0</b>	<b>FOREWORD</b>		<b>SEMPRE1</b>	<b>sempre</b>	<b>G</b>
TUVAAMF1	The steam turbine will be tested in according to API standard 612 *_edizione_* with the following sequences and exceptions. The reference paragraph of API standard is put in brackets.	inserire edizione delle API	1	se la turbina è 1	
TUVAAMF2	The steam turbines will be tested in according to API standard 612 *_edizione_* with the following sequences and exceptions. The reference paragraph of API standard is put in brackets.	inserire edizione delle API	2	se le turbine sono 2	
TUVAAMF3	The steam turbines will be tested in according to API standard 612 *_edizione_* with the following sequences and exceptions. The reference paragraph of API standard is put in brackets.	inserire edizione delle API	3	se le turbine sono 3	
<b>TUVAAMT0</b>	<b>TESTING</b>		<b>SEMPRE1</b>	<b>sempre</b>	<b>G</b>
TUVAAMT1	The turbine will be mechanically tested at no load with shop speed governor.		SHOPGOV1	se il controllo è di commessa	
TUVAAMT2	The turbine will be mechanically tested at no load with job speed governor.		JOBGOV1	se il controllo è di lavoro	
TUVAAMT3	Overspeed trip device shall be checked and adjusted until three consecutive non trending trip values within plus or minus 1 percent of nominal trip setting are attained ( *_trsp_1_* RPM) for *_tipo_macchina_1_* .	inserire la trip speed e il tipo di macchina	TRIP1	a richiesta	
TUVAAMT4	Overspeed trip device shall be checked and adjusted until three consecutive non trending trip values within plus or minus 1 percent of nominal trip setting are attained ( *_trsp_2_* RPM) for *_tipo_macchina_2_* .	inserire la trip speed e il tipo di macchina	TRIP2	a richiesta	
TUVAAMT5	Overspeed trip device shall be checked and adjusted until three consecutive non trending trip values within plus or minus 1 percent of nominal trip setting are attained ( *_trsp_3_* RPM) for *_tipo_macchina_3_* .	inserire la trip speed e il tipo di macchina	TRIP3	a richiesta	

TUVAAMT6	The test will be made with a dummy hub resulting in a moment nearly equivalent ( $\pm 10\%$ ) to that of the contract half-coupling plus one-half the coupling spacer.		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMT7	The steam turbine casing oil inlet temperature will be adjusted to *_t_in_olio_1_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc1_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_1_*.	inserire temperatura e viscosità dell'olio	1	se la turbina è 1	
TUVAAMT8	The steam turbine casing oil inlet temperature will be adjusted to *_t_in_olio_1_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc1_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_1_* and *_t_in_olio_2_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc2_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_2_*.	inserire temperatura e viscosità dell'olio	2	se le turbine sono 2	
TUVAAMT9	The steam turbine casing oil inlet temperature will be adjusted to *_t_in_olio_1_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc1_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_1_*, *_t_in_olio_2_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc3_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_2_* and *_t_in_olio_3_* °C (**°F) in order to reproduce the design inlet viscosity ( *_oilvisc3_* °E) of the job, for *_tipo_macchina_3_*.	inserire temperatura e viscosità dell'olio	3	se le turbine sono 3	
TUVAAMT10	The oil used during the mechanical running test will fulfill the ISO VG 46 requirements. Oil pressures will be within the range of operating values recommended in the Vendor's operating instructions.		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMT11	Running at the max. continuous speed for 4 hours. A complete set of readings will be taken each hour.		ORA1	per misurazione oraria	
TUVAAMT12	Running at the max. continuous speed for 4 hours. A complete set of readings will be taken each half an hour.		MEZZORA1	per misurazione ogni 30 minuti	
TUVAAMT13	During the four hours, inlet bearings oil temperature will be varied from °C *_°C tmin_* to *_°C tmax_* °C (from *_°fmin_* °F to *_°fmax_* °F) to verify vibration response to change (minimum and maximum oil viscosity conditions).	inserire campo di regolazione temperatura olio in ingresso	SEMPRE1	a richiesta	
TUVAAMT14	The job thermoelements, vibration and axial displacement probes will be used.		SEMPRE1	sempre	GB
TUVAAMT15	The mechanical test will consist in:		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMT16	The first step at 10% of max. continuous speed (see	inserire	il SEMPRE1	sempre	

	Annex 2).	numero dell'annesso		
TUVAAMT17	Steps up to the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_* (in approx. 10% speed increments).	inserire velocità massima continua e tipo macchina	1	se la macchina è 1
TUVAAMT18	Steps up to the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_* ( *_mcs_2_* RPM), for *_tipo_macchina_2_* (in approx. 10% speed increments).	inserire velocità massima continua e tipo macchina	2	se le macchine sono 2
TUVAAMT19	Steps up to the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_* ( *_mcs_2_* RPM), for *_tipo_macchina_2_* ( *_mcs_3_* RPM), for *_tipo_macchina_3_* (in approx. 10% speed increments).	inserire velocità massima continua e tipo macchina	3	se le macchine sono 3
TUVAAMT20	Running at max. continuous speed until bearings, lube oil temperatures and shaft vibrations have stabilized (see Annex 2). A complete set of readings will be made by shop data acquisition system (a typical print-out is attached, on Annex 3).	inserire i numeri degli annessi	SEMPRE 1	sempre
TUVAAMT21	Increase the speed up to overspeed *_ovsp_1_*, for *_tipo_macchina_1_* (approximately 1% below of trip speed) for fifteen (15) minutes. During this period a complete set of readings will be carried out.	inserire la sopravelocità e tipomacchina	1	se la macchina è 1
TUVAAMT22	Increase the speed up to overspeed *_ovsp_1_*, for *_tipo_macchina_1_* ; *_ovsp_2_* , for *_tipo_macchina_2_* (approximately 1% below of trip speed) for fifteen (15) minutes. During this period a complete set of readings will be carried out.	inserire le sopravelocità e i tipomacchina	2	se le macchine sono 2
TUVAAMT23	Increase the speed up to overspeed *_ovsp_1_*, for *_tipo_macchina_1_* ; *_ovsp_2_* , for *_tipo_macchina_2_* ; *_ovsp_3_* , for *_tipo_macchina_3_* (approximately 1% below of trip speed) for fifteen (15) minutes. During this period a complete set of readings will be carried out.	inserire le sopravelocità e i tipomacchina	3	se le macchine sono 3
TUVAAMT24	Reduce the speed and run at the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_*, for 4 hours.	inserire velocità massima continua e tipo macchina	1	se la macchina è 1
TUVAAMT25	Reduce the speed and run at the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_* ; ( *_mcs_2_* RPM), for *_tipo_macchina_2_*, for 4 hours.	inserire velocità massima continua e tipo macchina	2	se le macchine sono 2
TUVAAMT26	Reduce the speed and run at the max. continuous speed ( *_mcs_1_* RPM), for *_tipo_macchina_1_* ; ( *_mcs_2_* RPM), for *_tipo_macchina_2_* ; (	inserire velocità massima continua e tipo	3	se le macchine sono 3

	*_mcs_3_* RPM), for *_tipo_macchina_3_* , for 4 hours.	macchina			
TUVAAMT27	A complete set of readings will be taken each ours.During this period (each ours) a complete readings set of oil temperature and pressure, oil flow rates and unfiltered vibrations will be reported on log sheets (see annex 2). For condensing turbine this time will be reduced if the exhaust casing temperature exceeds the maximum design limits.	inserire numero dell'annesso	il	ORA1	per misurazione oraria
TUVAAMT28	A complete set of readings will be taken each ours.During this period (each 30 minutes) a complete readings set of oil temperature and pressure, oil flow rates and unfiltered vibrations will be reported on log sheets (see annex 2). For condensing turbine this time will be reduced if the exhaust casing temperature exceeds the maximum design limits.	inserire numero dell'annesso	il	MEZZORA1	per misurazione ogni 30 minuti
TUVAAMT29	Deceleration and acceleration in the range from max. continuous speed to zero, in order to detect the 1st critical speed.			SEMPRE1	sempre
TUVAAMT30	At the end of the test the vibration amplitude and phase angle of total slow roll shaft run-out shall be determined at very low speed, carried out at 300-600 RPM about (see also para ****).	inserire numero paragrafo		SEMPRE1	sempre
TUVAAMT31	If the first critical speed cannot be detected either with the compressor running in the normal configuration or with an unbalance on the coupling, in order to evidence the critical speed, the calculated value will be stamped on the nameplate.			SEMPRE1	sempre GB
<b>TUVAAMM0</b>	<b>MEASUREMENT</b>			<b>SEMPRE1</b>	<b>sempre G</b>
TUVAAMM1	During mechanical running test the following data will be measured and recorded:			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM2	Unfiltered shaft vibrations			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM3	Axial shaft displacement			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM4	Inlet lube oil pressure			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM5	Inlet lube oil temperature			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM6	Each bearing metal temperature			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM7	Lube oil flows for each bearing			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM8	Discharge lube oil temperature			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM9	Control oil pressure			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM1 0	At maximum continuous and minimum speed a sweep at frequencies from 0 (zero) to 1500 Hz for recording vibrations amplitude versus frequency.			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM1 1	First lateral critical speed determination.			SEMPRE1	sempre
TUVAAMM1	Slow roll run-out.			SEMPRE1	sempre

2						
TUVAAMM1	Bode-diagrams showing vibration amplitude and phase angle versus speed for acceleration and deceleration after the 4 (four) hours run. These records will be attached to the test report. Also tape recording shall be made of all real time vibration data table handed to the purchaser.			SEMPRE1	sempre	
3						
TUVAAMM1	Polar plot shall also be produced.			SEMPRE1	sempre	GB
4						
TUVAAMM1	Data shall be taken including, but not limited to, adjustable governor - response speed range, sensitivity and linearity of regulation ship between speed and control signal.			SHOPGOV1	dipende dal governo	GB
5						
TUVAAMV0	Steam conditions			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV1	Live steam pressure			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV2	Live steam temperature			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV3	Wheel chamber pressure			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV4	Exhaust steam temperature			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV5	Exhaust steam pressure			SEMPRE1	sempre	
TUVAAMV6	Rotating speed			SEMPRE1	sempre	GB
TUVAFMN0	Noise Measurement			RUMORE1	solo se fa il noise test	G
TUVAFMN1	During the mechanical running test of main rotor on *_tipo_macchina_1_* a sound pressure level noise emission measurement will be carried out. The result of this test will be for reference only.	inserire macchina	tipo	RUMORE1	solo se fa il noise test	
TUVAFMN2	During the mechanical running test of main rotor on *_tipo_macchina_1_* and *_tipo_macchina_2_* a sound pressure level noise emission measurement will be carried out. The result of this test will be for reference only.	inserire macchina	tipo	RUMORE2	solo se fa il noise test	
TUVAFMN3	During the mechanical running test of main rotor on *_tipo_macchina_1_* , *_tipo_macchina_2_* and *_tipo_macchina_3_* a sound pressure level noise emission measurement will be carried out. The result of this test will be for reference only.	inserire macchina	tipo	RUMORE3	solo se fa il noise test	
TUVAAMA0	ACCEPTANCE CRITERIA			SEMPRE1	sempre	G
TUVAAMA1	Oil pressures, alarms and shut-down, during the test, will be the following:			SEMPRE1	sempre	

TUVAAMA2		inserire i valori di pressione degli allarmi	SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA3	Maximum allowable temperature rise is *_o_t_rise_c_* °C ( *_o_t_rise_f_* °F) and max. allowable bearing outlet oil temperature is *_o_t_max_c_* °C ( *_o_t_max_f_* °F).	inserire valore massimo di temperatura e di incremento	SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA4	During the shop test of the turbine, assembled with the balanced rotor, operating at its maximum continuous speed or at any other speed within the specified operating speed range, the peak-to-peak amplitude of unfiltered vibration in any plane, measured on the shaft adjacent and relative to each radial bearings, shall not exceed the following value or 50 micrometers (2.0 mils), whichever is less: *****	inserire formula per calcolo ampiezza delle vibrazioni	SEMPRE1	dipende dal tipo di macchina	
TUVAAMA5	Where:		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA6	A = amplitude of unfiltered vibration, in (mils) micrometers peak-to-peak		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA7	Nt = maximum continuous speed, in revolutions per minute.		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA8	At any speed greater than the maximum continuous speed, up to and including the trip speed of the turbine, the vibration shall not exceed 1,5 times recorded at maximum continuous speed.		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA9	At the end of the test the vibration (fil3d and unfiltered) amplitude and phase angle of total slow roll shaft run out shall be determined at very low speed (about 500-600 rpm).		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMA10	Electrical and mechanical run-out was determined and recorded by rolling the rotor in V blocks while measuring run-out with a non-contacting vibration probe and a dial indicator at the same shaft location.		SEMPRE1	sempre	
<b>TUVAAMC0</b>	<b>POST-TEST CHECKS</b>		<b>SEMPRE1</b>	<b>sempre</b>	<b>G</b>
TUVAAMC1	All bearings shall be removed, inspected, and reassembled after the mechanical running test is completed.		SEMPRE1	sempre	
TUVAAMC2	If minor scuffs and scratches occur on bearings or shaft seal surfaces, minor cosmetic repairs of these parts is not a cause for rerunning the test.		SEMPRE1	sempre	
<b>TUVAAMI0</b>	<b>INSTRUMENTATIONS</b>		<b>SEMPRE1</b>	<b>sempre</b>	<b>G</b>

TUVAAMI1	All shop instrumentation to be used during the mechanical running test, will be calibrated and certificated according N.P. standard instruments calibration procedure SOK 6784123/4. Upon request, all calibration records/certification will be made available to the inspector.		SEMPRE1	sempre
TUVAAMI2	Shop test facilities will include instrumentation with the capability of continuously monitoring and plotting revolutions per minute, peak to peak displacement and phase angle (x-y-y'). Presentation of vibration displacement and phase marker will also be by real time analyzer (fast Fourier transformer). Tape recording shall be made of all real time vibration data and to be handed to the purchaser.		SEMPRE1	sempre
TUVAAMR3	The spare rotor will also be given a mechanical running test in accordance with the above test procedure.		ROTRIC1	solo se fa la GB prova del rotore di ricambio
TUVAAMS3	General		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS4	The scope of this test is the verification of the validity of the predicted response analysis. This verification is carried out by means of a rotor unbalance weight located on the idling adaptor and will be demonstrated at all two rotors.		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS5	Predicted unbalanced response analysis		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS6	A prediction of the rotor vibration amplitude, at non-contact probes location versus frequency, will be produced with unbalance weight U, located on the shaft end. The weight amount shall be sufficient to reach the predicted shaft displacement at maximum continuous speed (at no-contact probes location). *****	inserire formula per calcolo ampiezza delle vibrazioni	SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS7	Where:		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS8	A = amplitude of unfiltered vibration, in (mils) micrometers peak-to-peak		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS8	Nt = maximum continuous speed, in revolutions per minute.		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification
TUVAAMS8	Unbalance weight U shall be within two and eight times the value specified in para 2.8.2. of API 612. For this test, the amount of unbalance will be *_peso_1_* , on *_tipo_macchina_1_* .	inserire il momento atteso e la macchina	SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification

TUVAAMS9	Unbalance weight U shall be within two and eight times the value specified in para 2.8.2. of API 612. For this test, the amount of unbalance will be *_peso_1_* , on *_tipo_macchina_1_* and *_peso_2_* , on *_tipo_macchina_2_* .	inserire il momento atteso e la macchina	SHOPVER2	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS10	Unbalance weight U shall be within two and eight times the value specified in para 2.8.2. of API 612. For this test, the amount of unbalance will be *_peso_1_* , on *_tipo_macchina_1_* , *_peso_2_* , on *_tipo_macchina_2_* and *_peso_3_* , on *_tipo_macchina_3_* .	inserire il momento atteso e la macchina	SHOPVER3	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS11	Shop verification of unbalanced response analysis		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS12	During the test rotating speed and shaft vibration amplitude with corresponding phase will be continuously recorded during run-up, at max. cont. speed and run-down.		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS13	The shaft total slow-roll run out shall be recorded at about 600 rpm or less and shall be vectorially subtracted.		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS14	The filtered vibration amplitudes and phase from each pair of x-y vibration probes shall be vectorially summed (with run-out subtraction) in the range zero - tripspeed to determine the actual max. amplitude of vibration at probe locations (major-axis amplitude). This value shall not exceed 75 percent of the minimum design diametral running clearances throughout the compressor (seal floating rings excluded).		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS15	Conclusions		SHOPVER1	solo se fa la prova di shop verification	
TUVAAMS16	Tested and predicted amplitude of vibration at probe location, will be compared (range zero - tripspeed) including 1st critical speed frequency on *_tipo_macchina_1_* .	inserire tipo macchina	TRIPSHOP1	se ha la trip speed e fa la prova di shop verification	
TUVAAMS17	Tested and predicted amplitude of vibration at probe location, will be compared (range zero - tripspeed) including 1st critical speed frequency on *_tipo_macchina_1_* and *_tipo_macchina_2_* .	inserire tipo macchina	TRIPSHOP2	se ha la trip speed e fa la prova di shop verification	
TUVAAMS18	Tested and predicted amplitude of vibration at probe location, will be compared (range zero - tripspeed) including 1st critical speed frequency on *_tipo_macchina_1_* , *_tipo_macchina_2_* and *_tipo_macchina_3_* .	inserire tipo macchina	TRIPSHOP3	se ha la trip speed e fa la prova di shop verification	GB
TUVAAL0	ANNEX 1		SEMPRE1	sempre	G



TUVAAL1			SEMPRE1	sempre	GD
TUVAAL2	ANNEX 2		ORA1	se le letture sono ogni ora	G
TUVAAL3			ORA1	se le letture sono ogni ora	GC
TUVAAL4	ANNEX 2		MEZZORA1	se le letture sono ogni mezzora	G
TUVAAL5			MEZZORA1	se le letture sono ogni mezzora	GC
TUVAAL6	1 = SLOW ROLL SHAFT RUN-OUT CHECK ref. to para.****	inserire paragrafo	SEMPRE1	sempre	G
TUVAAL7	2 = ACCELERATION ref. to para. **** (****)	inserire paragrafo	SEMPRE1	sempre	G
TUVAAL8	3 = DECELERATION		SEMPRE1	sempre	GB
TUVAAL9	ANNEX 3		SEMPRE1	sempre	G
TUVAAL10	***** ***** NUOVO PIGNONE * STEAM TURBINE * * MECHANICAL TEST * ***** ***** N.P. JOB * CONFIGURATION * SERIAL No. * ROTOR S.N. * 1900380 * SINGLE * * * * STRING TEST * * * ***** ***** NUOVO PIGNONE SIGNATURE * CUSTOMER SIGNATURE * DATE: *_cliente_*. * ***** ***** 1st CRITICAL SPEED RPM OVER SPEED TRIP RPM NOTE : ***** *****	inserire il cliente	SEMPRE1	sempre	GB
TUVAAL11	ANNEX 3		SEMPRE1	sempre	G

TUVAAAL12	<p>SPEED N RPM</p> <p>Steam conditions</p> <p>LIVE STEAM PRESS. P1 Bar</p> <p>LIVE STEAM TEMP. T1 °C</p> <p>WHEEL CHAMBER PRESS. PW Bar</p> <p>EXHAUST STEAM PRESS. P2 Bar</p> <p>EXHAUST STEAM TEMP. T2 °C</p> <p>Lube control oil conditions</p> <p>CONTROL OIL PRESSURE CO-P Bar</p> <p>LUBE OIL TEMP. OI-T °C</p> <p>OIL PRESS. JOURNAL BEARING L1-P Bar</p> <p>THRUST SIDE JOURNAL BEARING L2-P Bar</p> <p>OIL PRESSURE THRUST BEARING LT-P Bar</p> <p>Oil/bear. metal temperatures</p> <p>JOURNAL THRUST BEARING SIDE B2-T °C</p> <p>JOURNAL BG. OPP. THRUST SIDE B1-T °C</p> <p>THRUST BEARING INNER BT-TI °C</p> <p>THRUST BEARING OUTER BT-TO °C</p> <p>OPP. THRUST SIDE DISCHARGE L1D-T °C</p> <p>THRUST SIDE DISCHARGE L2D-T °C</p> <p>Shaft vibrations</p> <p>THRUST SIDE VERTICAL SV-2-V microns p.p.</p> <p>THRUST SIDE HORIZONTAL SV-2-H microns p.p.</p> <p>OPP. THRUST VERTICAL SV-1-V microns p.p.</p> <p>OPP. THRUST HORIZONTAL SV-1-H microns p.p.</p> <p>AXIAL DISPLACEMENT AD microns p.p.</p> <p>Oil flows</p> <p>OPP. THRUST SIDE JOUR. BEARING L1-F lt/s.</p> <p>THRUST SIDE JOURNAL BEARING L2-F lt/s.</p> <p>THRUST BEARING LT-F lt/s</p>	SEMPRE1	sempre	GE
TUVAAAL13	ANNEX 3	SEMPRE1	sempre	G
TUVAAAL14	<p>=====</p> <p>inscrivere la commessa e il tipo macchina</p> <p>=====</p> <p>N.P. JOB *_commessa_* TURB. TYPE *_tipo_macchina_1_* S.N. TV 1344 ROTOR S.N.</p> <p>=====</p> <p>=====</p> <p>TIME 16.31</p> <p>*** PRESSURE (BAR) ***</p> <p>L1-P = 1.85 L2-P = 5.29 LT-P = -.14</p> <p>PW = -2.04 CO-P = -.12 P1 = -.66</p> <p>P2 = -.59</p>	SEMPRE1	sempre	GE

\*\*\* VIBRATIONS (microns p.p.) \*\*\*

SV-1V = .3 SV-1H = -.0 SV-2V = .1  
SV-2H = .0 AD = 927.5

\*\*\* FLOW (l/min) \*\*\*

L1-F = .1 L2-F = .1 LT-F = .5

\*\*\* TEMPERATURE (°C) \*\*\*

OI-T = \*\*\*\*\* B1-T = -46736. B2-T = \*\*\*\*\*  
BT-TI = \*\*\*\*\* BT-TO = 2297.5 L1D-T = \*\*\*\*\*  
LD2-T = \*\*\*\*\* T1 = \*\*\*\*\* T2 = 698.1

\*\*\* SPEED (RPM) \*\*\*

NT = 0.00  
SAMPLE

## Biografia

- **A.S.M.E.:** (American Society of Mechanical Engineers) Compressori centrifughi (PTC 10), Turbine a vapore (PTC 17), Turbine a gas (PTC 22) - 1997
- **A.P.I.:** (American Petroleum Institute) Compressori centrifughi (617), Turbine a vapore (612), Turbine a gas (616) – VI Edition February '92
- **D.I.P.:** (disposizioni interne di PROS) - 1998
- **I.T.N.:** (Internal technical norms) Procedure di prova meccanica compressori centrifughi (02122.01), Procedure di prova termodinamica compressori centrifughi (02122.02), Procedure di prova meccanica turbine a vapore (02197), Procedure di prova meccanica turbine a gas (07350.00)

## **RINGRAZIAMENTI**

Ringrazio:

i miei genitori, che mi hanno dato la possibilità di studiare, mantenendo i miei studi.

Gli ingegneri Assfalg, Terzi e il prof. Bellini, che sono stati molto comprensivi con me ed hanno saputo interpretare al meglio quello che ho voluto esprimere.

Sergio Masi, mio coordinatore, per essermi stato d'aiuto con le sue conoscenze acquisite in vent'anni di esperienza di lavoro presso PROS.

Dario Pigna, collega di lavoro, valido aiuto nella comprensione della stesura delle procedure di prova.