

Alunos:

Lucas Callizo Magalhães RA 182393

Marcos Gabriel Barboza Dure Diaz RA 221525

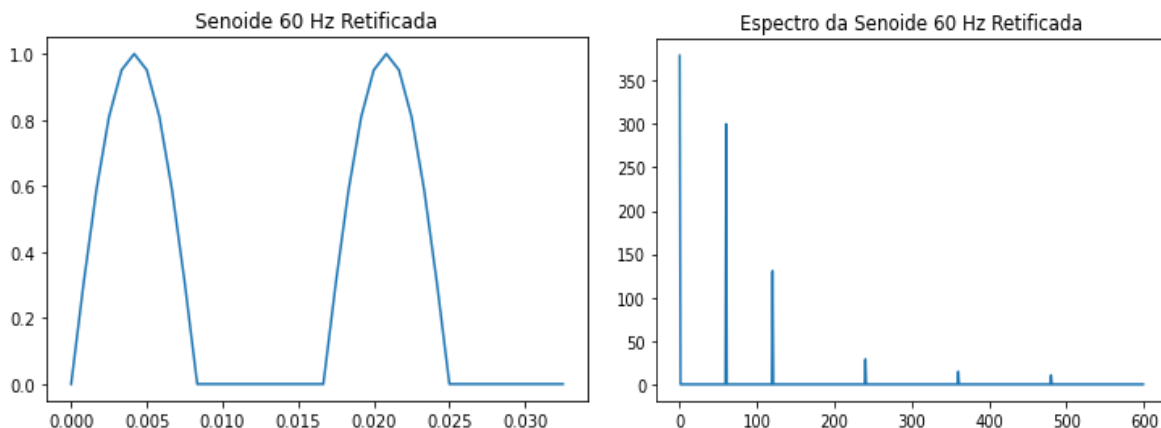
Relatório 3 Harmônicas

Chaveamentos e interrupções abruptas

Qual deve ser o espectro de um retificador de meia onda? (O produto de uma senoíde com a onda quadrada)?

Resposta: Como estamos multiplicando dois sinais no tempo, esperamos que o espectro do sinal resultante seja a convolução dos espectros dos sinais que foram multiplicados. O espectro da senoíde é composto por dois impulsos não unitários, um na frequência 60Hz e outro em -60Hz. A convolução de um espectro com um impulso não-unitário centrado numa frequência é um deslocamento do espectro centrado na frequência do impulso e com amplitude modificada. Assim, o espectro da senoíde retificada vai ser a sobreposição dos dois espectros da onda quadrada deslocados, um centrado em -60Hz e o outro em 60Hz.

Trace a onda retificada e o seu espectro



Observamos que a senoíde foi retificada no tempo, de modo que só permanece seu ciclo positivo. Também observamos que o espectro resultante é composto de 6 frequências principais, de modo semelhante ao espectro da onda quadrada.

Identifique as principais frequências que aparecem no espectro e explique a sua origem

As principais frequências do espectro da senoíde retificada são 0, 60, 120, 240, 360 e 480 Hz, ou seja, harmônicas da frequência fundamental 60Hz. Comparando-as com as principais frequências da onda quadrada, 0, 60, 180, 300, 420 e 540 Hz, que também são harmônicas de 60Hz, observamos que as frequências principais da senoíde retificada

correspondem a deslocamentos de 60Hz das frequências principais da onda quadrada, o que era previsto dada a operação de convolução com um impulso. Para entender a magnitude na frequência 0, precisamos levar em conta que o sinal é real no tempo, ou seja, a magnitude de seu espectro é par, de modo que a frequência de -60 Hz é deslocada para 0 Hz pela convolução. A diferença de amplitudes é resultado da soma das duas réplicas do espectro da onda quadrada resultantes da convolução com os dois impulsos do espectro da senóide.

Qual a diferença para o espectro do retificador de meia onda apresentado no item anterior?

A maior diferença do espectro retificado de meia onda para o de onda completa é que as novas frequências principais, 0, 120, 240, 360 e 480 Hz não incluem a frequência de 60 Hz, frequência original da senóide.

Qual a causa dessa diferença?

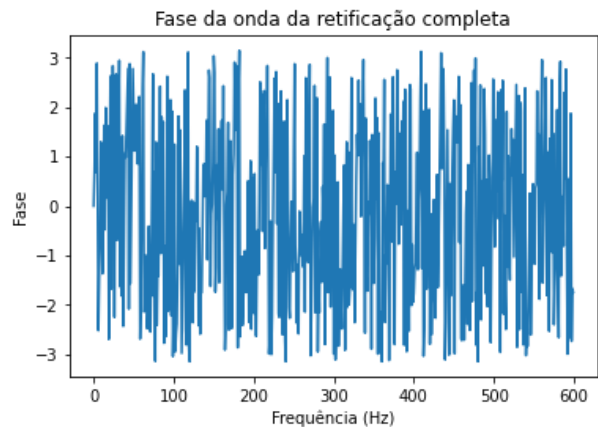
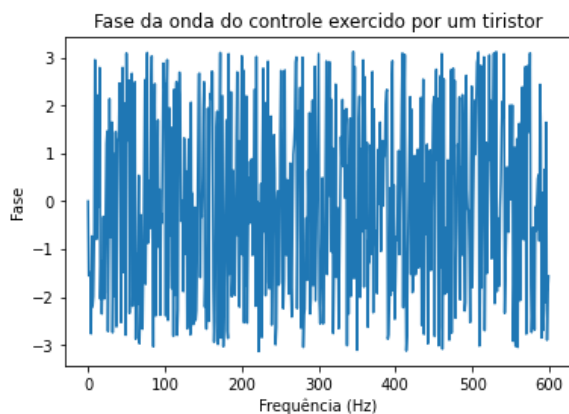
A retificação de onda completa dobra a frequência do sinal, de modo que o sinal retificado tem frequência 120 Hz. Podemos também explicar esse resultado pela convolução dos espectros: comparado ao espectro da onda quadrada de retificação de meia onda, o espectro da onda quadrada de retificação de onda completa só não tem 0 como frequência principal, de modo que, após o deslocamento da convolução com o impulso centrado em 60 Hz, 60 Hz não é mais uma frequência principal.

Porque a diferença do sinal no tempo não se reflete no espectro apresentado?

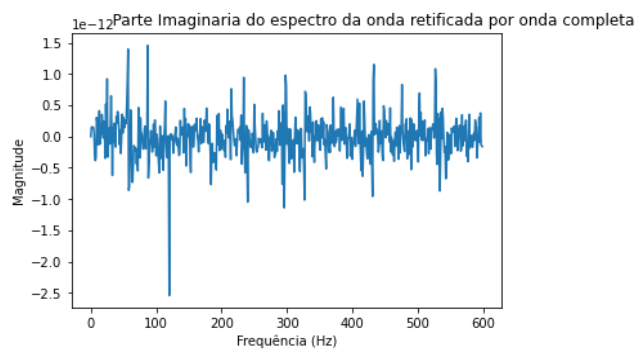
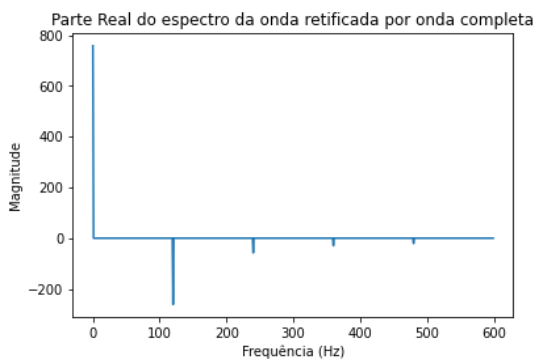
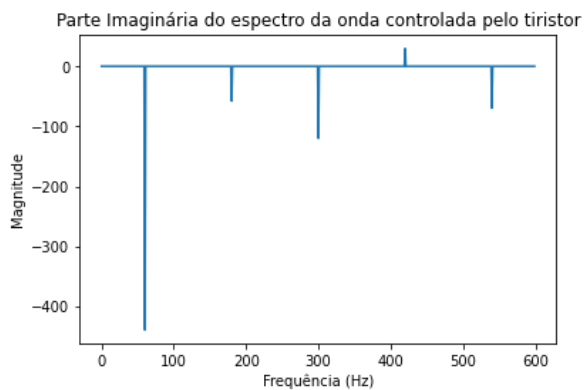
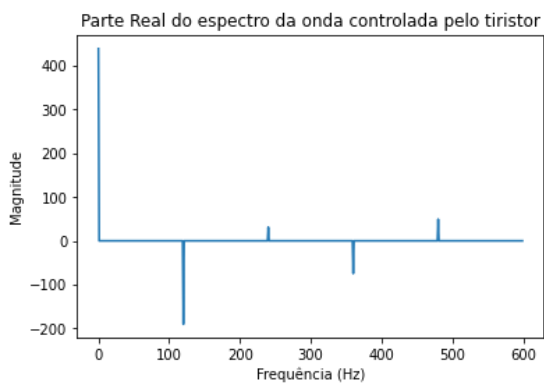
O espectro da forma de onda do controle do tiristor tem as mesmas frequências principais que o espectro da retificação completa, de modo que o espectro resultante da onda controlada por tiristor é muito similar ao da retificação de onda completa. A convolução dos espectros é muito semelhante. Assim, mesmo que o sinal controlado no tempo tenha forma diferente do retificado, seu espectro é semelhante.

De qual forma podemos observar diferença entre esses dois sinais no domínio de Fourier?

Como duas funções diferentes no tempo têm transformadas de Fourier diferentes, mas as frequências principais são as mesmas, podemos analisar duas fontes de diferença no domínio de Fourier: a magnitude das frequências e a fase. Comparando a magnitude, por exemplo, verificamos que a frequência 0 na retificação de onda completa tem magnitude 757, enquanto na controlada tem magnitude 438. Também verificamos graficamente que as fases são diferentes:

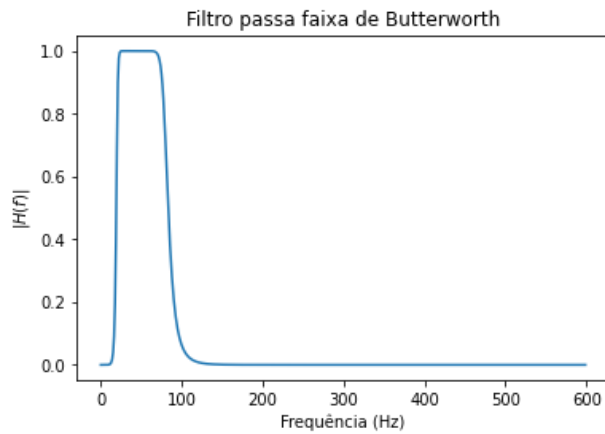


Também conseguimos observar diferenças significativas ao separar as partes real e imaginária dos sinais, com destaque para as diferenças na parte imaginária:

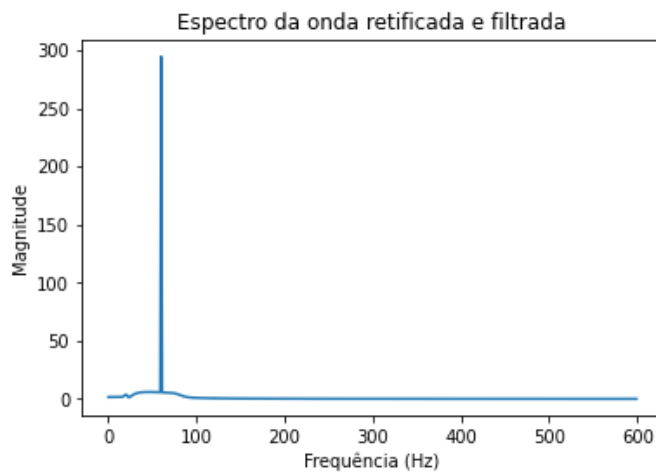


Limpe o sinal recortado pelo retificador de meia onda de forma a preservar somente a frequência fundamental e eliminar as harmônicas geradas. Apresente um trecho do sinal no tempo e seu espectro

Utilizamos o seguinte filtro passa faixa de Butterworth para a filtragem. As frequências críticas são 20 e 80 Hz.



Após a filtragem, o espectro da senóide retificada tem como frequência principal somente a frequência fundamental de 60Hz:



No domínio do tempo, verificamos que foi possível recuperar o sinal senoidal de 60Hz, ainda que com alguma distorção:

