

Korto Cavitation Services

Multidimensional Diagnostics & Monitoring of Cavitation

www.korto.com

Bilješka DU181702

Za Hidroelektranu Dubrava

Alat za uvodnu analizu zapisa pri njihanju snage Pilot analiza zapisa tlaka u difuzoru

27.04.2018

U remontu 2018. godine, na difuzor agregata A, u gornjem položaju, uz zid, ugrađen je nisko-frekvencijski davač tlaka. Sistemom monitoringa Veski, signal iz tog davača digitaliziran je sa 2 kS/s i sniman zajedno sa snagom. Na taj je način 11.04.2018. zabilježen slučaj njihanja snage amplitude 0,6 MW na 32 MW. Snimci su ukazali na povezanost tlaka u difuzoru s njihanjem snage i pokazali da pri njihanju osnovni uzrok promjene tlaka dolazi sa jedne lopate radnog kola.¹

U ovoj se bilješci, u nastavku, na str. 2-7 prikazuje šest uzastopnih zapisa tog slučaja njihanja. Ukupnim trajanjem od oko 400 okretaja oni pokrivaju cijelu pojavu, s početkom i završetkom njihanja te ukupno 40 okretaja bez njihanja, prije i nakon pojave. Na str. 8 ilustriran je postupak stabilizacije sinkronizacije s okretajima; preostalo rasipanje razmaka među triggerima je 0,6%. Pomoću tako uređenih triggera, usrednjavanjem preko raspoloživih 65 okretaja, izvedene su na zapisima 2-5 ocjene periodičnih komponenti signala njihanja snage i tlaka u difuzoru dane na str. 9-12, te još stabilnija ocjena, izvedena usrednjavanjem preko svih tih 4×65 okretaja, na str. 13. Ocjene periodičnih komponenti bez njihanja, izvedene na 12 okretaja na zapisu 1 i 27 okretaja na zapisu 6, prikazane su na str. 14 i 15. Za interpretaciju, pogodni su grafovi na str. 13-15.

U svim prikazanim koracima, primijenjeno je efikasno filtriranje nulte faze, ilustrirano na str. 16 i 17. Ono čuva valni oblik i sinkronizaciju s triggerom, što je neophodno za dane ciljeve analize. Filtri uključuju izvjesnu normalizaciju amplituda, pa su u prikazima signala na svim grafovima amplitude proizvoljne; točne amplitude, s danim skalama, bile bi prikazane bez filtriranja. Grafove treba, dakle, rabiti jedino za usporedbe valnih oblika.

Detalji vidljivi na raznim grafovima ilustriraju alat razvijen za analizu slučajeva poput prikazanog. Taj se alat može proširiti na analizu više veličina i daljnje tipove obrada signala i podataka.

Preliminarno, usrednjeni i neusrednjeni zapisi tlaka u difuzoru potvrđuju početni nalaz o jednoj lopati kao izvoru njihanja¹ (što je u skladu sa ranijim nalazima^{2,3}), a podržavaju i detalj tog nalaza: tlak u difuzoru sadrži pri njihanju i komponentu ritma 1 puta na okret, koja podsjeća na pilu s maksimumom vezanim na jednu lopatu¹.

¹ Nalazi mr.sc. Miljenka Brezovca, dipl.ing. – usmena informacija 24.04.2018

² https://www.researchgate.net/publication/265402408_Turbine_instability_explained_by_multidimensional_cavitation_diagnostics

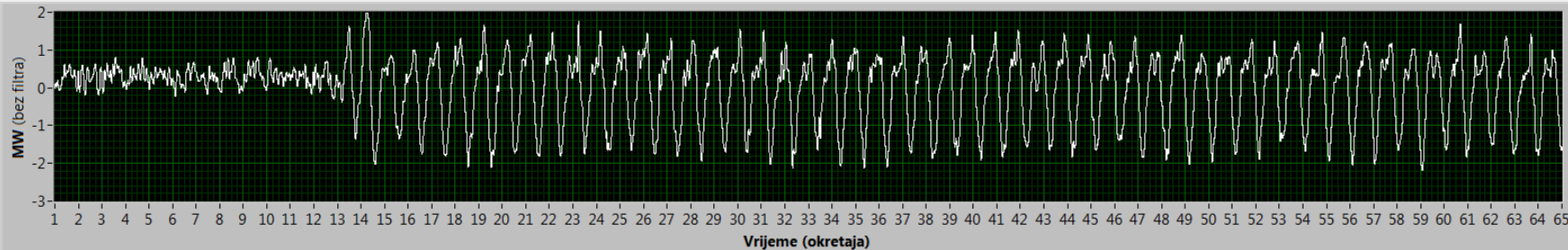
³ Uvodna analiza njihanja snage turbine A s novim radnim kolom: Da li je pojava rezonantna?, Bilješka Korto DU141301, ožujak 2014

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: **Zapisi**

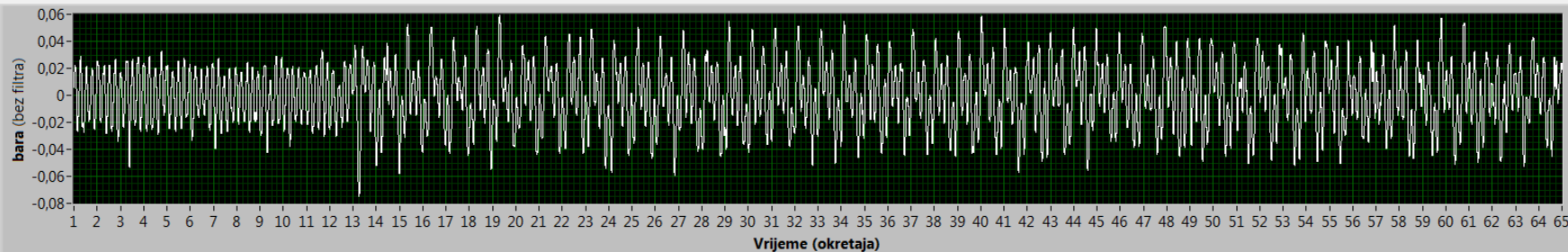
Korto Cavitation Services



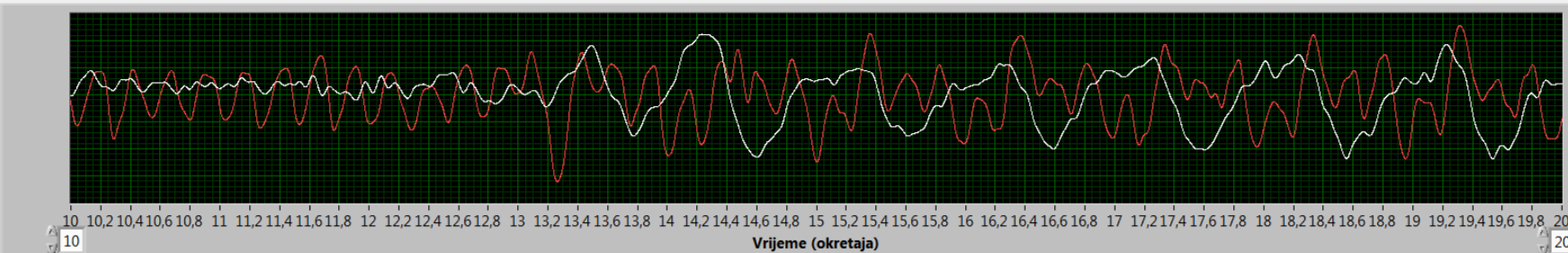
Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Otklon tlaka protocnog trakta od srednje vrijednosti



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)



Zapis 1...6

1

CoDiS-A_2018-04-11_09-14

Srednja snaga (MW)

31,55

Srednji tlak (bar)

1,2098

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,97

Max otklon perioda navise (%)

0,5170%

Max otklon perioda nanize (%)

0,5107%

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

Triger (uzoraka)

0

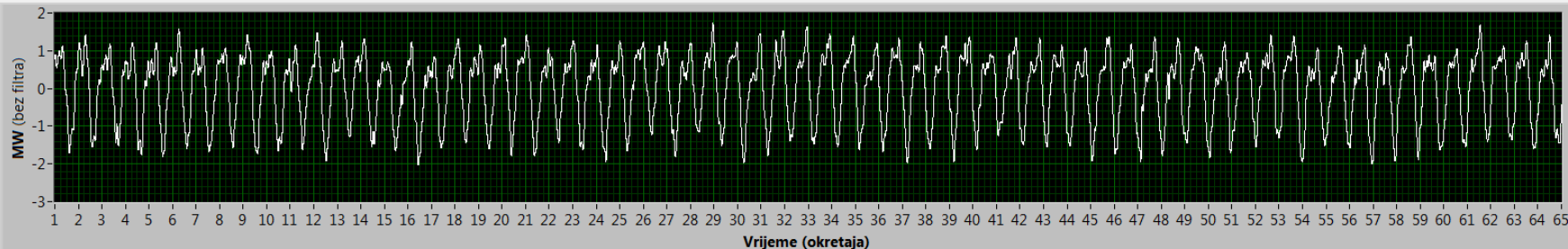
681

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Zapisi

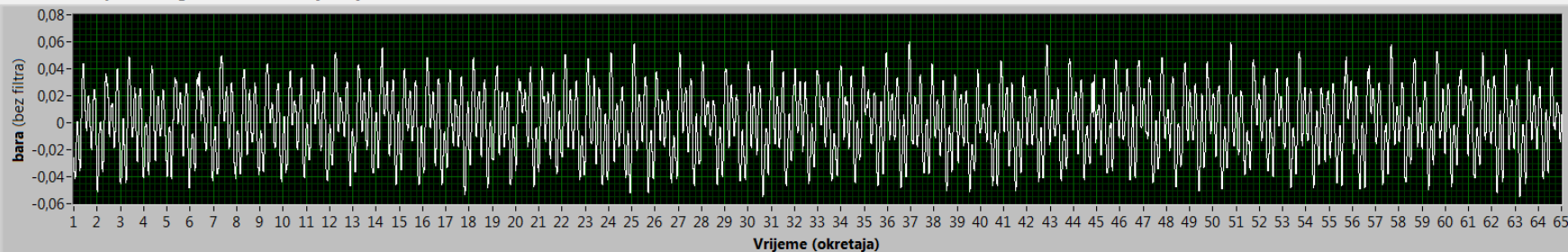
Korto Cavitation Services



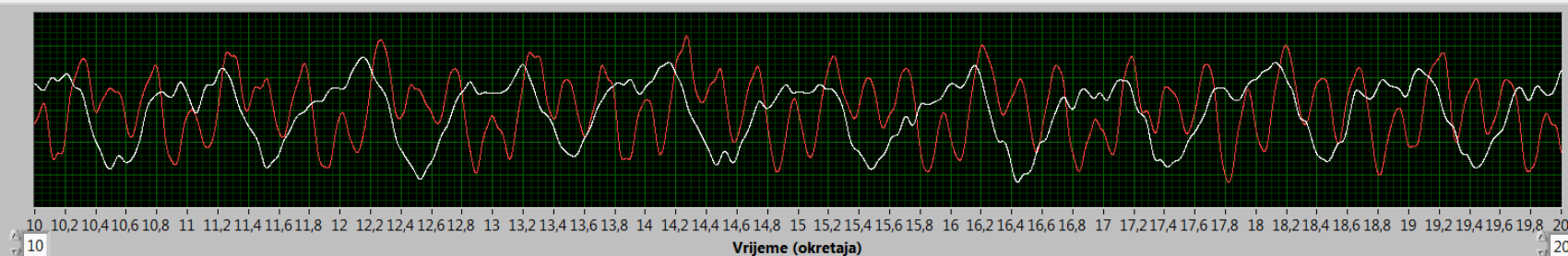
Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Otklon tlaka protocnog trakta od srednje vrijednosti



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)



Zapis 1...6

2

CoDiS-A_2018-04-11_09-16-03

Srednja snaga (MW)

31,53

Srednji tlak (bar)

1,2099

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,95

Max otklon perioda navise (%)

0,6214

Max otklon perioda nanize (%)

0,4063

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

Triger (uzoraka)

0

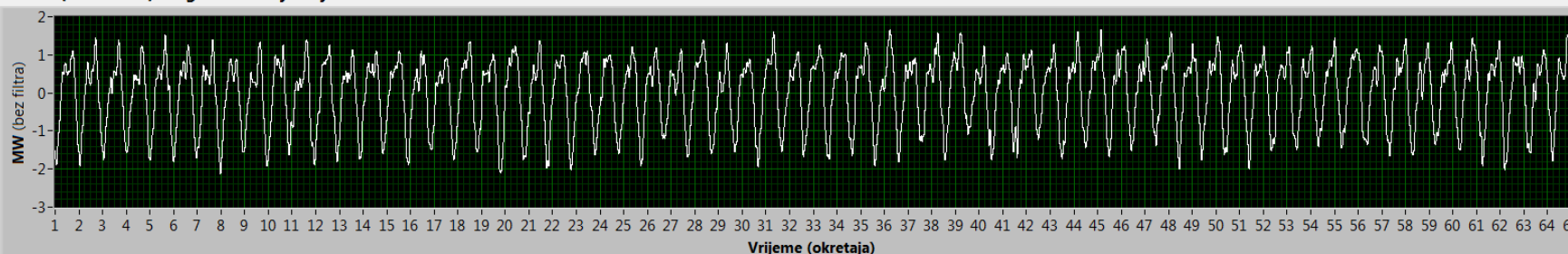
133

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Zapisi

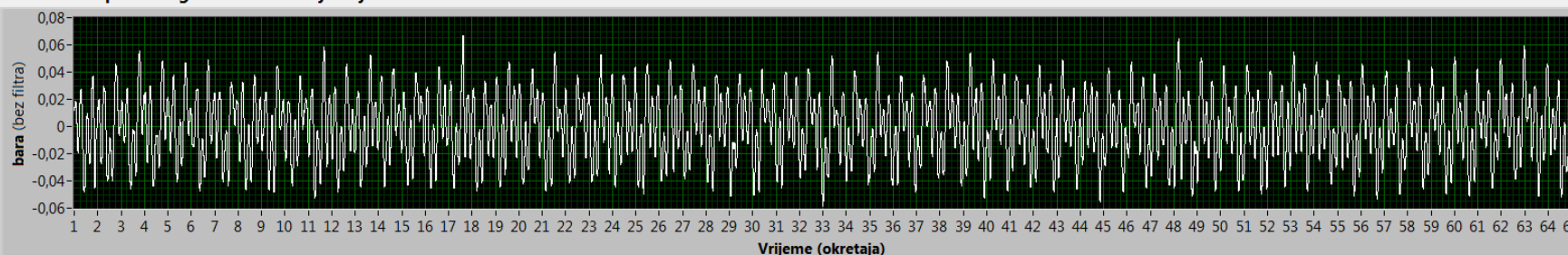
Korto Cavitation Services



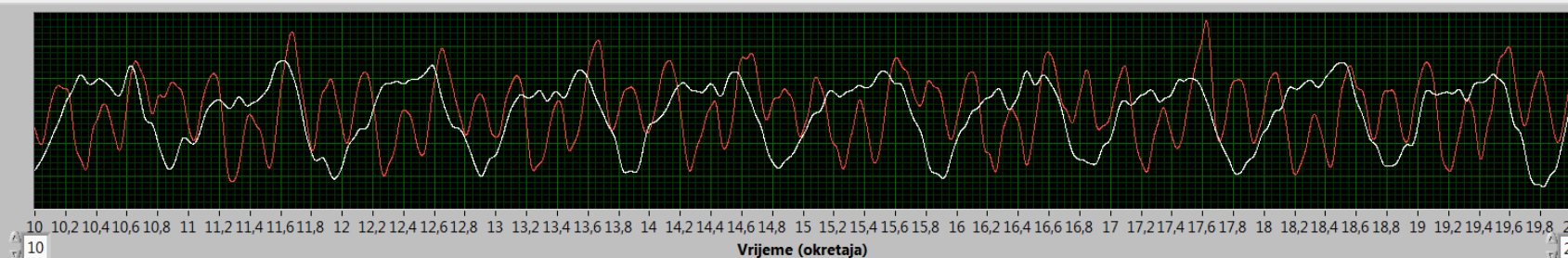
Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Otklon tlaka protocnog trakta od srednje vrijednosti



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)



Zapis 1...6

3

CoDiS-A_2018-04-11_09-16-37

Srednja snaga (MW)

31,55

Srednji tlak (bar)

1,2101

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,78

Max otklon perioda navise (%)

0,3305

Max otklon perioda nanize (%)

0,3890

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

20

8

8

Triger (uzoraka)

0

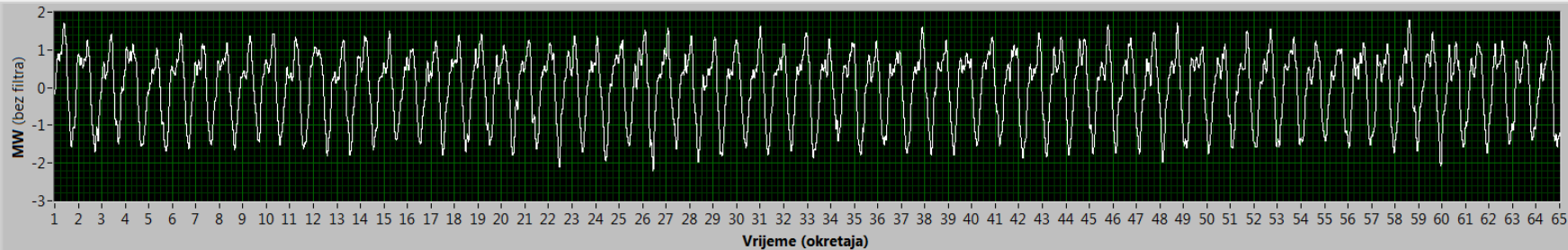
322

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Zapisi

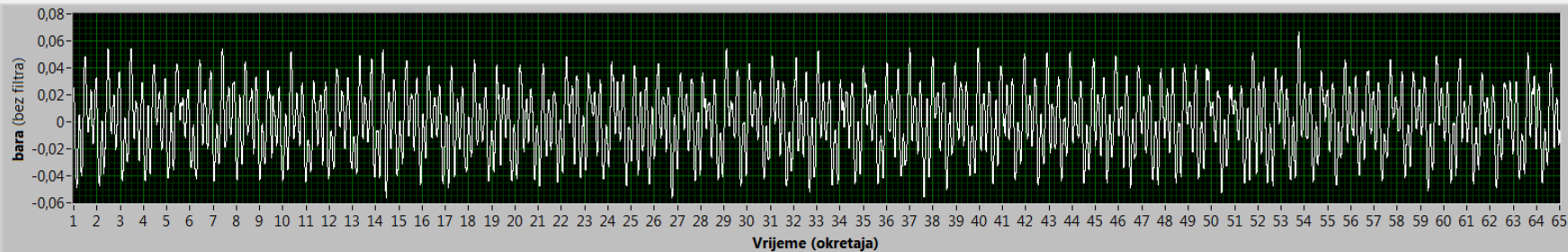
Korto Cavitation Services



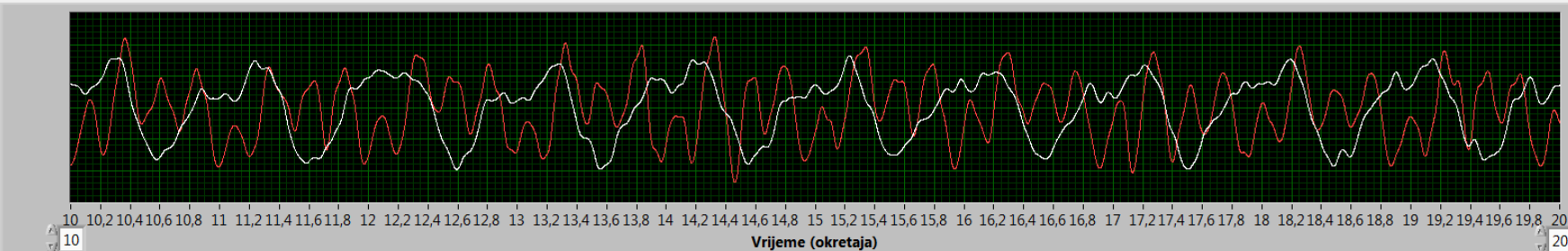
Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Otklon tlaka protocnog trakta od srednje vrijednosti



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)



Zapis 1...6

4

CoDiS-A_2018-04-11_09-17-15

Srednja snaga (MW)

31,56

Srednji tlak (bar)

1,2094

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,35

Max otklon perioda navise (%)

0,6835

Max otklon perioda nanize (%)

0,5506

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

20

8

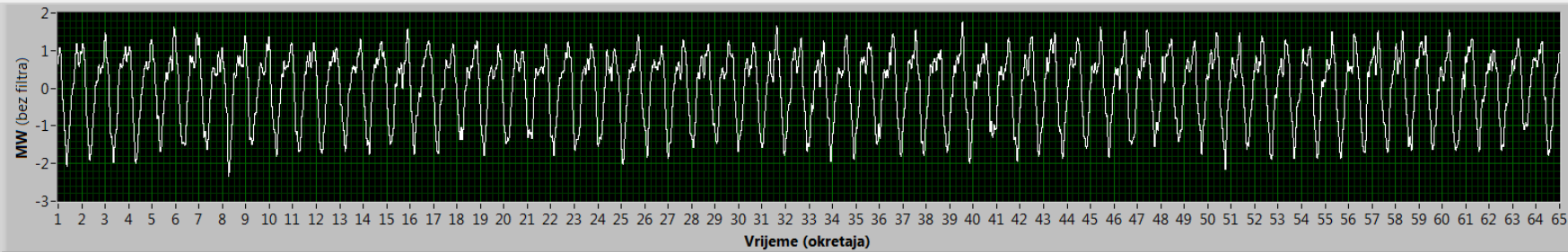
8

Triger (uzoraka)

0

172

Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Zapis 1...6

5

CoDiS-A_2018-04-11_09-17-59

Srednja snaga (MW)

31,56

Srednji tlak (bar)

1,2100

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,63

Max otklon perioda navise (%)

0,4492:

Max odklon perioda nanize (%)

0,47610

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filter snaga	Gr.fr. (Hz)	Strmina
--------------	-------------	---------

20

8

Filtar tlak

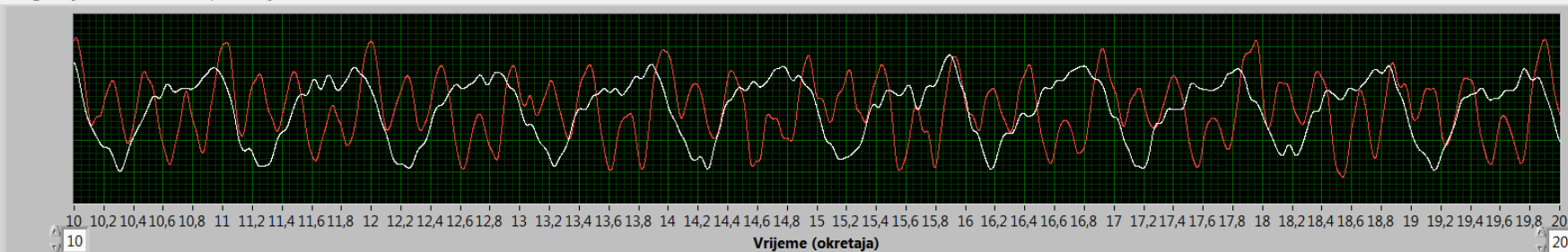
11

Triger (uzoraka)



480

Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)

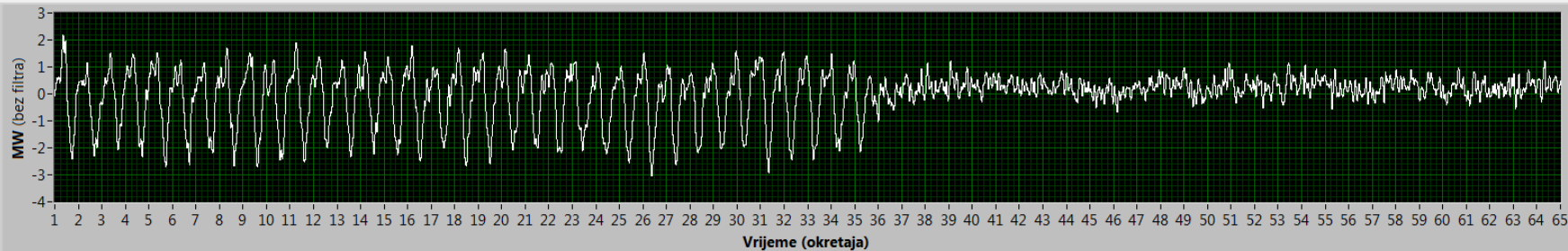


HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Zapisi

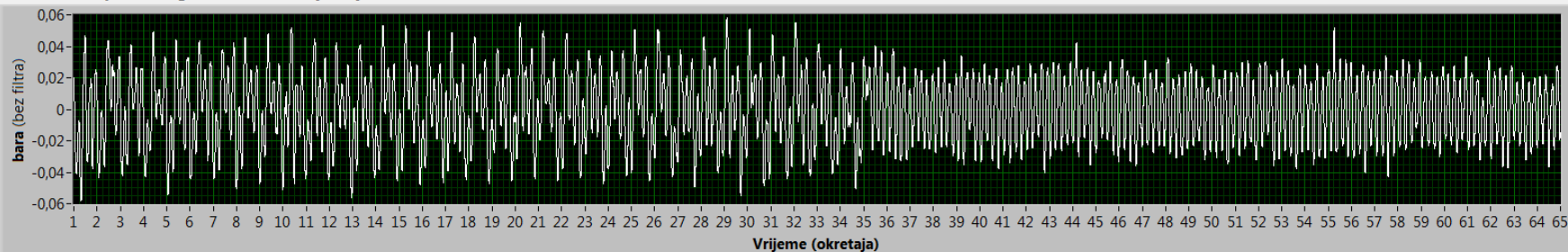
Korto Cavitation Services



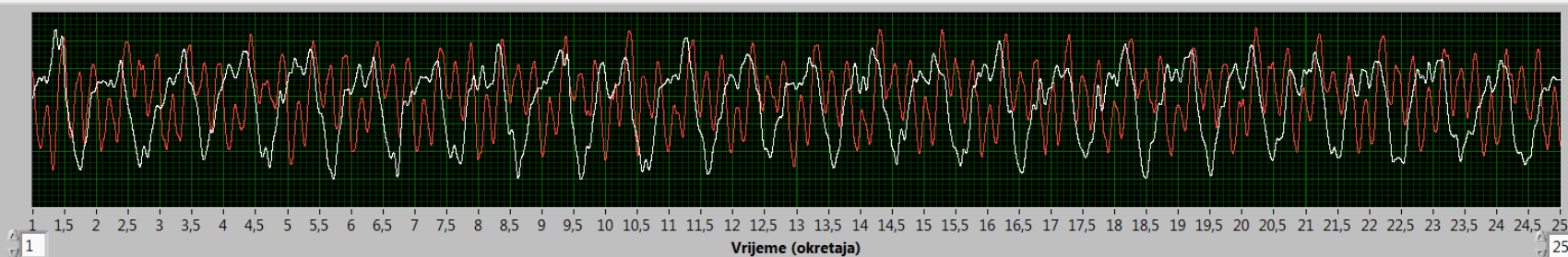
Otklon (izracunate) snage od srednje vrijednosti



Otklon tlaka protocnog trakta od srednje vrijednosti



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale)



Zapis 1...6

6

CoDiS-A_2018-04-11_09-18

Srednja snaga (MW)

31,61

Srednji tlak (bar)

1,2096

Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,55

Max otklon perioda navise (%)

0,3543

Max otklon perioda nanize (%)

0,3654

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

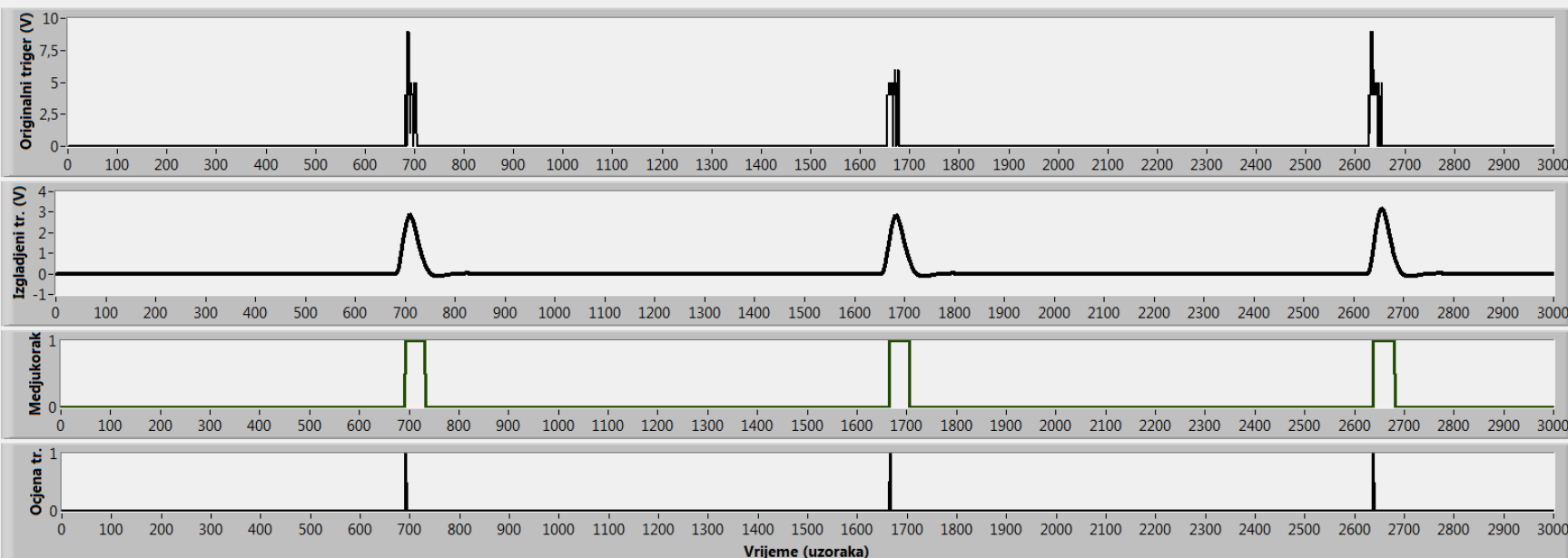
Triger (uzoraka)

0

647

HE Dubrava AGA Analiza njihovja snage 2018: Triger

Korto Cavitation Services



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,64

Max otklon perioda navise (%)

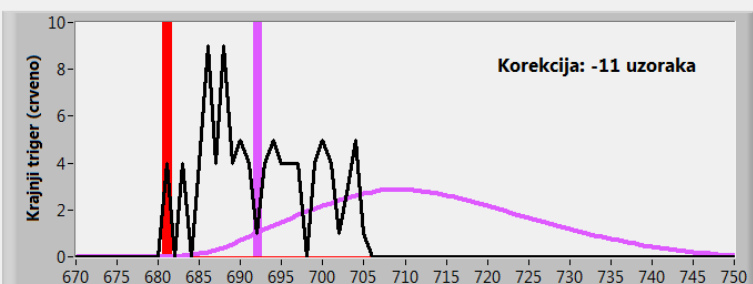
0,6540%

Max otklon perioda nanize (%)

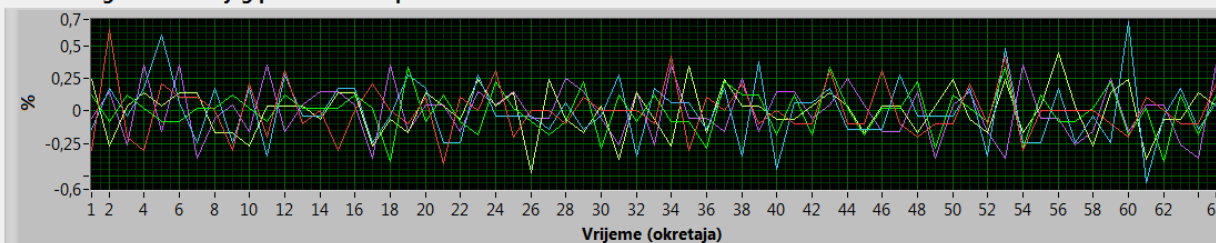
0,5797%

Nominalni period (uzoraka)

973



Otklon trigeru od srednjeg perioda na 6 zapisa

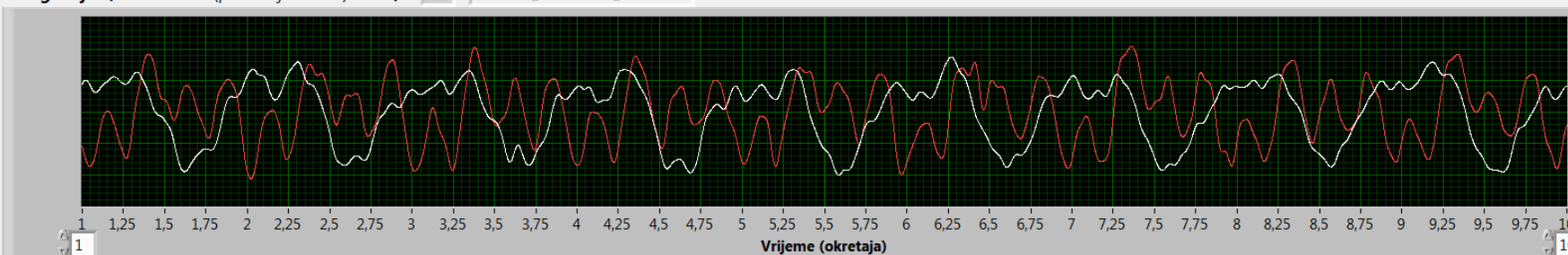


HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Usrednjavanje

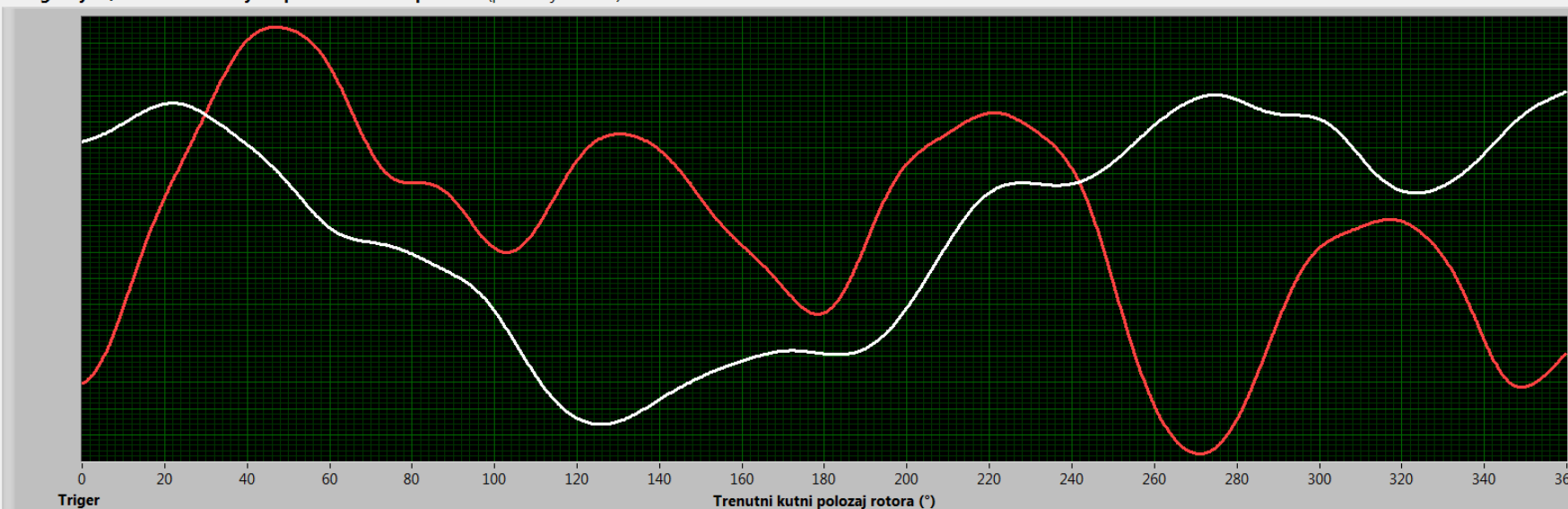
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 2 CoDiS-A_2018-04-11_09-16-03



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodičnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,95

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,0556

486,477

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

Usrednjavanje

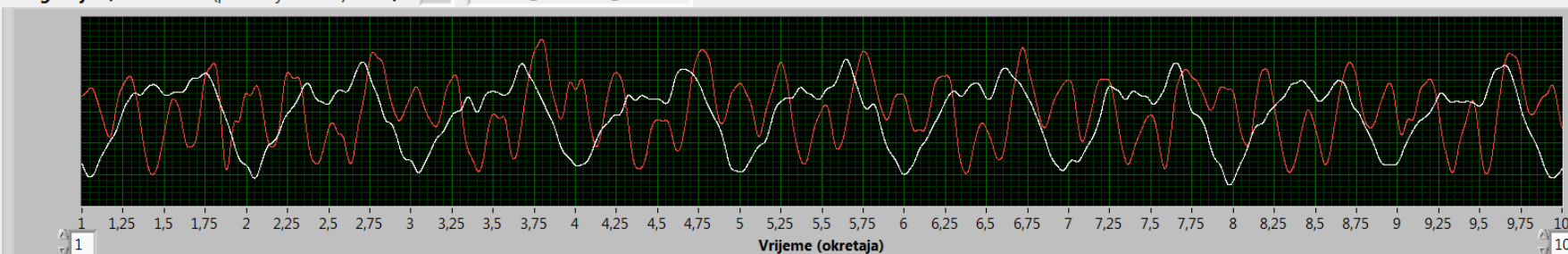
S njihanjem, zapis 2

HE Dubrava AGA Analiza njihovja snage 2018: Usrednjavanje

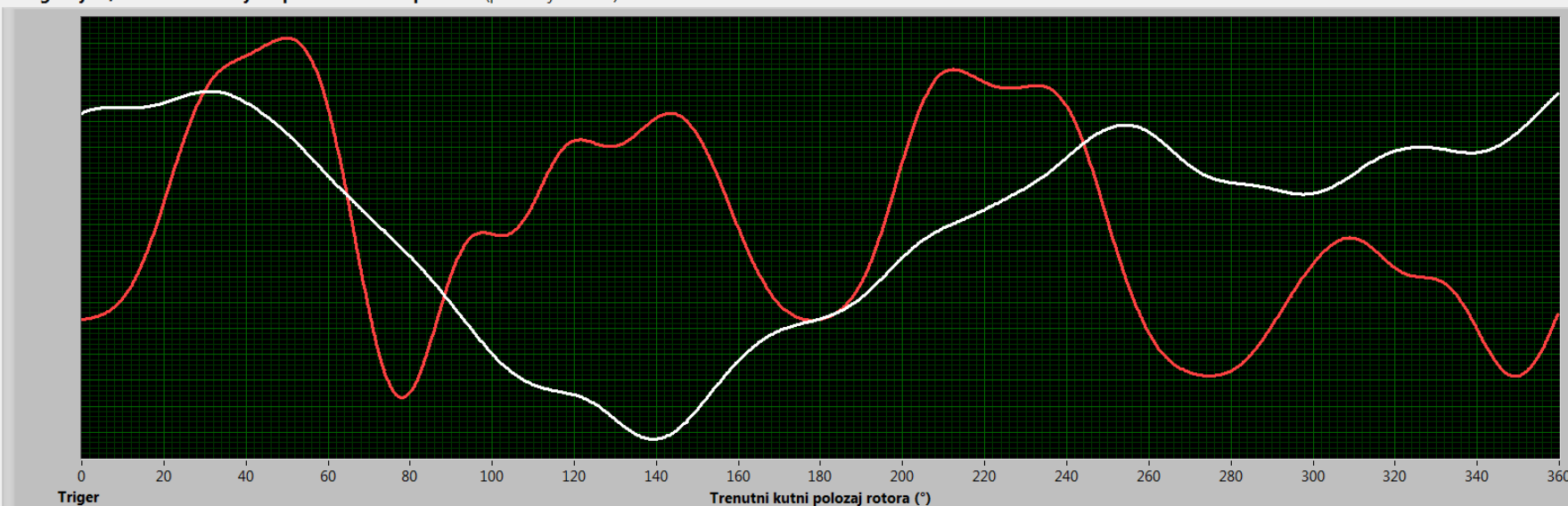
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 3 CoDiS-A_2018-04-11_09-16-37



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodicnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,78

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05595

486,392

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20 8

Filtar tlak

20 8

Usrednjavanje

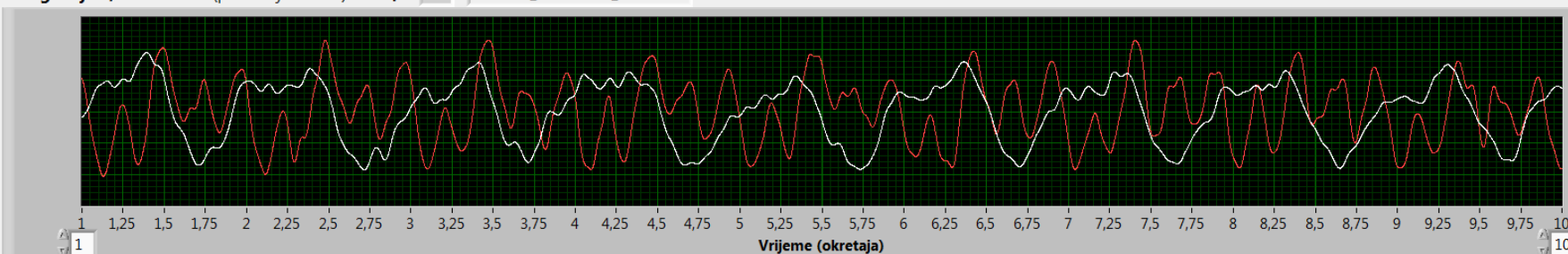
S njihovjem, zapis 3

HE Dubrava AGA Analiza njihovjanja snage 2018: Usrednjavanje

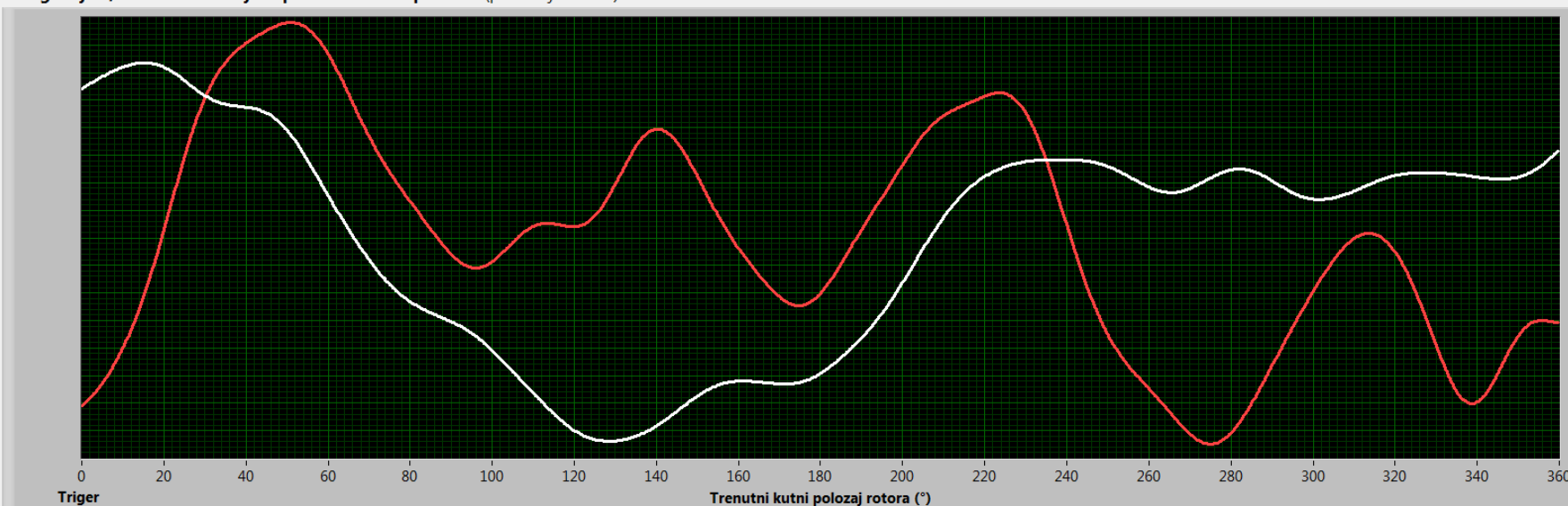
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 4 CoDiS-A_2018-04-11_09-17-15



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodicnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,35

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05686

486,177

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20 8

Filtar tlak 20 8

Usrednjavanje

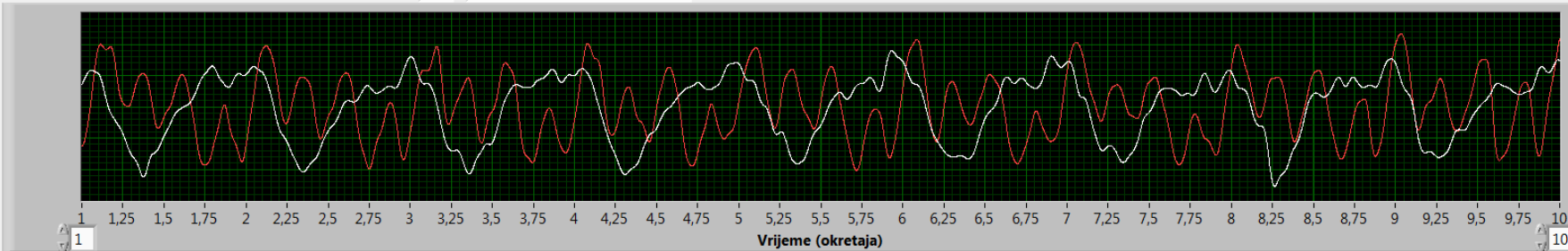
S njihovnjem, zapis 4

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Usrednjavanje

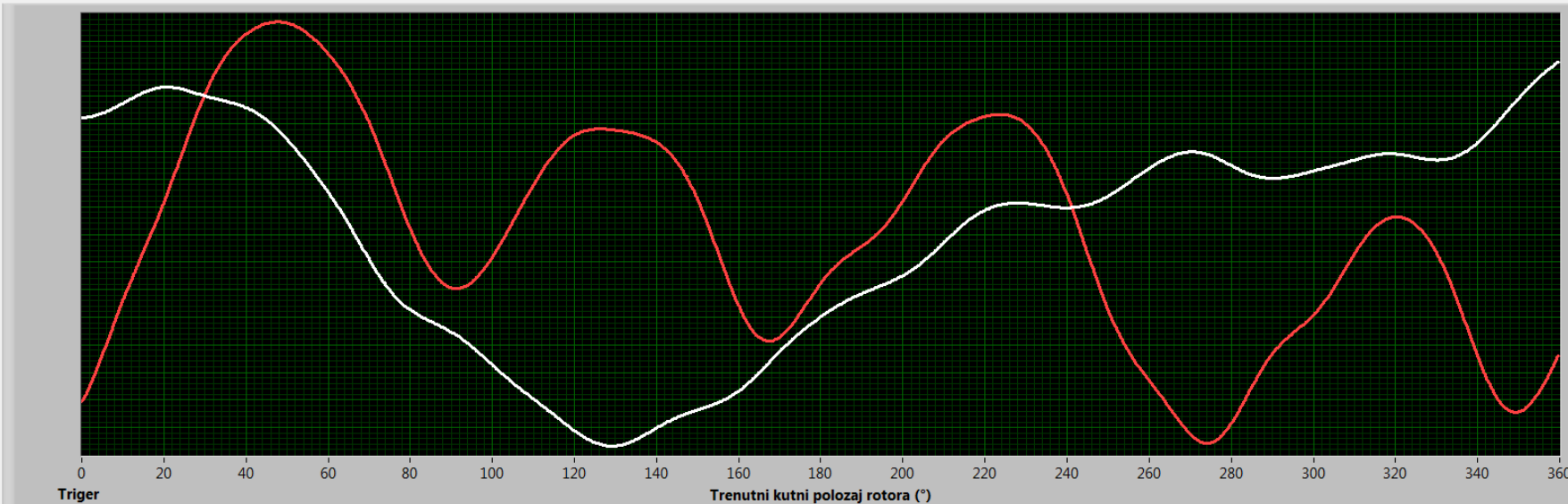
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 5 CoDiS-A_2018-04-11_09-17-59



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodičnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,63

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05628

486,315

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20 8

Filtar tlak 20 8

Usrednjavanje

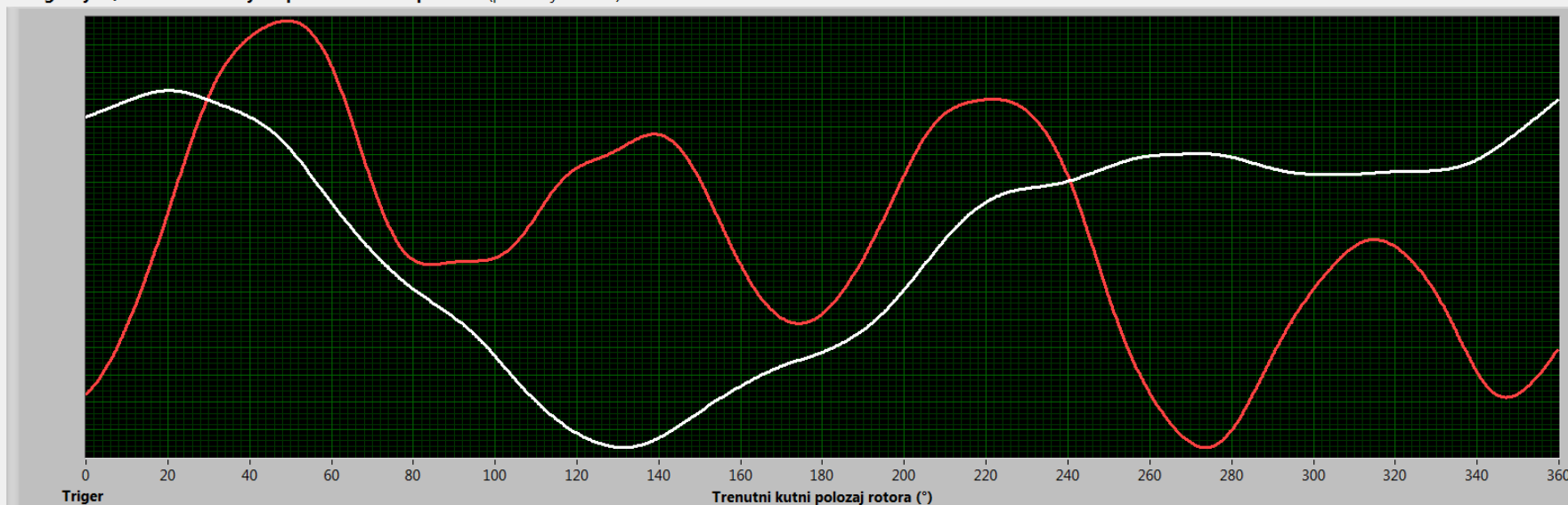
S njihanjem, zapis 5

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Usrednjavanje

Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodičnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,68

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05617

486,34

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

Usrednjavanje

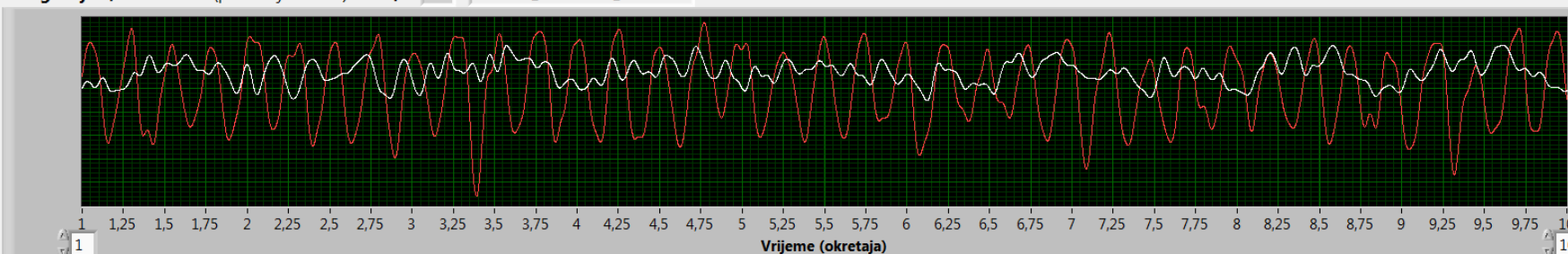
S njihanjem, zapisi 2-5

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Usrednjavanje

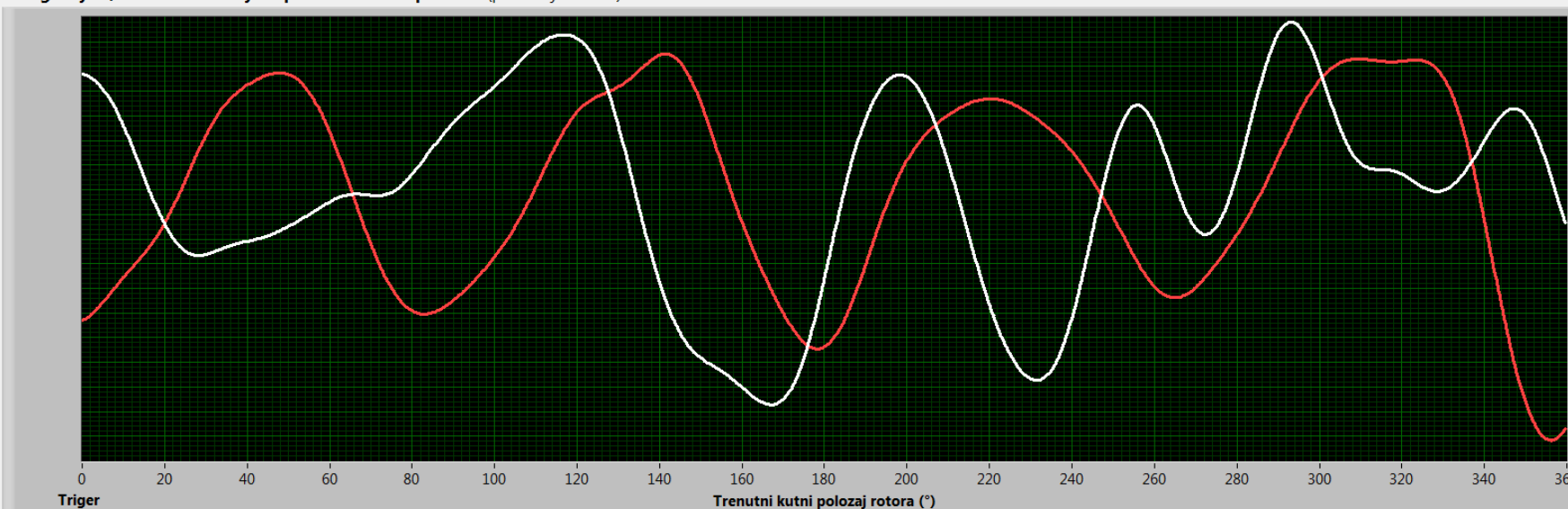
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 1 CoDiS-A_2018-04-11_09-14



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodičnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,97

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05556

486,485

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20 8

Filtar tlak

20 8

Usrednjavanje

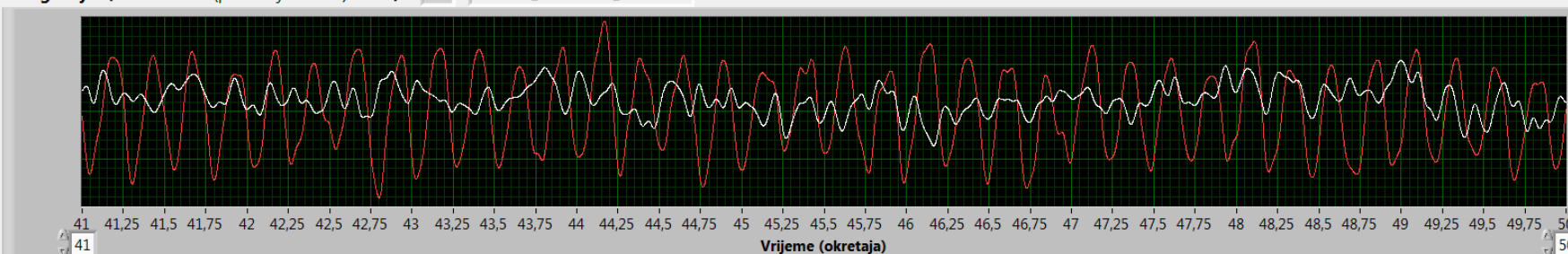
Bez njihanja zapis 1

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: Usrednjavanje

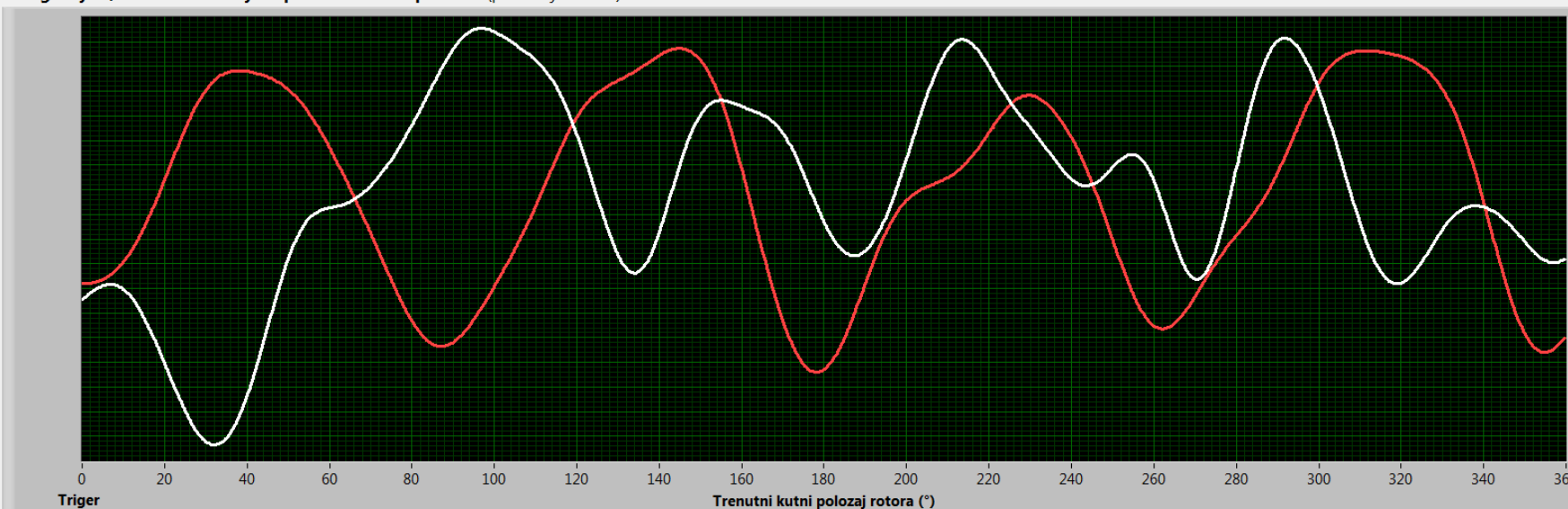
Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno (proizvoljne skale) Zapis 6 CoDiS-A_2018-04-11_09-18



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodicnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,55

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05644

486,277

Filtar snaga Gr.fr. (Hz) Strmina

20

8

Filtar tlak

20

8

Usrednjavanje

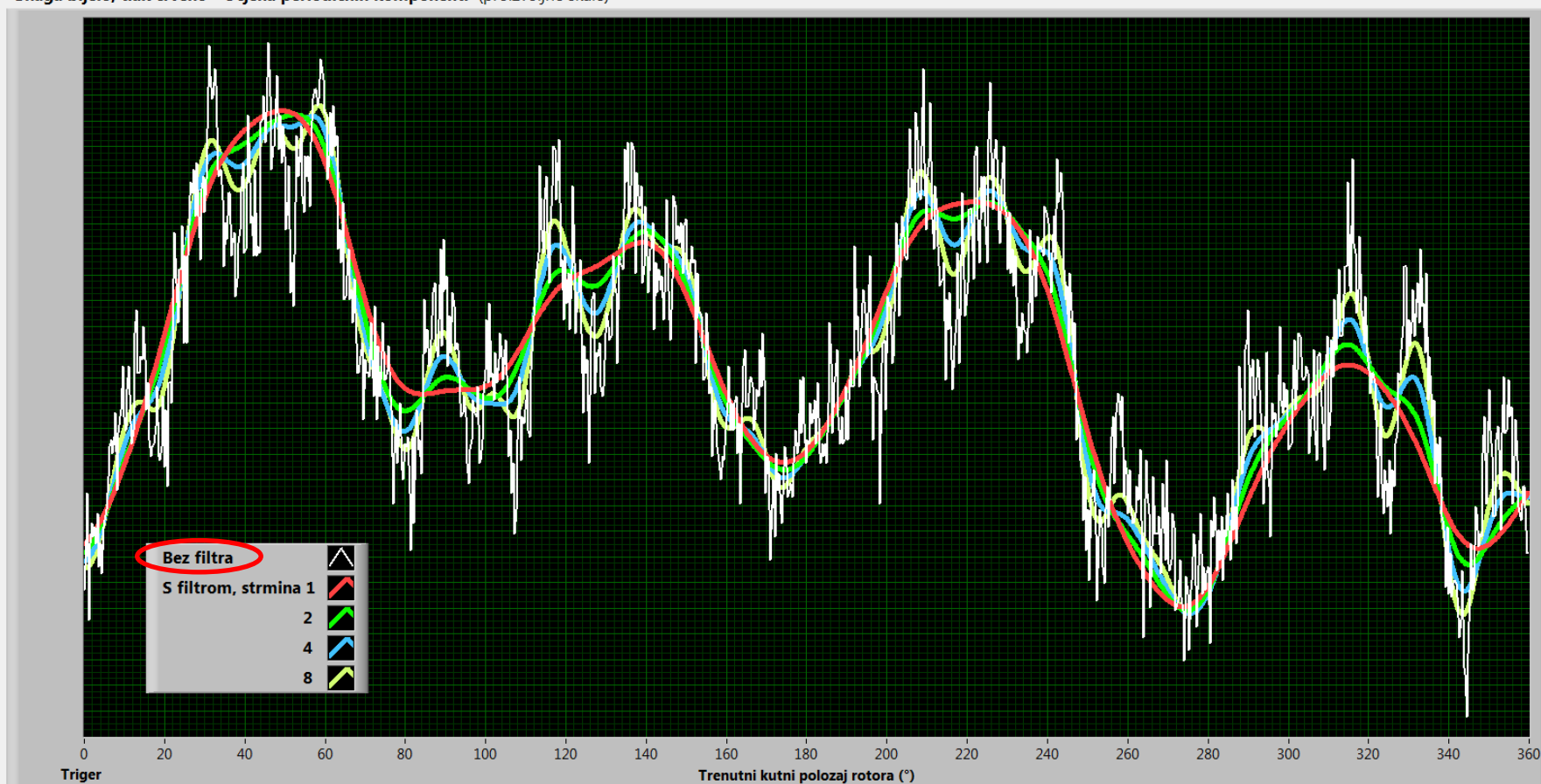
Bez njihanja, zapis 6

HE Dubrava AGA Analiza njihanja snage 2018: **Filtriranje**

Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodičnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,68

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtnja (Hz) (ms)

2,05617

486,34

Usrednjavanje

S njihanjem, zapisi 2-5

HE Dubrava AGA Analiza njihovja snage 2018: Filtriranje

Korto Cavitation Services



Snaga bijelo, tlak crveno - Ocjena periodicnih komponenti (proizvoljne skale)



Duljina zapisa (okretaja)

65

Srednji period (uzoraka)

972,68

Nominalni period (uzoraka)

973

Frekvencija uzorkovanja (Hz)

2000

Vrtanja (Hz) (ms)

2,05617

486,34

Usrednjavanje

S njihovjem, zapisi 2-5