

12

CONTRIBUTI

DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE

a cura del Direttore

Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 143

EDOARDO PROVERBIO

*Misura sperimentale di ritardi cronografici
e precisione dei contatti meccanici
per secondi di tempo*

Estratto dal « Bollettino di Geodesia e Scienze Affini » - Vol. XVIII - 3 (1959)

FIRENZE
1959

7

MISURA SPERIMENTALE DI RITARDI CRONOGRAFICI E PRECISIONE
DEI CONTANTI MECCANICI PER SECONDI DI TEMPO

LT

Misura sperimentale di ritardi cronografici e precisione dei contanti meccanici per secondi di tempo

Dott. EDOARDO PROVERBIO

Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

RIASSUNTO. — Si ricavano sperimentalmente e si discutono i ritardi che intervengono durante la registrazione dei segnali di tempo su cronografo registratore. Vengono quindi determinati gli errori medi di ogni singolo segnale dovuti all'imprecisione dei contatti meccanici.

RÉSUMÉ. — On obtien expérimentalement et on examine les retards systématiques qui paraissent dans la registration des signaux de temps sur chronographe enregistreur. On donne successivement les erreurs moyennes pour chaque signal dûs à l'imprécision des contacts mecaniques.

SUMMARY. — The sistematical time delays that result in the registration of the time signals to using a recorder chronographer are experimentally determined and examined.

The mean error of each time signal to ascribed to the imprecision of the mecanic contacts are hence determined.

ZUSAMMENFASSUNG. — Es werden die Verspätungen der Registrierungen der Zeitzeichen auf Chronographen experimentell ermittelt und diskutiert. Ferner werden die mittleren Fehler der einzelnen Zeichen ermittelt, welche der Ungenauigkeit der mechanischen Kontakte zuzuschreiben sind.

RESUMEN — Se obtienen experimentalmente y se discuten los retrasos que intervienen durante la registraci3n de las se~ales de tiempo en cron3grafo registrador. Se determinan luego los errores medios de cada se~al, debidos a la falta de precisi3n de los contactos mecánicos.

LA MISURA SPERIMENTALE DEI RITARDI DI REGISTRAZIONE.

1. — In una precedente ricerca sono stati determinati in via teorica i vari ritardi che intervengono durante la registrazione ed il confronto di segnali di tempo utilizzando cronografi registratori, cronometri elettronici e dispositivi oscillografici. Poichè la grandezza dei ritardi teorici, per tensioni medie, introdotte dai cronografi registratori è superiore al potere separatore del cronometro elettronico

e del dispositivo oscillografico utilizzati all'Osservatorio di Brera, abbiamo cercato di determinare sperimentalmente i ritardi in questione con questi ultimi dispositivi. E ciò, sia per controllare eventuali differenze imputabili a cause diverse, sia per collaudare la bontà dei due dispositivi stessi, che vengono impiegati per misure di precisione e per confronti di segnali orari nel servizio dell'ora.

La determinazione sperimentale dei ritardi in questione, realizzata col semplice circuito di fig. 1, è stata effettuata in condizioni pressochè analoghe a quelle

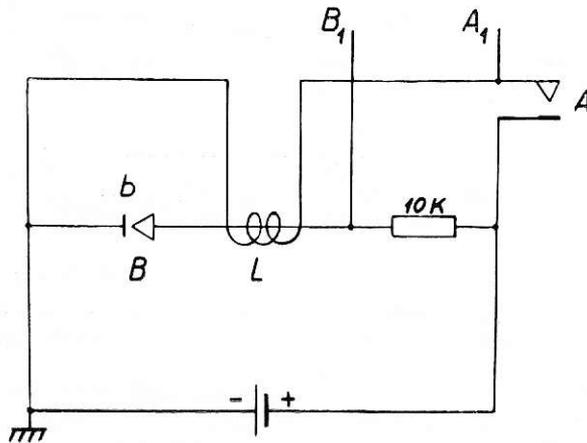


Fig. 1.

di una normale registrazione utilizzando gli stessi segnali dell'orologio a quarzo Q_2 e relativamente alla terza punta del cronografo fondamentale in esame, potendosi facilmente ricavare, per tensioni di 40-50 V, i ritardi assoluti delle tre rimanenti punte del cronografo.

Il contatto A dell'orologio a quarzo Q_2 invia ogni secondo, ad ogni chiusura un impulso positivo A_1 di tensione V allo start del cronometro elettronico o alla prima entrata del circuito sommatore di un oscilloscopio. Il contatto B , che rimane chiuso fino a che la punta scrivente solidale con la bobina L del cronografo non si sposta per azione della forza sollecitante, invia, all'istante dell'apertura, un secondo impulso positivo B_1 , in ritardo rispetto al precedente, allo stop del cronometro elettronico o alla seconda entrata dell'oscilloscopio.

La maggiore difficoltà si ha nel fare in modo che la punta ausiliaria b (che con la punta scrivente del cronografo costituisce il contatto B), non eserciti alcuna pressione sull'altra, e che d'altra parte chiuda convenientemente il circuito in regime di riposo. I valori delle misure dei ritardi sperimentali a diverse tensioni V , con striscia cronografica ferma (le misure con striscia in movimento si presentano particolarmente difficoltosa e imprecise), sono riportate in tabella I. Esse sono state ottenute indipendentemente usando, come si è detto, il cronografo elettronico ed il dispositivo oscillografico. Malgrado la dispersione interna dei risultati sia

risultata abbastanza elevata, la concordanza dei risultati medi mostra la bontà e la omogeneità delle precisioni dei metodi impiegati.

Ammettendo che i valori ottenuti siano da attribuire unicamente ai ritardi cronografici, per passare dai valori dei ritardi determinati sperimentalmente con striscia ferma a quelli dei ritardi con striscia in movimento, che sono gli unici praticamente utilizzabili, sono state utilizzate le misure della corrente i_0 della soglia di funzionamento, necessaria per il calcolo dei valori teorici. I rapporti calcolati m/f tra i ritardi teorici della striscia in movimento e della striscia ferma, per le varie tensioni, sono riportati in tabella I. A fianco di questi si trovano invece i ritardi ricavati dai dati sperimentali utilizzando questi ultimi rapporti, relativamente alla striscia in movimento. Come si vede i ritardi ricavati, benchè piccoli, risultano tutti molto maggiori dei ritardi previsti teoricamente.

TABELLA I

V	Ritardi teorici	Ritardi sperim. striscia cron. ferma		$\frac{m}{f}$	Ritardi striscia cron. mov.
30	$0,8 \cdot 10^{-4}s$	$15 \cdot 10^{-4}s$	$15 \cdot 10^{-4}s$	0,34	$5 \cdot 10^{-4}s$
40	0,5	15	13	0,37	4
50	0,4	8	8	0,40	3
60	0,3	6	6	0,41	2
70	0,3	6	6	0,41	2
80	0,2	4	4	0,41	2

Questa discordanza mostra che esistono cause esterne suscettibili di alterare l'entità o la misura dell'inerzia, dovute o a variazioni vere e proprie dell'inerzia o ad imperfezioni da attribuirsi al dispositivo di misura.

Tra le cause di variazione riteniamo che quella che ha maggiore influenza, per cronografi a punta scrivente come quello in esame, sia dovuta a variazioni di attrito della punta stessa sulla striscia paraffinata, sia in dipendenza di cause esterne o dovute all'operatore, sia in conseguenza di variazioni dello spessore dello strato di paraffina sulla striscia stessa. Prove eseguite con carta paraffinata di ottima fattura (strato di paraffina consistente) e con carta a scarso contenuto di paraffina, hanno mostrato una variazione della corrente i_0 della soglia di funzionamento da 3 a 1; questa influenza è poi messa chiaramente in evidenza dal fatto che con striscia ferma la soglia di funzionamento diminuisce gradualmente dopo qualche tempo, poichè la punta, anche sotto l'azione di deboli impulsi, dopo pochi secondi

riesce a smuovere lentamente lo strato di paraffina che costituisce una parte della forza antagonista.

Queste variazioni non danno però interamente ragione delle differenze riscontrate tra i valori calcolati e quelli ricavati sperimentalmente. Non è quindi improbabile che qualche influenza abbia avuto il contatto *B* del dispositivo di misura, a causa della inevitabile pressione che la punta *b* esercita sulla punta scrivente. Ciò può determinare un aumento artificiale dell'inerzia, particolarmente sensibile alle basse tensioni, poichè in questo caso il tempo di salita della punta cronografica aumenta notevolmente ($\sim 2-3$ ms). I risultati sperimentali confermano comunque che, pure tenendo conto di eventuali variazioni d'inerzia, i ritardi stessi, anche per segnali di circa 30 V, risultano inferiori al millesimo di secondo. Al disotto di tale limite non è vantaggioso avventurarsi, soprattutto per segnali radio, che a differenza dei segnali locali ad onda quadra, sin ora considerati, presentano un tempo di salita più sensibile. In tal caso è possibile che questi ritardi raggiungano la precisione intrinseca del cronografo registratore, che si può porre di ~ 2 ms, per secondi di 1 cm.

PRECISIONE DEI CONTATTI MECCANICI DEI SECONDI.

2. — Come complemento a questa necessaria ricerca degli errori sistematici delle registrazioni cronografiche, è stata condotta un'ulteriore accurata indagine per mettere in evidenza la precisione dei contatti meccanici forniti dagli orologi sincroni a 50 Hz e a 1 kHz, che danno il segnale del secondo per i due orologi a quarzo *Q 2* e *Q 1B*. La conoscenza dell'ordine di grandezza degli errori a carattere accidentale propri dei contatti meccanici in esame è importante per stabilire eventuali incompatibilità con i metodi di registrazione e di confronto.

Le misure sono state effettuate usando il dispositivo oscillografico. I segnali dei due orologi convenientemente sfasati in modo tale da poterne determinare la differenza con lettura diretta utilizzando la b. t. della durata di 10 ms su una lunghezza di 10 cm, sono stati inviati contemporaneamente all'asse *Y* dell'oscilloscopio attraverso un circuito sommatore. La posizione iniziale e finale del segmento differenza che appariva sullo schermo ogni secondo veniva registrata velocemente su una durata di più minuti. Procedendo in questo modo il valore della misura del segmento differenza era affetta unicamente da errori dovuti ai contatti meccanici che determinano i segnali dei secondi, annullandosi per differenza gli errori sistematici o occidentali da attribuirsi ad irregolarità di durata della b. t.

L'errore medio *E* di ogni singola misura lineare risultò di $4,5 \cdot 10^{-4}$ s.

Chiamando E_1 e E_2 gli errori medi di una lettura dei due estremi del segmento si avrà quindi :

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2},$$

Per cui se si pone $E_1 = E_2$ si ottiene :

$$E_1 = E / \sqrt{2}.$$

Considerando ora che in $E_1 = E_2$ si sommano gli errori medi dovuti ad irregolarità vere e proprie del contatto o del motore sincrono E_c , agli errori di lettura E_e , si può scrivere :

$$E_1 = \sqrt{E_c^2 + E_e^2}.$$

Da cui, poichè con b. t. di durata 10 ms, ammettendo un errore medio di lettura visuale sullo schermo oscillografico certamente inferiore a 2 mm, risulta $E_e < 2 \cdot 10^{-4}$, si ha :

$$E_c = \sqrt{E_1^2 - E_e^2} > \sqrt{E_1^2 - 4 \cdot 10^{-8}}.$$

Col valore di E trovato si ottiene perciò :

$$E_1 = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$3,2 \cdot 10^{-4} \text{ s} > E_c > 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}.$$

I risultati conseguiti, se si ammette che in E_1 il peso dovuto alle irregolarità di velocità dei motori sincroni, alimentati con frequenze campioni sia piccolo, dimostrano che con dispositivi meccanici il limite superiore della precisione di ogni secondo risulta di qualche unità di 10^{-4} s, cioè dello stesso ordine di grandezza dei ritardi ottenuti sperimentalmente per segnali di 50 V (tensione di funzionamento del cronografo). Esso risulta quindi compatibile con il metodo di confronto cronografico, a prescindere dagli errori di lettura del metodo stesso.

Al contrario usando per misure di confronti il cronometro elettronico od il dispositivo oscillografico che permettono la lettura diretta a meno di una unità di 10^{-4} s, errori di questo ordine non sono più ammissibili. Per confronti con precisioni di 10^{-4} s è necessario sostituire i contatti meccanici forniti da motori sincroni con metodi fotoelettrici, o ancor meglio, con demoltiplicatori elettronici a ritardo trascurabile che forniscono il segnale del secondo partendo direttamente dalle frequenze campioni di 50 Hz o 1 kHz. Questi dispositivi, già al primo collaudo, entreranno molto presto in funzione all'Osservatorio di Brera, e permetteranno una adeguata utilizzazione sia del cronometro elettronico, sia del sistema osciloscopico di misura.