

COMPLETA DI SERVOCOMANDO GT3 E RELATIVI FINECORS-

p.c. BREMER - Carate Brianza (MI)

Pratica n. 2293

Dicembre 1983

	M. Salvetti	T Zola	M. Casirati	A. Castoldi	07.12.1983
REV. N°	REDATTO DA:	RIVISTO DA:	CONTROLLATO IN G.Q. DA:	APPROVATO PER IL RILASCIO DA:	DATA DI RILASCIO

PROVE DINAMICHE DI QUALIFICAZIONE SISMICA
SU UNA VALVOLA A SFERA TIPO SNA-F/A DN 4"
COMPLETA DI SERVOCOMANDO GT3 E RELATIVI FINECORSI

p.c. BREMER - Carate Brianza (MI)

Pratica n. 2293

Dicembre 1983

CONTENUTO

La presente relazione riferisce sulle prove di vibrazione effettuate presso l' ISMES di Bergamo, per conto della Bremer S.p.A. di Carate Brianza (MI) su una valvola a sfera Bremer tipo SNA-F/A DN 4" completa di servocomando GT3 e relativi finecorsa destinata alla Centrale Eletttronucleare di Brasimone.

Il rapporto, dopo una breve descrizione del sistema in prova (cap. 1), illustra le modalità di esecuzione delle prove, il sistema di montaggio dell' apparato e le prove richieste (cap. 2). Si passa poi (cap. 3) alla descrizione della strumentazione impiegata per l' eccitazione, per la misura e l' acquisizione dei dati e per le elaborazioni; da ultimo (cap. 4) vengono esposti i risultati ottenuti.

La relazione è composta da 13 pagine di testo, 23 tavole e 3 fotografie.

Le prove sono state effettuate a cura del p.i. Fabio Spangher.

INDICE

-	Capitolo 1: GENERALITA'	pag. 4
	1.1 Apparato in prova	
	1.2 Periodo di prova	
	1.3 Documenti di riferimento	
	1.4 Persone presenti alle prove	
-	Capitolo 2: MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE	pag. 5
	2.1 Considerazioni generali	
	2.2 Descrizione delle prove	
	2.2.1 Prova di ricerca delle frequenze naturali	
	2.2.2 Prova di qualificazione	
	2.2.3 Prova sinusoidale aggiuntiva (3 g)	
-	Capitolo 3: APPARECCHIATURA DI MISURA, DI ECCITAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI	pag. 8
	3.1 Strumentazione di misura	
	3.2 Strumentazione di eccitazione	
	3.3 Strumentazione di acquisizione ed elaborazione dati	
-	Capitolo 4: RISULTATI DELLE PROVE	pag. 11
-	ELENCO DELLE TAVOLE	pag. 13
-	DOCUMENTI FOTOGRAFICI	pag. 13

Capitolo 1: GENERALITA'

1.1 Apparato in prova

L' apparato in prova era costituito da una valvola a sfera "Bremer" tipo SNA-F/A DN 4" completa di servocomando GT3 e relativi finecorsa. Il disegno Bremer n° 5176, 8.11.1983 illustra le caratteristiche costruttive dell' apparato in prova.

1.2 Periodo di prova

Le prove sono state effettuate dal 4 al 14 novembre 1983.

1.3 Documenti di riferimento

- . IEEE 344-1975;
- . Spec. NIRA rif. n° NES OOS 9000 rev. 1 (pagg. 28, 30 e 32).

Le procedure di prova sono state di volta in volta concordate con il Sig. Crippa della Bremer.

1.4 Persone presenti alle prove

Le prove sono state seguite, non continuativamente, dal Sig. Crippa della Bremer di Carate Brianza.

Capitolo 2: MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE

2.1 Considerazioni generali

Le prove sono state effettuate vincolando la valvola alla tavola vibrante mediante l'interposizione di due rigidi telai in acciaio predisposti dal Committente atti a simulare il più fedelmente possibile il fissaggio previsto in esercizio (vedi foto 1 e tav. 2).

La coppia di serraggio dei tiranti di collegamento fra telaio di supporto e tavola vibrante era di circa 20 daN m.

In accordo con le procedure di prova stabilite con il Committente, il sistema è stato sottoposto a vibrazioni sinusoidali e di tipo aleatorio agenti, non simultaneamente, secondo la direzione orizzontale longitudinale (X), orizzontale trasversale (Y) e verticale (Z) del sistema stesso.

2.2 Descrizione delle prove

Le caratteristiche del moto applicato alla base del sistema in prova erano quelle descritte di seguito.

Durante tutte le prove la valvola a sfera era in posizione chiusa.

Tutte le prove eseguite sono elencate nella tabella di tav. 1.

2.2.1 Prova di ricerca delle frequenze naturali

Per la ricerca delle frequenze naturali del sistema in prova è stata eseguita, per ogni direzione di eccitazione, una scansione sinusoidale in frequenza nell'intervallo compreso fra 1 e 33 Hz, con

velocità di variazione della frequenza di circa 0,15 decadi al minuto e con le seguenti caratteristiche in ampiezza della sinusoide:

- . 1 + 5 Hz spostamento di picco costante pari a 2 mm;
- . 5 + 33 Hz accelerazione di picco costante pari a 0,2 g
(dove $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).

La risposta del sistema in prova all' accelerazione di cui sopra - rilevata come descritto al cap. 3 - è stata elaborata in modo da determinare le funzioni di risposta in frequenza del sistema stesso e quindi le frequenze naturali.

2.2.2. Prova di qualificazione

Le prove di qualificazione, secondo tre direzioni di eccitazione, consistevano nell' applicare alla base del sistema in prova terremoti generati artificialmente a partire dagli spettri di risposta riportati a pagg. 28, 30 e 32 del doc. NIRA citato nel § 1.3.

Inoltre lo spettro di risposta utilizzato come riferimento per l' esecuzione delle prove secondo le direzioni orizzontali X e Y era l' involucro degli spettri in risposta relativi alle direzioni Est-Ovest e Nord-Sud.

La sequenza delle prove per ciascuno dei tre assi ortogonali del sistema è stata la seguente:

- 5 terremoti, della durata di circa 20 sec ognuno, agenti non simultaneamente nelle due direzioni orizzontali (X, Y) e verticale (Z), definiti a partire dai corrispondenti spettri di risposta specificati per il terremoto base di esercizio (TBE = 2/3 TSS), con smorzamento 2%;

- 1 terremoto, della durata di circa 20 sec, agente non simultaneamente nelle due direzioni orizzontali (X, Y) e verticale (Z), definito a partire dai corrispondenti spettri di risposta specificati per il terremoto di sicuro spegnimento (TSS), con smorzamento 2%.

2.2.3 Prova sinusoidale aggiuntiva (3 g)

Al termine della prova di qualificazione, per ogni direzione di eccitazione, è stata effettuata una scansione sinusoidale con frequenza variabile nell'intervallo compreso fra 5 e 35 Hz, con velocità di variazione della frequenza di circa 0,3 decadi al minuto e con le caratteristiche in ampiezza della sinusoide di seguito riportate:

- direzione di eccitazione orizzontale X e Y:
 - . 5 + 12 Hz spostamento di picco costante pari a 5 mm;
 - . 12 + 35 Hz accelerazione di picco costante pari a 3 g;
- direzione di eccitazione verticale Z:
 - . 1 + 5 Hz spostamento di picco costante pari a 30 mm;
 - . 5 + 35 Hz accelerazione di picco costante pari a 3 g.

La risposta del sistema in prova all'accelerazione di cui sopra - rilevata come descritto al cap. 3 - è stata elaborata in modo da determinare le funzioni di risposta in frequenza del sistema stesso e quindi le frequenze naturali.

Capitolo 3: APPARECCHIATURA DI MISURA, DI ECCITAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

3.1 Strumentazione di misura

Il controllo del moto delle tavole vibranti è stato effettuato nel corso delle prove n° 1 + 5 e 11 + 15 mediante un accelerometro Hottinger B.M. tipo B12-1000, s/n 3680, con sensibilità nominale di ± 40 mV/V e massima accelerazione nominale 200 g, mentre per le prove n. 6 + 10 mediante un accelerometro piezoelettrico con amplificatore incorporato BBN mod. 508B, s/n 116, con sensibilità 10 mV/g $\pm 2\%$.

Per la misura della risposta dinamica del sistema, ove richiesto, è stato utilizzato un accelerometro Hottinger B.M. tipo B12-1000, s/n 3678, con sensibilità nominale di ± 40 mV/V e massima accelerazione nominale 200 g, fissato nelle posizioni indicate nella tav. 2.

Le posizioni di misura, scelte in accordo con il Committente, permettevano di individuare le frequenze naturali del sistema in prova nelle tre direzioni X, Y e Z.

Gli amplificatori di misura, nel caso degli accelerometri H.B.M. erano Hottinger del tipo KWS 3073 e la risposta in frequenza dell'intera catena di misura è piatta a $\pm 2\%$ da 0 a 500 Hz, mentre nel caso dell'accelerometro BBN è stata utilizzata una centralina PCB mod. 480C06.

I certificati di calibrazione degli accelerometri e degli amplificatori di misura sono disponibili presso la Divisione Strumentazione e Sistemi dell'ISMES.

Alla numerazione riportata nella tav. 2 si farà riferimento di seguito per l'identificazione della posizione e della direzione di sensibilità degli accelerometri.

3.2 Strumentazione di eccitazione

Le prove n° 1 + 5 e n° 11 sono state effettuate mediante una tavola vibrante costituita da una rigida piattaforma metallica di 2,5 m x 4 m, azionata da un attuatore elettroidraulico MTS in grado di erogare una forza dinamica di circa 60 kN, in un campo di frequenza compreso tra circa 0,5 e 50 Hz. La tavola permette di condurre prove con eccitazione non simultanea in due direzioni orizzontali ed in direzione verticale (vedi foto 1).

Le prove in direzione orizzontale n° 6 + 10 sono state condotte mediante una tavola vibrante mossa da due eccitatori elettrodinamici della MB Electronics mod. C60, azionati in "push-pull", in grado di fornire una spinta complessiva di circa 40 kN. La corsa massima è di circa ± 12.5 mm ed il campo di frequenza esplorabile è di circa 5 + 500 Hz. I vincoli di cui la piastra vibrante è dotata sono tali da permetterle di muoversi in una direzione orizzontale praticamente senza attrito, mentre impediscono ogni movimento nelle altre due direzioni ortogonali.

Tutte le prove in direzione verticale (prove n° 12 + 15) sono state condotte mediante un eccitatore elettroidraulico MTS in grado di erogare una forza dinamica di circa 15 kN, in un campo di frequenza compreso fra circa 0,1 e 50 Hz (vedi foto 2).

Per le prove sinusoidali la frequenza del moto viene fatta variare lentamente secondo una legge lineare o logaritmica.

Un sistema di controllo di controreazione è in grado di mantenere sulla tavola vibrante una grandezza caratteristica del moto (spostamento, velocità o accelerazione) al valore prefissato, a qualunque frequenza si operi, nonostante la reazione della struttura in prova. L'ampiezza del moto può essere fatta variare con continuità in corrispondenza ad una data frequenza.

Per le prove con moti aleatori, la tavola vibrante viene comandata e controllata per mezzo di un sistema digitale con minicalcolatore ("Transient Vibration Control" e "Fourier Analyzer" della Hewlett & Packard) che genera i moti con le caratteristiche richieste e controreazione il moto della tavola.

3.3 Strumentazione di acquisizione ed elaborazione dati

Nel caso delle prove di tipo sinusoidale il segnale proveniente dall' accelerometro collocato sul sistema in prova veniva inviato ad un amplificatore di misura e da qui ad un sistema di analisi spettrale in grado di tracciare automaticamente, per mezzo di un registratore X-Y, l' ampiezza dell' armonica fondamentale dell' accelerazione di risposta in funzione della frequenza del moto della tavola, contemporaneamente all' esecuzione delle prove.

In relazione alle caratteristiche del registratore X-Y usato, l' asse X dei diagrammi ha due differenti origini per le due penne, separate da un intervallo di circa 2 mm: nel presente caso la curva rappresentativa della differenza di fase segue con un ritardo di circa 2 mm la curva della relativa ampiezza del segnale registrato.

Gli schemi a blocchi delle apparecchiature di eccitazione, di misura, di acquisizione ed elaborazione dati sono illustrati nelle tavv. 3 e 4.

Nel caso delle prove multifrequenziali il segnale analogico proveniente dall' accelerometro di controllo del moto, veniva inviato, dopo amplificazione, ad un convertitore analogico/digitale (tipo "Simultaneous Sample and Hold" della Preston) che inviava a sua volta i dati alla memoria a nastro di un minicalcolatore per le successive elaborazioni.

Lo schema a blocchi della apparecchiatura di eccitazione, di misura, di acquisizione ed elaborazione dati è illustrato nella tav. 5.

Capitolo 4: RISULTATI DELLE PROVE

4.1 Le tavv. 7, 8 e 19 riportano la risposta dinamica dell' apparato in prova nelle tre direzioni di eccitazione (rispettivamente Y, X e Z).

Dall' esame delle suddette tavole si può notare che l' apparato in prova non presenta modi propri di vibrare nel campo di frequenza $1 \div 33$ Hz.

4.2 Le tavv. 9, 10, 11, 12, 22 e 23 riportano gli spettri di risposta e gli accelerogrammi ottenuti per le direzioni di eccitazione rispettivamente Y, X e Z. Gli spettri di riferimento sono stati diagrammati interpolando linearmente per punti quelli riportati nel doc. NIRA citato al § 1.3. Sulle tavole relative agli spettri di risposta in ordinata è indicata la scala in dB dell' ampiezza normalizzata al valore indicato in alto a sinistra di ogni tavola. Nella tav. 9 è riportata la conversione in g (dove $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$) dei valori in ordinata.

4.3 Durante le prove sinusoidali aggiuntive (3 g) secondo la direzione X (prova n° 7) si è constatata la modifica della risposta dinamica dell' apparato in prova; successivamente, dopo aver ripetuto le prove a livelli inferiori di eccitazione (prove n° 8, 9 e 10), si è constatato che l' inconveniente era causato da un allentamento

dei due bulloni di fissaggio dell' attuatore alla valvola. Il Commit-
tente ha provveduto a introdurre fra i bulloni ed il supporto dell'
attuatore un sistema di antisvitamento (vedi foto 3).

La ripetizione della prova n° 3 (prova n° 11) evidenzia l'
esistenza di un primo modo di vibrare a ~ 29.5 Hz.

4.4

Al termine di ogni prova è stata verificata l'operabilità
del sistema alimentando l'attuatore pneumatico con aria compressa alla
pressione di circa 10 daN/cm^2 .

L' apparato in prova ha funzionato correttamente durante tutte
le prove.

ELENCO DELLE PROVE ESEGUITE

Direzione di eccitazione	Prova n.	Tipo di prova (*)	Frequenza (Hz)	Livello di eccitazione Spont.picco (mm)	Acc. picco (g)	Velocità di scansione (dec./min.)	Numero di oscillogrammi	Durata (sec)	Riferimento tavole
Y	1	scan. sin.	1 - 10	0,5	-	0,15			6
			10 - 33	-	0,2				
	2	scan. sin.	1 - 5	2	-	0,15			7
			5 - 33	-	0,2				
X	3	scan. sin.	1 - 5	2	-	0,15			8
			5 - 33	-	0,2				
Y	4	TBE=2/3TSS	1 - 25	-	1	-	5	20 ognuno	-
				-	1,5	-	1	20	9 - 10
	5	TBE	1 - 25	-	1	-	5	20 ognuno	-
				-	1,5	-	1	20	11 - 12
Y	6	scan. sin.	5 - 12	5	-	0,3			13
			12 - 35	-	3				
	7	scan. sin.	5 - 12	5	-	0,3			14
			12 - 35	-	3				
X	8	scan. sin.	5 - 10	5	-	0,15			15
			10 - 35	-	2				
	9	scan. sin.	5 - 7	5	-	0,15			16
			7 - 35	-	1				
	10 (**)	scan. sin.	5 - 35	-	0,2	0,15			17
			1 - 5	2	-				
	11	scan. sin.	5 - 35	-	0,2	0,15			18
			1 - 5,5	2	-				
	12	scan. sin.	5,5 - 35	-	0,25	0,15			19
			1 - 5,5	20	-				
	13	scan. sin.	5,5 - 35	-	2,5	0,15			20
			1 - 5	30	-				
Z	14	scan. sin.	5 - 35	-	3	0,15			21
			1 - 25	-	0,7				
	15	TSS	1 - 25	-	1	-	5	20 ognuno	22
			1 - 25	-	1	-	2	20 ognuno	23

(*)

scan. sin. = scansione sinusoidale in frequenza
TBE = Terremoto Base di Esercizio
TSS = Terremoto di Sicuro Spegnimento

(**)

Al termine della prova si è constatato l' allentamento dei due bulloni di fissaggio dell' attuatore al corpo valvola.