

The EQMOD Project

PECPrep

Analisi dell'Errore Periodico e generatore di file di Correzione

Guida all'uso

PECPrep è un'applicazione gratuita e open source per l'analisi dell'Errore Periodico (PE) della vostra montatura. Può importare dati da varie fonti di cattura. PECPrep è in grado di filtrare gli effetti del vento e del *seeing*, la deriva lineare e non lineare, fino ad isolare gli effetti dei periodismi associati alla trasmissione meccanica del moto nella montatura. Oltre all'analisi dell'Errore Periodico, PECPrep può anche essere usato per generare un file di Correzione dell'Errore Periodico (PEC) per l'uso da parte dei driver EQASCOM per montature di tipo EQ. PECPrep può analizzare i dati sul PE acquisiti da alcune fra le più diffuse applicazioni per la ripresa di immagini e l'autoguida:

- perecorder (ideato in particolare per una stretta integrazione con EQASCOM)
- Stark Labs PHD
- K3CCDTools
- MaxImDL
- Guidemaster
- Metaguide
- CCDTools
- AstroArt

PECPrep impiega l'analisi di Fourier per costruire un modello migliore della curva PE. Utilizzando le Trasformate di Fourier il segnale PE viene modellato come la combinazione di una serie di onde sinusoidali di diversa ampiezza, frequenza e fase. In questo modo è possibile identificare e filtrare le componenti di frequenza dei dati originali e questo può essere utilizzato per identificare e isolare eventuali problemi meccanici, come un gioco eccessivo negli ingranaggi di trasmissione, ecc. Questa tecnica di utilizzare l'analisi di Fourier è un metodo consolidato ed ampiamente applicato nell'industria per l'analisi delle vibrazioni e dei guasti di motori e ingranaggi associati.

L'interfaccia utente PECPrep è stata accuratamente progettata per fornire all'utente chiare indicazioni visive mentre i dati vengono elaborati sia nel dominio temporale che della frequenza.

- Applicazione della Regressione lineare per rimuovere la deriva lineare (*tracking error*).
- Effetti di deriva non lineari, come quelli indotti da oscillazioni a bassa frequenza, possono essere rimossi con un filtro passa-alto.
- Il rumore ad alta frequenza (ad esempio indotto dalle fluttuazioni del *seeing*) può essere rimosso utilizzando un filtro passa-basso.
- Componenti di frequenza singola possono essere rimosse.
- Componenti di frequenza singola possono essere isolate per valutare il loro contributo all'Errore periodico.
- Auto Filter fornisce la rapida selezione di un *filtro intelligente*.

PECPrep fornisce un'analisi dettagliata dello spettro delle frequenze e i dati possono essere confrontati con un riferimento precedentemente salvato, magari per valutare l'efficacia di regolazioni meccaniche come sostituzione / lubrificazione di un cuscinetto etc.

- Diverse opzioni disponibili in finestre per una migliore estrazione dei dati di frequenza / ampiezza.
- La risoluzione in frequenza variabile permette la sintonizzazione dell'analisi su una particolare regione dello spettro.
- "Periodi significativi" definibili dall'utente per l'analisi rapida delle caratteristiche delle montature più comuni.

Una volta che il segnale di Errore periodico è stato filtrato e liscio, i cicli risultanti possono essere combinati per costruire una Curva di Correzione per l'uso da parte di EQASCOM.

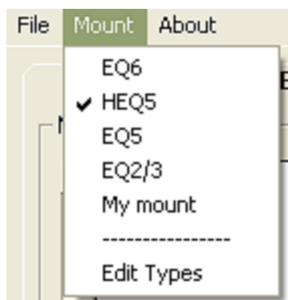
- Singoli cicli possono essere rimossi.
- Fattori di pesatura consentono di controllare l'influenza relativa di ogni ciclo.
- La visualizzazione dell'errore residuo permette all'utente di determinare la forma migliore della Curva di Correzione.

Le curve PEC possono essere ulteriormente manipolate tramite la finestra "PEC Curve Arithmetic":

- Le curve possono essere affinate sottraendo dati di errore ottenuti da una seconda registrazione.
- Sincronizzazione automatica dei dati rispetto alla posizione del motore passo-passo.
- **Compensazione di fase** per i ritardi di sistema.
- Risincronizzazione della fase di correzione tramite allineamento manuale.

Voci del menu

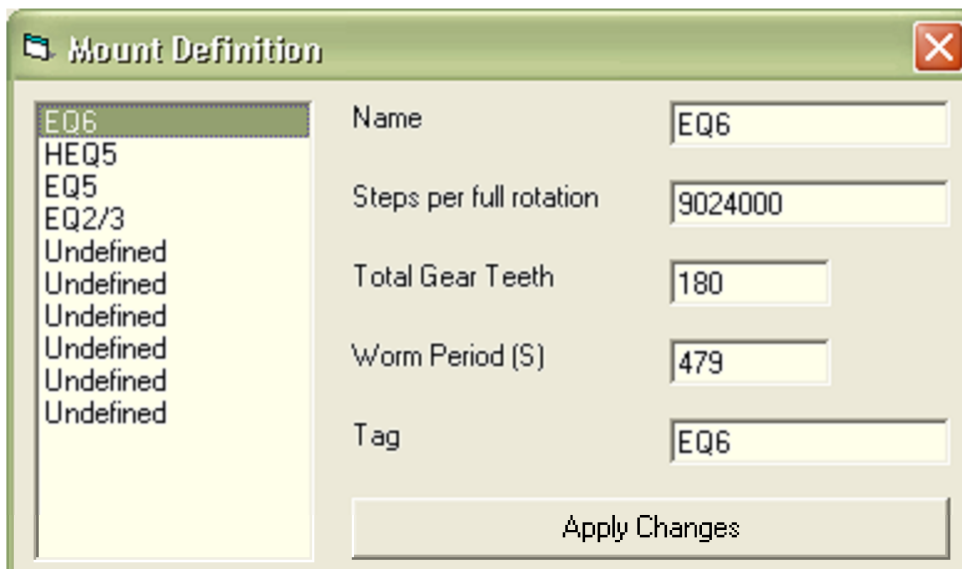
Mount



Assicurarsi di impostare il tipo di montatura utilizzata.

Per modificare o aggiungere descrizioni di montature selezionare *Edit Types*.

Selezionare una voce dalla lista, apportare le modifiche e poi cliccare su "Apply Changes". Lasciando vuoto il campo "Name" il tipo creato sarà etichettato come "Undefined". I tipi non definiti non saranno inclusi nel menu Mount.



"Steps per full rotation" viene utilizzato da EQMOD come elemento per la generazione del VS-PEC. Se non si intende utilizzare questa funzione, allora basta impostare questo campo a qualsiasi valore diverso da zero.

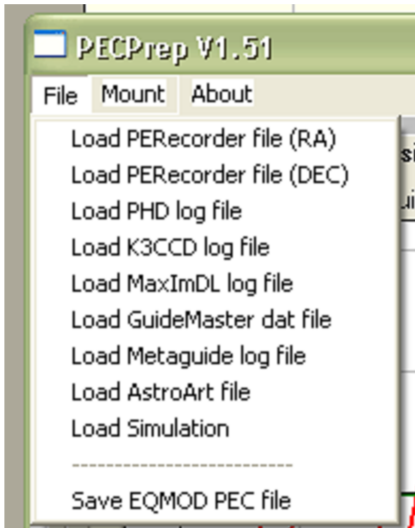
"Total Gear Teeth" si riferisce alla corona di AR ed è utilizzato da EQMOD come dato per la generazione del

VS-PEC. Se non si intende utilizzare questa funzione, allora basta impostare questo campo a qualsiasi valore diverso da zero.

"Worm Period" viene utilizzato per impostare graficamente le linee della griglia e determina quali dati saranno elaborati per produrre una visualizzazione **dei cicli sovrapposti**.

La voce "Tag" viene utilizzata per collocare i dati dello spettro di frequenza all'interno del file *marks.def* (vedi più avanti la documentazione relativa alla finestra "Spettro di frequenza").

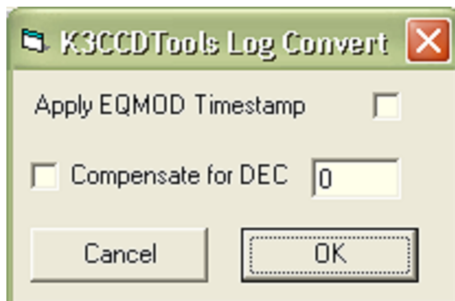
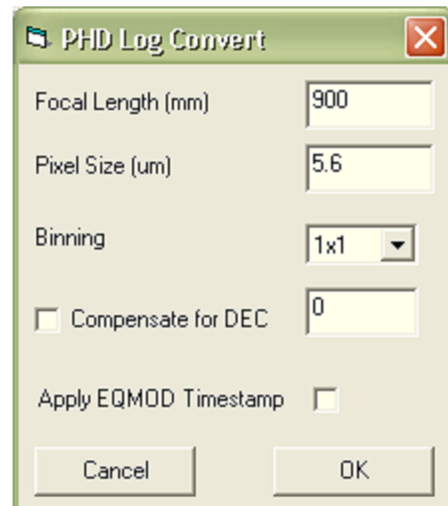
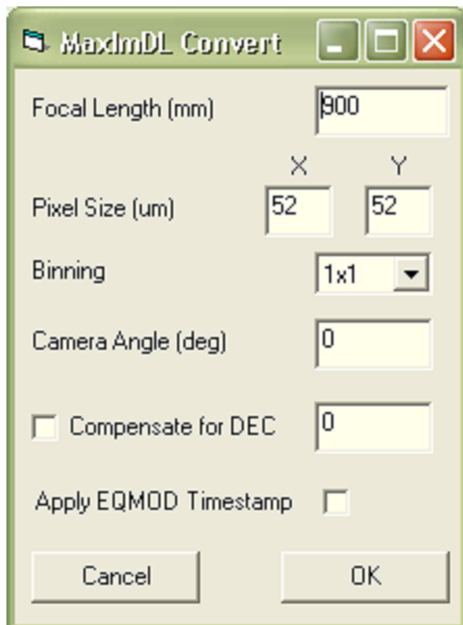
FILE



PECPrep apre i seguenti tipi di file:

- peregorder files (grezzi o lisciati)
- PHD log files
- K3CCDTools drift logs
- MaximDI track logs
- GuideMaster Logs
- MetaGuide Logs
- AstroArt files
- CCDSoft files
- PECPrep simulation definitions

Ogni tipo di file apre in primo piano la propria finestra di dialogo associata.



Se si desidera solo analizzare l'Errore Periodico, non selezionare il flag "Apply EQMOD Timestamp" - **Esso è necessario solo durante la preparazione dei file PEC per l'uso da parte dei driver EQASCOM.**

SCHEDA "PERIODIC ERROR ANALYSIS"



Il grafico principale

Il grafico in alto a sinistra mostra l'Errore Periodico della montatura, il grafico in alto a destra presenta gli stessi dati, ma con i cicli della vite senza fine sovrapposti così da permettere un confronto diretto.

Raw data = dati grezzi (non processati)

Raw-Trend = dati grezzi con applicazione della regressione lineare

Smoothed = Raw-Trend con applicazione della funzione *FFT Smoothing*

Noise = Raw-Smoothed

Linear Regression:

Utilizzare questa opzione per eliminare qualsiasi **intrinseca deriva in AR** dai dati grezzi. Se si carica solo un singolo ciclo di dati è probabilmente meglio non applicare la regressione.

Il grafico a cicli sovrapposti

Riproduce la stessa curva dati liscia ma con tutti i cicli rappresentati in un'unica cornice temporale. In questo modo si possono facilmente individuare eventuali differenze significative di forma o fase. Sotto il grafico ci sono un cursore e un elenco a discesa che consentono di impostare il periodo della curva di PEC da produrre. Per impostazione predefinita, questo valore sarà

impostato sulla durata del periodo della vite senza fine della montatura, tuttavia è possibile modificarlo se si desidera isolare altri segnali periodici.

Statistiche

Le statistiche sono calcolate utilizzando la curva liscia dei dati. Se si desiderano statistiche dalla curva grezza rimuovere semplicemente tutti i filtri, in modo tale che i dati elaborati coincidano con i dati grezzi. Utilizzare la curva dati liscia consente di impiegare i filtri per rimuovere i disturbi introdotti dal vento e dal *seeing* che altrimenti potrebbero alterare i valori.

Max Delta = massima variazione tra campioni successivi di dati grezzi.

È possibile selezionare e copiare le varie statistiche evidenziandole e cliccando col tasto destro del mouse.

Se si applica la regressione lineare la voce *Trend* vi mostrerà quanta deriva lineare si stava manifestando. Quindi, se il display mostra

$$Y=0.0142x + 5.9$$

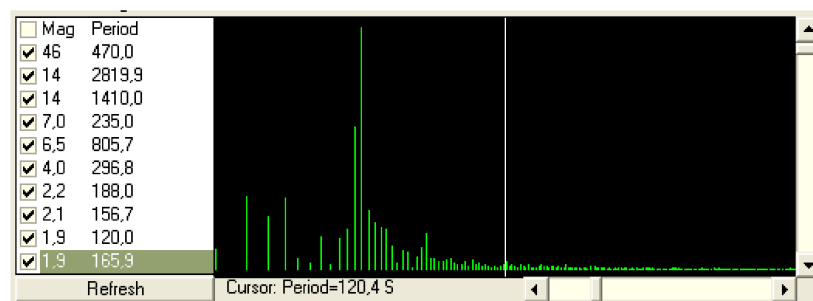
... ciò significa che la montatura sta avendo una deriva in AR alla velocità di 0.0142 arcsecs/sec.

FFT Smoothing

Analisi e filtraggio della frequenza è attuato con un algoritmo chiamato Trasformata di Fourier Veloce (*Fast Fourier Transform* - FFT). Il principio dietro FFT è che qualsiasi forma d'onda può essere costruito combinando più onde sinusoidali di diversa ampiezza, fase e frequenza. L'utilizzo di FFT è tecnica consolidata nel campo dei controlli, delle comunicazione e dell'elaborazione di immagini e individua le frequenze chiave presenti nei dati campionati permettendo di applicare un filtraggio selettivo (per esempio, per rimuovere da un'immagine un rumore che ha uno schema fisso).

Applicando Trasformate di Fourier al segnale PE della nostra montatura possiamo identificare i componenti meccanici che stanno contribuendo al PE. Con l'uso di filtri selettivi possiamo quindi rimuovere le frequenze indesiderate dai nostri dati, come quelle causate da *seeing*, vento o flessioni.

La finestra Analisi di Frequenza mostra una serie di picchi, ciascuno dei quali rappresenta una frequenza presente nel segnale PE. Maggiore è il picco, più significativo è il contributo al PE. I 10 picchi più importanti presenti entro la zona non filtrata dello spettro sono elencati a sinistra (Mag= altezza del picco). Utilizzate questo elenco solo come una guida: ad esempio, il picco indicato nell'elenco come al 470° secondo corrisponde nella realtà al 479° secondo del periodo della vite senza fine.



Il cursore bianco può essere spostato cliccando e trascinandolo sul grafico. L'area grafico può essere zoomata tramite i cursori. Cliccando col tasto destro sul grafico della frequenza, si alternano nell'immagine modalità discreta/modalità continua.

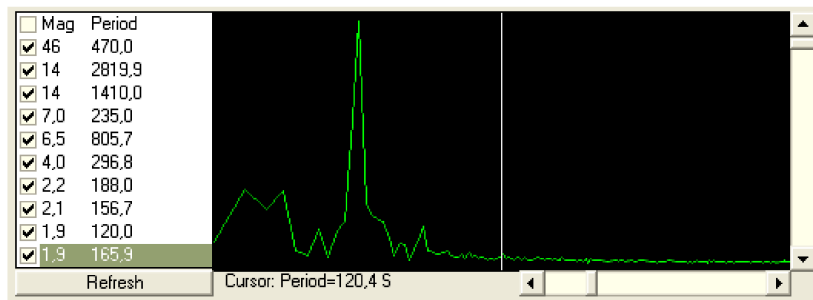


Immagine in modalità continua

Controlli Filtro

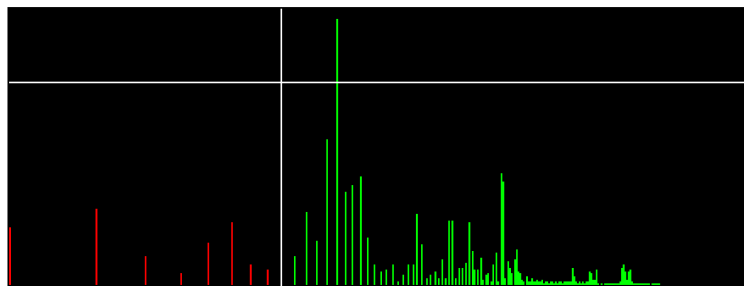
I controlli di filtro permettono una grande flessibilità su come i dati grezzi vengono filtrati e equalizzati.

Quando i filtri vengono modificati, le rappresentazioni di PE, PE Stacked, statistiche e visualizzazione spettro di frequenza sono aggiornate in automatico.

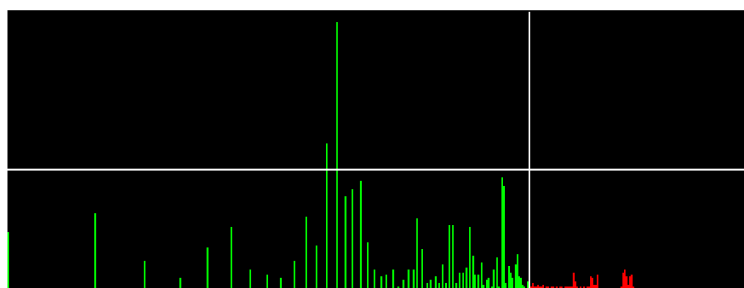
Scegliendo i migliori livelli di filtro può richiedere di vedere gli effetti in tutti i display. I dati a cui si applica un filtro sono rappresentati in colore rosso, i dati non filtrati appaiono in verde.

Ogni filtro ha associato i tasti "set" e "reset". Per impostare un filtro, basta spostare il cursore bianco fino al punto desiderato sullo spettro e premere il pulsante "set". Per rimuovere un filtro, utilizzare il pulsante "reset".

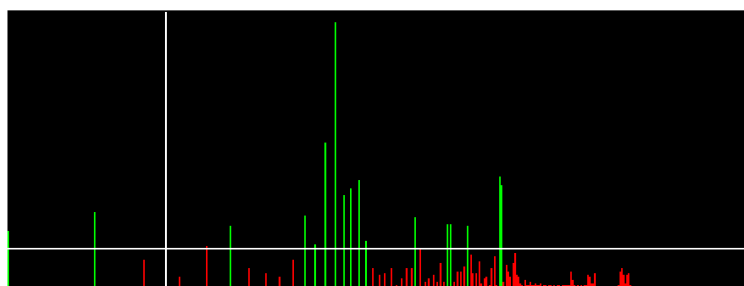
Il filtro HiPass (passa-alto) filtra le frequenze più basse.



Il filtro LowPass (passa-basso) filtra le frequenze più alte.

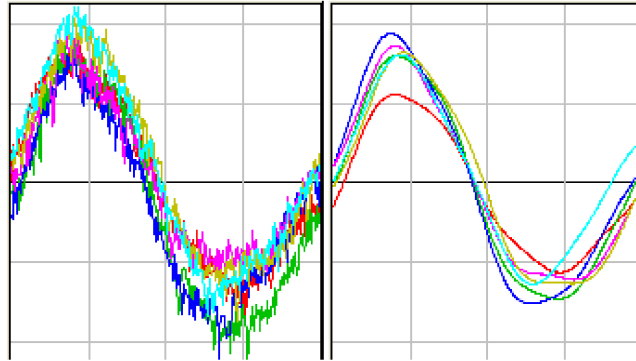


Il filtro MagLimit filtra frequenze inferiori al limite di magnitudine impostato.

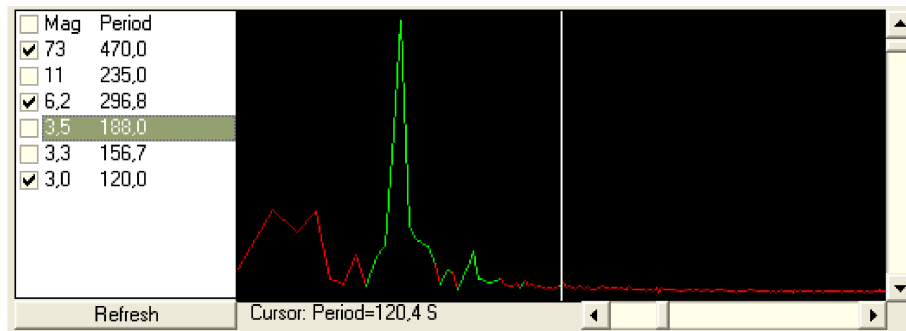


Il pulsante Auto Filter applica un filtro MagLimit per rimuovere componenti di frequenza con magnitudine più bassa della 10a più significativa, e un filtro HiPass che rimuove i componenti di frequenza inferiore a quella della vite senza fine.

Notate come cambia il grafico *Stacked PE* quando vengono applicati i filtri. Di seguito è riportato un confronto tra i dati senza e con applicazione di Auto Filter.



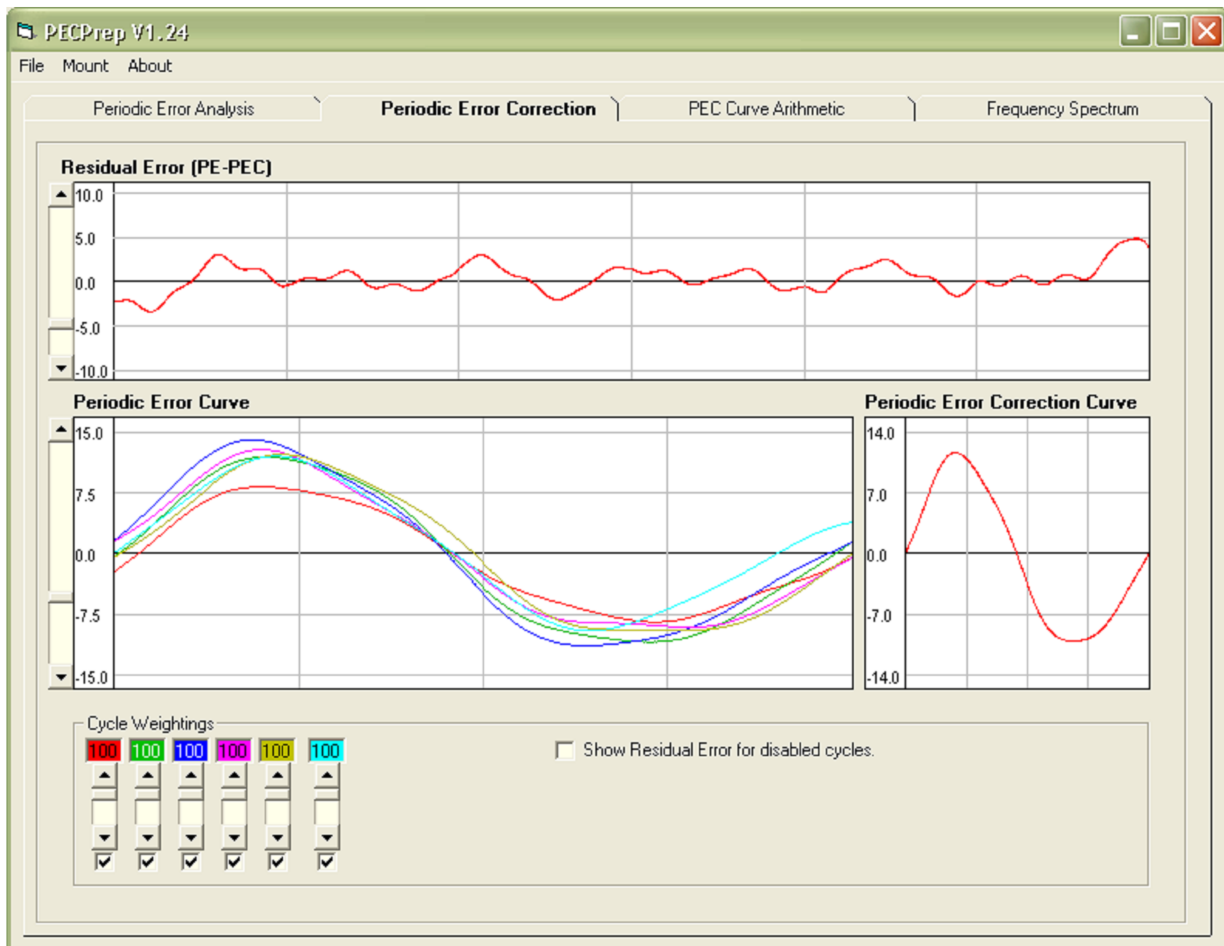
Singole frequenze possono essere rimosse dalla risposta filtrata utilizzando le caselle di controllo.



Ciò è particolarmente utile per valutare il contributo di ciascun componente e permette anche la rimozione di segnali non armonici con il periodo di base della vite senza fine.

Scheda Periodic Error Correction

Nella scheda PEC la curva liscia del PE prodotta nella scheda PE viene elaborata per creare una curva di PEC per l'uso da parte di EQASOM. Anche se la generazione della PEC è specifica per EQASCOM i grafici riportati in questa scheda possono essere utilizzati per qualsiasi montatura e possono dare un'idea del livello di prestazioni PEC teorico che potrebbe essere ottenuto.



Periodic Error Curve

La curva PE liscia viene visualizzata come cicli sovrapposti. Questo consente di vedere come un ciclo si confronta con il successivo e per identificare facilmente i dati 'cattivi'.

Cycle Weightings

Ad ogni ciclo può essere assegnato un peso per il suo contributo alla curva finale PEC. **Cicli Rouge** possono essere rimossi tutti insieme attraverso le caselle di controllo associate.

Periodic Error Correction Curve

La curva PEC è il risultato della media ponderata di tutti i singoli cicli di PE (ad esclusione di quelli che sono stati disabilitati). Questa curva media viene regolata per rimuovere qualsiasi deriva lineare nel periodo.

Residual Error

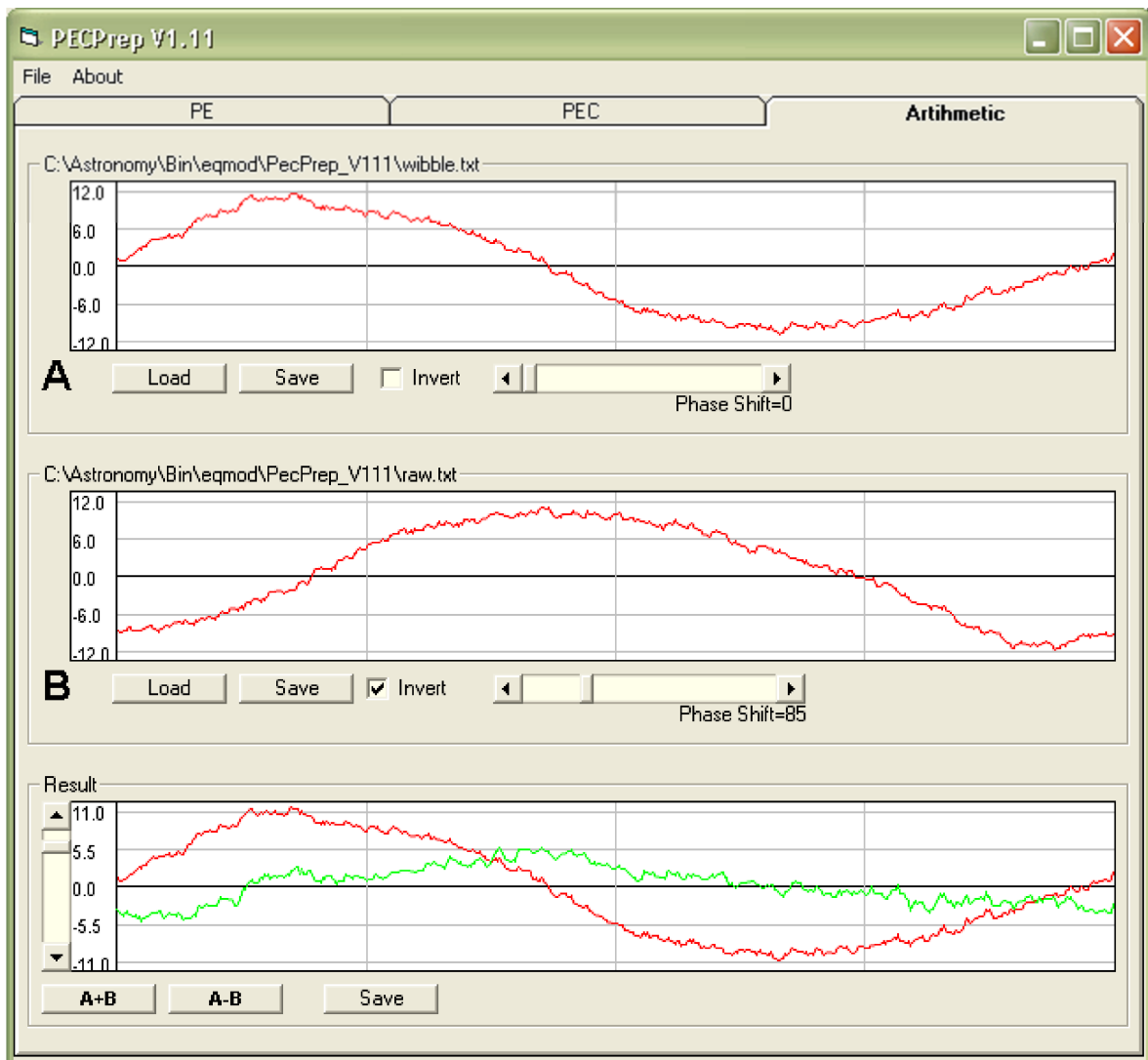
La traccia Residual Error mostra qual è il risultato teorico se la Curva di Correzione Periodica fosse stato applicata ai dati liscati.

$$\text{Residual Error} = \text{Smoothed PE curve} - \text{PEC curve}$$

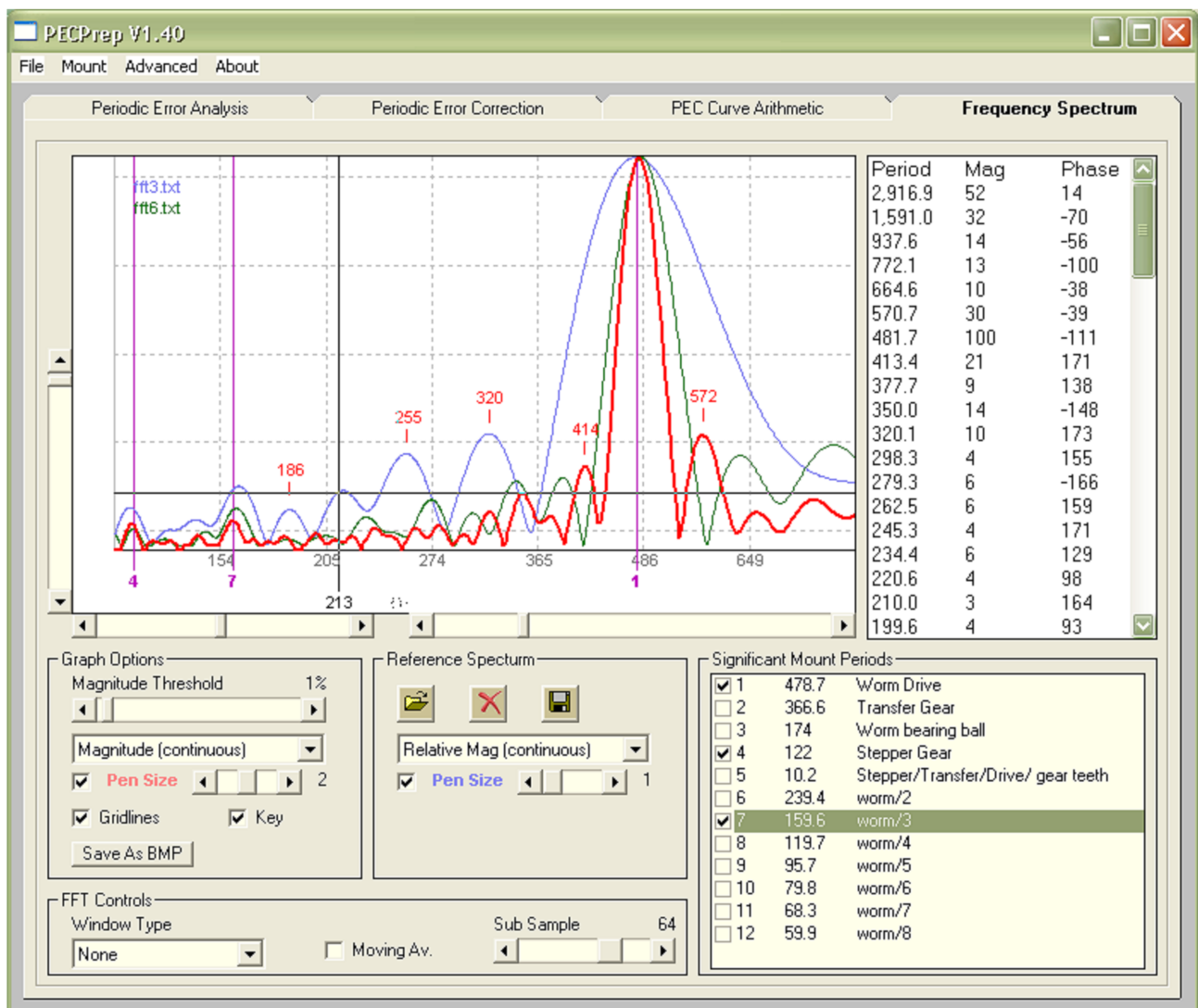
Scoprirete che settando adeguatamente i *Cycle Weightings* si può produrre un errore residuo più piatto.

Scheda PEC Curve Arithmetic

La scheda Arithmetic permette di sommare, sottrarre, invertire le curve PEC e spostarne la fase.



Scheda Frequency Spectrum



La scheda *Frequency Spectrum* fornisce un'analisi dettagliata dei dati PE attualmente caricati e consente il confronto diretto con altri dati di riferimento precedentemente salvati.

Grafico dello spettro

La traccia rossa rappresenta i dati PE attualmente caricati. Possono essere caricate fino a 5 tracce di riferimento, ciascuna visualizzata in un unico colore - una legenda opzionale (flag *Key*) può essere visualizzata per identificare le curve di riferimento.

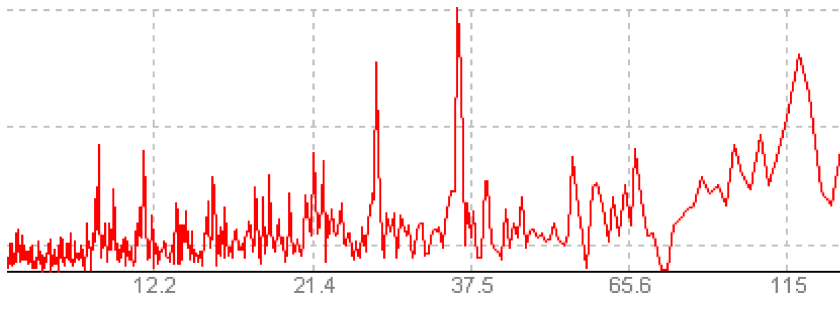
Clic col tasto sinistro per spostare il cursore, clic col destro per inserire l'etichetta. Le unità sull'asse Y indicano la magnitudine relativa, cosicché esse rappresentano una % della più alta magnitudine presente. **Facendo clic col tasto sinistro, e spostando il cursore fuori dalla finestra si scorrerà / ingrandirà la finestra.**

I cursori collegati al grafico consentono di ingrandire e spostare l'area del grafico.

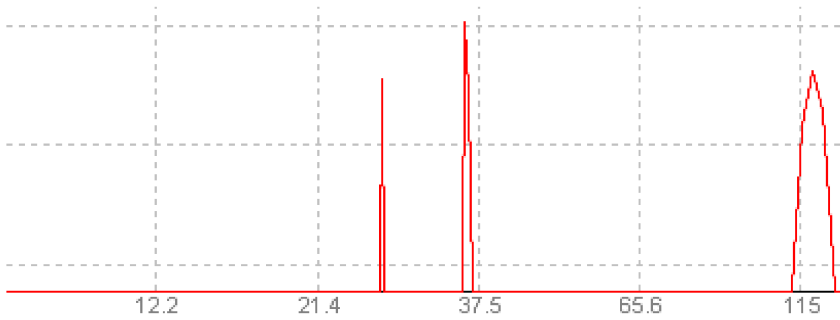
Graph Options

Magnitude Threshold

Il cursore "Threshold Magnitude" permette di impostare la grandezza minima di segnale che viene tracciata. Ciò è utile per rimuovere il rumore di basso livello dall'immagine dello spettro e della rimozione di picchi insignificanti dall'elenco dati a destra del grafico.



Aumentando il valore di *Magnitude Threshold* vengono visualizzate solo le cime più significative.

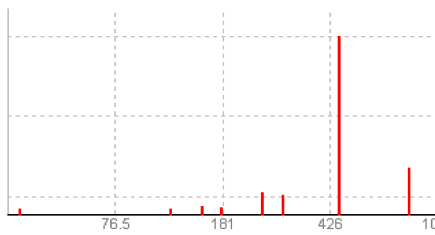


Graph Type

La forma dello spettro può essere selezionata come curva continua ...



... o mostrare solo i picchi.



FFT Controls

Window Type

Le finestre riducono la perdita tra i segnali nel dominio della frequenza e tipi differenti possono fornire migliore isolamento delle frequenze. Un menu a discesa offre le opzioni Hamming, Hanning, Blackman, FlatTop, Rectangular e (None).

Window Type	Frequency Resolution	Spectral Leakage	Amplitude Accuracy
None	★★★★	★	★
Blackman	★	★★★★★	★★★★★
FlatTop	★	★★★	★★★★★
Hanning	★★★	★★★	★★★
Hamming	★★★	★★	★★

Moving Av.

Una media mobile (Moving Average) può essere applicata allo spettro delle frequenze (spettro di potenza) per rimuovere 'rumore' e identificare meglio i picchi significativi. Anche il cursore Magnitude Threshold può essere regolato in modo che solo i picchi sopra una magnitudine significativa siano rappresentati graficamente.

Resolution

Le Trasformate di Fourier (FFT) discrete funzionano utilizzando "Bins" per quantizzare il dominio della frequenza. Il cursore "Risoluzione" può essere utilizzato per controllare la velocità di campionamento FFT dei dati grezzi. Campionare i dati a una velocità inferiore riduce il "Bin Larghezza" e perciò fornisce una maggiore risoluzione delle frequenze / periodi a scapito di perdere gamma ad alta frequenza (breve periodo) all'estremità del grafico. Il cursore imposta il periodo minimo che può essere rappresentato. Quindi impostare il cursore per 30s ci dà la massima risoluzione, ma si perderanno tutti i dati che hanno un periodo di 30s o meno.

Reference Spectrum

Il salvataggio dei dati correnti come punto di riferimento consente di confrontare i risultati futuri con gli attuali - i dati vengono esportati in un file a "spazio delimitato", che è possibile caricare in un foglio di calcolo per ulteriori analisi.

Significant Mount Periods

L'elenco dei Periodi Significativi della Montatura viene letto dal file *marks.def* (un file di testo modificabile utilizzando il Blocco note). Il tag che fa parte della definizione della montatura viene utilizzato per individuare quali dati sono stati caricati dal file *marks.def*. In questo modo tipi diversi di montatura possono condividere dati comuni. L'Appendice A elenca i periodi di rotazione di alcuni componenti dell'asse di AR per le montature EQ6 Pro e HEQ5.

Data View

L'elenco sulla destra del grafico fornisce i dati di tutti i picchi presenti nel grafico tenendo conto della soglia di magnitudine impostata. La fase di ogni picco è indicata e questo può essere utile per identificare gli elementi che hanno origine dalla stessa causa meccanica. Cliccando su una delle voci è possibile forzare quella fase particolare ad apparire come 0 e tutte le altre fasi resettate in proporzione. Ciò è utile per valutare la differenza di fase tra i segnali o per impostare un punto di riferimento standard quando si confrontano le risposte.

Period	Mag	Phase
2,916.9	52	14
1,591.0	32	-70
937.6	14	-56
772.1	13	-100
664.6	10	-38
570.7	30	-39
481.7	100	-111
413.4	21	171
377.7	9	138
350.0	14	-148
320.1	10	173
298.3	4	155
279.3	6	-166
262.5	6	159
245.3	4	171
234.4	6	129
220.6	4	98
210.0	3	164
199.6	4	93

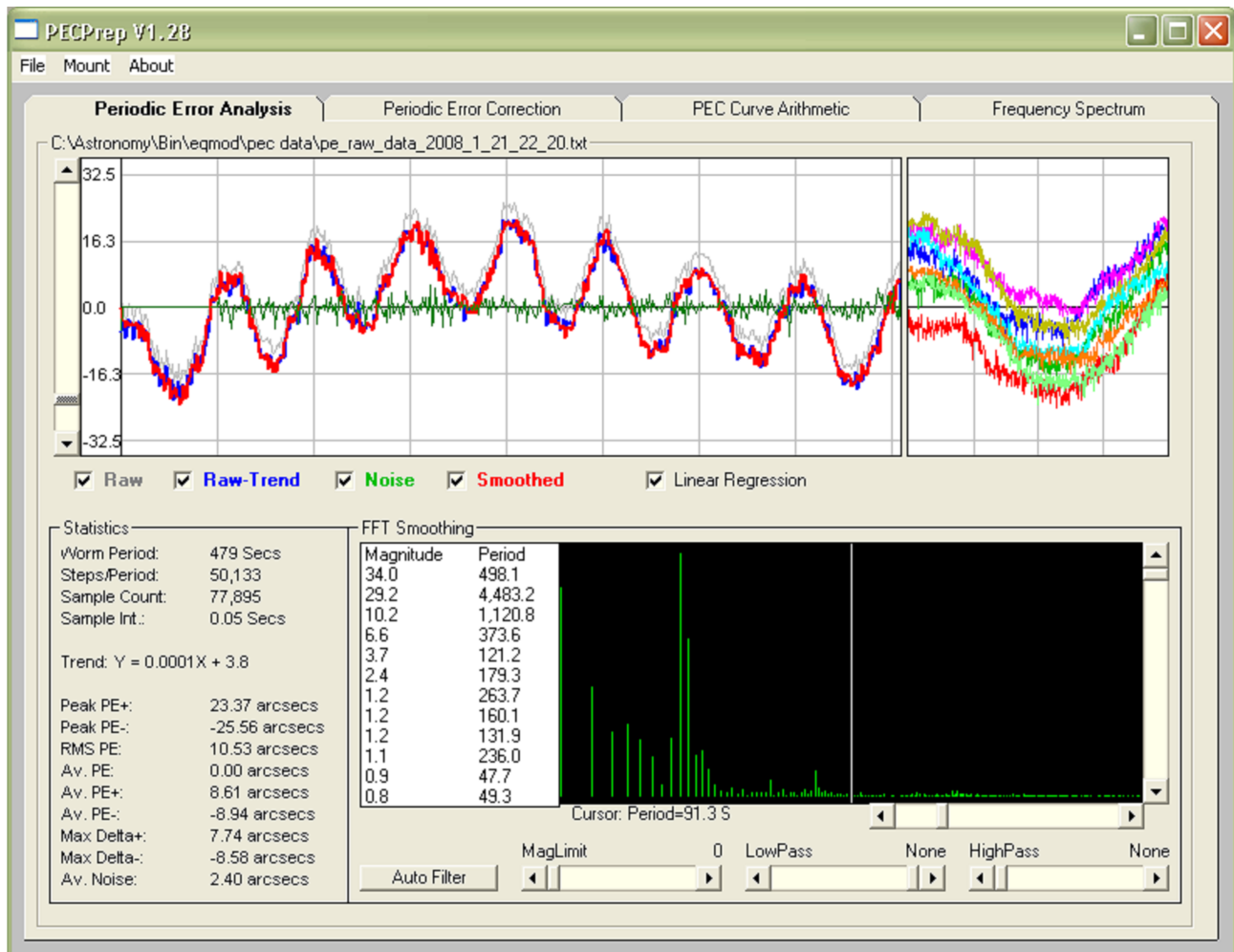
Cliccando sulla riga corrispondente al periodo 481,7 il programma imposta tale fase a 0 e ricalcola i valori di tutte le altre fasi in relazione a quel punto.

Period	Mag	Phase
2,916.9	52	125
1,591.0	32	41
937.6	14	55
772.1	13	11
664.6	10	73
570.7	30	72
481.7	100	0
413.4	21	-78
377.7	9	-111
350.0	14	-37
320.1	10	-76
298.3	4	-94
279.3	6	-55
262.5	6	-90
245.3	4	-78
234.4	6	-120
220.6	4	-151
210.0	3	-85
199.6	4	-156

Considerate il fatto che i dati riportati nella scheda Frequency Spectrum sono forniti in modo da poter effettuare confronti tra diverse registrazioni PE. Applicando diverse finestre e / o velocità di sub campionamento causerà cambiamenti questi figura e spetta all'utente determinare il tipo ottimale di finestra da usare, in base alle proprie esigenze.

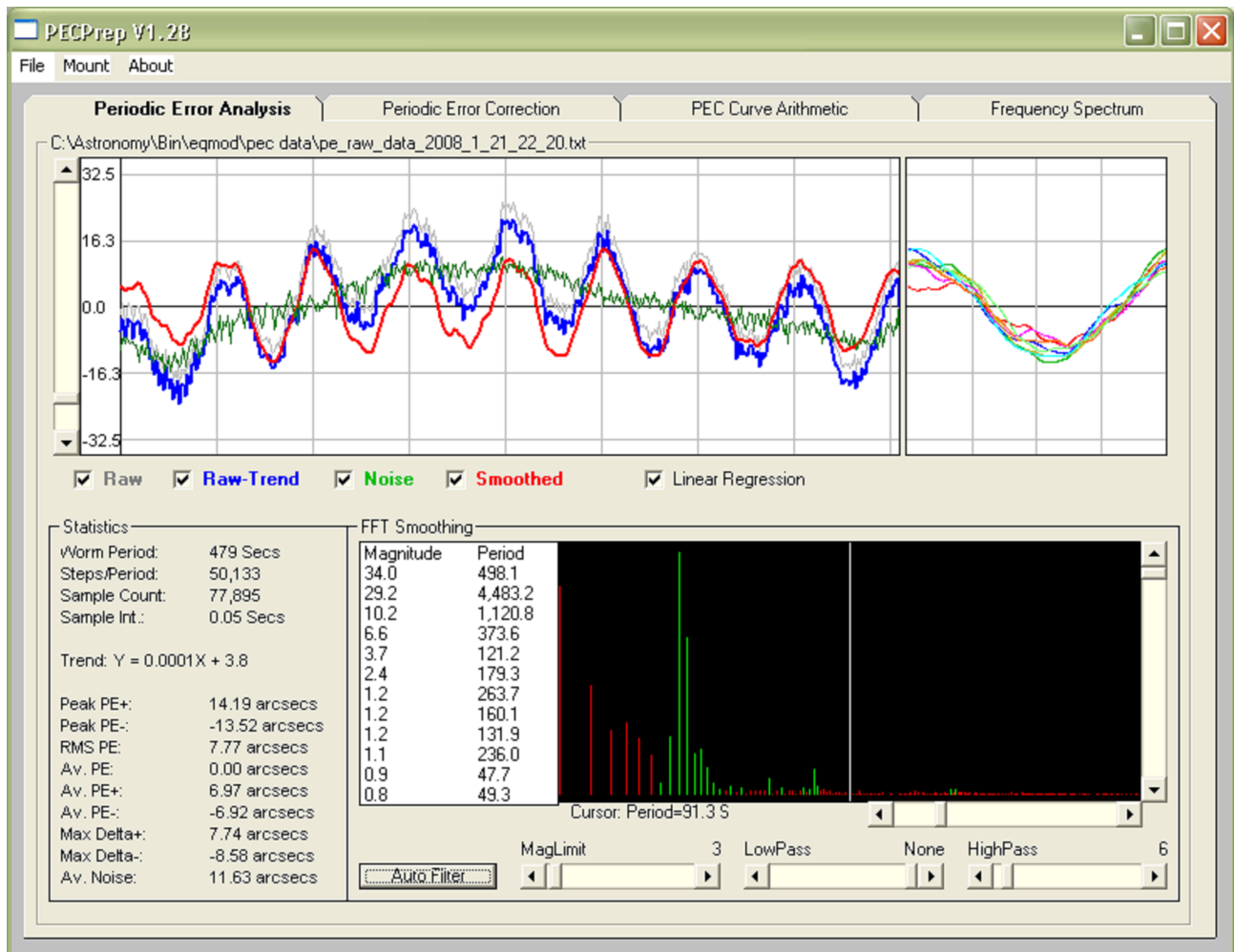
Il modello FFT sottostante rimane invariato indipendentemente dalle opzioni di visualizzazione selezionate sulla scheda Frequency Spectrum e il processo di creazione della PEC precisione non ne è in alcun modo influenzato.

EQMOD Generazione PEC – esempi pratici:



Qui abbiamo caricato alcuni dati grezzi, acquisiti utilizzando peregocorder.

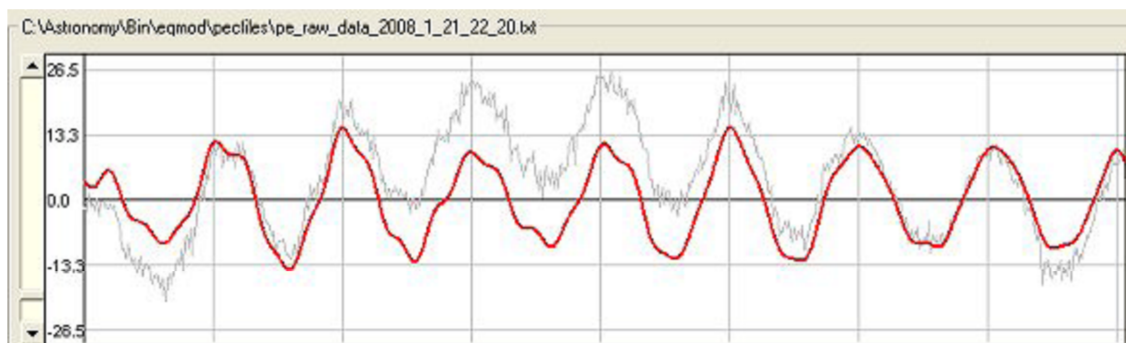
La caratteristica di errore periodico dovuto alla vite senza fine è abbastanza evidente, che tuttavia sembra essere sovrapposto a un segnale a frequenza più bassa. L'effetto di ciò è abbastanza evidente nell'immagine a periodi sovrapposti.



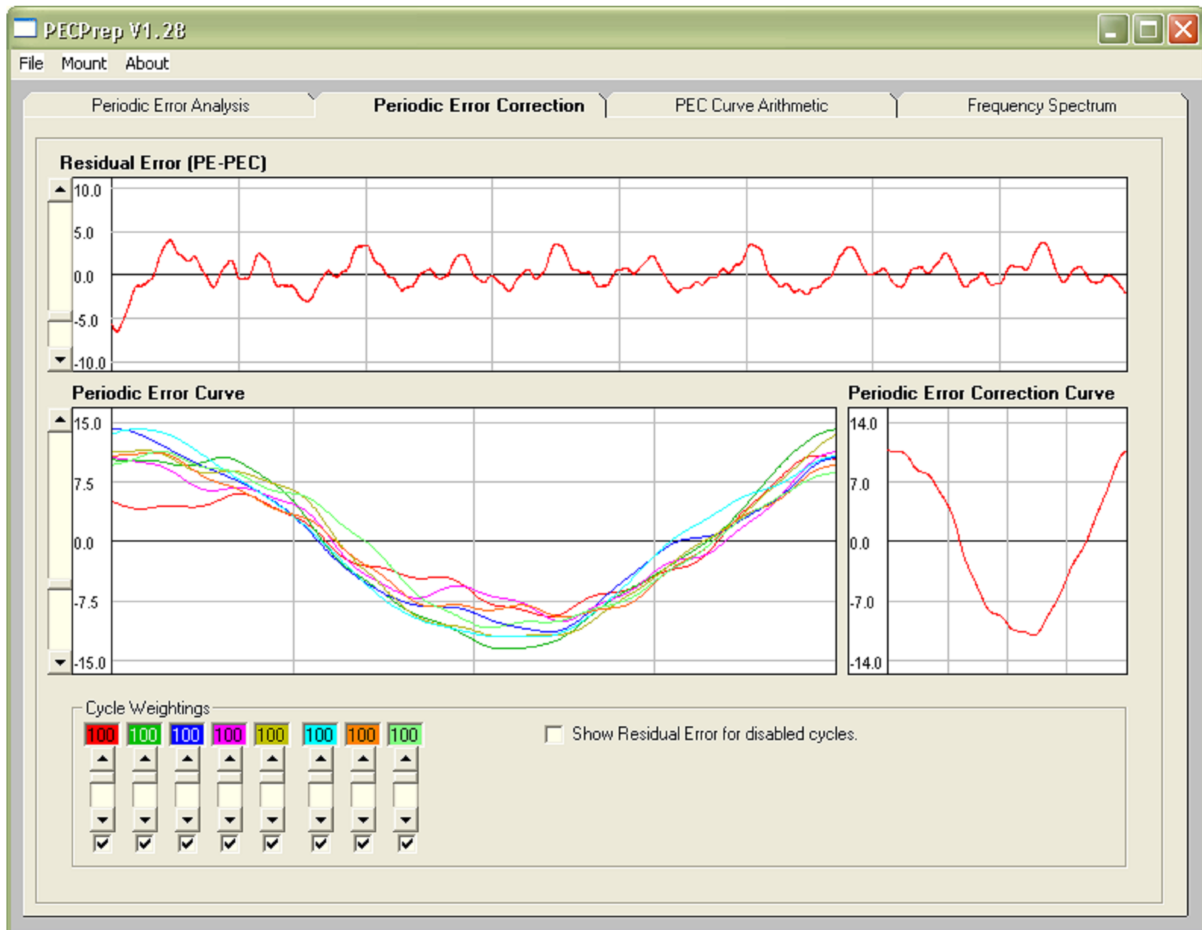
Utilizzando il pulsante *Auto Filter* possiamo compensare la componente a bassa frequenza e rimuovere alcuni dei rumore di frequenza superiore.

Utilizzare la trama frequenza come una guida per garantire che i picchi non "significativi" siano filtrati.

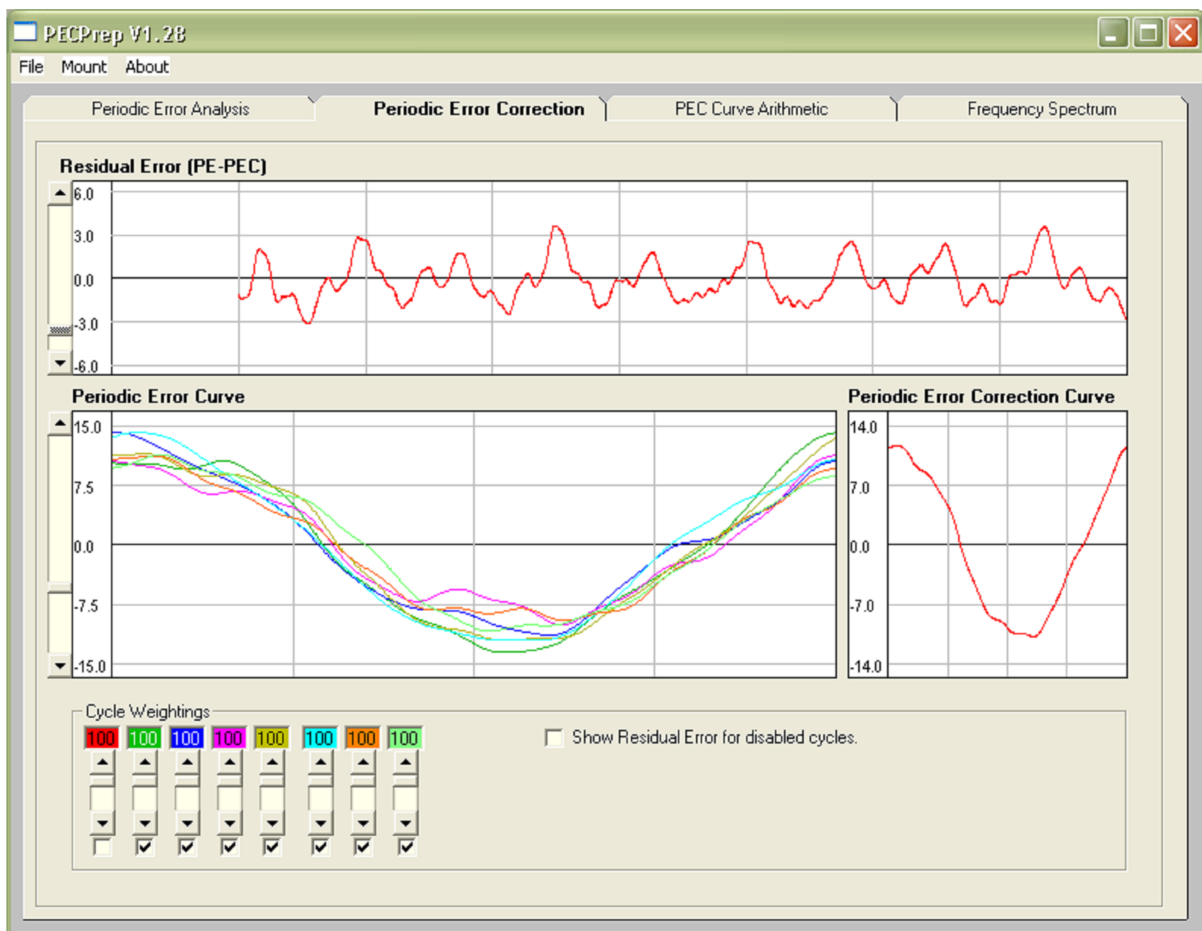
Notate come è cambiato l'immagine a cicli sovrapposti. I singoli cicli sono molto meglio allineati. Qui possiamo vedere i dati definitivi lisciati rispetto ai dati grezzi originali. Il seeing e il rumore provocato dal vento sono stati rimossi, come pure i segnali a bassa frequenza, così da fornirci un segnale in cui i singoli cicli della vite senza fine possono essere selettivamente combinati per produrre una curva di correzione.



Ora andiamo alla scheda PEC.



Il primo ciclo è chiaramente 'quello strano' quindi rimuoviamolo deselegzionando la sua casella.



Combinando tutti gli altri cicli si vede che possiamo attenderci una PEC che porti ad un errore (distanza da picco a picco) di circa 6 arcosecondi, un notevole miglioramento rispetto agli originari 24 arcosecondi.

Quando si è soddisfatti della curva PEC, salviamola con il menu file.

Simulazioni di Errore Periodico

Per consentire all'utente di studiare ulteriormente il comportamento dei segnali PE e di svolgere i propri esperimenti del tipo "che accade se", PECPrep include la capacità di costruire una curva da un file di simulazione PE. Il file consiste in una linea di intestazione e un elenco di valori separati da spazi - ogni riga definisce un elemento essenziale. Questo file ha lo stesso formato di quello (reale) prodotto durante il salvataggio dei dati riportati nella scheda *Frequency Spectrum*.

```
Period Mag Phase PE
479 100 0 35
366.6 20 0 0
239.5 24 0 5.9
183.3 0 0 0
122.2 20 0 2
91.7 0 0 0
10.2 20 0 1
```

Il parametro Magnitudine (Mag) non viene utilizzato. Il parametro PE rappresenta il valore picco-picco in secondi d'arco.

Caricando il file, PECPrep costruirà una curva simulata e la salverà in un nuovo file (aggiungendo "_sim" al nome del file originale).

APPENDICE A: Periodismi dell'asse di AR

Tables > EQ6Pro / Atlas EQ-G Gear periods

Component <input type="checkbox"/>	Description	Period (Seconds)	No. Of Teeth	Comment
Stepper Gear	Gear attached to the stepper shaft, drives the transfer gear	122.2	12	
Stepper Gear Tooth	Contact period of each tooth	10.2	N/A	
Stepper Microstep	Period stepper stays at each microstep position	0.0095	N/A	sideral rate is approx. 105 microsteps per sec
Transfer Gear	Gear between stepper and worm drive	366.6	36	
Transfer Gear Tooth	Contact period of each tooth	10.2	N/A	
Worm Bearing	Period of rotation of each ball within the bearing	170	N/A	
Worm Drive Gear	Mounted on Worm shaft	478.7	47	
Worm Drive Gear Tooth	Contact period of each tooth	10.2	N/A	
Worm Gear		86160	180	

Tables > HEQ5 / Sirius EQ-G Gear Periods

Component <input type="checkbox"/>	Description	Period (Seconds)	No. Of Teeth	Comment
Stepper Gear	Gear attached to the stepper shaft, drives the transfer gear	122.2	9	
Stepper Gear Tooth	Contact period of each tooth	13.6	N/A	
Stepper Microstep	Period stepper stays at each microstep position	0.0095	N/A	sideral rate is approx. 105 microsteps per sec
Transfer Gear	Gear between stepper and worm drive	380.2	28	
Transfer Gear Tooth	Contact period of each tooth	13.6	N/A	
Worm Bearing	Period of rotation of each ball within the bearing	225	N/A	
Worm Drive Gear	Mounted on Worm shaft	638.2	47	
Worm Drive Gear Tooth	Contact period of each tooth	13.6	N/A	
Worm Gear		86160	135	

APPENDICE B: Cattura dati PE

Lo scopo di questa appendice è di dare una panoramica di alcuni dei principi di base coinvolti nella cattura dell'Errore Periodico per l'importazione in PECPrep.

Scelta della Attrezzatura

L'attrezzatura che scegli di utilizzare determinerà la risoluzione di imaging e di conseguenza la risoluzione dei dati di PE raccolti. Se è possibile, acquisire i dati utilizzando il telescopio principale di ripresa piuttosto che un telescopio guida. Se si dispone di una webcam usare quella. Lunghe esposizioni non dovrebbero essere necessarie, in quanto si dovrebbero utilizzare stelle luminose. L'obiettivo è quello di catturare quanti più dati possibile e le brevi esposizioni ed i *frame rate* elevati forniti dalle webcam le rendono ideali. Se non si dispone di una webcam allora possono essere utilizzati altri dispositivi di *imaging* più specialistici (a seconda della scelta del programma di acquisizione), ma optate comunque per il più breve tempo di esposizione possibile (mantenendo un'immagine ben esposta), preferibilmente $\leq 1s$.

A seconda del telescopio potrebbe essere necessario utilizzare un riduttore di focale se la scala dell'immagine al fuoco diretto è tale che risulta difficile mantenere la stella nel *frame*, con i movimenti indotti dall'Errore Periodico della montatura e/o dalle derive da allineamento imperfetto. Tenete presente che il periodo di cattura deve idealmente essere almeno 5 volte il periodo della vite senza fine della montatura. Per una EQ6 questo significa 40 minuti, per una EQ5 54 minuti.

Scelta del Programma per la cattura

La scelta del programma di cattura è in funzione della camera e del software di acquisizione che già si utilizza. Se avete una webcam con sensore CCD (come quelle prodotte da Philips) si consiglia di utilizzare Perekorder. Questa applicazione è stata sviluppata appositamente per il progetto EQMOD ed è stata strettamente integrata sia con i driver EQASCOM per il controllo del telescopio, sia con PECPrep.

Per altri tipi di telecamere PECPrep supporta la possibilità di importare i log da molte applicazioni per autoguida ampiamente utilizzate. Ricordiamoci sempre di disattivare l'autoguida durante il processo di acquisizione.

Scelta delle stelle

Più alta è la declinazione minore è il movimento che verrà rilevato dal programma di monitoraggio. Come risultato i dati di movimento devono essere corretti rispetto alla declinazione. Alcuni programmi di cattura lo fanno da soli, mentre per gli altri si tratta di **una opzione fornita da parte di PECPrep**. Come risultato la risoluzione del PE diminuisce al crescere della declinazione. Per una risoluzione di PE ottimale dovrebbe essere scelta una stella con declinazione vicino a 0 (dove è richiesta poca o nessuna compensazione). Tuttavia ci possono essere altri fattori da considerare.

A declinazione 0 si avrà la massima incidenza delle derive causate da disallineamento polare. Per l'analisi PE questa deriva è irrilevante, ma la sua presenza può limitare la quantità di dati che è possibile acquisire, in primo luogo. Per esempio PHD ha una area di ricerca limitata a 50 pixel e se il target si muove al di fuori di quest'area si fermerà la registrazione del movimento.

Il punto chiave è quello di catturare grandi quantità di dati. Quindi, se avete la possibilità di utilizzare una stella a più alta declinazione, semplicemente per essere in grado di catturare 5 o più cicli, allora fatelo - i risultati delle analisi saranno migliori che catturando un solo ciclo a una declinazione più bassa.

Evitare l'uso di una stella che attraversi il meridiano durante la cattura dei dati, poiché i possibili sbilanciamenti possono influenzare la natura del tracciato PE.

Si consiglia di iniziare la registrazione PE al crepuscolo e questo si può fare con una stella luminosa. Non è essenziale se il seeing non è perfetto o il telescopio non è ben acclimatato, le fluttuazioni dell'immagine dovuti a questi effetti possono essere filtrati in una fase successiva.

APPENDICE C: analisi dei dati PE

Lo scopo di questa appendice è di dare una panoramica di alcune delle tecniche e dei principi fondamentali che possono essere applicati quando si analizzano i dati di errore periodico in PECPrep.

La prima cosa da comprendere è che i dati che PECPrep importa mostrano il movimento apparente di una stella quando la montatura sta inseguendo e il segnale di errore prodotto è un riepilogo di diversi effetti.

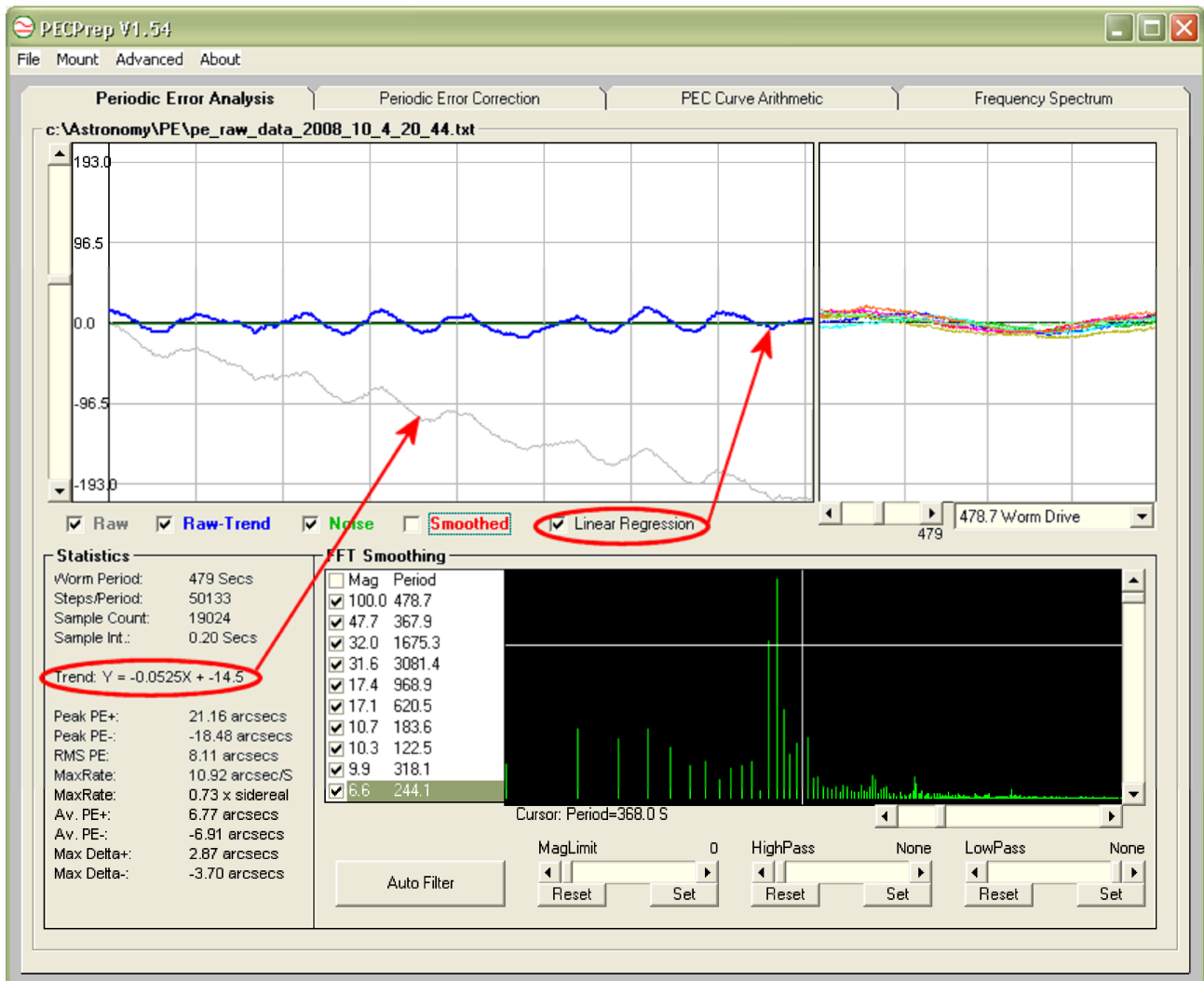
- Segnali periodici che corrispondono ai parti rotanti all'interno dell'unità AR.
- Derive lineari – indotte da errori di velocità di inseguimento, o di allineamento.
- Eventi non periodici "casuali" ad alta frequenza, come fluttuazione del seeing, vento, urti.
- Effetti non periodici a bassa frequenza dovute a sbilanciamenti, ostacoli al movimento del telescopio (p.es. cavi in trazione), frizioni allentate, flessioni, *mirror flip*.

Quando le persone citano l'errore periodico in genere si riferiscono al segnale di errore prodotto dalla vite senza fine AR, e in effetti di solito questo sarà il più importante periodico segnale presente. In realtà, tuttavia ci sono probabilmente molti altri segnali periodici presenti a causa di ingranaggi e cuscinetti utilizzati per il movimento dell'asse AR. La grandezza dell'errore generato da ciascun componente può variare significativamente tra una montatura e l'altra, in particolare con montature di produzione in serie più economiche, e questo può portare a una grande varietà di risposte.

La chiave per la valutazione dell'errore di inseguimento fatta da PECPrep è l'analisi di frequenza mediante Trasformate di Fourier Veloci. Questa tecnica è in grado di suddividere un segnale composito di errore nelle sue singole componenti, consentendo di valutare ampiezza, fase e periodo di ciascuna di esse. Col supporto offerto dall'analisi di frequenza si può quindi decidere quale aspetto dell'errore ci interessa e utilizzare i filtri di PECPrep di isolare solo le aree rilevanti.

È importante sottolineare che la capacità di PECPrep di fornire un'analisi accurata è direttamente proporzionale alla quantità di dati che gli fornisce. Più dati ha, meglio è. Vi consigliamo di acquisire i dati per almeno 5 cicli della vite senza fine.

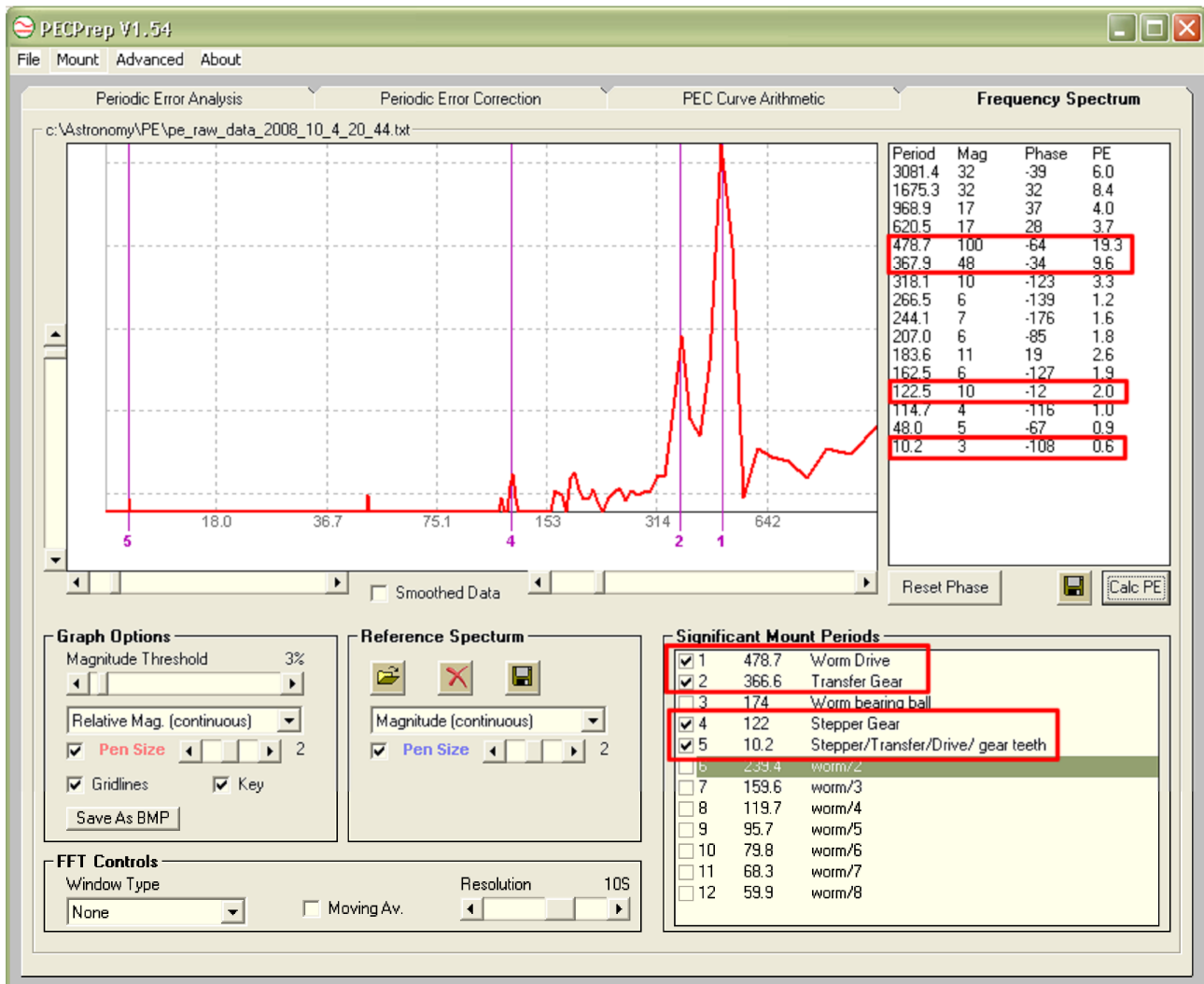
OK, facciamo caricare alcuni dati in PECPrep e diamo un'occhiata a quello che possiamo dedurre...



Possiamo subito vedere che i dati grezzi (grigia traccia) ha una deriva lineare, ad esso associata. La tendenza, riportata nel riquadro statistiche, mostra:

$$Y = -0.525X + -14.5$$

Le prime impressioni sono che la traccia dell'errore sta mostrando la risposta "sinusoidale" attesa, ma per analizzare questo in maggior dettaglio abbiamo bisogno di guardare nella scheda Frequency Spectrum. Questa ci permetterà di identificare la presenza di segnali dovuti ai periodi di rotazione dei componenti chiave dell'unità AR della EQ6 e ci permetterà di decidere se è necessario qualche ulteriore filtraggio.



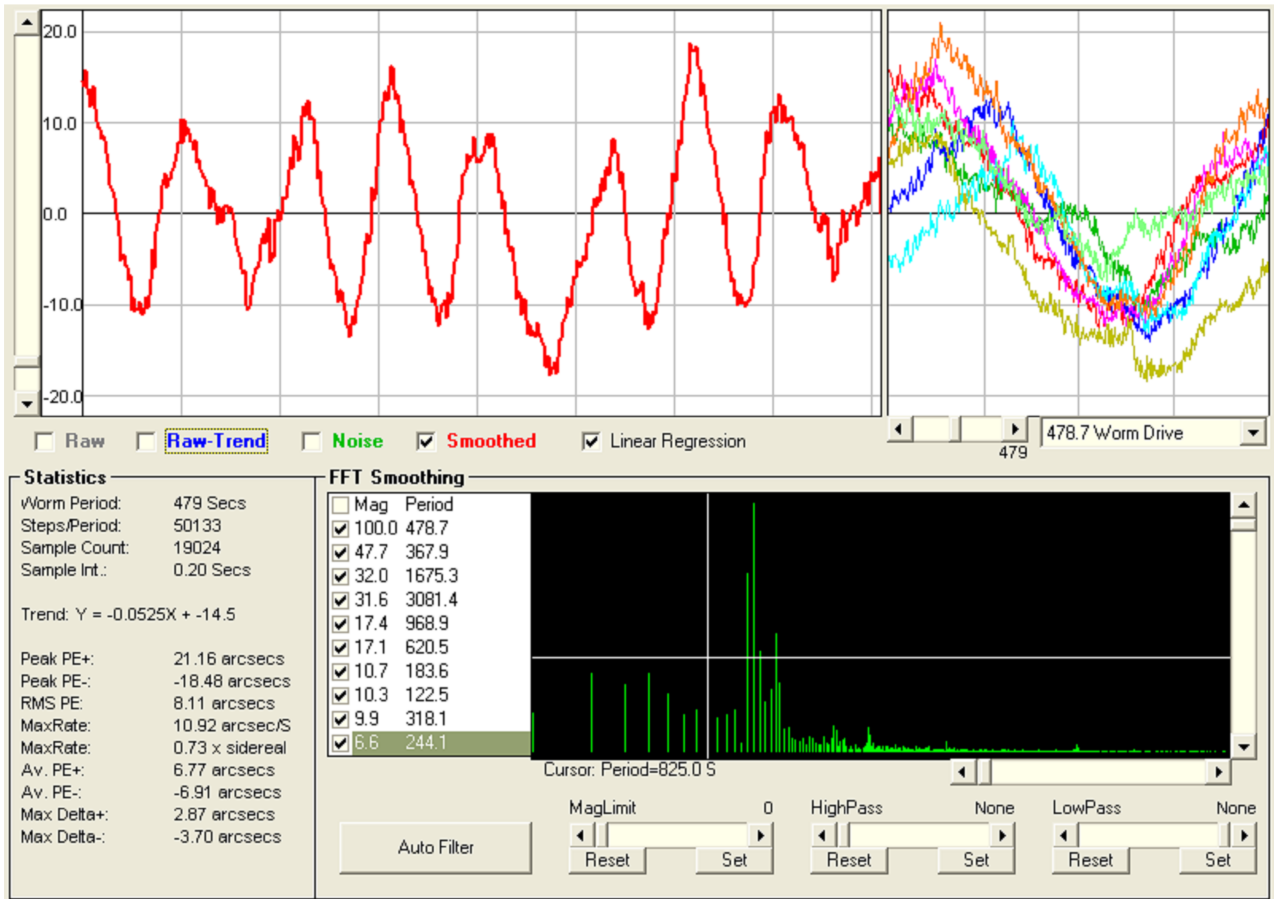
Il riquadro della scheda Frequency Spectrum mostra un elenco di "Periodismi significativi della montatura" riconosciuti nella vostra montatura e spuntando le caselle di controllo associate è possibile trovarne rapidamente le corrispondenze con picchi nello spettro.

È molto probabile che, oltre a picchi associati ai fondamentali periodismi meccanici, si vedranno anche picchi associati ad armoniche di quei periodismi. Quindi, se un segnale significativo appare con un periodo di 300 s potremmo anche vedere armoniche a 150s (2° armonica), 100s (terza armonica), 75s (quarta armonica) ecc. Di solito ci si aspetta che la grandezza del segnale diminuisca con le successive armoniche.

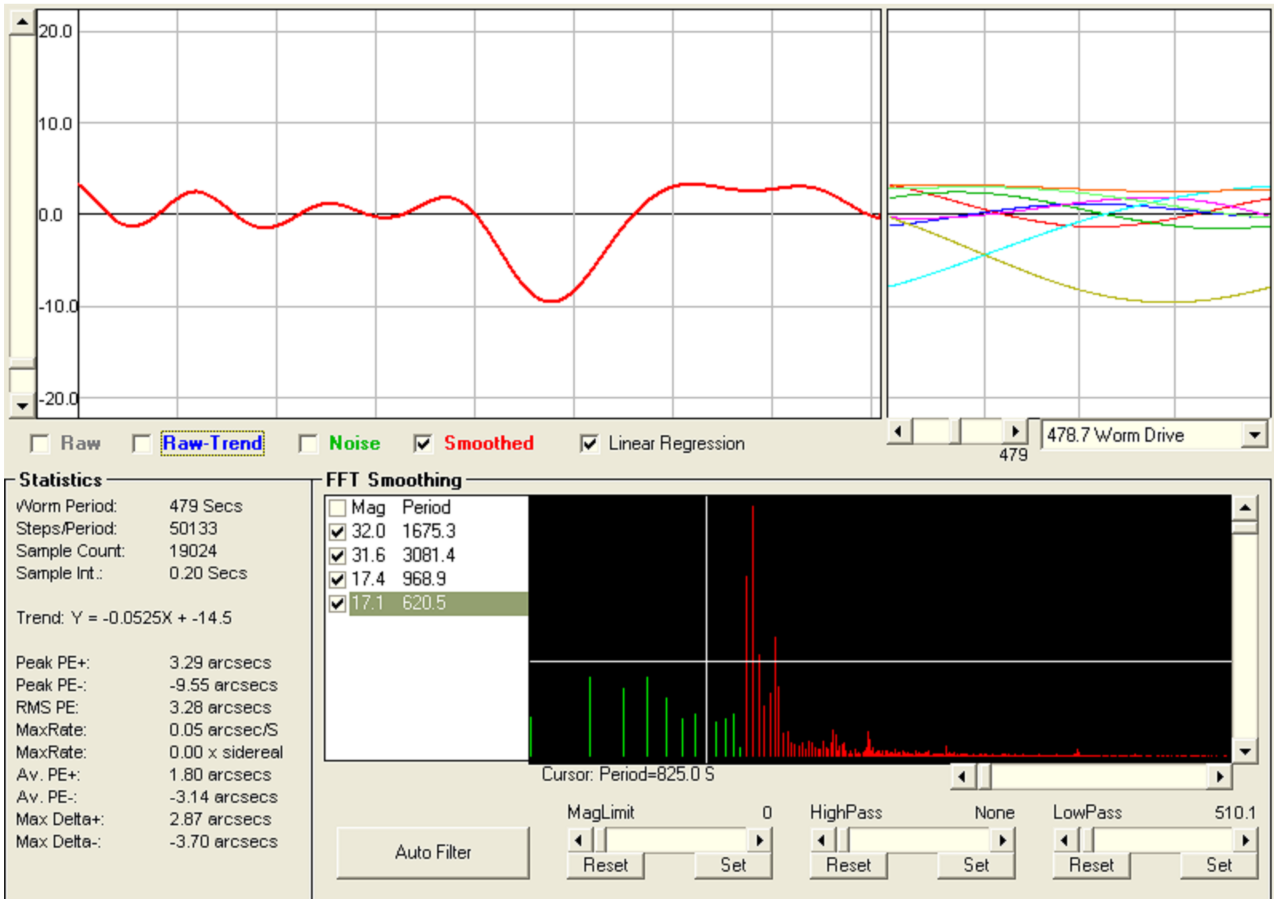
Se trovate che le armoniche dispari sono particolarmente prominente questo potrebbe indicare che la componente meccanica associata è ostacolata nel suo movimento. (Un segnale composto solo da armoniche dispari ricorda un'onda sinusoidale fortemente tagliata).

In questo caso il picco più significativo è chiaramente associato con la vite senza fine, che contribuisce con un segnale di 19,3 secondi d'arco da picco a picco. Significativo è l'errore indotto dall'ingranaggio di trascinamento che contribuisce con un segnale di 9,6 secondi d'arco da picco a picco.

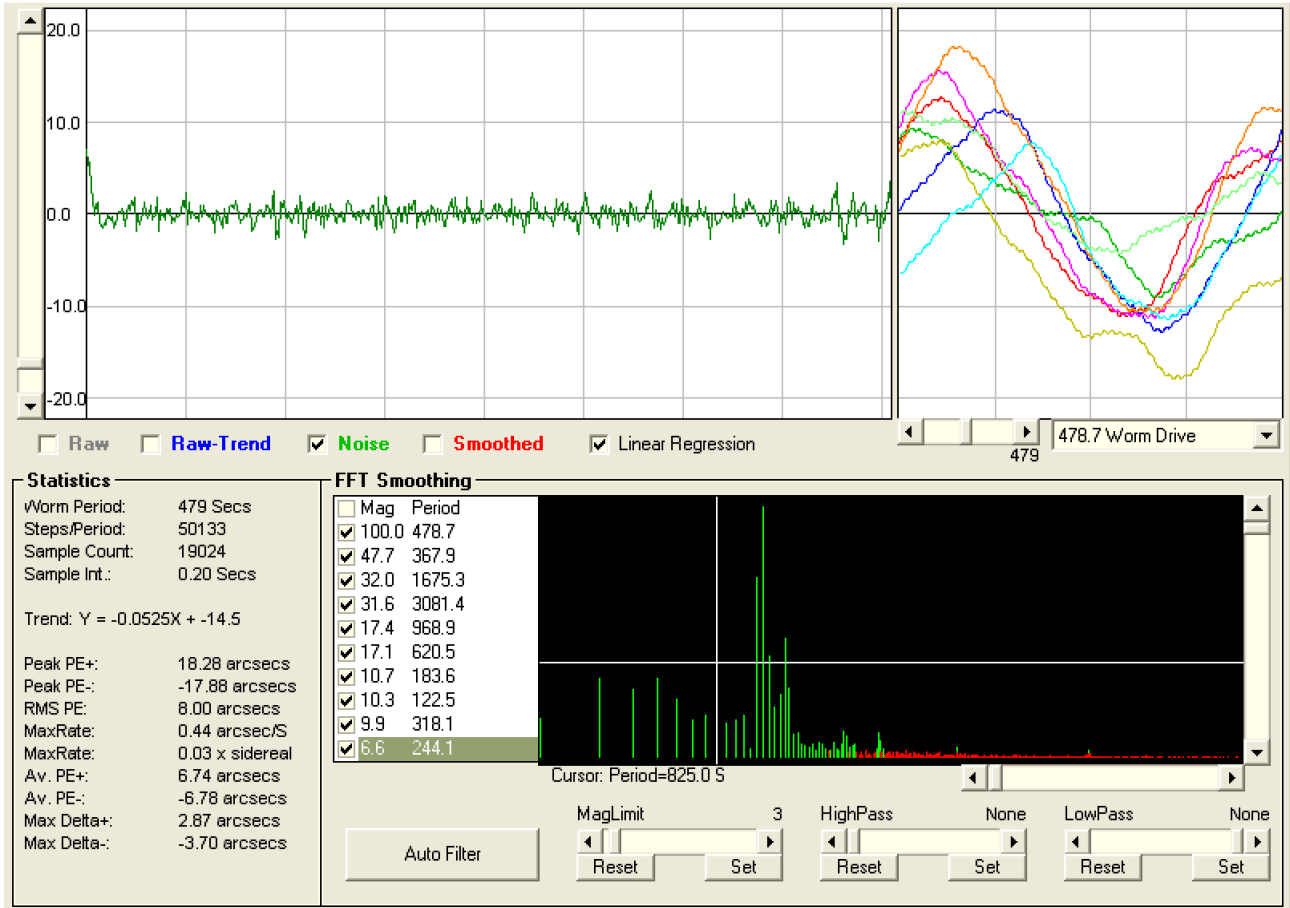
Tornando alla scheda *Periodic Analysis*, la traccia dell'errore combinato è



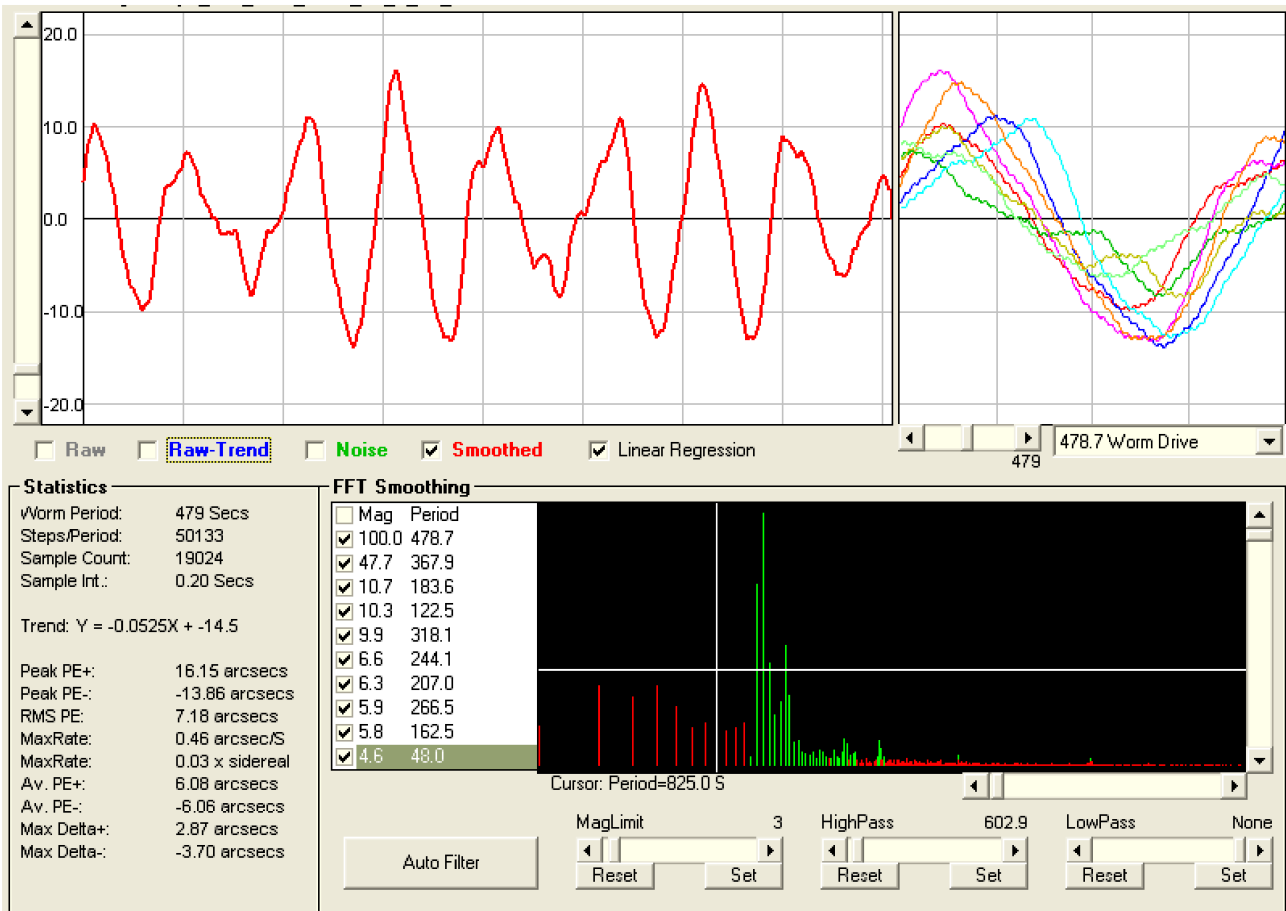
Applicando un filtro passa basso possiamo isolare e visualizzare i componenti a bassa frequenza presenti.



Applicando un filtro di magnitudine possiamo isolare il rumore.



... e utilizzando filtri passa-alto e di magnitudine possiamo isolare il segnale di errore attribuibile ai componenti meccanici dell'asse AR.

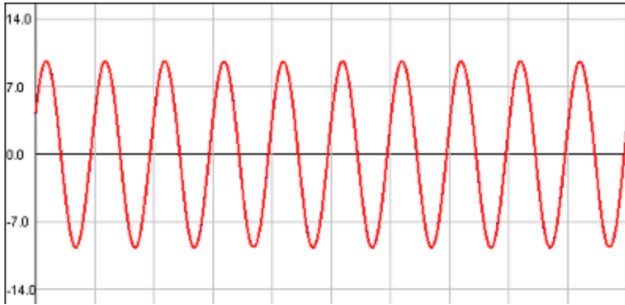


Questa traccia è l'errore periodico della montatura. Ricapitolando, questo è l'errore di inseguimento causato dalla meccanica dell'asse AR. Derive, rumore e segnali a bassa frequenza/non periodici sono stati rimossi.

Guardando una traccia si può essere tentati di concludere che ci sia qualche difetto particolarmente grave nell'inseguimento. Ogni ciclo ha un profilo diverso e ci sono grandi variazioni di ampiezza tra i cicli successivi. Il grafico a cicli sovrapposti mostra i cicli allineati non particolarmente bene e ci sembra essere uno slittamento di fase durante l'acquisizione dei dati (ciascuna curva si sposta più a destra nel ciclo successivo).

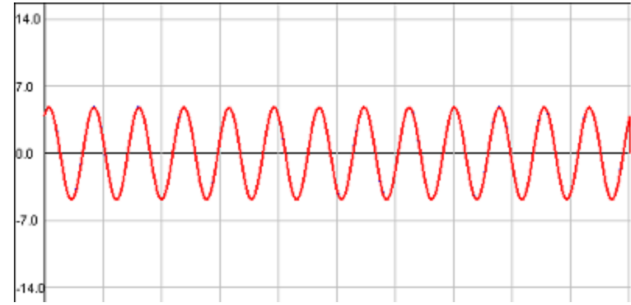
In realtà questo tipo di risposta è esattamente quello che ci si aspetterebbe visti i risultati dello spettro di frequenza che abbiamo già notato. Questa forma apparentemente complessa è causata dall'interazione dovuta a tre fonti di errore: la vite senza fine, la corona e l'ingranaggio del motore passo-passo, e le variazioni tra cicli sono dovute al fatto che né la corona né il motore passo passo hanno periodi di rotazione che sono armoniche della vite senza fine.

Speriamo che le seguenti illustrazioni (realizzate con la funzione *Simulator* di PECPrep) rendano le cose più chiare.



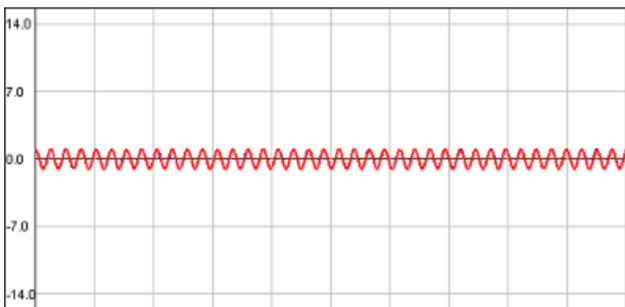
Worm

Period=479 seconds
 Peak-Peak = 19.3 arcsecs
 Phase=-64 degrees



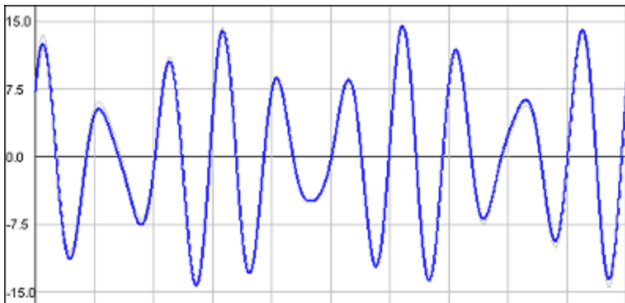
Transfer Gear

Period =3 66 seconds
 Peak-Peak = 9.6 arcsecs
 Phase=-34 degrees

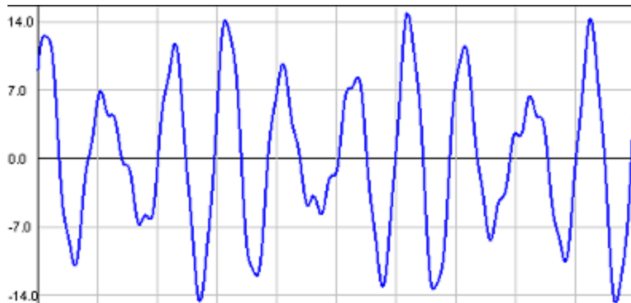


Stepper Spur Gear

Period = 122 seconds
 Peak-Peak = 2 arcsecs
 Phase = -12 degrees



Worm + Transfer Gear



Worm + Transfer Gear + Stepper Spur Gear

I grafici in rosso sono i segnali componenti mentre i grafici in blu mostrano gli effetti dell'unione di quelle componenti.