DFT and Spectral Window Plug-In

Table of Contents

[Introduction 2](#_Toc200212960)

[DFT 3](#_Toc200212961)

[Spectral Window 5](#_Toc200212962)

[DC DFT 6](#_Toc200212963)

[Multi-Harmonic DFT 7](#_Toc200212964)

[Example 1: PMAK V5 7](#_Toc200212965)

[Example 2: TIC 229887190 (Gaia DR3 1268418539611502464) 13](#_Toc200212966)

[References 17](#_Toc200212967)

[Revision History 18](#_Toc200212968)

# Introduction

This plug-in implements several algorithms:

1. The ‘classic’ Fourier analysis algorithm (Deeming, 1975).
2. The spectral window calculation, i.e., visualization of the aliasing pattern (<https://en.wikipedia.org/wiki/Aliasing>).
3. Ferraz-Mello’s DC DFT (Ferraz-Mello, 1981), the same as in the “DC DFT with Frequency Range” analysis, yet utilising another (not so effective yet more straightforward) algorithm
4. A multi-harmonic approach to the DC DFT, developed by I. L. Andronov (Andronov, 1994, 2020). This algorithm fits the signal (the original light curve) for each trial frequency using a sinusoid plus several harmonics (i.e., additional sinusoids with frequencies that are multiples of the trial frequency). This approach is very helpful for the analysis of eclipsing variables (which have primary and secondary minima) or periodic variables with complex light curves.

The plug-in can be installed via the *Plug-in Manager* item in the Tool menu. After VStar has been restarted, the *Analysis* menu will contain a new item for the plug-in:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Шрифт, число

Автоматично згенерований опис

# DFT

Suppose the following *eta Aql* data set (JD 2460375 to 2460654, Visual) is loaded into VStar:

Зображення, що містить текст, Шрифт, число, документ

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.Invoking the *DFT and Spectral Window Frequency Range* item from the *Analysis* menu opens a series selection dialog:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Шрифт, число

Автоматично згенерований опис

Clicking the OK button with the Visual series selected opens a parameter entry dialog:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, монітор, програмне забезпечення

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

The default values for maximum frequency and resolution provide a good starting point.

Clicking the OK button starts the DFT calculations, and the result is displayed in a separate window:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, програмне забезпечення, монітор

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

This should look familiar to anyone who has used DC DFT in VStar. As for DC DFT, top hits are shown as red squares on the plots and in tabular form on the *Top Hits* tab (unlike DC DFT, the number of top-hits is not limited -- every local maximum is marked as a top-hit).

Зображення, що містить текст, знімок екрана, число, монітор

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

A point on the plot or a table row can be selected, and a phase plot can be created by clicking the *New* *Phase Plot* button.

Зображення, що містить текст, Шрифт, число, знімок екрана

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

# Spectral Window

Not all peaks in the periodogram represent the 'real' frequencies in the star's oscillation spectrum. Some are aliases that arise due to gaps in observations, the finite observation interval, and the inability to observe during the daytime. Since observations are limited to nighttime and observers are not uniformly distributed by longitude, gaps with a period of one day are common.

Let us inspect the spectral window calculated for the data above. To do this, invoke the DFT and Spectral Window Frequency Range item from the menu, select the Visual series, and, in the Parameters dialog, choose the 'Spectral Window' radio button. Then, click the OK button. Once the calculations are finished, you will see the following pattern:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, монітор, програмне забезпечення

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

There is always a peak at zero frequency. The width of this peak corresponds to the theoretical resolution of the analysis -- the wider the observation time span, the narrower the peak. However, we also see a peak at a frequency of 1 d⁻¹, which is an alias.

Look at the periodogram we calculated earlier. Along with the primary peak at 0.139 d⁻¹, you can see a peak at 1.140 d⁻¹, which is an alias of the primary peak. This peak has no physical meaning and is merely a calculation artifact.

Thus, the spectral window is a useful tool for identifying and rejecting aliases.

# DC DFT

This is equivalent to the *DC DFT with Frequency Range* analysis. For details, please refer to the VStar documentation.

# Multi-Harmonic DFT

This method models the signal (the original light curve) for each trial frequency using a sinusoid along with several harmonics -- additional sinusoids whose frequencies are multiples of the trial frequency. The *Harmonics* parameter specifies the number of multiplied frequencies used in the fitting process. If this parameter is set to 1, the algorithm functions essentially the same as DC DFT.

### Example 1: PMAK V5

Let us consider the application of the algorithm on the example of the PMAK V5 eclipsing variable.

Load observations of the PMAK V5 variable from the AAVSO International Database into Vstar and convert dates to HJD. These are Johnson V data:

Зображення, що містить текст, Графік, ряд, знімок екрана

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Then, invoke the DC DFT with Frequency Range plug-in. Let's assume we suspect the variable's period falls somewhere between 0.2 and 10 days, so we set the parameters accordingly:

Зображення, що містить текст, електроніка, знімок екрана, монітор

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

For the first run, set Harmonics to 1. Here is the resulting periodogram:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Графік, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

There is no obvious frequency. So, try setting Harmonics to 2. Please note that as the number of harmonics increases, it is advisable to increase the resolution by the same factor. So, set Resolution to 0.00004 (i.e., reduce the frequency step size by half):

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Графік, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Let us select a frequency with the highest power and build the phase plot for it:

Зображення, що містить текст, Графік, Шрифт, знімок екрана

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

This already resembles the light curve of an Algol-type eclipsing variable; however, we do not see the secondary minimum. Let us try setting Harmonics to 6 and Resolution to 0.000013:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Графік, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

The most prominent peak remains the same; however, we can now see a second peak at a period of 4.7377. Here is the phase plot for it:

Зображення, що містить текст, Шрифт, Графік, знімок екрана

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

To prove this, we can try higher-quality data from ZTF for this star:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, ряд, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Trying the same approach for the ZTF zg data:

Зображення, що містить текст, електроніка, знімок екрана, монітор

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

The second top-hit in the resulting periodogram is at almost the same frequency as in the previous periodogram:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Графік, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

The corresponding phase plot shows the classic EA light curve:

Зображення, що містить текст, ряд, Шрифт, Графік

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

We obtained a period of 4.739 days, which is in excellent agreement with the VSX value (4.7391 d).

### Example 2: TIC 229887190 (Gaia DR3 1268418539611502464)

The star Gaia DR3 1268418539611502464 is listed in the VSX catalogue. As of June 7, 2025, it has no definitive variability type. The period recorded in VSX is 0.0389788 d (revision 1).

Here is part of its TESS QLP light curve (Sector 50):

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Шрифт, схема

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Standard DC DFT with the default parameters (Minimum Frequency = 0, Maximum Frequency = 50, Resolution = 0.00555540605, DC DFT mode) gives the most prominent period of 0.2439 days.

Зображення, що містить текст, знімок екрана, Графік, ряд

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

However, the light curve clearly indicates that it is an EA-type variable. By estimating the period from the light curve, we can conclude that it is quite close to the second top hit (0.4891 days). Here is the corresponding phase plot:

Зображення, що містить текст, Графік, ряд, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

It is evident that the estimated period is not highly accurate. Next, try Multi-harmonic DFT -- select 2 harmonics and increase the resolution:

Зображення, що містить текст, знімок екрана, монітор, програмне забезпечення

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Next, select the most prominent frequency from the resulting periodogram:Зображення, що містить текст, знімок екрана, ряд, Графік

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

The resulting phase plot is nearly perfect; we only need to adjust the initial epoch:

Зображення, що містить текст, Графік, ряд, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

Here is the final phase plot with the corrected initial epoch and the period without insignificant digits:

Зображення, що містить текст, Графік, ряд, Шрифт

Вміст на основі ШІ може бути неправильним.

# References

Deeming, T. J., 1975, Fourier Analysis with Unequally-Spaced Data, Astrophysics and Space Science, Volume 36, Issue 1, pp. 137-158, Bibcode: 1975Ap&SS..36..137D

Ferraz-Mello, S., 1981, Estimation of Periods from Unequally Spaced Observations, Astronomical Journal, Volume 86, p. 619, 1981, Bibcode: 1981AJ.....86..619F

Andronov, I. L., 1994, (Multi-) Frequency Variations of Stars. Some Methods and Results, Odessa Astronomical Publications, Volume 7, pp. 49-54, Bibcode 1994OAP.....7...49A

Andronov, I. L., 2020, Advanced Time Series Analysis of Generally Irregularly Spaced Signals: Beyond the Oversimplified Methods, Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation, 1st Edition. Edited by Petr Skoda and Fathalrahman Adam. ISBN: 978-0-128-19154-5. Elsevier, 2020, p.191-224, Bibcode 2020kdbd.book..191A

# Revision History

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rev | Date | Description | Author |
| B | 07.06.2026 | Updated along with the plug-in update | Maksym Pyatnytskyy (PMAK) |
| A | 26.12.2024 | Initial release | Maksym Pyatnytskyy (PMAK), partially based on David Benn’s AoV plug-in documentation. |