

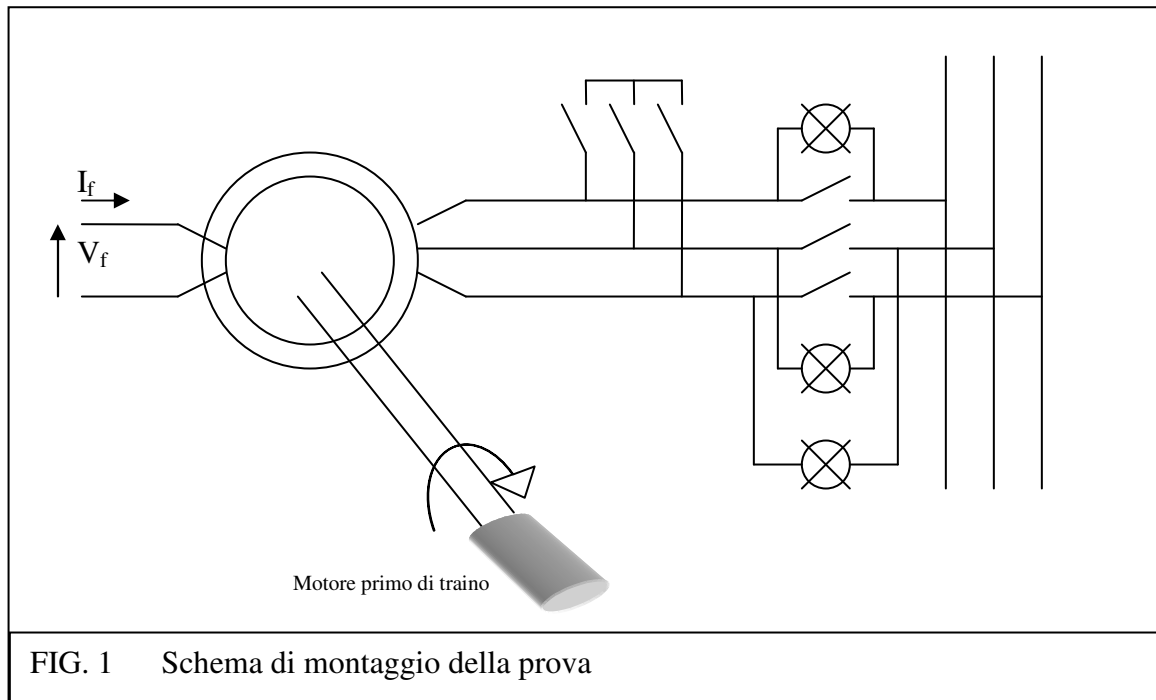


UNIVERSITÀ DI PISA
FACOLTÀ di
INGEGNERIA

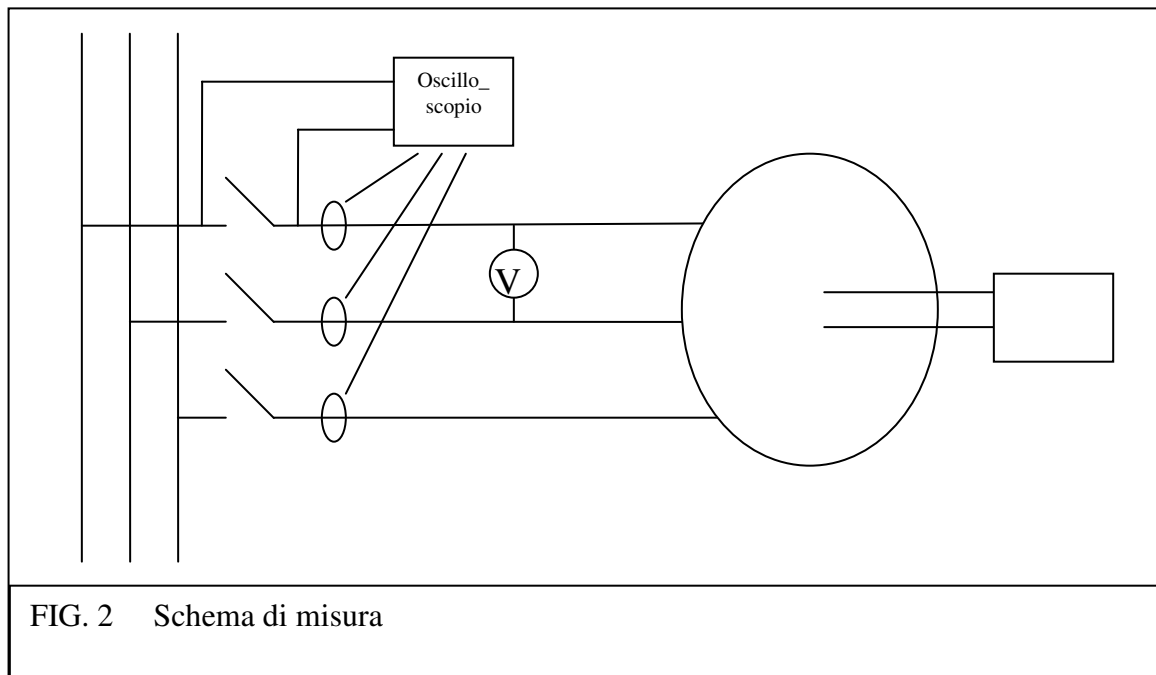
TRANSITORIO DI CORTO CIRCUITO DI UNA MACCHINA SINCRONA

Studente:	Giovanni Canní,
matricola:	271091
materia:	prove su macchine
docente:	Ing. Mauro Lemmi Gigli
data:	22/11/2005

SCHEMA DI PRINCIPIO:



SCHEMA DI MISURA:



ATTREZZATURA ADOPERATA:

DENOMINAZIONE	QUANTITA'	NOTE
Motore primo di traino	1	Macchina elettrica rotante
Autotrasformatore	1	Trifase a rapp. variabile sotto carico
Oscilloscopio	1	
lampada	3	

Tab. 1 attrezzatura adoperata

Macchina in prova:

 $P_n = 10 \text{ kVA}$ $V_n = 380 \text{ V}$ con collegamento a stella compatibile con funzionamento a 220 V
collegamento a triangolo $f_n = 50 \text{ Hz}$ $n_n = 1500 \text{ giri/min}$ **VALORI DESUNTI DALLE MISURE:**

tempo	I1 PP [A]	I2 PP [A]	I3 PP[A]
0	95	83,6	110,2
0,02	68,4	72,2	64,6
0,04	57	60,8	60,8
0,06	49,4	53,2	53,2
0,08	45,6	49,4	49,4
0,1	41,8	45,6	49,4
0,12	39,9	41,8	41,8
0,14	38	38	39,9
0,16	37,24	38	38
0,18	34,2	34,2	38
0,2	30,4	32,3	34,2
0,22	28,5	30,4	32,3
0,24	26,6	29,64	28,88
0,26	22,8	26,6	26,6
0,28	22,04	26,6	26,6
0,3	22,04	22,8	22,8
0,32	20,52	22,8	22,8
0,34	19	19	22,8
0,36	19	19	20,9
0,38	18,24	19	19
0,4	18,24	18,24	19
0,42	16,34	16,34	19
0,44	15,2	16,34	18,24
0,46	15,2	15,2	17,48
0,48	15,2	15,2	15,2
0,5	15,2	15,2	15,2
0,52	15,2	15,2	15,2
0,54	15,2	15,2	15,2
0,56	15,2	15,2	15,2
0,58	15,2	15,2	15,2
0,6	15,2	15,2	15,2

Tab. 2 valori misurati (derivate dall'oscillogramma)

DESCRIZIONE DELLA PROVA ED ELABORAZIONE DEI DATI:

E' stata eseguita la prova in oggetto al fine di caratterizzare il modello dinamico di una macchina sincrona soggetta a cortocircuito simmetrico.

Si è svolta la prova a tensione ridotta ($V = 91V$) perché il transitorio produce coppie pulsanti sull'albero della macchina, dove risiedono strumenti delicati. Poco preoccupante è invece l'aspetto elettrico di questo genere di guasto per la macchina in esame.

Dal modello di Ben Heschemburg si deriva:

$$E_o = V + jX_s I \quad (1)$$

durante il corto circuito la (1) diviene:

$$I_{cc} = E_o / jX_s \quad (2)$$

Tuttavia interviene un transitorio, per cui la I_{cc} così stabilita è solo la componente di regime. Nella realtà ci sono anche una componente transitoria, una componente subtransitoria e una componente unidirezionale. Durante il transitorio di corto circuito, quindi, l'equazione diviene

$$I(t) = \frac{E}{X_s} \cdot \sqrt{2} \sin(\omega t) + E\sqrt{2} \left(\frac{1}{X'_s} - \frac{1}{X_s} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \sin(\omega t) + E\sqrt{2} \left(\frac{1}{X''_s} - \frac{1}{X'_s} \right) \sin(\omega t) + i_{unid} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

Le influenze delle componenti subtransitoria e quella unidirezionale, apprezzabili qualitativamente dall'oscillogramma, non sono valutabili quantitativamente.

L'oscillogramma rilevato durante tale prova è di seguito riportato:

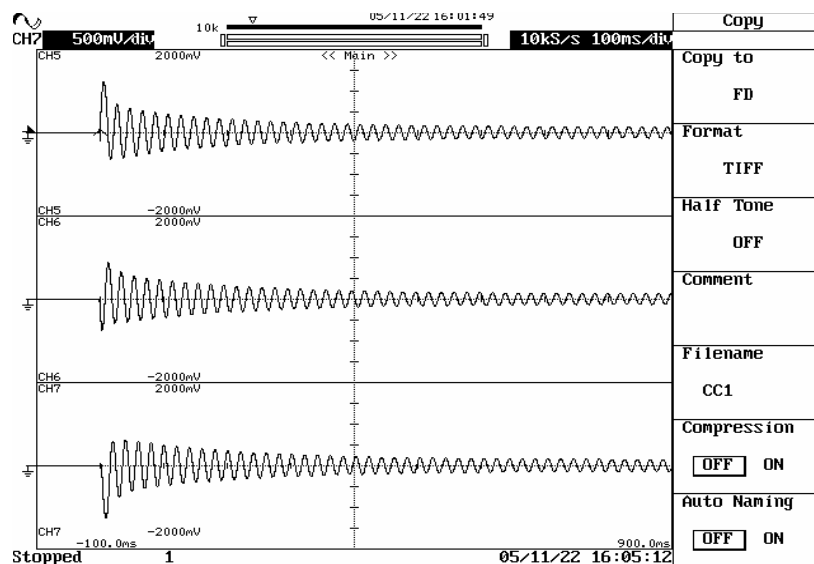


Fig. 3: oscillogramma delle correnti durante il cortocircuito

Misurando materialmente la distanza picco-picco della corrente (1 div = 25 A) ad ogni periodo, ricostruita in opportuna scala una copia cartacea dell'oscillogramma di fig. 3 , si riesce ad eliminare l'influenza della componente unidirezionale della corrente. Tali valori sono riportati in tab.2 (già convertiti da mm in A).

Il valore picco-picco di regime della corrente è 15,2 A

$$I_{cc_{eff}} = \frac{15,5}{2\sqrt{2}} = 5,4 \text{ A} \quad (4)$$

si può ricavare la reattanza sincrona come

$$X_s = \frac{E_{eff}}{I_{cc_{eff}}} = \frac{91V}{5,4A} = 16,8 \Omega \quad (5)$$

Per determinare la reattanza sincrona transitoria si deriva la corrente media del primo picco ottenendo $I = 96,3 \text{ A}$

Dall'equazione

$$V\sqrt{2}\left(\frac{1}{X_{1s}} - \frac{1}{X_s}\right) = I_{max} \quad (6)$$

$$91\sqrt{2}\left(\frac{1}{X_{1s}} - \frac{1}{16,8}\right) = \frac{96,3}{2} \quad (7)$$

Risolvendo si ottiene $X_{1s} = 2,3 \Omega$

DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE DI TEMPO:

i valori medi picco picco di corrente, a meno della componente di regime, sono riportati in fig. 4

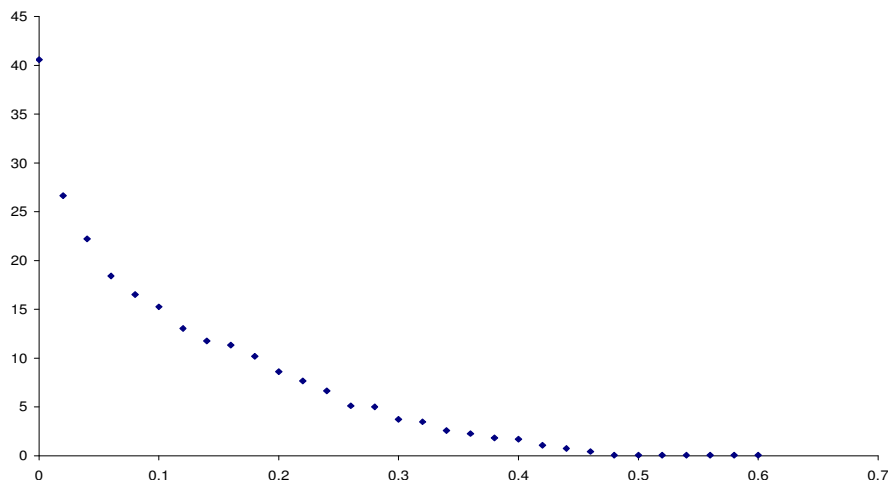


Fig. 4: media dei picchi di corrente a meno della componente di regime ed unidirezionale

Riportando tali valori su una scala logaritmica ed aggiungendo una retta interpolante:

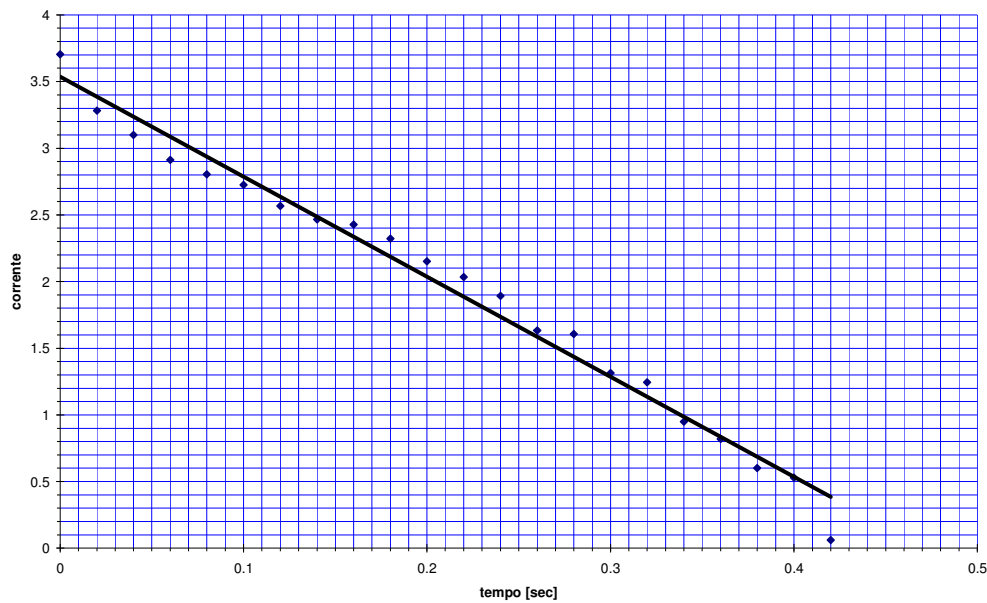


Fig. 5: logaritmo naturale dei picchi di corrente a meno della componente di regime ed unidirezionale

Poiché i picchi di corrente seguono un andamento del tipo:

$$I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (8)$$

In scala logaritmica si ottiene:

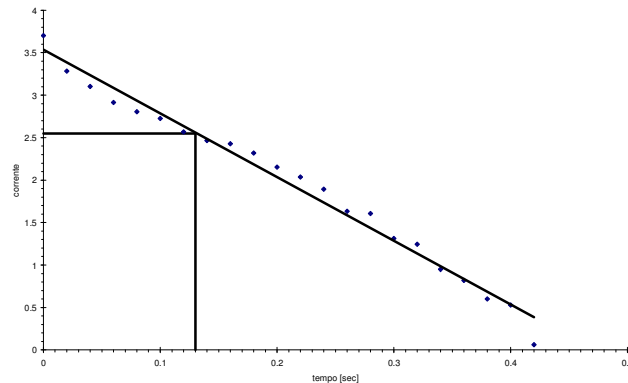
$$\log\left(I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \log(I_{\max}) + \log\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \log(I_{\max}) - \frac{t}{\tau} \quad (9)$$

Ovvero tale curva, in scala logaritmica, decreta di una unità quando le ascisse (t) incrementano di una costante di tempo:

dal grafico risulta, pertanto, una costante di tempo di:

$$\tau = 130 \text{ msec.}$$

E' possibile, in alternativa, stimare la costante di tempo in esame direttamente dall'oscillogramma. A tal fine si procede contando il numero di oscillazioni che compie la corrente prima di diventare costante: si contano 27 periodi. Noto che ciascun periodo, alla frequenza di 50 Hz, dura 20 msec., si deriva che il tempo di estinzione del transitorio è di 540 msec. . Dividendo per 4 si ottiene, infine, una costante di tempo di 135 msec..



PROVE DI FALSO PARALLELO:

sono state successivamente eseguite delle prove di falso parallelo tra la macchina in prova e la rete, ovvero dei paralleli con deliberati errori di frequenza, ampiezza e fase. Non è stata eseguita una prova con errore di sequenza, in quanto eccessivamente gravosa per la macchina.

E' stata anzitutto eseguita una prova di corretta messa in parallelo della macchina utilizzando il metodo delle lampade. Quando è stata raggiunta la condizione, nella quale c'erano due lampade spente ed una accesa, si è collegata la macchina alla rete, ottenendo un transitorio osservabile dal seguente oscillogramma:

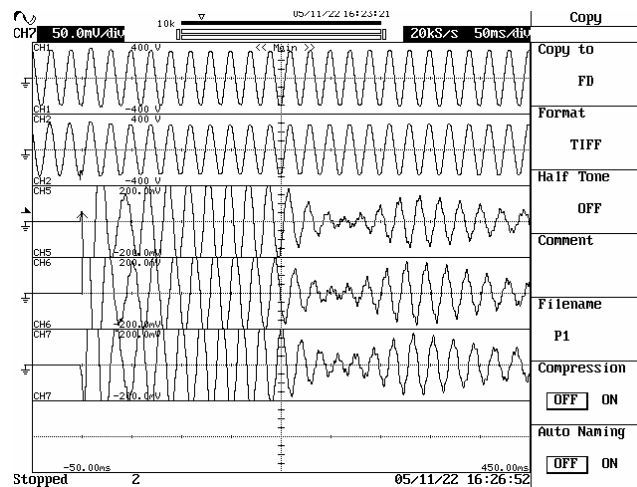


Fig. 6 oscillogramma del corretto parallelo.

Si nota che, sebbene sia stato eseguito attenendosi alle regole che un buon parallelo impone, L'oscillogramma denuncia comunque l'esistenza di una fase di pendolazione attorno ad un equilibrio.

Successivamente è stato fatto un parallelo con errore di ampiezza utilizzando una tensione di rete pari a 120 V stellata ed una tensione di macchina di 60 V ottenendo

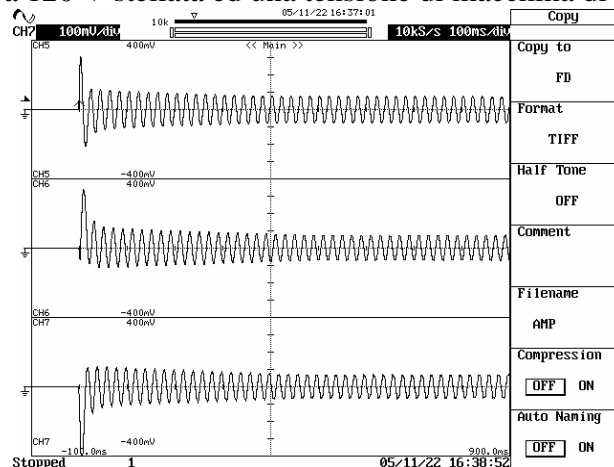


Fig. 7 oscillogramma del parallelo con errore di ampiezza.

Ovvero un transitorio molto simile quello di corto circuito prima analizzato. Si intuisce pertanto che questo errore sia decisamente poco grave.

Il secondo errore sperimentato è stato quello di fase, eseguito a tensione ridotta ($V=120$ V) per ridurre le brusche accelerazioni e decelerazioni. L'errore di fase è stato di 45° . L'oscillogramma ottenuto è:

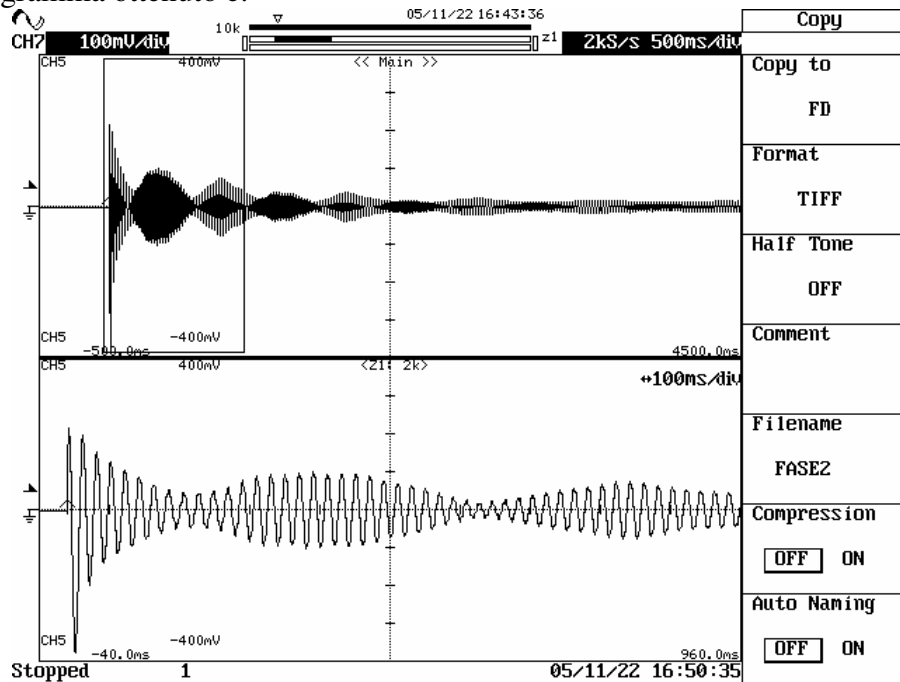


Fig. 7 oscillogramma del parallelo con errore di fase.

Da questa figura si evince come ci siano variazioni di velocità del motore dovute ad una coppia elettromagnetica che tende a portare la macchina all'equilibrio, cioè con coppia uguale a zero e stessa fase tra i due vettori di tensione.

Questo succede per via della potenza sincronizzante data dalla formula

$$P = \frac{E_0 \cdot V \cdot \sin\beta}{X_s} \quad (10)$$

dove β è l'angolo di coppia e X_s la reattanza sincrona di asse diretto. In virtù di questa potenza, che nasce proprio quando E_0 e V non sono in fase, si sviluppa una coppia

$$C = \frac{P}{\omega_{sinc}} \quad (11)$$

che tende a riportare nelle giuste condizioni l'alternatore. Inoltre è possibile notare come il transitorio si smorzi per ogni passaggio da zero.

L'ultimo errore eseguito è stato quello di frequenza. Si è deliberatamente scelto un piccolo errore (circa $\frac{1}{2}$ Hz) per evitare un pericoloso transitorio. Si riporta di seguito il relativo oscillogramma:

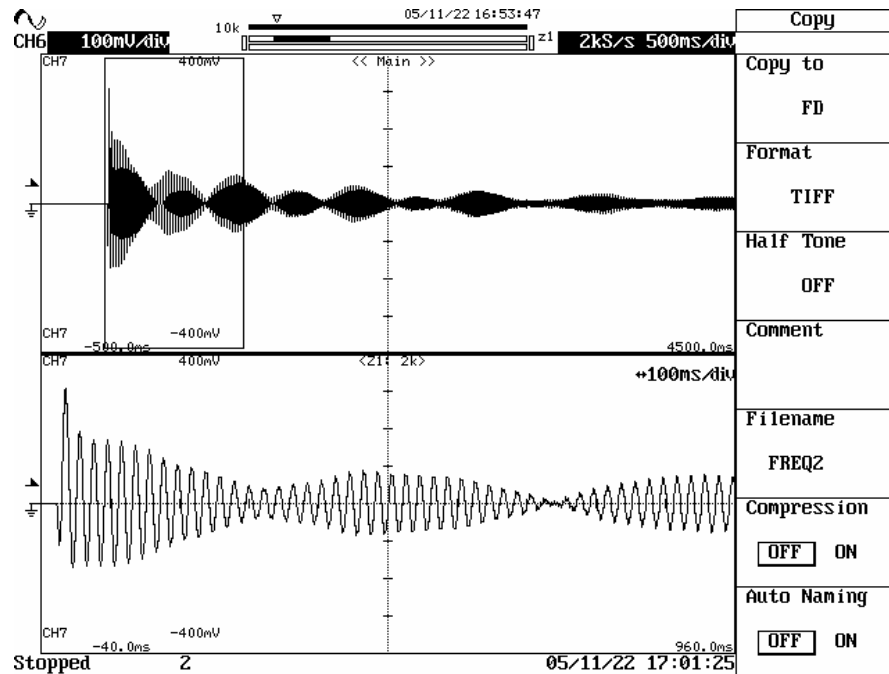


Fig. 8 oscillogramma del parallelo con errore di frequenza.

Si nota che a tale errore consegue un comportamento del tutto simile a quello dovuto ad errore di fase.