



**Nuovo sistema di climatizzazione ambientale
per gli oscillatori atomici H-Maser
del Laboratorio Tempo & Frequenza
del Radiotelescopio di Noto**

Gaetano Nicotra

Rapporto Interno IRA 478/14

Revisore: Ing. Francesco Schillirò

0. Indice

1.	Introduzione	3
2.	Descrizione dell'impianto	5
3.	Controllo PID	7
3.1	Controllo Proporzionale	8
3.2	Controllo Proporzionale Integrato PI	9
3.3	Controllo Proporzionale Derivato PD	10
4.	Sensore di temperatura	11
5.	Risultati e misure	12
6.	Componenti	15
6.1	Chiller	15
6.2	Valvola Modulatrice	15
6.3	Thermo Boiler	16
6.4	Controller	17
6.5	Sensore di temperatura	18
7.	Conclusioni e Ringraziamenti	19

1. Introduzione

Il Laboratorio T&F del Radiotelescopio di Noto dell'Istituto di Radioastronomia, ospita attualmente due oscillatori atomici a Maser di Idrogeno per la generazione dei segnali di riferimento ultrastabili. Questi sono utilizzati per la sincronizzazione temporale di tutta la strumentazione legata ai processi di acquisizione ed elaborazione dei segnali radio celesti, ricevuti con la parabola, durante gli esperimenti di osservazione VLBI.

I due oscillatori H-Maser, denominati EFOS-5 e iMaser80, sono installati all'interno di una stanza predisposta allo scopo, nella quale sono state realizzate delle apposite basi anti vibrazione ed un adeguato sistema autonomo per il controllo della temperatura ambiente.

La delicatezza dei due strumenti, impone di effettuare con adeguata cura il mantenimento ambientale degli oscillatori in quanto il risultato, in termini di qualità del segnale prodotto, dipende in parte anche dalle loro condizioni fisiche termiche.

Alcuni parametri di controllo degli strumenti, assumono il loro valore in funzione delle perturbazioni introdotte anche da variazioni della temperatura ambiente alla quale essi sono sottoposti. Tutti gli sforzi fatti, sono orientati a minimizzare gli effetti di variazione di frequenza e fase, introdotti per dilatazione termica o per traslazione del punto di lavoro di determinati componenti, nei processi di generazione dei segnali campione. Diversi livelli di schermatura termica sono infatti già previsti all'interno di ogni strumento, con lo scopo di proteggere le parti e i componenti più sensibili quali: sorgente, dissociatore e cavità risonante.

Particolari misure di stabilità di fase (Varianza di Allan) che possono essere eseguite sui segnali di riferimento generati, rivelano come la temperatura ambiente può incidere anche per uno o più ordini di grandezza sulla qualità dei segnali generati, passando da valori di stabilità di fase a medio termine (1000 secondi) pari a 2×10^{-15} tipici per uno strumento H-Maser mantenuto in buone condizioni ambientali, ad una di 6×10^{-14} per lo stesso nelle quali la temperatura è lasciata libera alle escursioni medie giornaliere e stagionali che, in un sistema di climatizzazione ambientale tipico per ambienti industriali e laboratori, può variare dai 2.0 ai 5.0 gradi °C.

Risulta quindi conveniente che, per poter ottenere le migliori prestazioni da un oscillatore atomico come quelli in uso nelle applicazioni VLBI, è estremamente importante provvedere al controllo delle condizioni dell'ambiente nei quali vengono mantenuti gli strumenti, superiore a quanto non possa garantire l'impianto di climatizzazione generale dei locali della stazione.

A questo scopo, fu realizzato anni fa, un sistema di climatizzazione autonomo dedicato che garantiva stabilità termiche al disotto del grado centigrado, ovvero valori intorno a $\pm 0,25$ °C .

L'impianto prevedeva l'utilizzo di un sistema a valvola con controllo di apertura proporzionale, che bilanciava il carico termico dissipato e/o introdotto nella camera resa termicamente indipendente. Tale valvola era controllata da un termostato elettronico di precisione che provvedeva ad effettuare le correzioni dinamiche per mantenere l'apertura della valvola proporzionalmente allineata al carico termico da controbilanciare.

Il tipo di impianto utilizzato si è rivelato altamente funzionale per diverse ragioni:

- Stabilità, affidabilità e lunghissima durata. Oltre 20 anni di utilizzo con interventi minimali di ordinaria manutenzione e riparazione senza sostituzioni di alcun componente principale.
- Controllo di temperatura proporzionale (non ON-OFF).
- Utilizzo di componentistica standard, facilmente reperibile sul mercato.
- Semplicità di realizzazione e nessun intervento per l'ordinaria utilizzazione.

Nel mese di ottobre dell'anno 2013, è stato installato il secondo oscillatore atomico denominato H-Maser i80, incrementando significativamente il carico termico da controllare all'interno della stanza. Si è ritenuto pertanto necessario procedere ad effettuare un up-grade del sistema mantenendo lo stesso principio di funzionamento del vecchio impianto ed aggiornando la componentistica obsoleta con altra di nuova generazione.

La stanza termostata che ospita i due Maser-H è di dimensioni pari a circa 15 m³ di volume. Non ha particolari forme di coibentazione verso l'ambiente esterno ed è pertanto soggetta alle stesse variazioni termiche presenti all'interno dei locali e del laboratorio nel quale è ubicata.

Nonostante la staticità termica dell'ambiente da controllare, cioè la ridotta variabilità del carico termico limitato quasi esclusivamente alle variazioni di temperatura giornaliere e stagionali indotte dall'ambiente esterno, si è deciso comunque di optare per un sistema di controllo raffinato di tipo PID (Proporzionale Integrato Derivato).

2. Descrizione dell'Impianto

L'impianto realizzato è schematizzato in Fig.1.

Il sistema funziona in solo raffreddamento. La temperatura di esercizio richiesta all'interno della camera è paragonabile a quella di mantenimento dei locali della stazione e cioè intorno ai 23.0 °C. La dispersione di calore degli strumenti è pari a circa 600 J/sec ed è sufficiente a garantire un recupero veloce della temperatura quando richiesto, non è pertanto necessario l'ausilio di ulteriori dispersori termici e quindi l'adozione di un doppio controllo Caldo-Freddo. Tale sistema, oltre a semplificare la gestione dell'impianto, permette di contenere i consumi energetici e il costo complessivo per la sua realizzazione.

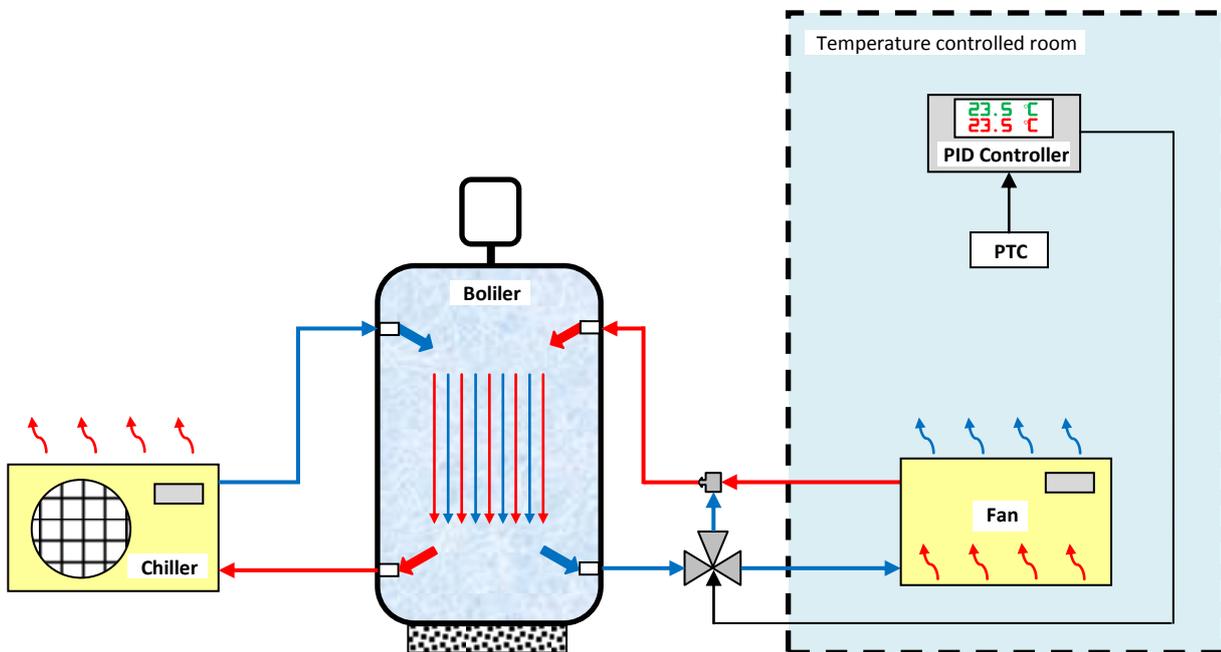


Fig. 1 - Schema di principio

Un chiller produce acqua fredda ed alimenta un termo boiler da 200 litri di volume attraverso una pompa di circolazione interna alla stessa macchina. L'acqua del termo boiler viene mantenuta a temperatura compresa tra 12.0 e 15.0 °C.

La regolazione per mantenere l'acqua in questo campo di temperature, viene eseguita dal chiller stesso attraverso i controlli standard di funzionamento della macchina ed alle regolazioni di fabbrica pre programmate. Questo tipo di macchine sono normalmente destinate alla climatizzazione di ambienti per il soggiorno di persone, pertanto la precisione sul controllo richiesta non supera il grado centigrado. Inoltre per evitare fenomeni di stress per sollecitazioni meccaniche ed elettriche alle macchine, vengono introdotti ulteriori gradi di libertà attraverso controlli di isteresi sui cicli di accensione e spegnimento degli apparecchi. In definitiva, gli apparecchi vengono forniti per il controllo di temperature pari a: $t_{set} \geq$ di ± 2.0 °C.

Nel nostro specifico caso, è stata fatta espressa richiesta alla casa costruttrice affinché fosse rimodulato il ciclo di isteresi per contenere la variazione di temperatura impostata entro ± 1.5 °C, garantirsi cioè la minore variabilità della temperatura possibile, pur rimanendo entro i parametri specifici di funzionamento e di sicurezza della macchina. Tale variazione ci permette di mantenere l'acqua sul condensatore (boiler) entro i 3.0 °C di variazione per tutto il ciclo di recupero e mantenimento. Una seconda pompa di circolazione provvede a far circolare l'acqua refrigerata in un circuito ad anello chiuso che alimenta l'ingresso di una valvola deviatrice ad apertura variabile proporzionale con controllo elettronico. Questa valvola ha la possibilità di differenziare il flusso d'acqua alle due uscite in funzione alla sua apertura. Una delle due uscite alimenta un fan coil per lo scambio termico, l'altra invece un by-pass che rimette in circolazione verso il condensatore il liquido refrigerato non utilizzato.

All'interno della camera, un fan coil provvede ad effettuare e mantenere lo scambio termico attraverso un flusso di aria continuo e volutamente elevato con un volume pari a circa 250m³ l'ora.

Un controller elettronico, usa una sonda PTC a semiconduttore per il rilievo della temperatura e provvede a calcolare il segnale di controllo della valvola deviatrice. Per il circuito di trasmissione tra controller e valvola, è utilizzata una linea bifilare in corrente a standard 4-20 mA.

La differenza di temperatura esistente tra la lettura del PTC e quella impostata nel controller, produce un segnale che regola l'apertura o la chiusura della valvola deviatrice, modulando più o meno la quantità di acqua circolante e quindi lo scambio di calore nel fan coil. Nelle condizioni ideali di perfetto equilibrio cioè $t_{room} = t_{set}$, l'errore sarà pari a zero e la valvola assumerà una posizione fissa. In linea di principio per tali condizioni, la quantità di calore estratta sarà esattamente uguale a quella introdotta o dissipata all'interno del locale.

Nelle condizioni reali, a causa delle inevitabili variazioni di temperatura del liquido refrigerante e delle variazioni di carico termico dovute a tutti gli effetti ambientali e di sistema già descritti, si necessita di una correzione continua sullo scambio termico tale da ottimizzare nel tempo l'andamento dei valori di temperatura richiesta.

La scelta di impiegare un sistema di controllo di tipo PID, garantisce di correggere tutte le possibili variazioni di temperatura sia nel breve che nel lungo periodo.

3. Controllo PID

In un sistema di controllo PID (Proporzionale Integrato Derivato), la regolazione avviene per l'effetto sovrapposto di tre fattori di correzione che intervengono sommando algebricamente i singoli effetti e garantire la funzione di controllo sia nel lungo che nel breve periodo. Inoltre, essendo per definizione di tipo proporzionale, evita che il controllo avvenga modulando step discreti con interventi ciclici di tipo ON-OFF e corrispondenti oscillazioni di temperatura continue intorno ad un valor medio che vanno per quanto possibile evitati.

Le tre componenti che intervengono parallelamente, reagiscono ad altrettante tipologie di errore al fine di assicurare la migliore stabilità possibile, in particolare:

- il controllo proporzionale reagisce alla differenza di temperatura tra il valore di setpoint e la lettura istantanea.
- il controllo integrato interviene compensando la differenza tra il valore di setpoint e la media degli errori misurati in un determinato arco di tempo.
- il controllo derivativo interviene introducendo una correzione in funzione alla pendenza della linea di tendenza per una serie di letture consecutive in un determinato arco di tempo.

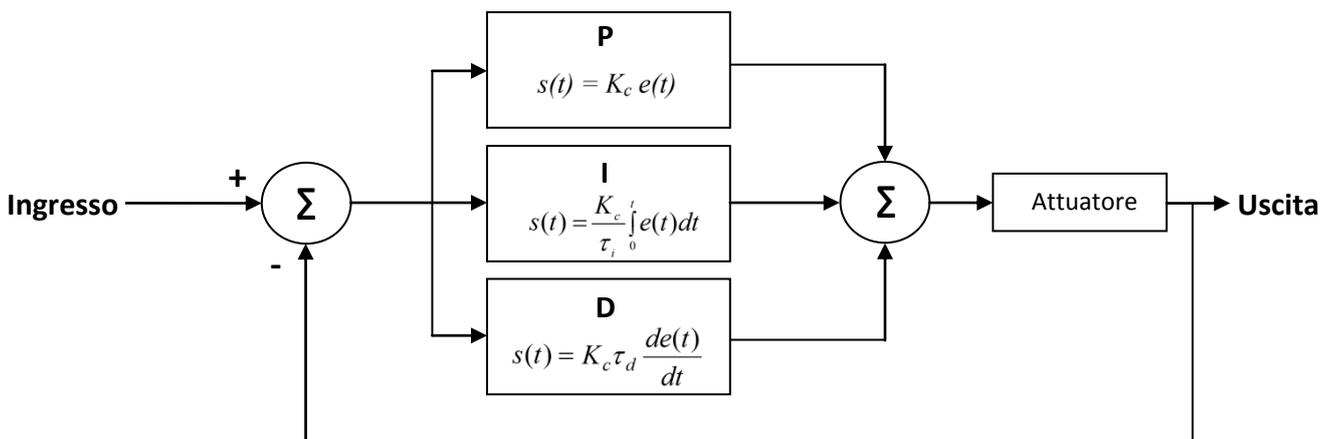


Fig. 2 - Sistema PID

In Fig. 2 è rappresentato il diagramma a blocchi di un tipico sistema a controllo PID.

3.1 Controllo proporzionale

Nella regolazione proporzionale, esiste una relazione lineare tra il valore della variabile controllata e la posizione dell'elemento finale di regolazione tale che:

$$y = y_0 \pm k_c (X - X_0)$$

dove: y rappresenta il valore istantaneo dell'elemento finale di regolazione, y_0 il suo valore iniziale, X ed X_0 il valore istantaneo ed iniziale della variabile da controllare cioè la temperatura e K_C è un fattore costante di proporzionalità meglio definito come **Guadagno del sistema**.

Per ogni valore di X che rappresenta il valore istantaneo di temperatura, corrisponde una Y che è il valore di posizione dell'attuatore, il cui effetto è tale da minimizzare l'errore $X - X_0$.

Il campo di lettura entro il quale risulta valida tale relazione è chiamata Banda Proporzionale.

All'esterno della Banda Proporzionale, il sistema si comporta come un controllo di tipo ON-OFF.

La PB viene normalmente espressa in percentuale e può essere modificata per esigenze di tuning del sistema.

$$PB = 100\% / k_c$$

Quando la PB viene espressa in gradi, come nel nostro caso, tale valore rappresenta il valore di errore in gradi di temperatura tale da provocare l'azione proporzionale al 100%.

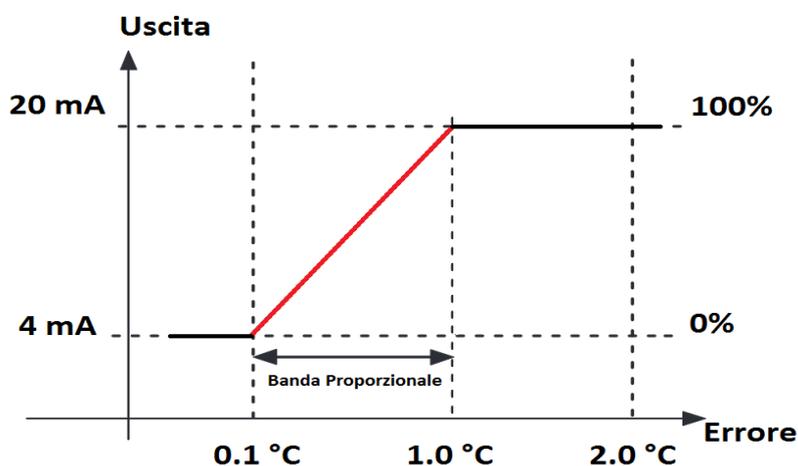


Fig. 3 - Banda Proporzionale

La Fig. 3 mostra come l'uscita in corrente che controlla la posizione dell'elemento finale di regolazione sia proporzionale nel campo di errore che va da 0.1 a 1.0 °C imponendo alla valvola di rimanere completamente chiusa per valori al di sotto di 0.1 °C e completamente aperta per valori al di sopra di 1.0 °C.

3.2 Controllo Proporzionale Integrale P.I.

Il controllo proporzionale da solo non è sufficiente a mantenere stabilmente sul valore di setpoint il sistema. Essendo un carico termico reale perennemente variabile, esisterà sempre uno scostamento che verrà continuamente inseguito e che, in determinate condizioni di instabilità, può provocare un'ampia oscillazione periodica la cui frequenza sarà caratteristica del sistema stesso.

Per eliminare l'effetto di tale oscillazione, utilizzando il metodo di Ziegler e Nichols ad anello chiuso, possiamo calcolare il valore del tempo di integrazione da utilizzare sul nostro impianto.

Ziegler e Nichols è un metodo empirico per il calcolo dei parametri di gestione di un controllo PID che consente di stimare velocemente i tempi da utilizzare in un impianto reale. Esso consiste nel portare volutamente all'instabilità il sistema, impostando i valori di Banda Proporzionale (PB) e di Isteresi, ai minimi consentiti.

In condizioni di instabilità, il sistema inizierà ad oscillare intorno al valore di setpoint ad una frequenza ben precisa.

Misuriamo il periodo di tale oscillazione ed applichiamo la regola:

$$t_i = 0.5 T$$

Il valore così calcolato sarà impostato come tempo di integrazione.

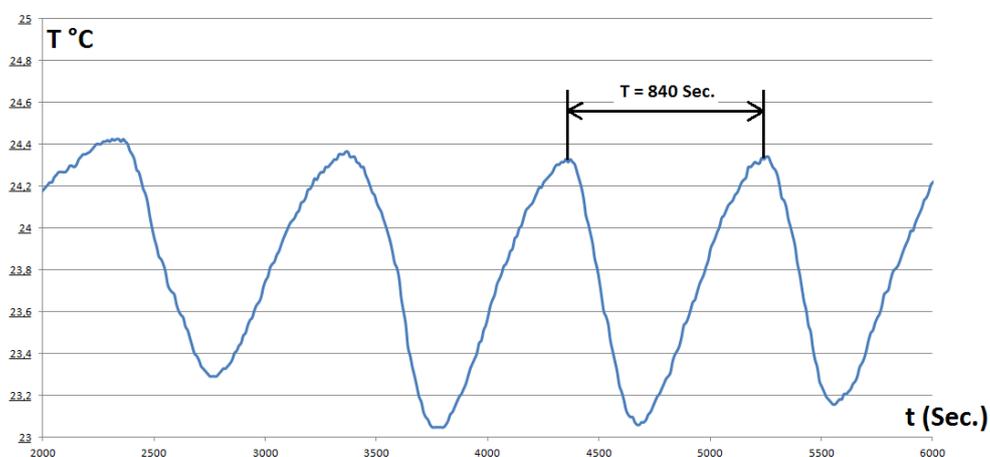


FIG. 4 - Ciclo instabile

Il tracciato visibile in fig. 4 è stato effettuato forzando il sistema alle condizioni di instabilità con i parametri Command Hysteresis e Proportional Band impostati provvisoriamente a zero.

Da esso si può notare come dopo pochi cicli di pendolazione intorno al valore medio, il periodo si sia stabilizzato intorno al valore di circa 840 secondi. In tali condizioni si avrà una continua apertura e chiusura della valvola proporzionale che non essendo sufficientemente reattiva anche per via dei suoi tempi tipici di intervento (75 secondi), darà corso ad una serie infinita di oscillazioni intorno al valore di temperatura da controllare che non raggiungerà mai.

Applicando la relazione precedentemente descritta, calcoliamo il tempo di integrazione da utilizzare:

$$t_i = 0.5 \times T = 0.5 \times 840 = 420 \text{ sec.}$$

Il valore calcolato verrà riportato nel parametro n.19 del controller "*Integration Time*", vedi tab.ella di programmazione.

3.3 Controllo Proporzionale Derivato P.D.

Nel caso intervengano nel sistema variazioni brusche della temperatura, come per esempio l'apertura di una porta e brevi soggiorni all'interno della stanza, il sistema Proporzionale Integrato può non rispondere adeguatamente in quanto, tempi di integrazione piuttosto lunghi assorbono le variazioni veloci e rendono il sistema, da questo punto di vista, poco sensibile.

Si introduce quindi una correzione di tipo derivativo, la quale reagisce alle componenti più veloci, mantenendo le condizioni generali di stabilità del sistema.

Il metodo Ziegler e Nichols ad anello chiuso, afferma che anche il tempo di derivazione è legato al periodo **T** ed esso può essere ben approssimato secondo la regola:

$$t_d = 0.125 \times T$$

e cioè nel nostro specifico caso : **$t_d = 0.125 \times 840 = 105 \text{ sec.}$**

Il valore così calcolato verrà impostato al parametro n.20 del controller "*Derivative Time*", vedi tabella di programmazione.

4. Sensore di Temperatura

La sonda per il rilevamento della temperatura è di tipo standard PTC a semiconduttore per rilevamenti ambientali.



Per il corretto funzionamento, il tipo di sonda utilizzata deve essere specificata al parametro n.2 del controller in quando esso può riconoscere diversi tipi di sensori (resistori, dispositivi a semiconduttore, termocoppie,..., etc.).

Il posizionamento del sensore di temperatura ha notevole importanza. Il punto dove rileverà la temperatura sarà il punto dove verrà garantito il valore di set point.

Sono state rispettate le seguenti indicazioni:

- Non è influenzato da flussi d'aria diretti provenienti dal fan coil, ciò per evitare instabilità termiche che possono essere interpretate come variazioni repentine della temperatura ambiente e quindi erroneamente corrette dal sistema.
- Non è posizionato direttamente sopra lo strumento da controllare per evitare che la temperatura rilevata sia falsata dalla dispersione diretta di un singolo apparecchio e non essere quindi rappresentativa di tutto l'ambiente.
- Non è eccessivamente coperto o nascosto per evitare ritardi nel rilevamento delle variazioni di temperatura che possono portare a cattive interpretazioni da parte del sistema di controllo.

Nel caso specifico nostro, il sensore di rilevamento è stato piazzato a circa 30 cm. dal pavimento sulla parete opposta a quella del fan coil. E' stata inoltre usata l'accortezza di proteggere il sensore per i flussi d'aria perpendicolari al pavimento e ciò per limitare l'influenza diretta dell'aria refrigerata. La soffiante del fan coil crea infatti un flusso rotatorio e ne sono interessati praticamente tutti i punti della stanza.

La temperatura rilevata dal nostro sensore, deve essere corretta attraverso un offset che provvede ad allineare il valore controllato a quello di un riferimento di temperatura calibrato. Nel caso specifico, esso è stato allineato a quello già presente nel nuovo i80 H-Maser. Tale valore è risultato essere di +2.9 °C ed è stato impostato al parametro n.9 "Offset Calibration" del controller.

Tale calibrazione consente di ottenere letture coerenti con quelle rilevate dallo stesso H-maser.

5. Risultati e Misure

L'acquisizione delle temperature è stata effettuata attraverso un apposito software denominato DinLog scritto per l'occasione. Con esso è possibile leggere il valore della temperatura ambiente presente, visualizzare a monitor una traccia grafica in tempo reale e creare un log file per l'utilizzo dei dati offline. Il Programma è stato scritto in Visual Basic e consente di estrarre il valore specifico di temperatura da una pagina WEB dal codice HTML. Il vantaggio ad utilizzare tale software, consiste nel poter effettuare rilevamenti ed acquisizioni in remoto da qualunque computer connesso alla rete locale. Tra le impostazioni, è possibile stabilire il ritardo di acquisizione e la visualizzazione di una traccia supplementare, una media mobile sulle ultime 10 letture.

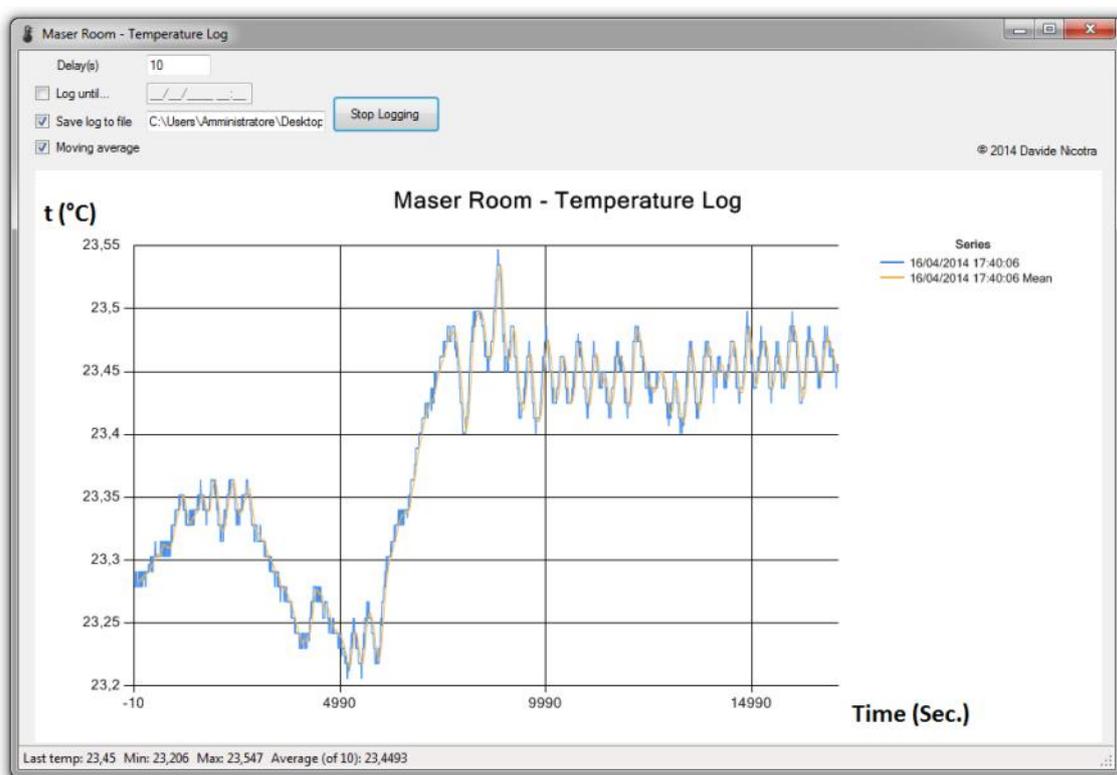


Fig. 5 - Interfaccia DinLog dedicata

I valori acquisiti, sono pubblicati su una pagina HTML da parte di un Web Server di servizio, attivo all'interno del nuovo H-Maser i80 che provvede a rendere disponibili alla lettura tutti i parametri di controllo dello strumento tra i quali quello della temperatura ambiente.

I risultati, dopo circa 28 ore di acquisizione in condizioni ritenute stabili, sono visibili in Fig. 6

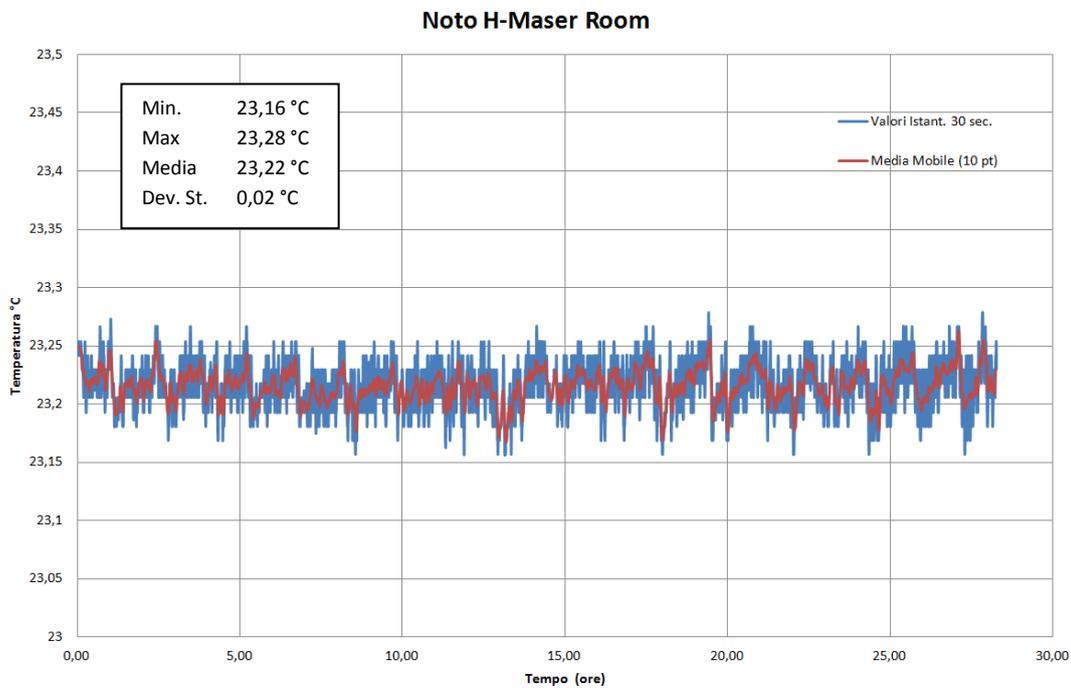


Fig. 6 - Temperatura controllata

La temperatura viene mantenuta stabile a valori migliori di +/- 0.15°C.

Il ciclo di recupero che permette di mantenere la temperatura dei circa 200 litri di acqua refrigerata presente nel termo boiler all'interno dei limiti stabiliti, ha una durata di circa 100 minuti ed influenza la temperatura controllata della stanza per circa 0.1°C, cioè pari al valore minimo controllato dal sistema. L'andamento tipico è meglio evidenziato in Fig.7. Il periodo in stato di accensione del chiller è di circa 10 minuti, sufficienti per riportare l'acqua dal valore massimo raggiunto pari a 15°C, al valore minimo di 12°C.

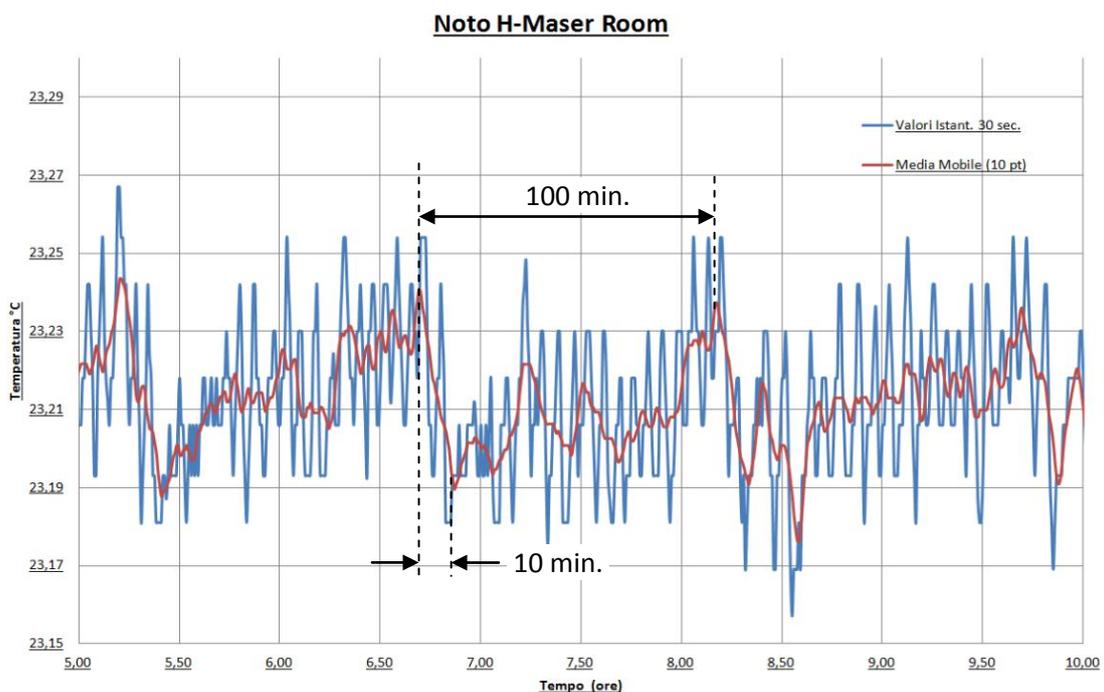


Fig. 7 - Ciclo di recupero

La risposta al gradino per un salto di +/- 0.5 °C rispetto al set point evidenzia tempi di recupero di circa 120 min. con overshoot contenuti entro +/- 0.2 °C.

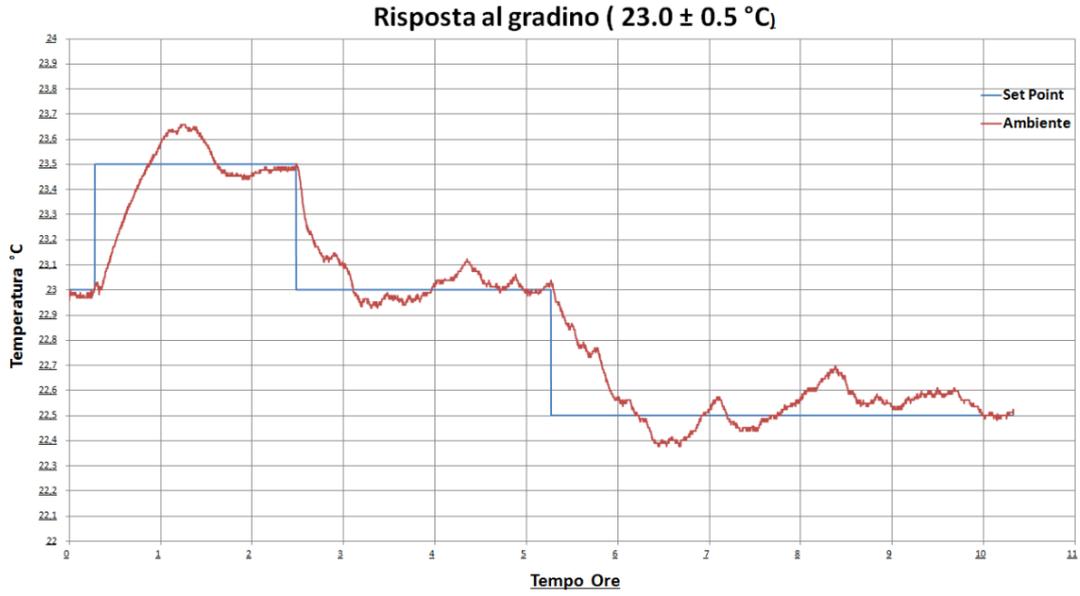


Fig. 8 - Risposta al gradino

6. Componenti

6.1 Chiller

Galletti mod. MSHRT075



		POWER SUPPLY / SOURCE : 230 V / 1 / 50 Hz MAX ELECTRIC INPUT : 3,27 kW 15 A													
Product : MSHRT075 Serial No : 0000271T Model : MSHRT075		UNIT PROTECTION : IP 24 POWER SUPPLY PROTECTION 20 A CONTAINS FLUORINATED GREENHOUSE GASES COVERED BY THE KYOTO PROTOCOL HERMETICALLY SEALED SYSTEM													
GALLETTI Galletti SpA Via L. Romagnoli 12/A 40010 Bentivoglio (BO) ITALY ITALIA Made in Italy FAB. SIRET 759 200 728 - F01600 PROD. DATE 31-03-2011		<table border="1"> <thead> <tr> <th>FUNCTION</th> <th>COOLING</th> <th>HEATING</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>POWER</td> <td>kW 5,95</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>EER / COP</td> <td colspan="2">2,23 / 2,72</td> </tr> <tr> <td>PEAK CURRENT</td> <td>A 40</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	FUNCTION	COOLING	HEATING	POWER	kW 5,95	7,2	EER / COP	2,23 / 2,72		PEAK CURRENT	A 40	40	TS : MAX 55 / MIN -16degC PS : 42 bar Lw : 65 dBA REFRIGERANT : R410A : 2,05 kg NET WEIGHT (DRY) : 98 kg  
FUNCTION	COOLING	HEATING													
POWER	kW 5,95	7,2													
EER / COP	2,23 / 2,72														
PEAK CURRENT	A 40	40													

6.2 Valvola Modulatrice

MUT Meccanica Tovo Mod. AS250/75/24/00

Corsa max.	17 mm
Forza max.	250 N +/- 10%
Potenza assorbita	6 W
Dimensioni di ingombro	183x110x136
Alimentazione	24 Vac; 50Hz
Grado di protezione	IP44
Contatti ausiliari	2
Portata contatti	3 A; 250 Vac
Segnali di comando	ON-OFF a tre contatti; Modulante 0-10; 2-10; 0-20 Vcc; 0-20; 4-20 mA
Dimensione condotta	3/4"

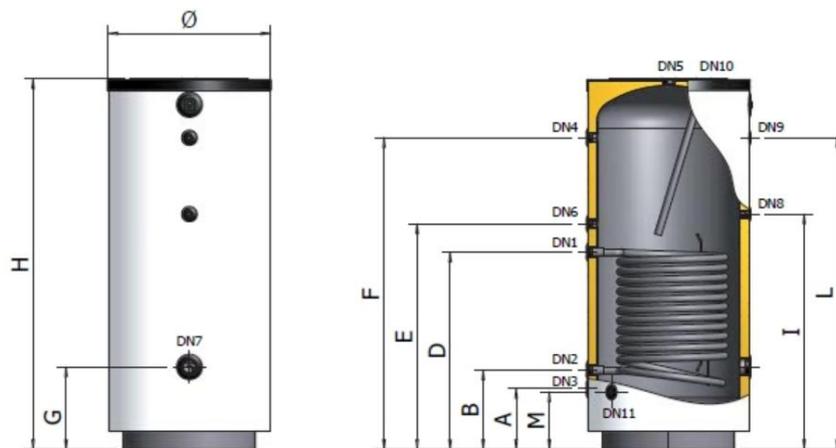


6.3 Thermo Boiler

ELBI Mod. BXV 200



BXV 200



BOLLITORE IN ACCIAIO INOX CON SCAMBIATORE FISSO

STAINLESS STEEL DHW CYLINDER WITH SINGLE FIXED HEAT EXCHANGER

MOD	COD		SERP									
			m ²	LITRI								
BXV-200	A3X0L47 PGP40	200	0,70	5	600	1170						
ANODO												
MOD	Ø x Øatt. x L	DN1	DN2	DN3	DN4	DN5	DN6	DN7	DN8	DN9	DN10	DN11
BXV-200	32 x 1.1/4" x 350	1"	1"	1"	1"	1.1/4"	3/4"	2"	1/2"	1/2"	1.1/4"	1/2"
MOD	A	B	C	D	E	F	G	I	L	M		
BXV-200	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
BXV-200	235	320	/	670	765	935	275	785	935	220		

6.4 Controller

Pixsys Mod. ATR243

TABELLA DI PROGRAMMAZIONE

	C.out	Command Output	c.4.20	51	P.b.II.	Proportional Band Multiplier	1.0
2	SEn.	Sensor	Ptc	52	Oud.b.	Overlap/Dead Band	0.0
3	d.P.	Decimal Point	0.00	53	Co.t.c.	Cooling Cycle Time	10
4	Lo.L.S.	Lower Limit Setpoint	20	54	c.Flt.	Conversion Filter	10.5.M
5	uP.L.S.	Upper Limit Setpoint	25	55	c.Frn.	Conversion Frequency	16.7.H.
6	Lo.L.i.	Lower Linear Input	20	56	u.Flt.	Visualization Filter	diS.
7	uP.L.i.	Upper Linear Input	25	57	tune	Tune	Man.
8				58	S.dtu.	Setpoint Deviation Tune	10.0
9	o.cAL	Offset Calibration	2.8	59	oP.Mo.	Operating Mode	Cont.
10	G.cAL	Gain Calibration	0.0	60	Au.Ma.	Automatic/Manual	diS.
11	Act.t.	Action type	HEAt	61	dGt.i.	Digital Input	diS.
12	c. rE.	Command Reset	ArE	62	GrAd.	Gradient	0.0
13	c. S.E.	Command State Error	c.o.	63	MA.ti.	Maintenance Time	00.00
14	c. Ld.	Command Led	c.o.	64	u.M.c.P.	User Menu Cycle Program.	diS.
15	c.Hy	Command Hysteresis	0.1	65	Ui.tY.	Visualization Tipe	I.P.2.S
16	c. dE.	Command Delay	0	66	dEGr.	Degree	°c
17	c. SP	Comm. Setpoint Protect.	FrEE	67	rEtr.	Retransmission	diS.
18	P.b.	Proportional Band	1	68	Lo.L.r.	Lower Limit Retransmission	0
19	t.i.	Integral Time	420	69	uP.L.r.	Upper Limit Retransmission	1000
20	t.d.	Derivative Time	190	70	Bd.rt.	Baud Rate	
21	t.c.	Cycle Time	75	71	SL.Ad.	Slave Address	
22	o.PoL.	Output Power Limit	50	72	SE.dE.	Serial Delay	
23	AL. 1	Alarm 1	diS.	73	L.L.o.P.	Lower Limit Out. Percentage	0
24	A.1.S.o.	Alarm 1 State Output	n.o.S.				
25	A.1 rE.	Alarm 1 Reset	A.rE.				
26	A.1.S.E.	Alarm 1 State Reset	c.o.				
27	A.1.Ld.	Alarm 1 Led	c.c.				
28	A.1.HY.	Alarm 1 Hysteresis	0.0				
29	A.1.dE.	Alarm 1 Dalay	0				
30	A.1.SP.	Alarm 1 Setpoint Protection	FrEE				
31	AL. 2	Alarm 2					
32	A.2.S.o.	Alarm 2 State Output					
33	A.2 rE.	Alarm 2 Reset					
34	A.2.S.E.	Alarm 2 State Reset					
35	A.2.Ld.	Alarm 2 Led					
36	A.2.HY.	Alarm 2 Hysteresis					
37	A.2.dE.	Alarm 2 Dalay					
38	A.2.SP.	Alarm 2 Setpoint Protection					
39	AL. 3	Alarm 3					
40	A.3.S.o.	Alarm 3 State Output					
41	A.3 rE.	Alarm 3 Reset					
42	A.3.S.E.	Alarm 3 State Reset					
43	A.3.Ld.	Alarm 3 Led					
44	A.3.HY.	Alarm 3 Hysteresis					
45	A.3.dE.	Alarm 3 Dalay					
46	A.3.SP.	Alarm 3 Setpoint Protection					
47	t.A.	Amperometric Transformer					
48	L.b.A.t.	Loop Break Alarm Threshold					
49	L.b.A.d.	Loop Break Alarm Delay					



ATR243
Controller / Regolatore



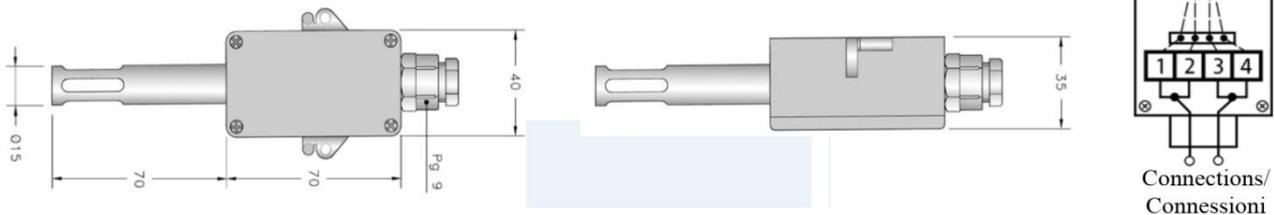
50	Coo.F.	Cooling Fluid	Air			
----	--------	---------------	-----	--	--	--

6.5 Sensore di temperatura

eliwell SN607000

PTC - Probe for the measurement of internal room temperature

PTC - Sonda per la rilevazione di temperature ambiente interne



Nr.	General Probe Data		Tolerance (mm)	Dati generali sonda		Tolleranza (mm)
	P/N	SN607000		Codice	SN607000	
1	Description	AMBIENT PTC		Descrizione	PTC AMBIENTE	
2	Sensor Type	KTY 81-121		Tipo elemento	KTY 81-121	
3	Capsule Material	PLASTIC		Materiale capsula	PLASTICA	
4	Capsule Length	70 mm		Lunghezza capsula	70 mm	
5	Capsule Diameter	15 mm		Diametro capsula	15 mm	
6	Cable Type			Tipo di cavo		
	Colour			Colore		
	Diameter			diametro		
7	Probe Length			Lunghezza sonda		
8	Cable / Hose Coupling			Raccordo cavo/tubo		
9	Terminals			Terminali		
10	Filler			Riempitivo		
Technical Data			Caratteristiche tecniche			
	Temperature Range	-40...+120°C		Campo di lavoro	-40...+120°C	
	Accuracy	±1%		Precisione	±1%	
	Protection Rating	IP 54		Grado di protezione	IP 54	
	Response Time	T0,5 = 3s – T0,9 = 11s		Tempo di risposta	T0,5 = 3s – T0,9 = 11s	
Tests			Collaudi			
	Traction Test			Test trazione		
	Insulation Resistance	Ri ≥ 500Mohm 250 V _m		Resistenza di isolamento	Ri ≥ 500Mohm 250 V _m	
	Dielectric Rigidity			Rigidità dielettrica		

7. Conclusioni

Il seguente documento viene prodotto dopo circa quattro mesi di utilizzo durante i quali non sono stati notati difetti o malfunzionamenti nell'impianto.

Può essere considerato raggiunto l'obiettivo prefissato con risultati superiori a quanto auspicato.

I lavori necessari alla realizzazione dell'impianto, sono stati eseguiti dalla Ditta Solar Energy S.r.l. di Pachino (SR), la quale è stata pazientemente impegnata nel reperimento, nell'installazione dei componenti utilizzati e nel collaudo, testing e parametrizzazione dell'impianto.

Le misure sono state effettuate ed elaborate a cura dell'Istituto di Radioastronomia.

Un ringraziamento particolare a mio figlio Davide che si è prestato volontariamente e gratuitamente alla realizzazione del software DinLog per la raccolta dei dati fin qui presentati e donato al nostro laboratorio.