

DOCUMENT TYPE: REPORT DOCUMENT

TITLE: AGILE MCAL EMC TEST REPORT

DOCUMENT Ref. No.: AGILE-ITE-RP-010 N° OF PAGES: v,24
IASF internal report n. 442

ISSUE No.: 1 **DATE:** 4/4/2006

PREPARED BY: M. Marisaldi, C. Labanti, F. Fuschino

CHECKED BY: C. LABANTI

SUBSYSTEM MANAGER: C. LABANTI

APPROVED BY:

SUBSYSTEM LEADER: G. DI COCCO **DATE:**

PRINCIPAL INVESTIGATOR: M. TAVANI **DATE:**

AST MANAGER: A. ZAMBRA **DATE:**

PAPM: G. DE PARIS **DATE:**

CONFIGURATION: P. ANNALE **DATE:**

SOMMARIO

1	<u>INTRODUZIONE</u>	1
2	<u>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</u>	2
3	<u>ACRONIMI</u>	3
4	<u>MISURE</u>	4
5	<u>MCAL STATUS</u>	9
6	<u>ANALISI ANOMALIE</u>	14
6.1	ANOMALIA CRITICA: TEST 04-02-01. C.S. ON POWER LINES, STEADY STATE, DM	14
6.2	ANOMALIA: TEST 04-02-02 C.S. ON POWER LINES, STEADY STATE, CM	19
6.3	ANOMALIA: TEST 04-02-03 C.S. DIFFERENTIAL MODE TRANSIENT POWER	19
7	<u>CONCLUSIONI</u>	22
	<u>APPENDICE A. RICERCA DI COMPONENTI PERIODICHE IN DATASET CON CAMPIONAMENTO CASUALE</u>	23

1 INTRODUZIONE

Questo report riguarda l'analisi dei dati di MCAL relativamente ai test di compatibilità elettromagnetica su AGILE IPL svolti presso Carlo Gavazzi Space – Tortona dal 22 al 29 Marzo 2006.

E' stata valutata la variazione nelle prestazioni di MCAL dovute all'esecuzione dei test in oggetto e sono state evidenziate alcune criticità.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[1] TL21649 AGILE Team, "IPL EMC TEST PROCEDURES", AGILE-LAB-TP-013

[2] NUMERICAL RECIPES IN C, chapter 13.8 "Spectral analysis of unevenly sampled data"

3 ACRONIMI

ADC	Analog to Digital Conversion
BLR	Base Line Restorer
BTF	Beam Test Facility
LNF	Laboratori Nazionali di Frascati
MCAL	Minicalorimetro
MCS	Multi Channel Scaler
NIM	Nuclear Instrumentation Module
PD	Fotodiodo
SA	Super-Agile
SEM	Simplified Engineering Module
ST	Silicon Tracker

4 MISURE

Tutte le misure analizzate sono acquisite in modalità GRID physical calibration (pacchetto 39.02).

Le tabelle Tabella 1-Tabella 4 riportano i run di misura con alcune informazioni di base e una descrizione sommaria dei test eseguiti (con riferimento a [1]).

Le tabelle seguenti riportano anche, per i 4 semipiani di MCAL (XA, ZA, XB, ZB corrispondente ciascuno ad una scheda preamplificatori MCPB) l'aumento percentuale del rumore rispetto al run di riferimento (5005 acquisito in CGS Tortona) valutato in base alla larghezza (sigma) dei picchi dei piedistalli dei canali di MCAL. Per ogni semipiano è fornito il valore mediato sui 15 lati barra che lo compongono.

AGILE

Ref: AGILE-ITE-RP-010
 Project Ref.: AGILE
 Issue: 1 Page: 5
 Date: 20/08/2004

run	t start	duration	events	rate (evt/s)	Mean noise variation (% respect to reference)				Test
					XA	ZA	XB	ZB	
5410	11.23.48	296	8692	29.4	-0.4	0.2	-0.6	-0.5	reference
5411	11.33.52	329	9917	30.1	-0.4	0.0	-0.3	-0.4	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 10KHz
5412	11.41.21	370	11059	29.9	0.2	0.7	-0.3	0.0	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 25KHz
5413	11.49.54	331	9547	28.8	0.1	1.1	0.0	-0.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 50KHz
5414	12.00.28	364	10764	29.6	8.9	19.3	1.8	10.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 30Hz
5415	12.09.54	337	9942	29.5	6.9	15.4	1.9	8.4	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 100Hz
5416	12.19.24	342	10167	29.7	3.1	8.9	1.5	4.4	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 300Hz
5418	12.29.49	390	11563	29.6	1.8	2.8	0.8	1.6	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 1KHz 0.5A
5420	12.40.08	376	12450	33.1	2.1	3.5	2.2	3.2	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 2.5KHz 0.5A
5422	12.50.21	355	10873	30.6	2.0	2.4	2.2	2.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 5KHz 0.5A
5423	12.58.25	355	10966	30.9	3.7	8.1	2.4	5.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 500Hz 2Vpp max 1A
5424	13.06.19	494	15162	30.7	2.7	3.4	2.6	3.0	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 7kHz 2Vpp max 1A
5428	15.14.50	417	12162	29.2	1.2	2.3	0.9	1.1	reference
5429	15.27.33	339	9943	29.3	0.8	2.1	1.2	1.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 400KHz 2Vpp max 1A
5430	15.34.27	330	9604	29.1	3.0	5.8	1.2	2.5	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 200KHz 2Vpp max 1A
5431	15.41.32	315	9151	29.1	0.8	1.1	1.5	0.7	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 1MHz 2Vpp max 1A
5432	15.48.07	305	8840	29.0	0.7	1.4	1.5	1.2	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 3MHz 2Vpp max 1A
5433	15.55.08	403	11928	29.6	0.9	1.5	1.7	1.5	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 10MHz 2Vpp max 1A

(continua)

run	t start	duration	events	rate (evt/s)	Mean noise variation (% respect to reference)				Test
					XA	ZA	XB	ZB	
5434	16.02.53	323	9488	29.4	1.3	2.0	1.9	1.5	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 25MHz 2Vpp max 1A
5435	16.08.59	309	9209	29.8	1.4	1.8	1.5	1.4	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.01. 50MHz 2Vpp max 1A
5436	16.24.17	364	10703	29.4	1.5	2.4	2.2	1.6	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 45MHz 0.5Vpp
5437	16.35.05	352	10065	28.6	1.8	2.3	1.7	1.9	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 25MHz 0.5Vpp
5438	16.42.43	343	10181	29.7	1.9	2.5	2.4	2.0	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 10MHz 0.5Vpp
5439	16.50.26	325	9520	29.3	2.5	2.7	2.4	2.0	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 1MHz 0.5Vpp
5440	16.57.17	315	9376	29.8	2.3	2.5	2.3	2.6	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 3MHz 0.5Vpp
5441	17.03.31	320	9389	29.3	2.7	2.8	2.5	2.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 400kHz 0.5Vpp
5444	17.39.39	338	10044	29.7	3.3	3.5	3.7	3.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 50kHz 0.8Vpp
5445	17.47.13	302	8948	29.6	3.0	3.7	3.7	3.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 25kHz 1Vpp
5446	17.53.46	299	8796	29.4	3.1	4.8	3.5	3.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 10kHz 1Vpp
5447	17.59.49	282	8254	29.3	5.1	9.2	4.2	6.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 5kHz 1Vpp
5448	18.05.38	287	8459	29.5	4.1	6.3	3.8	4.6	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 2.5kHz 1Vpp
5449	18.11.47	304	8805	29.0	3.6	4.0	3.7	3.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 1kHz 1Vpp
5450	18.17.27	308	9235	30.0	3.5	3.9	3.9	3.8	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 500Hz 1Vpp
5451	18.23.27	309	9001	29.1	4.0	4.3	4.2	3.7	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 300Hz 1Vpp
5452	18.29.49	297	8632	29.1	3.7	4.0	3.5	3.5	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 100Hz 1Vpp
5453	18.35.48	364	10568	29.0	3.9	4.3	4.5	4.0	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.02. 30Hz 1Vpp

Tabella 1 Elenco dei run eseguiti il 22/3/06 con descrizione sintetica dei test. Sono evidenziati i run che presentano un aumento di rumore anomalo.

AGILE

Ref: AGILE-ITE-RP-010
 Project Ref.: AGILE
 Issue: 1 Page: 7
 Date: 20/08/2004

run	t start	duration	events	rate (evt/s)	Mean noise variation (% respect to reference)				Test
					XA	ZA	XB	ZB	
5460	09.44.20	322	9526	29.6	-0.9	-0.8	-1.4	-1.0	reference
5461	10.00.30	378	11177	29.6	-0.1	0.2	-0.2	-0.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.04. CS Common Mode Spike Power +5Vp (di picco)
5462	10.08.26	323	9494	29.4	-0.4	0.1	-0.3	-0.3	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.04. CS Common Mode Spike Power -5Vp (di picco)
5463	10.18.37	317	9368	29.6	-0.1	0.2	-0.3	-0.1	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.06. CS Common Mode Transient Power -2Vp (di picco)
5464	10.25.20	309	8929	28.9	0.3	0.9	-0.1	0.2	SUSCETTIBILITA'. TEST T.04.02.06. CS Common Mode Transient Power +2Vp (di picco)
5468	11.10.11	319	9335	29.3	1.3	2.0	1.2	0.7	reference
5469	11.20.32	324	9400	29.0	1.0	1.9	1.1	1.2	TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power +10Vp (di picco)
5470	11.29.04	310	12076	39.0	0.9	2.3	1.2	1.8	TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power +28Vp (di picco)
5471	11.36.37	340	12680	37.3	2.6	5.2	5.8	2.9	TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power -28Vp (di picco)
5472	12.01.15	437	12951	29.6	2.2	2.8	2.0	2.1	TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power -12Vp (di picco)
5476	14.06.45	5618	163846	29.2	2.0	2.9	1.9	2.1	Electrical Calibration SAIE0+SAIE1 di riferimento
5477	15.48.39	2574	100568	39.1	3.0	3.9	3.3	3.5	SA Electrical Calibration SAIE0. TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power +28Vp (di picco)
5482	17.06.44	2737	104291	38.1	5.4	8.4	8.9	6.2	SA Electrical Calibration SAIE1. TEST T.04.02.03. CS Differential Mode Transient Power -28Vp (di picco)

Tabella 2 Elenco dei run eseguiti il 23/3/06 con descrizione sintetica dei test. Sono evidenziati i run che presentano anomalie.

run	t start	duration	events	rate (evt/s)	Mean noise variation (% respect to reference)				Test
					XA	ZA	XB	ZB	
5488	11.25.36	305	8782	28.8	-0.9	-1.8	-0.5	-1.9	TEST 04_02_05 reference
5489	12.38.34	457	13400	29.3	0.7	0.4	1.1	0.7	TEST 04_02_05 -12V
5492	14.12.16	308	8907	28.9	0.6	-0.6	0.7	0.0	TEST 04_02_05 reference
5493	14.24.11	1307	38089	29.1	1.2	0.9	1.3	0.9	TEST 04_02_05 +9V
5497	15.36.13	309	8904	28.8	1.6	2.0	1.6	2.0	TEST 04_02_06 reference
5498	15.42.34	495	14279	28.8	1.8	2.5	1.7	1.9	TEST 04_02_06 -2V
5503	16.12.50	355	10174	28.7	2.0	2.8	1.9	1.7	TEST 04_02_06 reference
5504	16.19.19	74	2070	28.0	0.7	2.5	0.8	1.0	TEST 04_02_06 +2V

Tabella 3 Elenco dei run eseguiti il 24/3/06 con descrizione sintetica dei test.

run	t start	duration	events	rate (evt/s)	Mean noise variation (% respect to reference)				Test
					XA	ZA	XB	ZB	
5523	10.23	1025	29439	28.7	-1.0	-1.6	-0.9	-1.2	
5524	10.46	2196	63557	28.9	-0.2	-0.7	-0.2	-0.6	
5527	14.36	389	11382	29.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.8	SUSCETTIBILITA' SU CAVO DATI (TM/TC) 04-02-07: ref.
5528	14.47	373	10854	29.1	-0.1	-0.3	0.3	-0.2	SUSCETTIBILITA' SU CAVO DATI (TM/TC) 04-02-07: -2V
5529	15.02	276	8142	29.5	-0.1	-0.2	0.3	-0.3	SUSCETTIBILITA' SU CAVO DATI (TM/TC) 04-02-07: +2V

Tabella 4 Elenco dei run eseguiti il 28/3/06 con descrizione sintetica dei test.

5 MCAL STATUS

Nelle figure Figura 1-Figura 8 sono riportati, per ogni giorno di esecuzione dei test, l'aumento percentuale del rumore rispetto al un run di riferimento (run 5005) per i 4 semipiani di MCAL e l'andamento delle temperature di MCAL ricavate dai pacchetti di housekeepings (HK). Gli HK 6207, 6208, 6209 e 6215 sono ricavati da sensori di temperatura posizionati sulle schede MCPD dei 4 semipiani, mentre gli HK 6216 e 6217 si riferiscono a sensori di temperatura posizionati sulla scheda MCAB.

La calibrazione dei sensori è tale per cui a 0 ch ADC corrisponde una temperatura di -20°C , a 97 ch ADC corrisponde una temperatura di $+40^{\circ}\text{C}$, con una granularità di $0.619^{\circ}\text{C}/\text{ch ADC}$.

In generale la temperatura sugli MCPB aumenta da circa 23°C (69 ch ADC) all'accensione, a circa 28°C (78 ch ADC) dopo alcune ore di funzionamento. In tutti i casi la temperatura non si è ancora stabilizzata al termine della giornata.

Si nota un generale aumento del rumore al crescere della temperatura. Questo andamento può essere considerato fisiologico e dovuto all'aumento della corrente di buio sui PD.

Vi sono però alcuni run in cui l'aumento del rumore non è compatibile con l'andamento di crescita dovuto all'aumento di temperatura e che verranno analizzati in dettaglio nel capitolo 6.

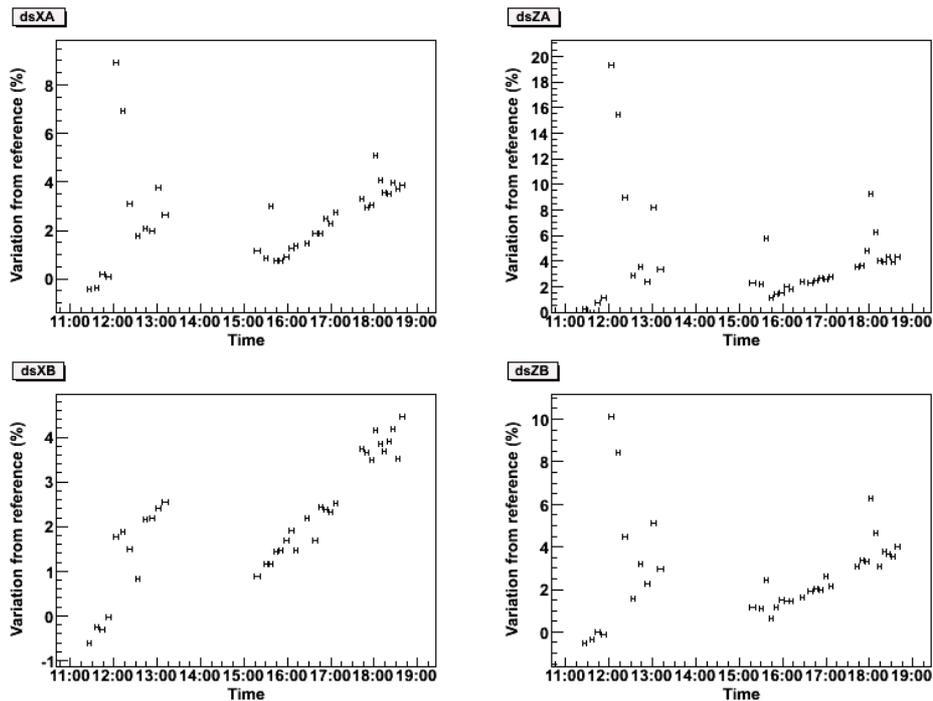


Figura 1 22/3/06. Variazione percentuale del noise rispetto al riferimento (run 5005) per i 4 lati barra (XA, ZA, XB, ZB). Ogni punto corrisponde ad un run di Tabella 1.

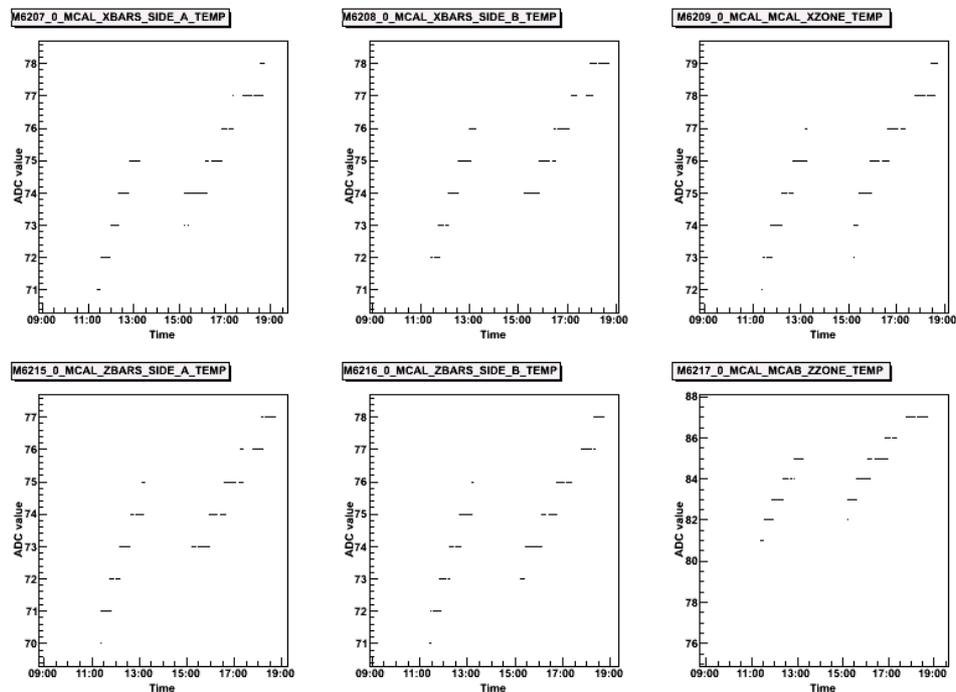


Figura 2. 22/3/06. Andamento delle temperature di MCAL ricavate dagli housekeepings. 76 canali ADC corrisponde a 27°C; una variazione di 1 canale ADC corrisponde ad una variazione di 0.62°C.

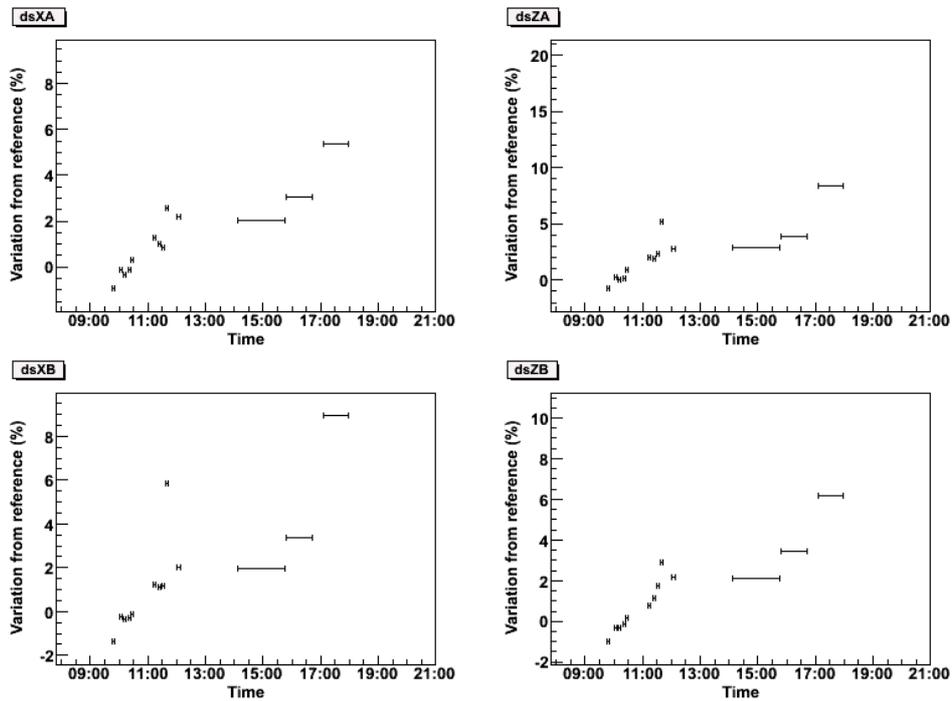


Figura 3. 23/3/06. Variazione percentuale del noise rispetto al riferimento (run 5005) per i 4 lati barra (XA, ZA, XB, ZB). Ogni punto corrisponde ad un run di Tabella 2.

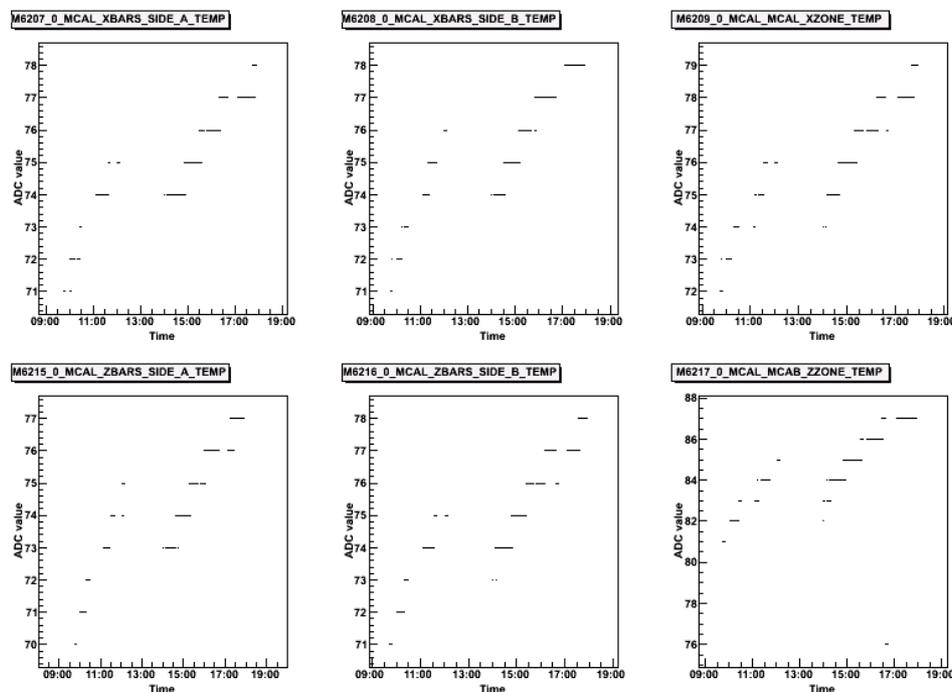


Figura 4. 23/3/06. Andamento delle temperature di MCAL ricavate dagli housekeepings.

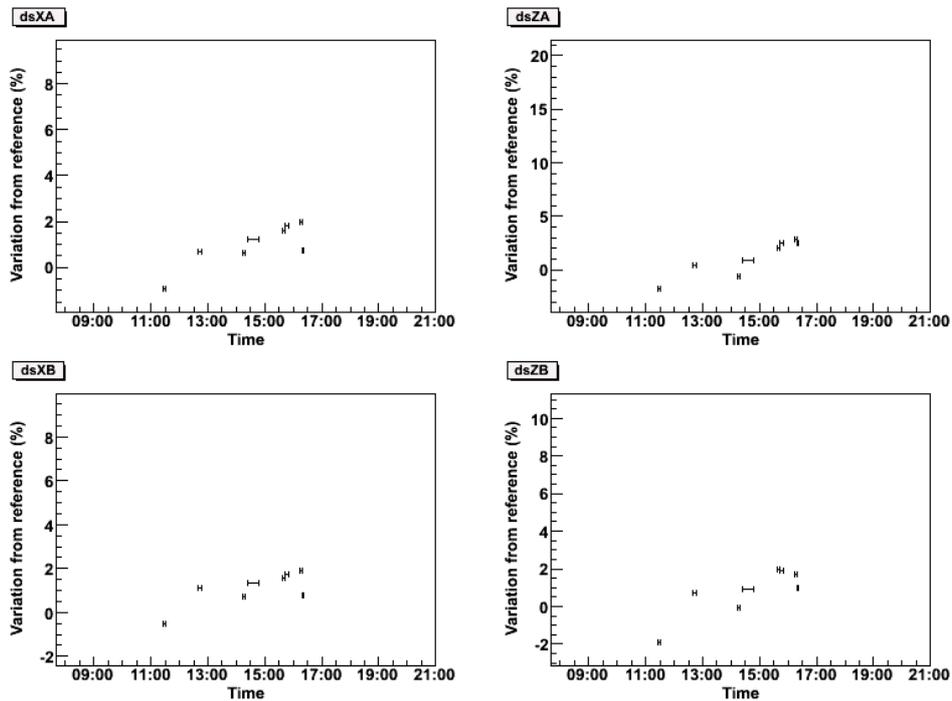


Figura 5. 24/3/06. Variazione percentuale del noise rispetto al riferimento (run 5005) per i 4 lati barra (XA, ZA, XB, ZB). Ogni punto corrisponde ad un run di Tabella 3.

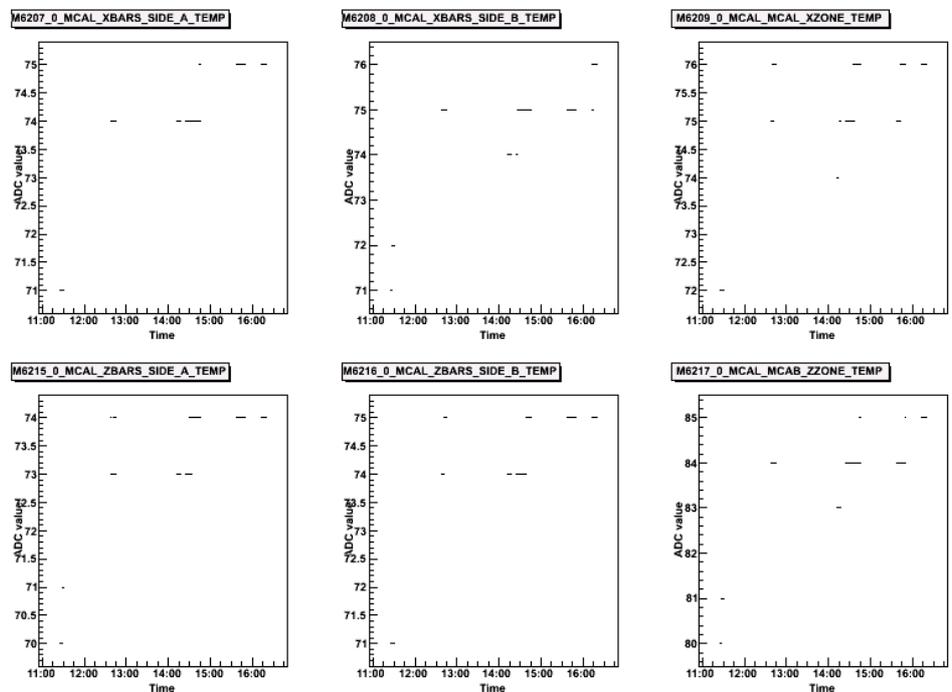


Figura 6. 24/3/06. Andamento delle temperature di MCAL ricavate dagli housekeepings.

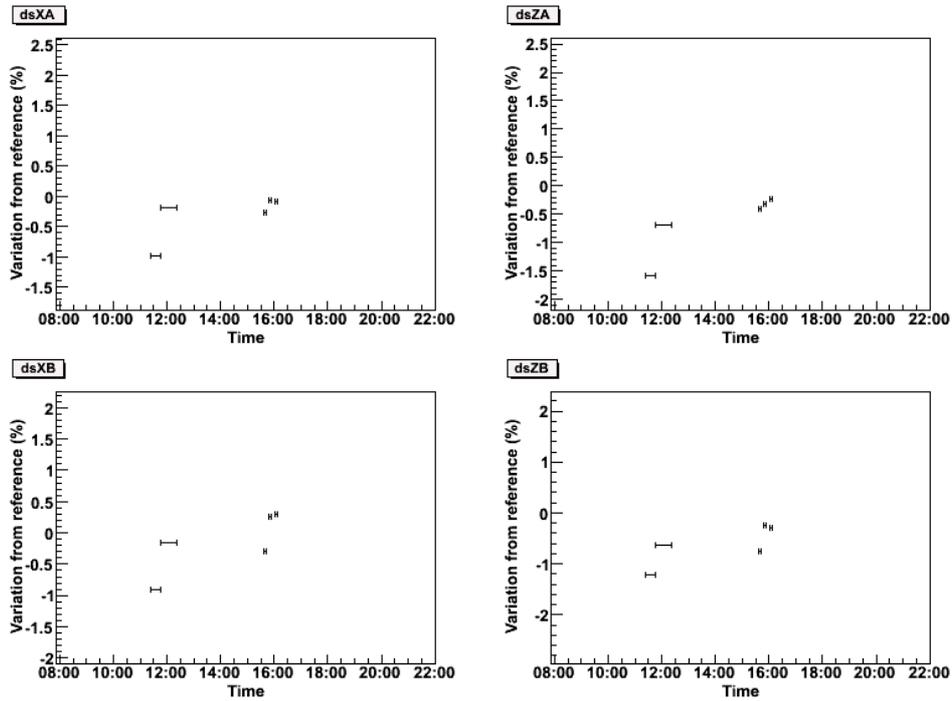


Figura 7 28/3/06. Variazione percentuale del noise rispetto al riferimento (run 5005) per i 4 lati barra (XA, ZA, XB, ZB). Ogni punto corrisponde ad un run di Tabella 4.

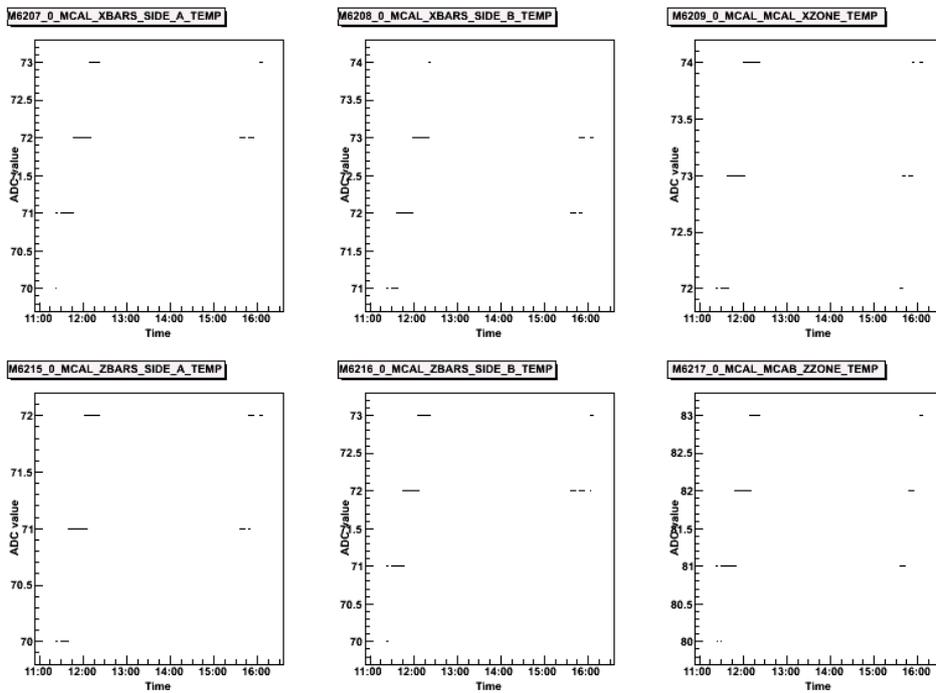


Figura 8 28/3/06. Andamento delle temperature di MCAL ricavate dagli housekeepings.

6 ANALISI ANOMALIE

6.1 ANOMALIA CRITICA: TEST 04-02-01. C.S. ON POWER LINES, STEADY STATE, DM

I run 5414, 5415, 5416 e 5423 (v. Tabella 1) presentano un aumento significativo di rumore, che raggiunge un massimo del 20% per il semipiano ZA relativamente al run 5414. Tutti questi run sono relativi a test di suscettibilità T.04.02.01 “C.S. on power lines, Steady state, DM”, ovvero iniezione di un segnale sinusoidale sulle linee di alimentazione in modo differenziale.

Le frequenze a cui MCAL risulta più sensibile sono le basse frequenze, con un massimo di aumento di noise per iniezione a 30 Hz (run 5414) ed effetti osservabili fino a 500 Hz (run 5423). Si nota una diminuzione dell'eccesso di rumore all'aumentare della frequenza iniettata.

I dati relativi ai run 5414 e 5415 sono stati analizzati utilizzando un algoritmo specifico per la ricerca di componenti periodiche in dati acquisiti con campionamento non periodico (Lomb normalized periodogram, v. APPENDICE A). Nelle figure Figura 9-Figura 12 è riportato l'output dell'algoritmo che evidenzia chiaramente nei dati campionati di MCAL la presenza delle componenti sinusoidali iniettate, soprattutto per il semipiano ZA che è appunto quello maggiormente colpito dall'aumento di rumore.

Si ricorda che anche in passato (i.e. test a DAΦNE) il lato ZA è risultato essere il più sensibile al rumore.

Sembra che l'aumento di rumore non sia dovuto all'influenza degli altri strumenti su MCAL, proprio perché si discriminano le stesse frequenze utilizzate nei test di suscettibilità.

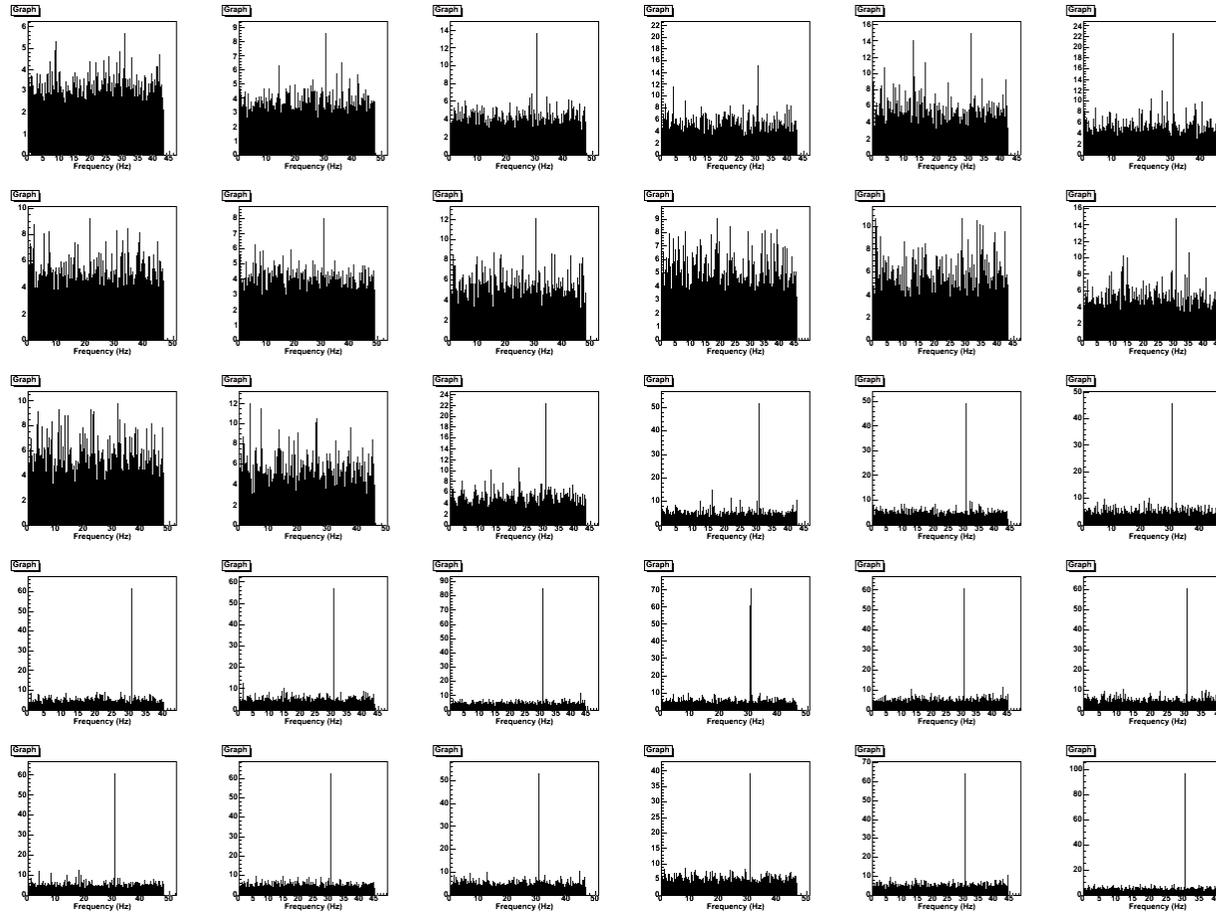


Figura 9. 22/3/06, run 5414. Lomb normalized periodogram su MCAL lati A (da in alto a sx: X1A...X15A, Z1A...Z15A). E' evidente la componente a 30 Hz su tutti i lati ZA e su alcuni lati XA.

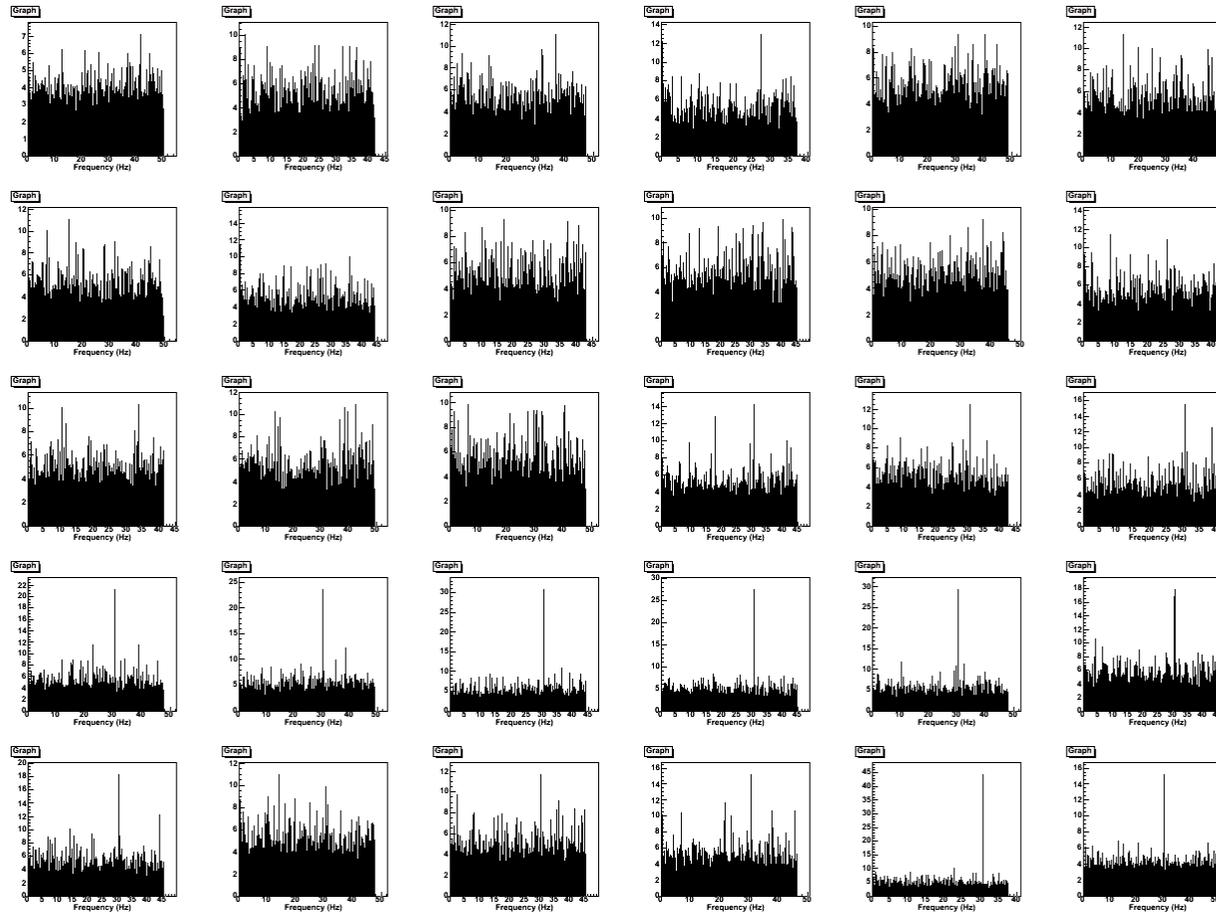


Figura 10. 22/3/06, run 5414. Lomb normalized periodogram su MCAL lato B (da in alto a sx: X1B...X15B, Z1B...Z15B). E' evidente la componente a 30 Hz sui lati ZB

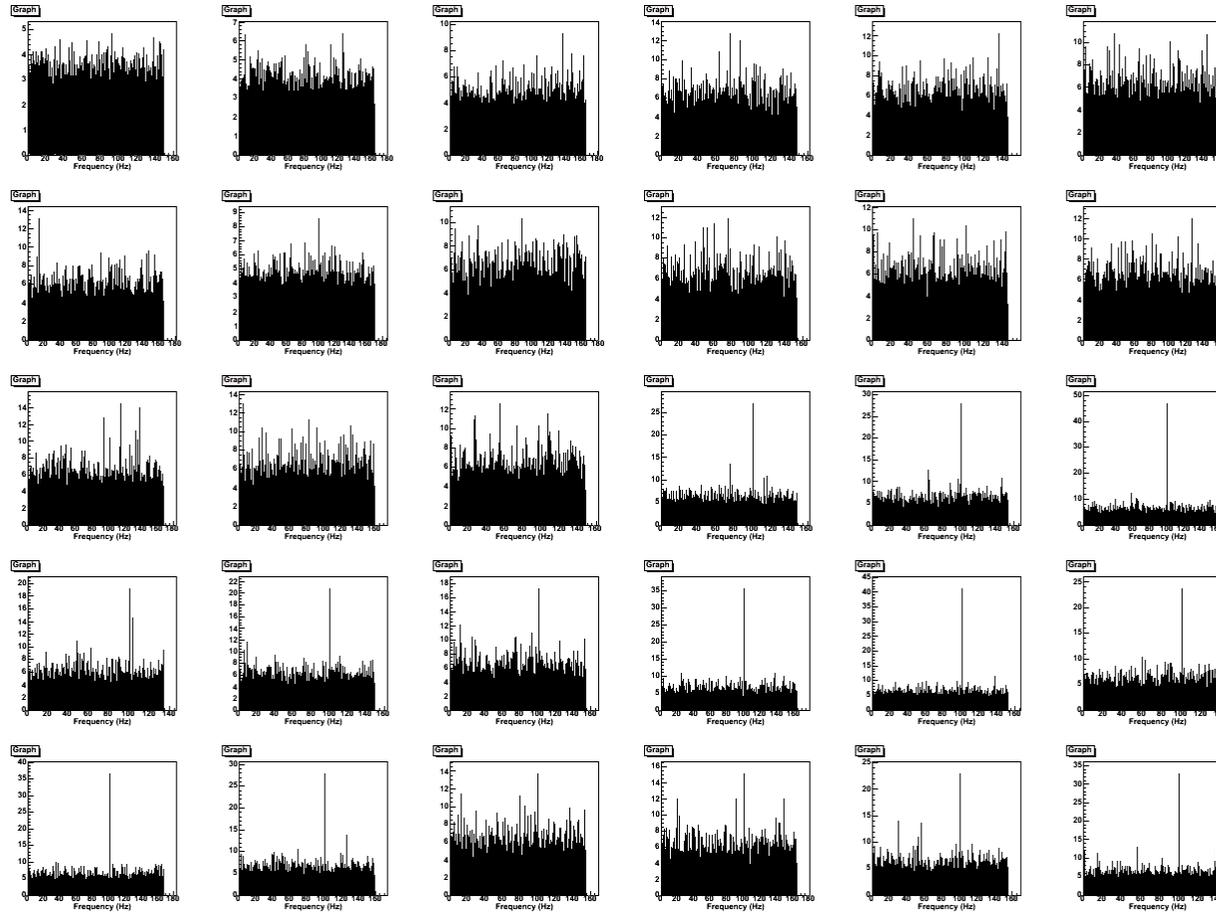


Figura 11. 22/3/06, run 5415. Lomb normalized periodogram su MCAL lato A (da in alto a sx: X1A...X15A, Z1A...Z15A). E' evidente la componente a 100 Hz sulla maggior parte dei lati ZA.

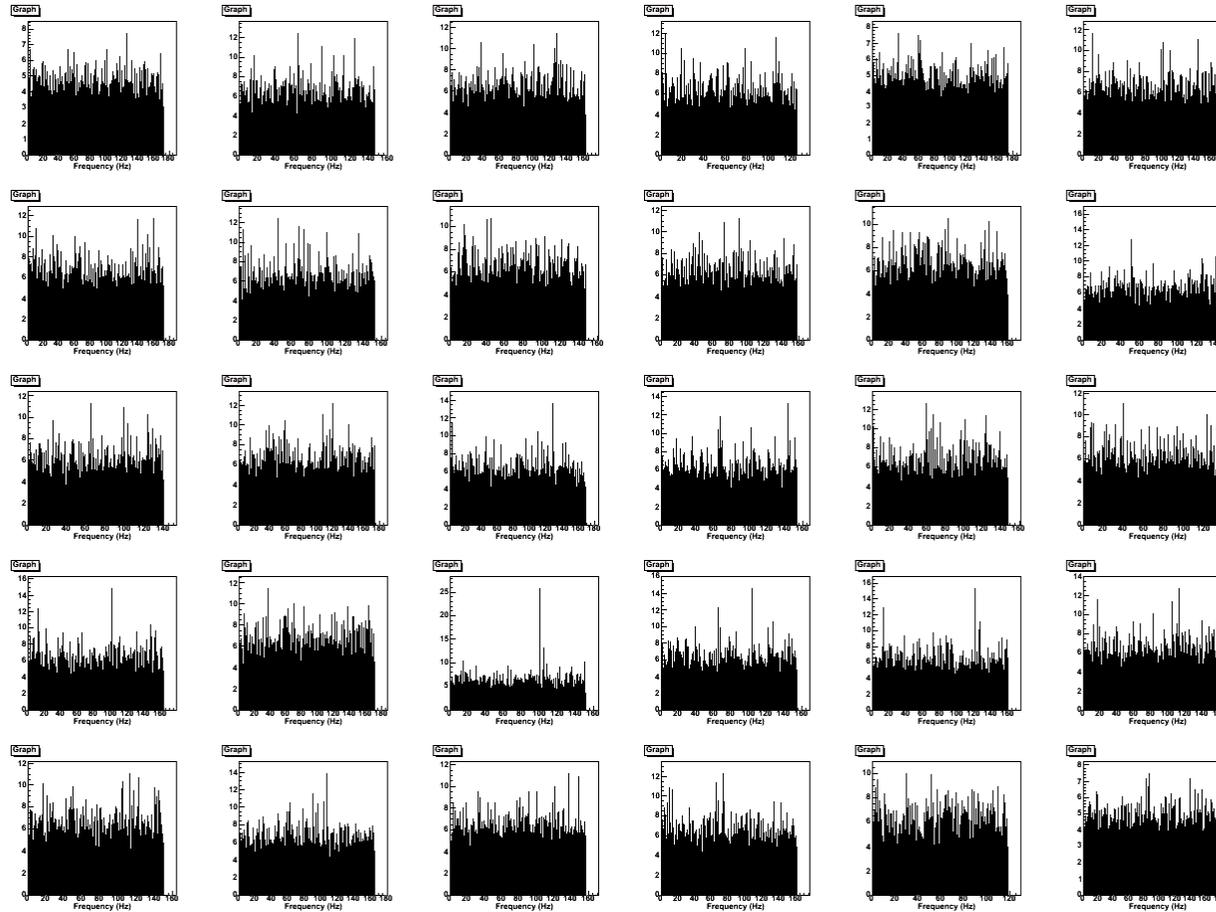


Figura 12. 22/3/06, run 5415. Lomb normalized periodogram su MCAL lato B (da in alto a sx: X1B...X15B, Z1B...Z15B).

6.2 ANOMALIA: TEST 04-02-02 C.S. ON POWER LINES, STEADY STATE, CM

I run 5447 e 5448 esibiscono un eccesso di rumore nella misura massima del 9.2% per il run 5447 sul lato ZA. I run sono relativi a test di suscettibilità T.04.02.02 “C.S. on power lines, Steady state, CM”, ovvero iniezione di un segnale sinusoidale sulle linee di alimentazione in modo comune. Le frequenze coinvolte nei due run in questione sono 5 e 2.5 kHz e non è possibile rivelare la loro presenza nei dati perché troppo alte rispetto alla frequenza di campionamento media.

6.3 ANOMALIA: TEST 04-02-03 C.S. DIFFERENTIAL MODE TRANSIENT POWER

I run 5471 e 5482 esibiscono un eccesso di rumore nella misura massima del 9% per il run 5482 sul lato XB. I run sono relativi a test di suscettibilità T.04.02.03 “C.S. DM spike voltage power leads”, ovvero l’iniezione di uno spike di tensione in modo differenziale sulle linee di alimentazione. Gli spike hanno durata di circa 10 μ s e sono ripetuti a frequenza di 10Hz. La tensione di picco dell’impulso è -28V.

L’analisi mediante algoritmo di Lomb (v. APPENDICE A) mostra chiaramente per entrambi i run la presenza di una componente a 10Hz e armoniche successive, come illustrato nelle figure Figura 13 e Figura 14. **In particolare, si nota che in questi run il semipiano col maggiore aumento di rumore è l’XB, che in generale è sempre risultato essere il meno sensibile all’aumento di rumore.**

I run 5470 e 5477 sono stati acquisiti nelle stesse condizioni, ma con tensione di picco dell’impulso di +28V. Questi run non presentano significativi eccessi di rumore.

Tutti i run relativi al test 04.02.03 eseguiti con tensione di picco di 28V in valore assoluto (5470, 5471, 5477, 5482) presentano un rate di T1_YES maggiore di circa 10Hz rispetto alla media (v. Tabella 2). **Questo potrebbe significare che ogni impulso induca un trigger spurio sul Tracker. (TBV).**

Per tensioni di picco inferiori a 28V in valore assoluto non si notano particolari anomalie né relativamente al rumore di MCAL né riguardo al rate di T1_YES.

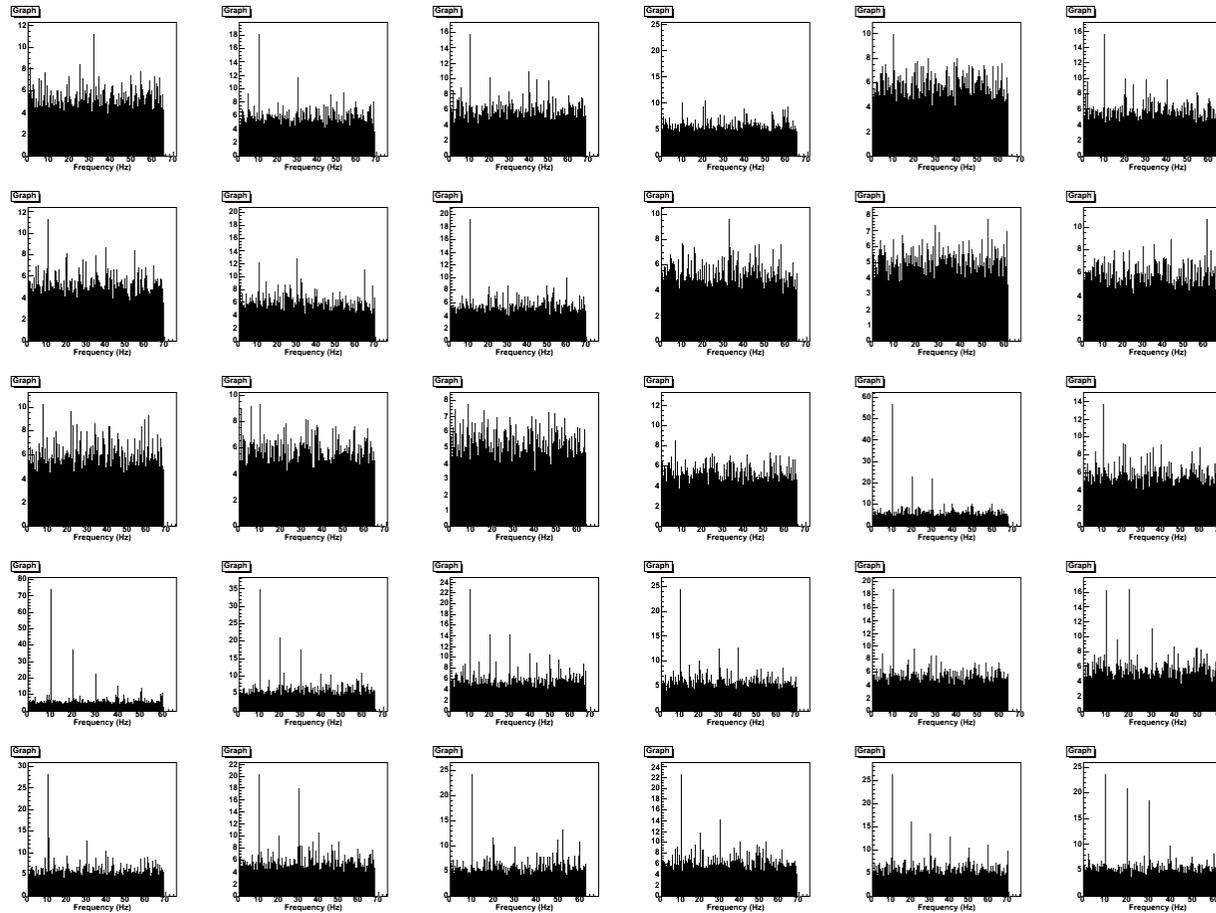


Figura 13. 23/3/06, run 5482. Lomb normalized periodogram su MCAL lato A (da in alto a sx: X1A...X15A, Z1A...Z15A). E' evidente la componente a 10 Hz e le sue armoniche superiori sulla maggior parte dei lati ZA.

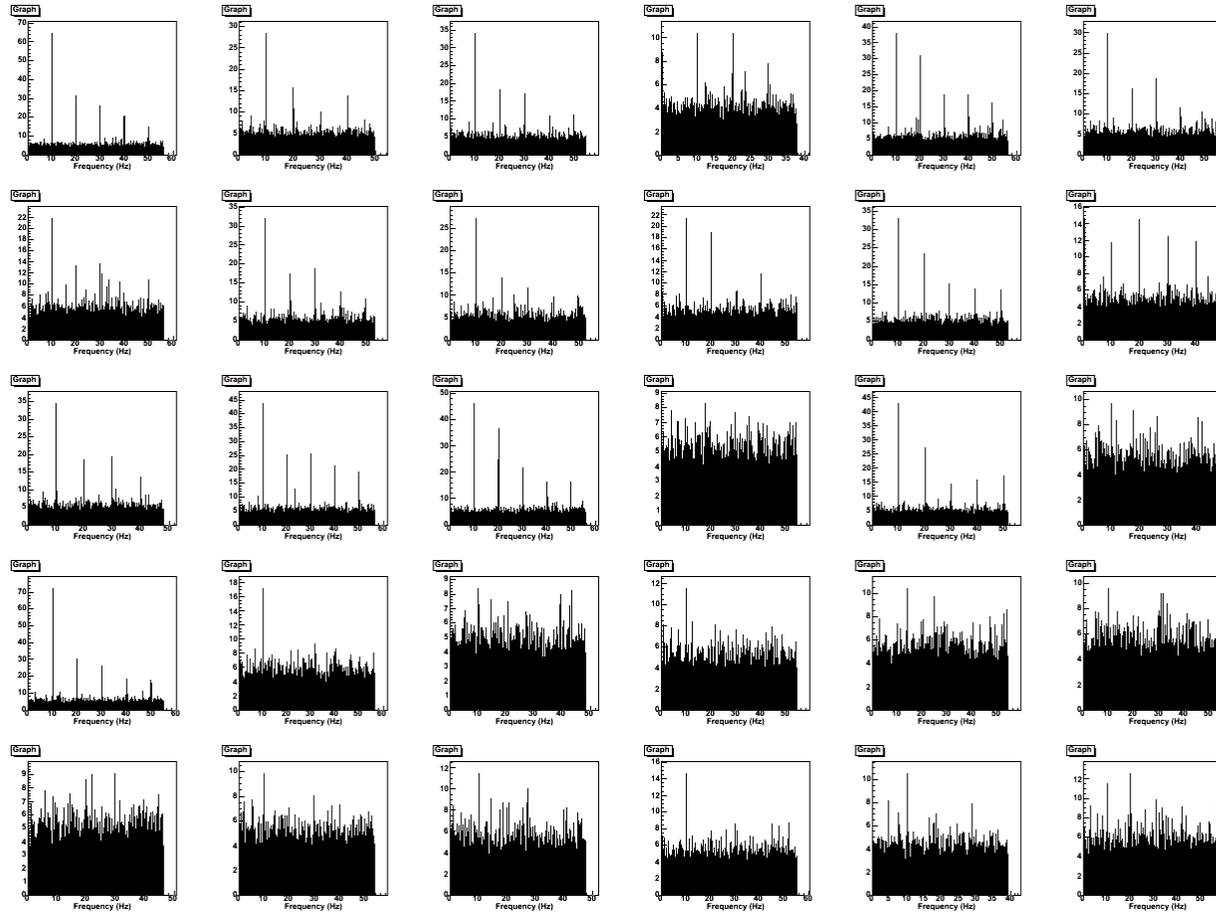


Figura 14. 23/3/06, run 5482. Lomb normalized periodogram su MCAL lato B (da in alto a sx: X1A...X15A, Z1A...Z15A). E' evidente la componente a 10 Hz e le sue armoniche superiori sulla maggior parte dei lati XB.

7 CONCLUSIONI

E' evidente che MCAL risulta suscettibile all'introduzione di segnali sulle linee di alimentazione, principalmente in modo differenziale, sia per quanto riguarda segnali sinusoidali che impulsivi.

Per quanto riguarda i test di suscettibilità per iniezione di segnali sinusoidali (T-04-02-01), il semipiano più sensibile risulta essere lo ZA e la suscettibilità risulta essere maggiore alle basse frequenze (30Hz).

Per quanto riguarda i test di suscettibilità per iniezione di segnali impulsivi (T-04-02-03), il semipiano più sensibile risulta essere l'XB (che tipicamente è invece il più stabile) e la suscettibilità risulta essere significativa per impulsi con tensione di picco di -28V.

Si richiedono pertanto azioni correttive di filtraggio e/o schermatura (schede MCPB, connessione MCPB-MCAB o linee di alimentazione da MCAB a MCPB, TBV) tese alla soluzione definitiva del problema.

APPENDICE A. RICERCA DI COMPONENTI PERIODICHE IN DATASET CON CAMPIONAMENTO CASUALE

Poiché in GRID Physical Calibration i dati non sono acquisiti a frequenza costante, bensì con un trigger casuale determinato dal T1_YES del GRID, non è possibile effettuare un'analisi nel dominio delle frequenze usando algoritmi di FFT.

E' però possibile utilizzare un algoritmo specificamente ideato per dati non temporalmente equispaziati denominato "Lomb normalized periodogram" [2]. L'output di questo algoritmo è l'equivalente di una Power Spectral Density e permette di evidenziare eventuali componenti periodiche sovrapposte al segnale. Inoltre, poiché il campionamento dei dati è casuale, l'algoritmo è esente da fenomeni di aliasing e permette di rivelare frequenze maggiori della frequenza di Nyquist data dalla frequenza media degli eventi.

L'algoritmo è stato implementato in C++ e incorporato nel software standard di analisi dati di MCAL. L'efficacia dell'algoritmo è stata testata su dataset simulati riproducenti l'andamento tipico di un canale di MCAL (offset 200 ch, rumore gaussiano con sigma 2 ch, campionamento casuale del segnale a frequenza media di 30 Hz). A questo segnale è stato sovrapposto un segnale sinusoidale con frequenza 5 Hz e ampiezza pari a 10, 2 e 0.4 ch. Nelle figure Figura 15-Figura 17 sono riportati una porzione del dataset simulato e il Lomb normalized periodogram relativo. Si nota come la frequenza sinusoidale di 5 Hz sia riconosciuta in tutti i casi. In generale è stato possibile discriminare un segnale sinusoidale con ampiezza minima pari ad un decimo dell'ampiezza del rumore gaussiano.

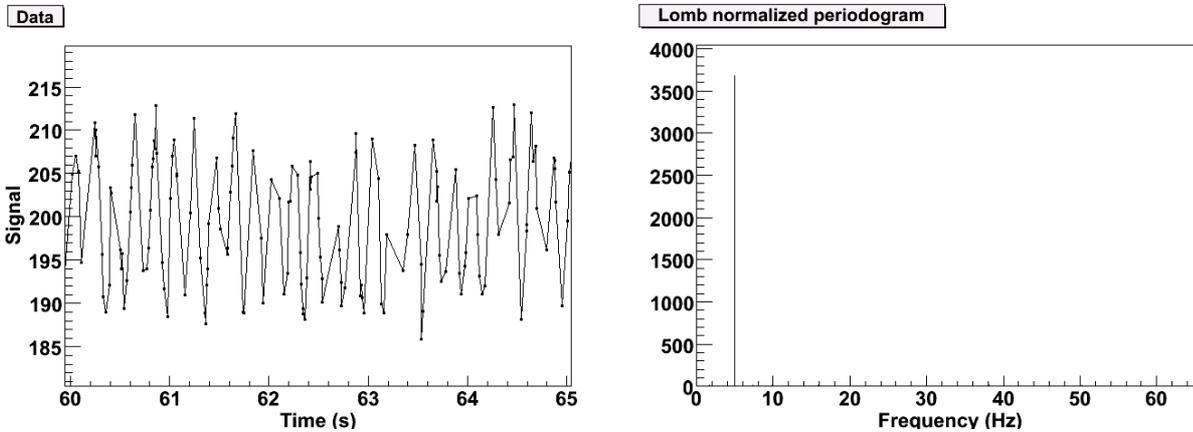


Figura 15 Dataset simulato: offset 200 + rumore gaussiano con sigma 2 + segnale sinusoidale con ampiezza 10 e frequenza 5 Hz. Campionamento casuale del segnale a frequenza media di 30 Hz. Durata totale dataset: 300 s. Sx: segnale campionato. Dx: Lomb normalized periodogram.

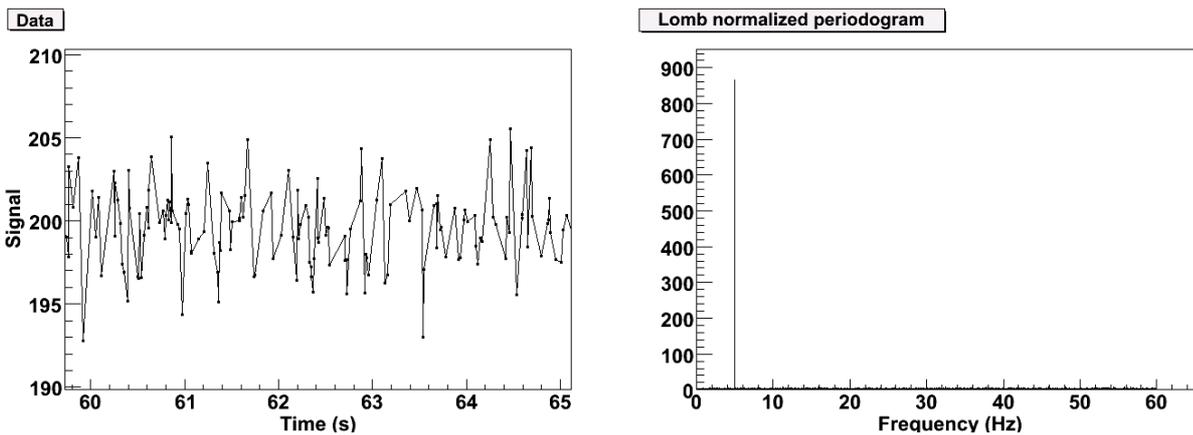


Figura 16 Dataset simulato: come in Figura 15 ma con segnale sinusoidale di ampiezza 2. Durata totale dataset: 300 s. Sx: segnale campionato. Dx: Lomb normalized periodogram.

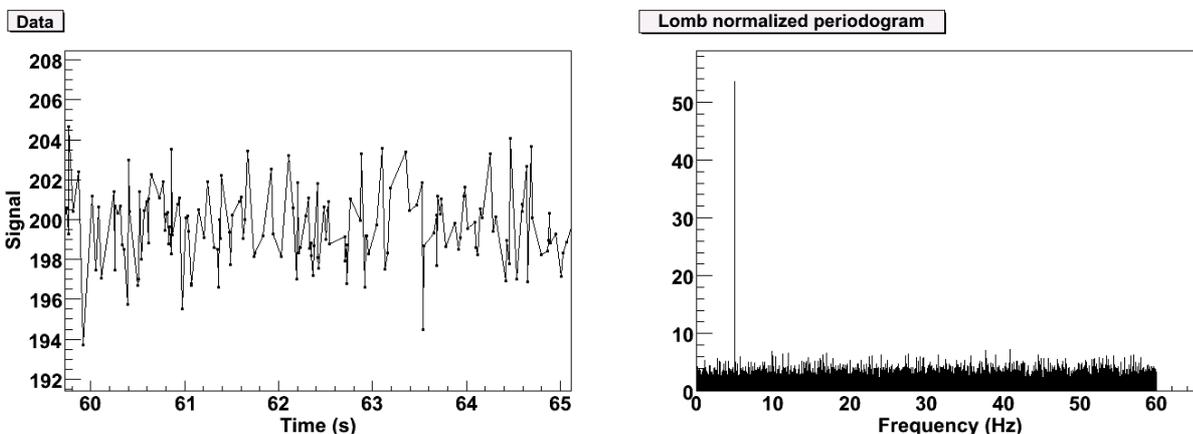


Figura 17 Dataset simulato: come in Figura 15 ma con segnale sinusoidale di ampiezza 0.4. Durata totale dataset: 300 s. Sx: segnale campionato. Dx: Lomb normalized periodogram.