



Simulação de Filtro Ativo do tipo *Shunt* para Correção de Fator de Potência em Sistema Elétricos Aeronáuticos

João Paulo de Souza Oliveira

Orientador Prof. Dr. Roberto d'Amore

Coorientador M. Eng. André Domingues Rocha de Oliveira

São José dos Campos, SP – Brasil 2017

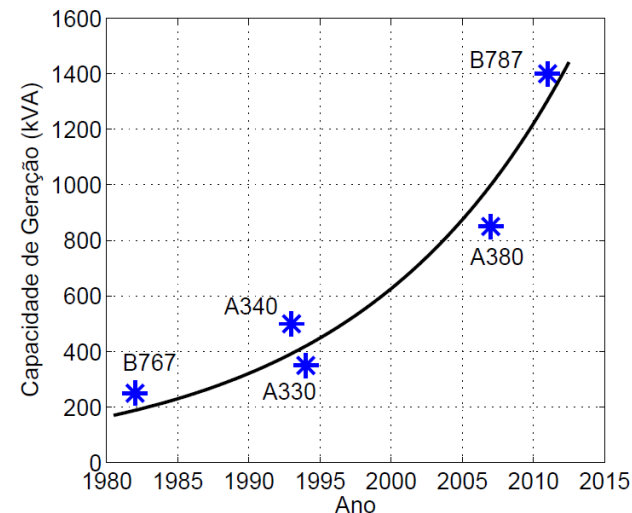
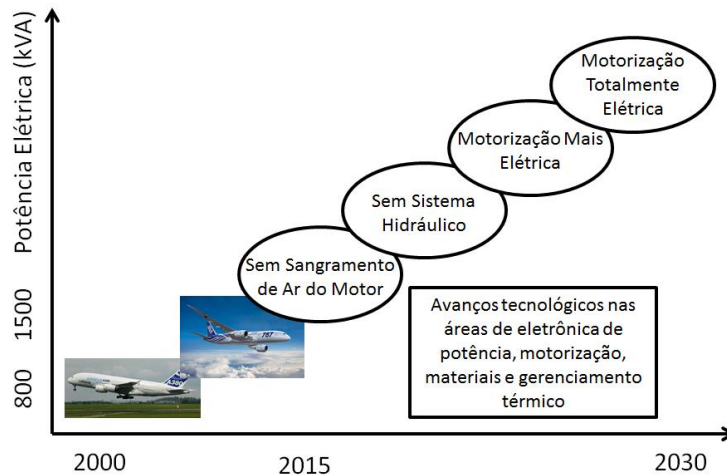


Agenda

- Introdução
 - Motivação
 - Objetivos
- Métodos de Correção de Fator de Potência
- Filtros Ativos Utilizando a Teoria p-q
- Teoria da Potências Instantâneas
 - Estratégias de Controle
- Simulação
 - Modelos
 - Resultados
- Conclusão

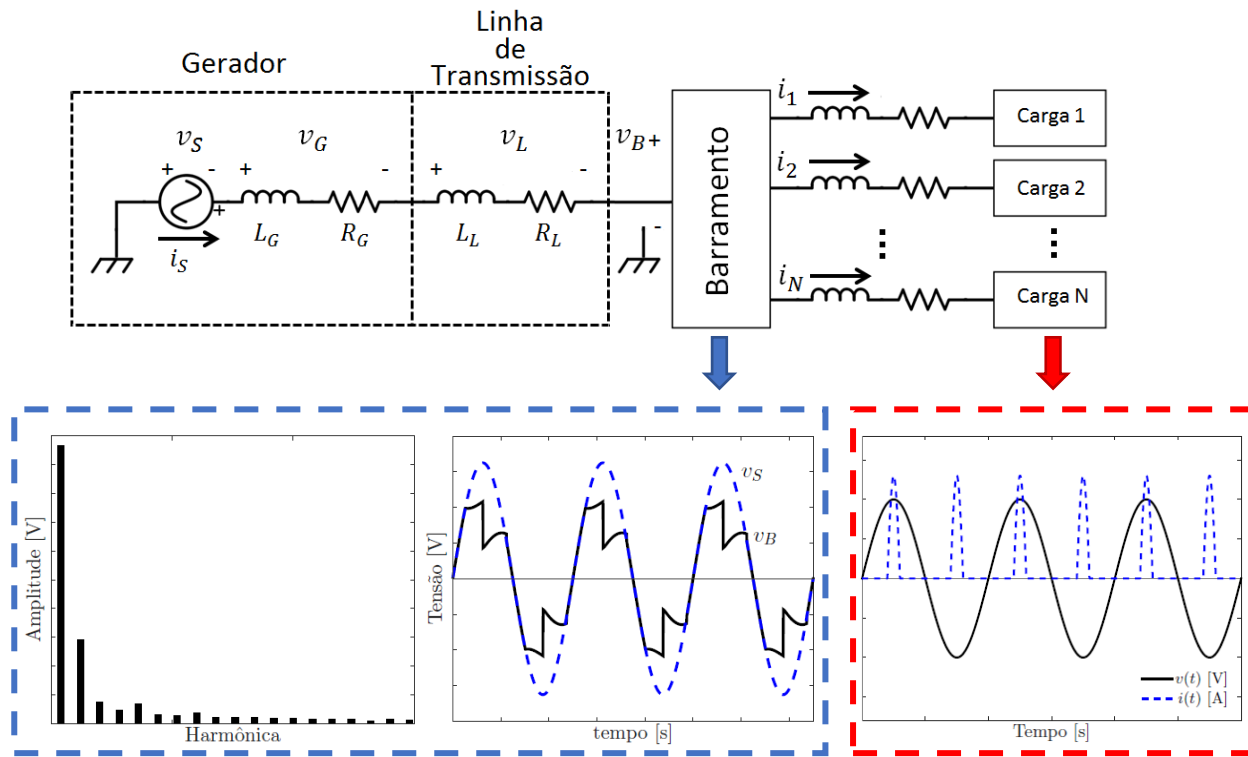
Introdução

- Tendência de aumento do uso do sistema elétrico em aeronaves
- Sistemas hidráulicos e pneumáticos tendem a ser trocados por similares elétricos



Introdução

- Aumento de cargas não lineares compromete a qualidade de energia





Motivação

- Promover um estudo sobre diversas topologias de correção de fator de potência
- Aprofundar o estudo na teoria das potências instantâneas
- Viabilizar o conceito dos filtros ativos em sistemas elétricos aeronáuticos

Objetivos

- Desenvolver uma simulação com a inclusão de filtros ativos em cargas não lineares
- Promover um sistema de correção de fator de potência
- Garantir a manutenção das tensões dentro das normas aeronáuticas no que tange qualidade de energia

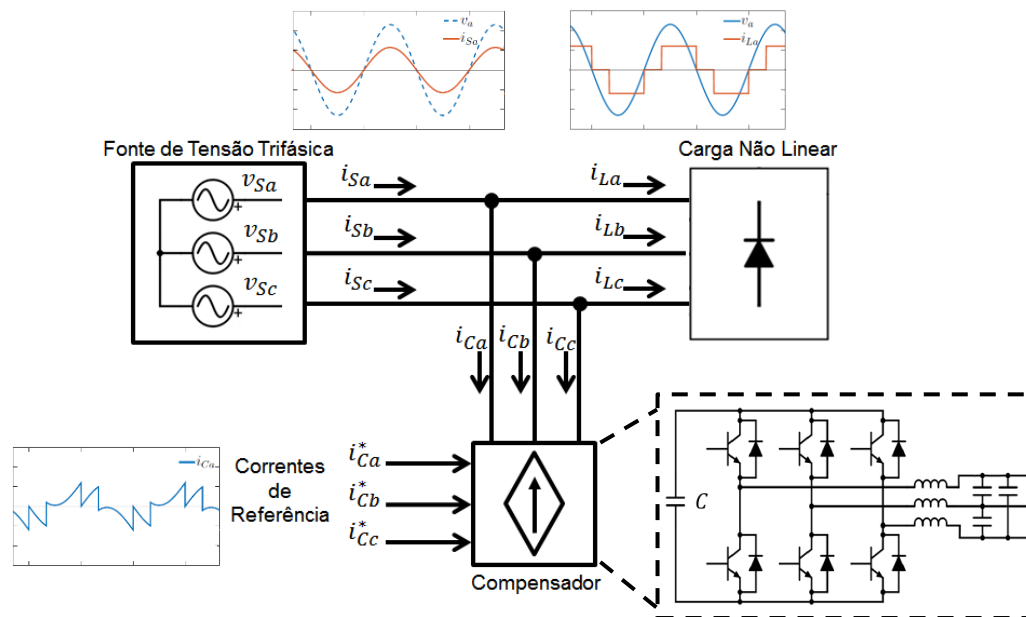


Métodos de Correção de Fator de Potência

- Sistemas passivos:
 - Filtros passivos
 - Conversores multipulso
- Sistemas ativos:
 - Filtros Ativos

Filtros Ativos Utilizando a Teoria PQ

- Filtro Ativo opera pela determinação da corrente de referência de um compensador, a qual carrega informação da potência instantânea que deseja-se anular no sistema



- i_{Ca}^* , i_{Cb}^* , i_{Cc}^* é determinado utilizando a teoria das potências instantâneas

Teoria das Potências Instantâneas

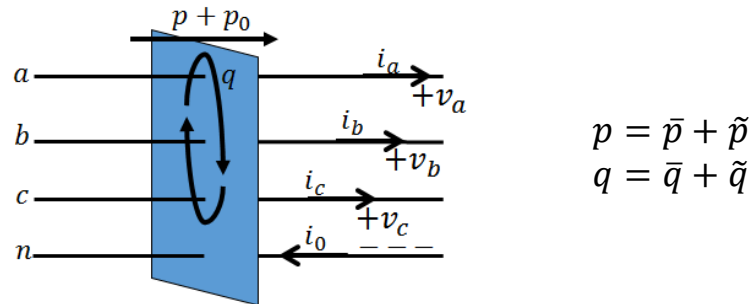
- É utilizada na determinação das potências instantâneas ativa e reativa (p e q , respectivamente), a qual carregam dados sobre a forma da tensão/corrente
- Aplicável apenas à sistemas trifásicos
- Baseada na transformada de Clarke:

$$\begin{bmatrix} v_0 \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 1 & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_0 \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix}$$

Teoria das Potências Instantâneas

$$\begin{bmatrix} p_0 \\ p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_0 & 0 & 0 \\ 0 & v_\alpha & v_\beta \\ 0 & -v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_0 \\ i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

- Significados físicos de p e q



- Tensão e corrente de sequencia zero são desconsideradas em sistemas elétricos aeronáuticos

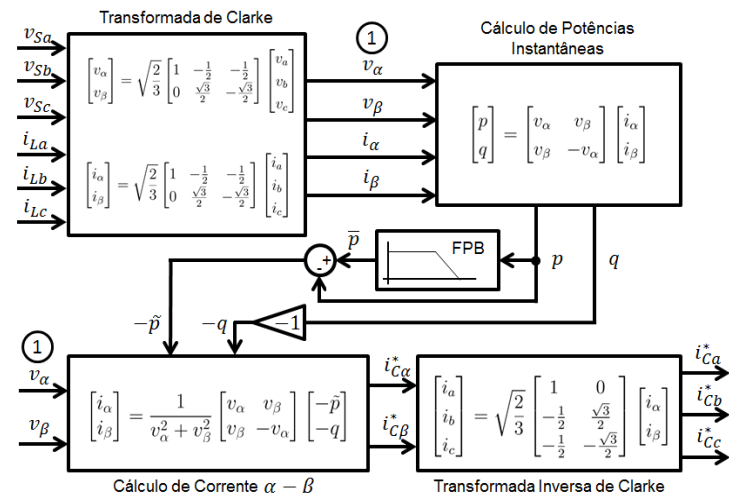
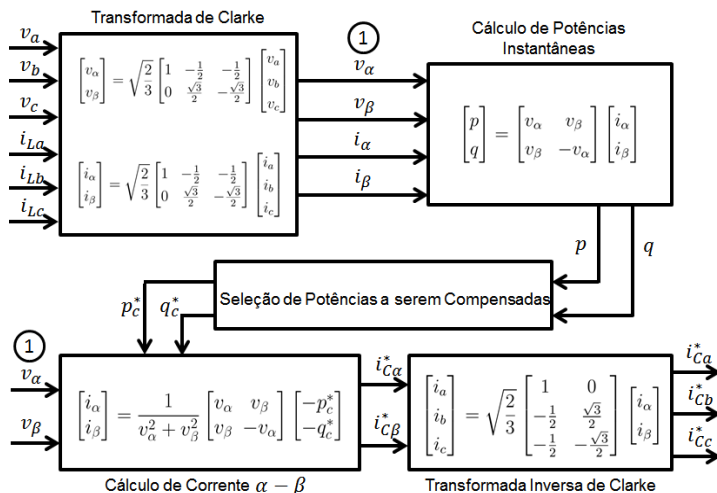
$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ -v_\beta & v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

Filtros Ativos Utilizando a Teoria PQ

- Determinação das correntes de referência i_{Ca}^* , i_{Cb}^* , i_{Cc}^*
 - Determinação das tensões e correntes em coordenadas $\alpha\beta$;
 - Seleção das potências a serem compensadas (p^* e q^*);
 - Cálculo de corrente de compensação nas coordenadas $\alpha\beta$;

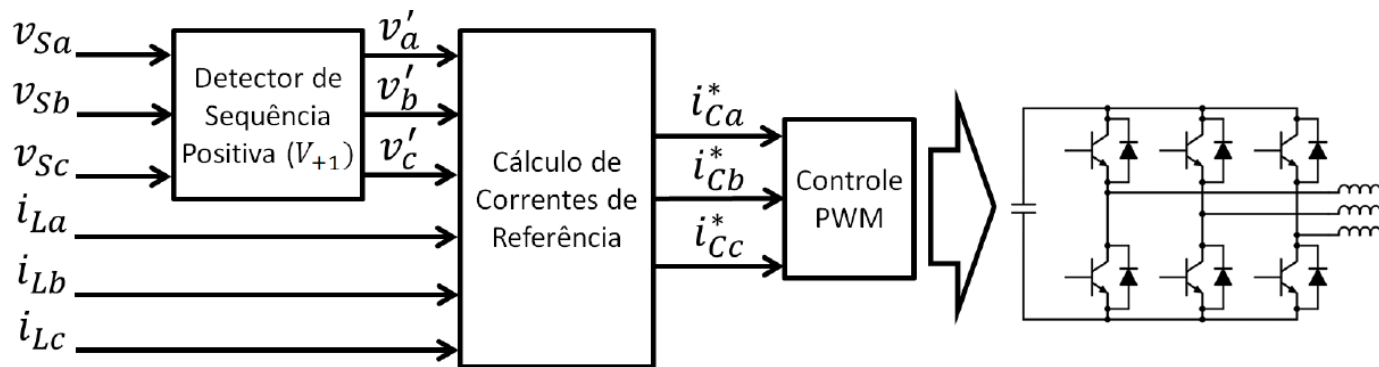
$$\begin{bmatrix} i_{Ca}^* \\ i_{Cb}^* \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p^* \\ q^* \end{bmatrix}$$

- Transformada inversa de Clarke;



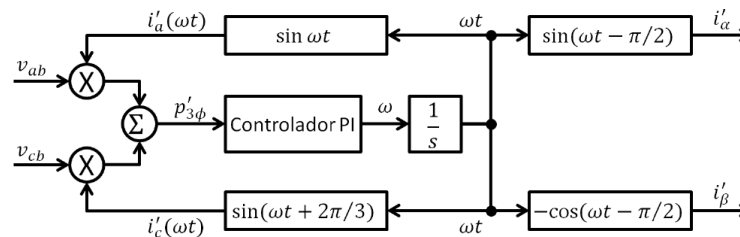
Estratégia de Controle

- A teoria p-q por si só mostra-se insuficiente para garantir a filtragem quando a tensão do barramento é distorcida
- Controle de Corrente Senoidal com uso do Detector de Sequencia Positiva

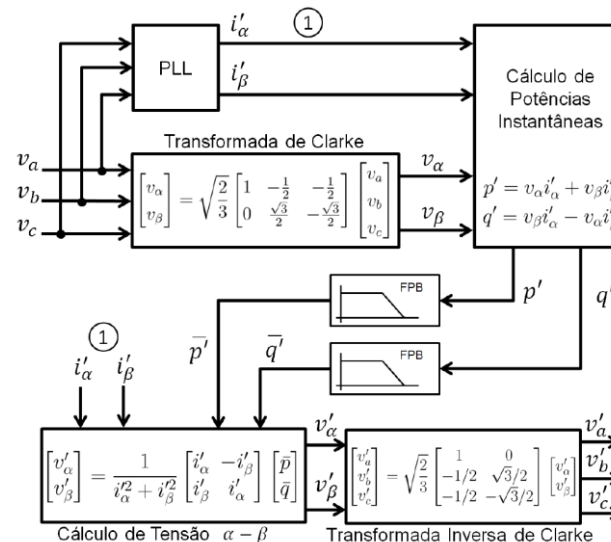


Detector de Sequência Positiva

- Malha de captura de fase (PLL)

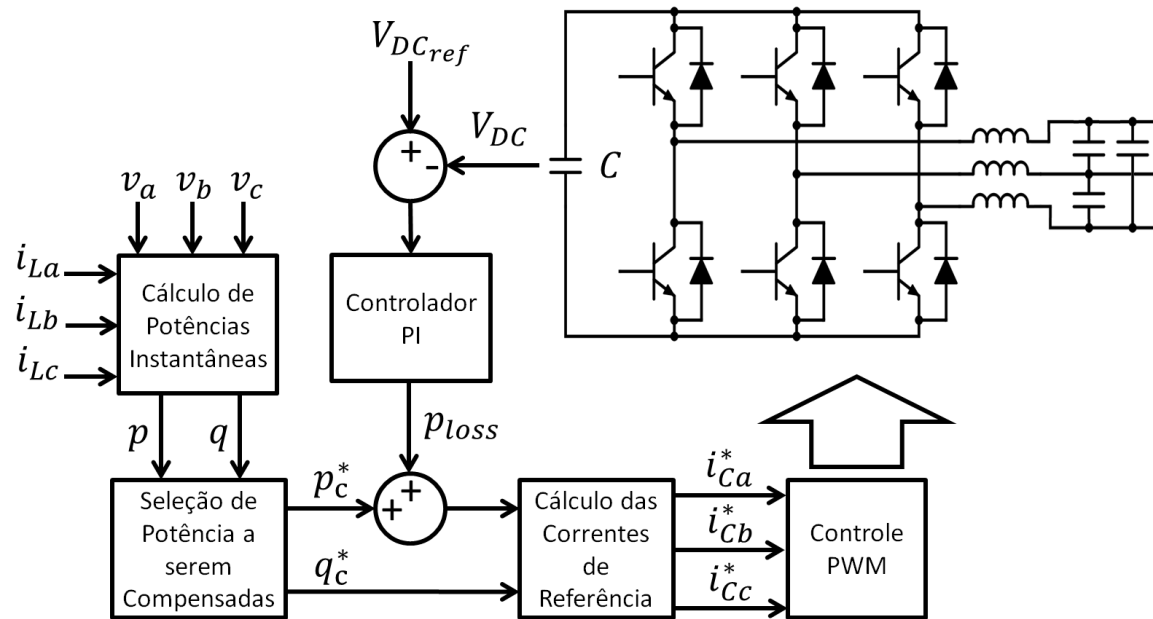


- Malha Principal

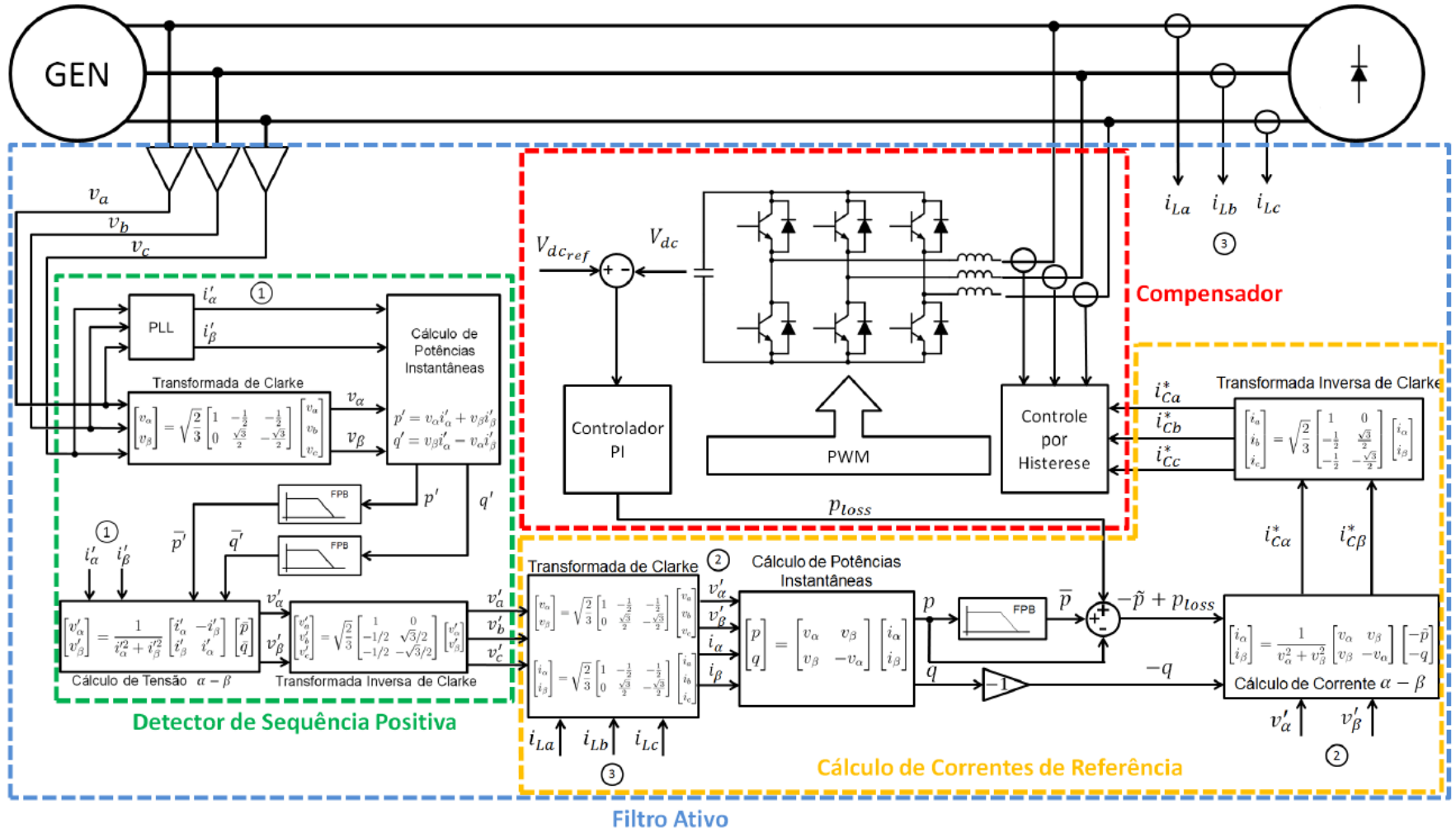


Controle de tensão do Capacitor do compensador

- Texto



Sistema Completo



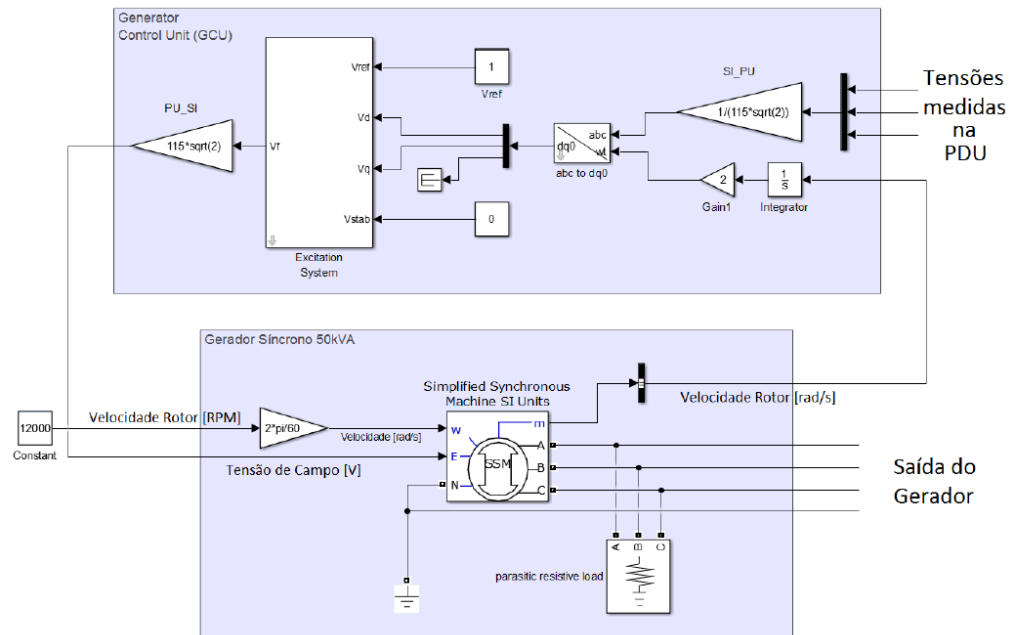


Simulação

- 3 EHAs
- Aeronave do tamanho comercial de 100 passageiros
- Etc (LER o BAGULHO)

Simulação

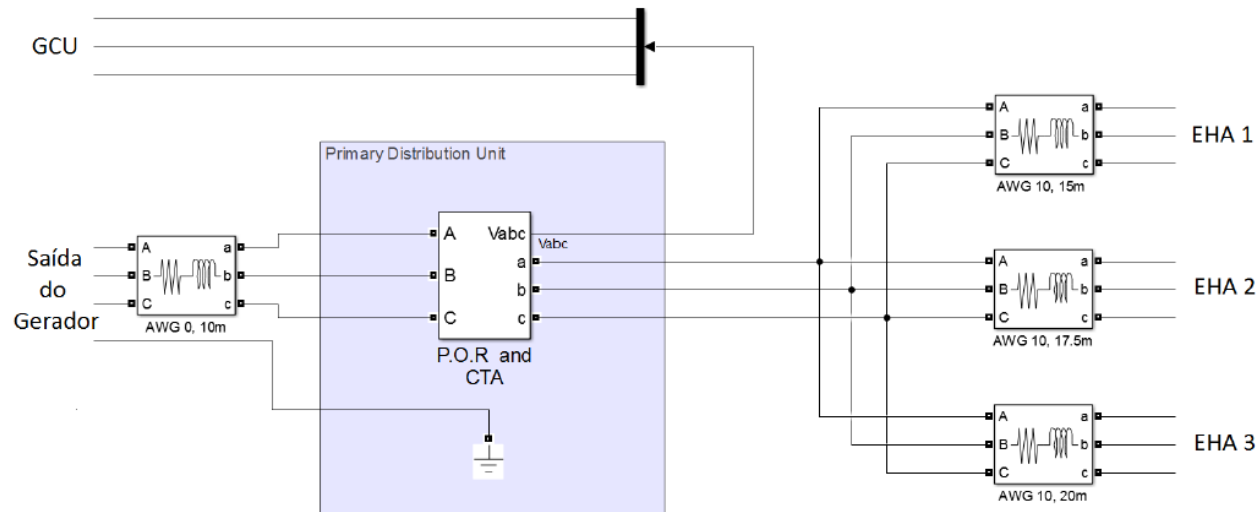
- Modelo Empregado do Sistema de Geração



Resistência [Ω]	Indutância [mH]	Impedância (400 Hz) [Ω]
0.0404	0.09204	$0.0404 + j0.213$

Simulação

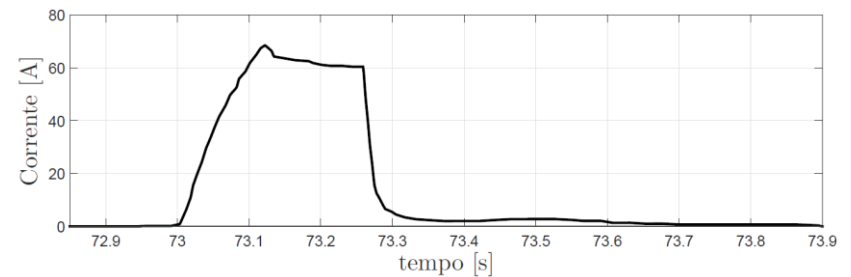
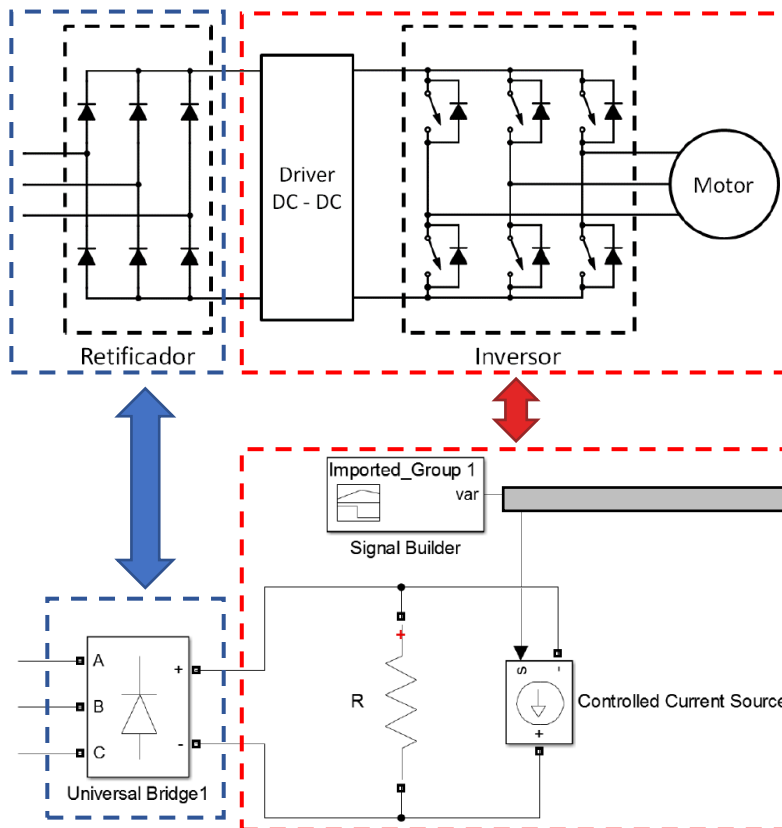
- Modelo Empregado do Sistema de Distribuição



Porção	Bitola	Comprimento	Impedância (400 Hz) [Ω]
GEN - PDU	AWG 0	10 m	$0,0047 + j0,0067$
PDU - EHA 1	AWG 10	15 m	$0,0540 + j0,0199$
PDU - EHA 2	AWG 10	17.5 m	$0,0630 + j0,0233$
PDU - EHA 3	AWG 10	20 m	$0,0720 + j0,0266$

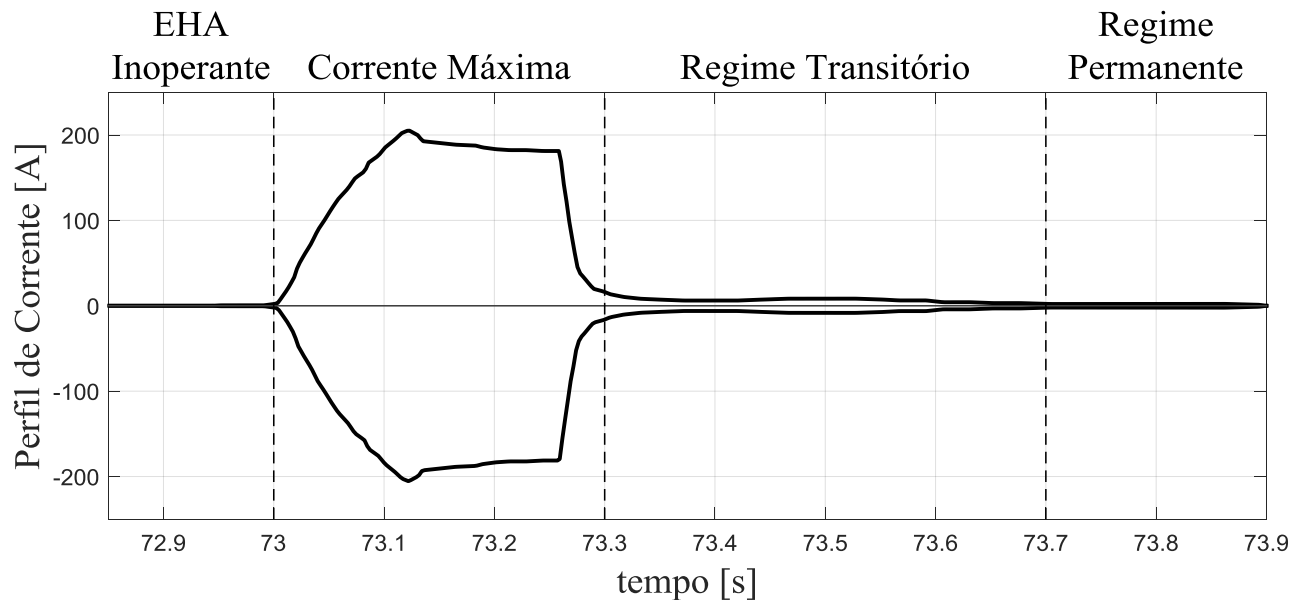
Simulação

- Modelo Empregado do EHA



Simulação

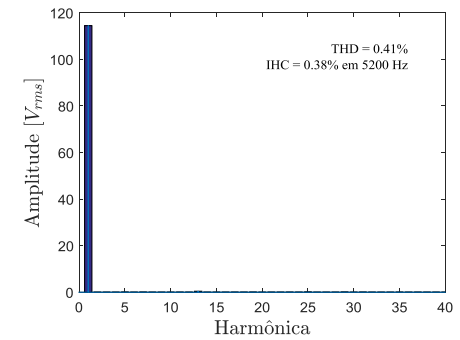
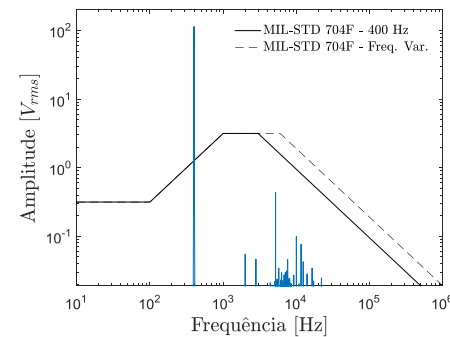
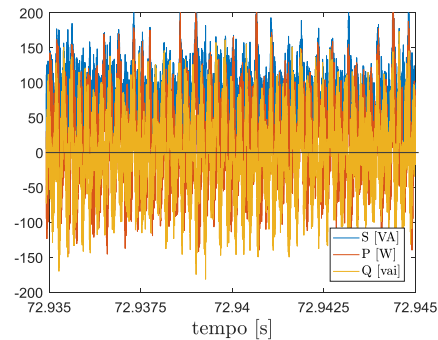
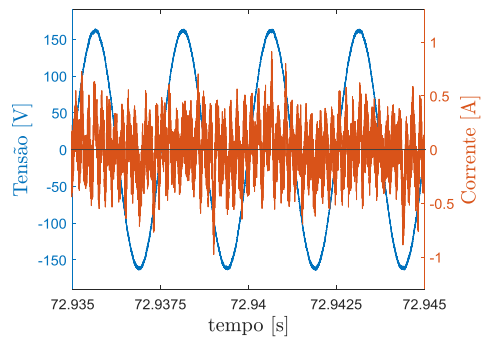
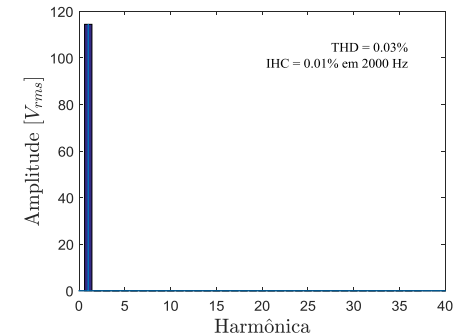
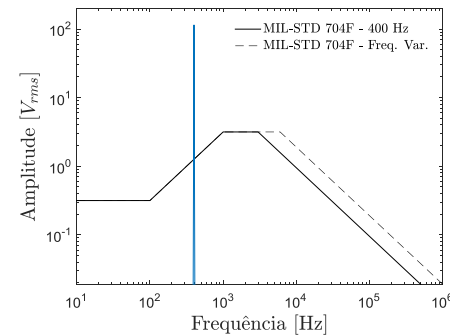
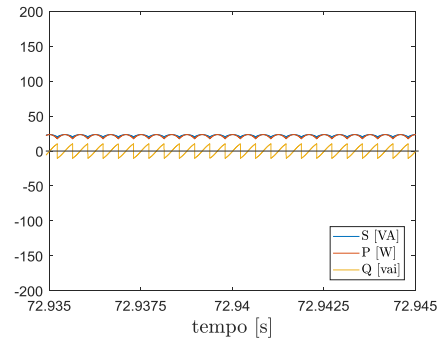
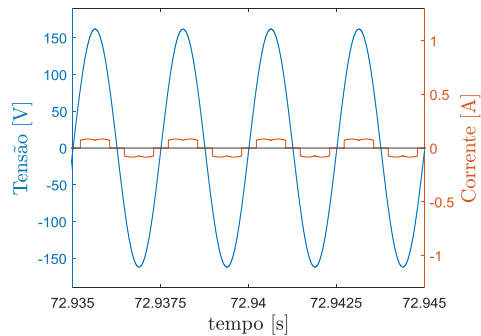
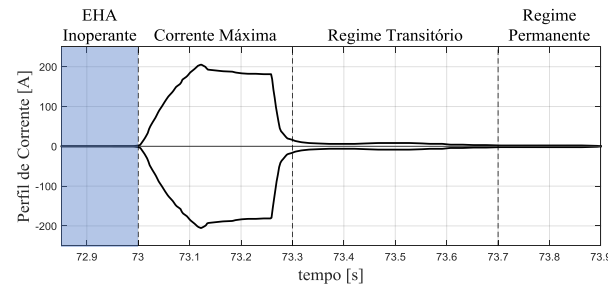
- Simulação dividida em quatro subperíodos durante a operação do EHA



- Resultados são referentes a medições obtidas na PDU

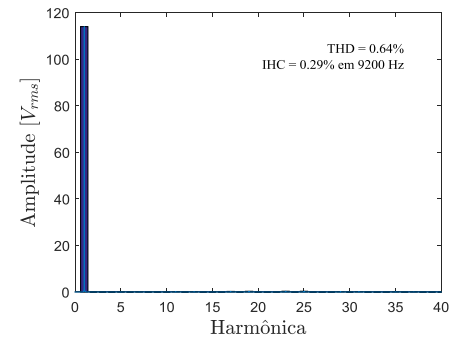
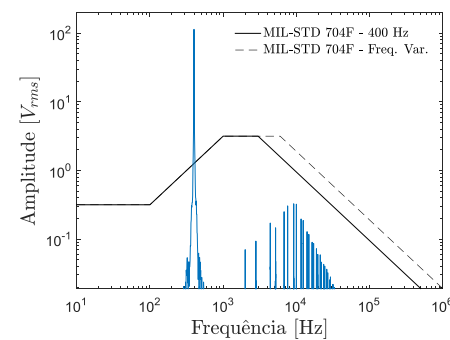
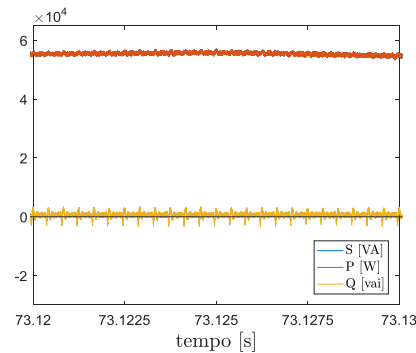
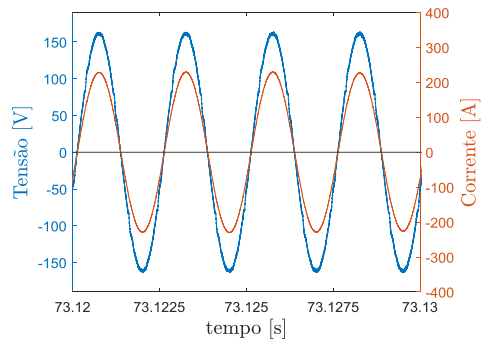
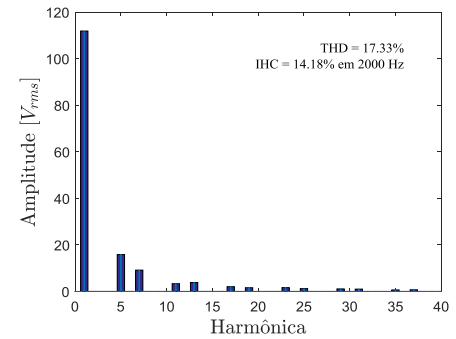
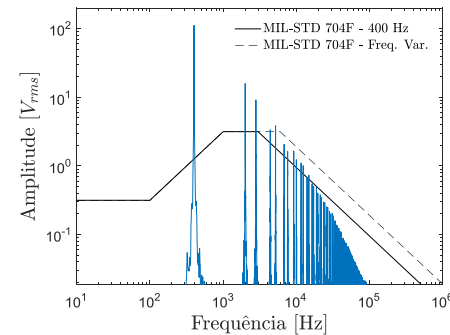
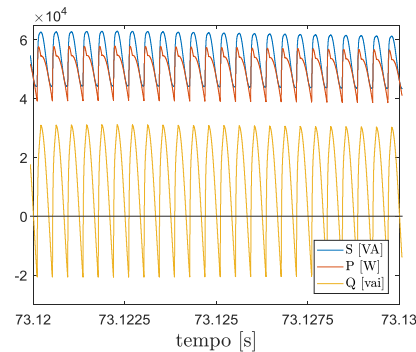
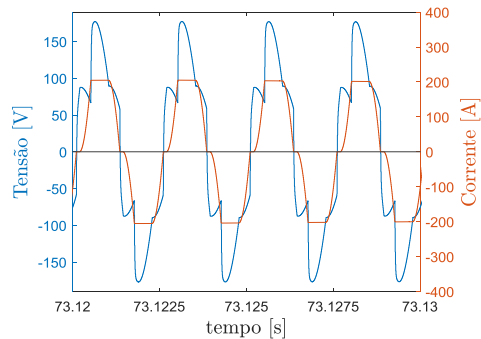
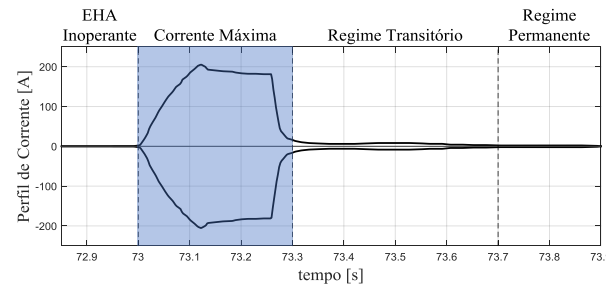
Resultados

- EHA Inoperante



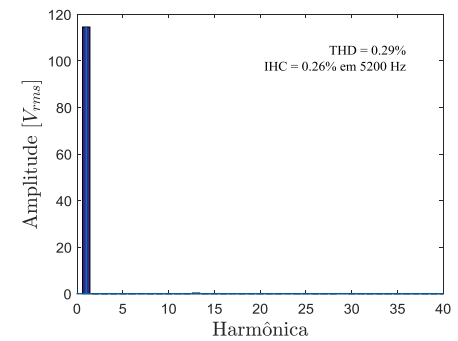
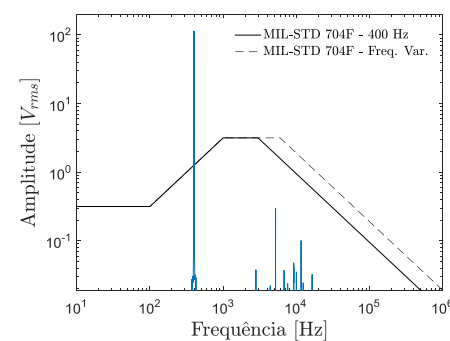
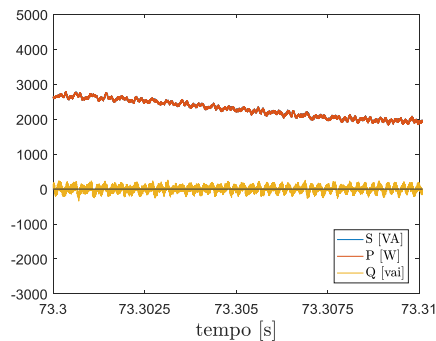
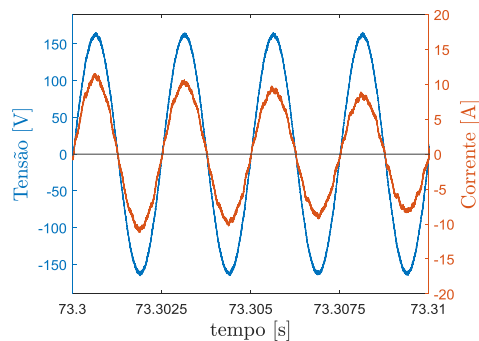
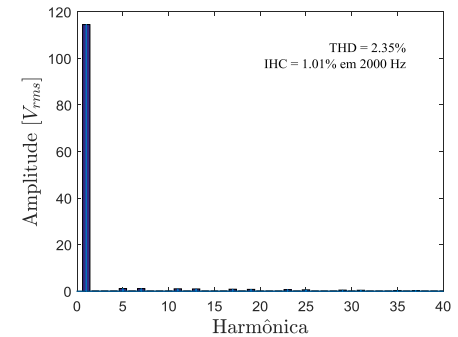
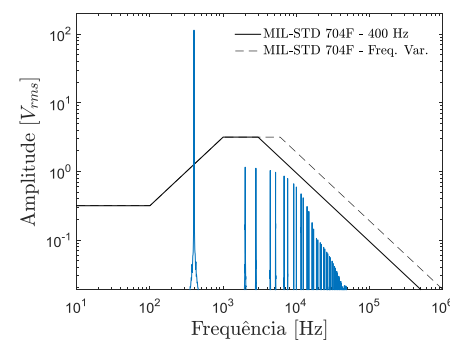
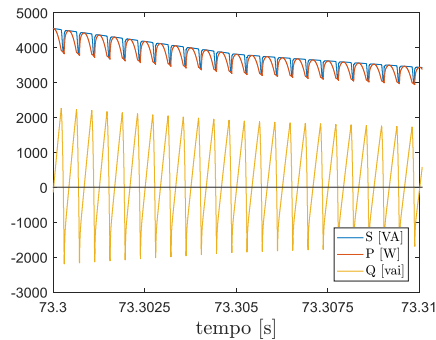
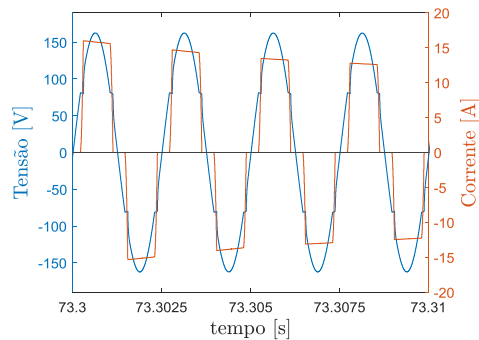
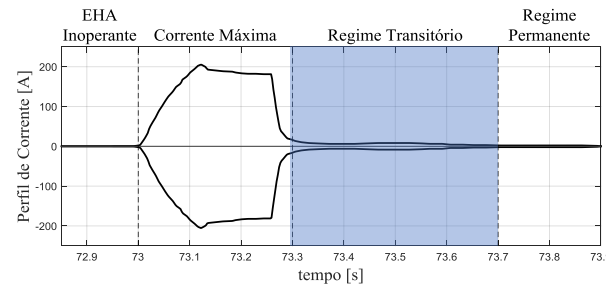
Resultados

- Corrente Máxima



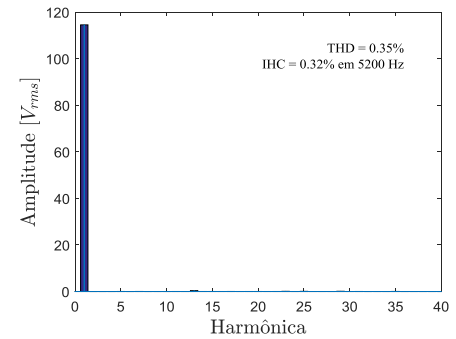
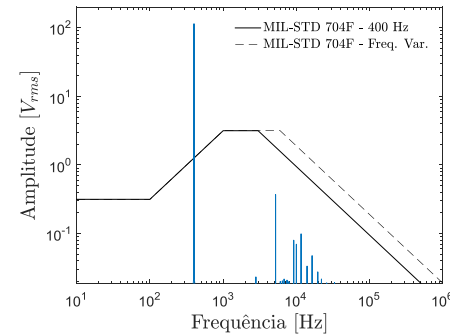
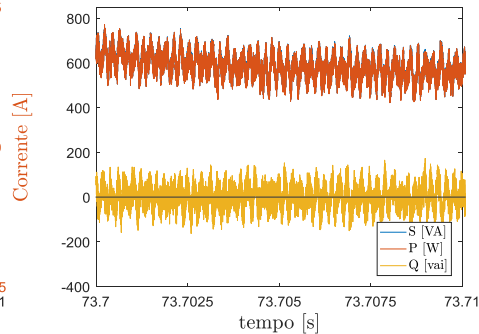
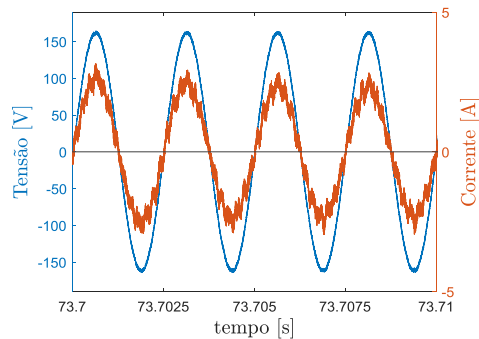
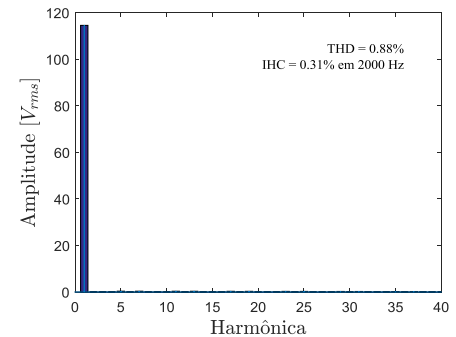
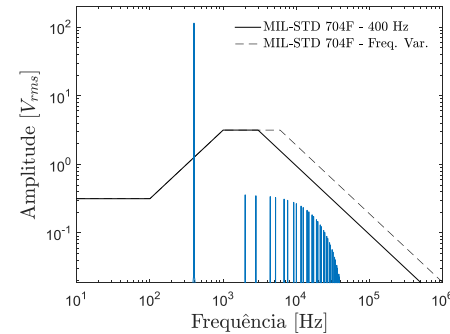
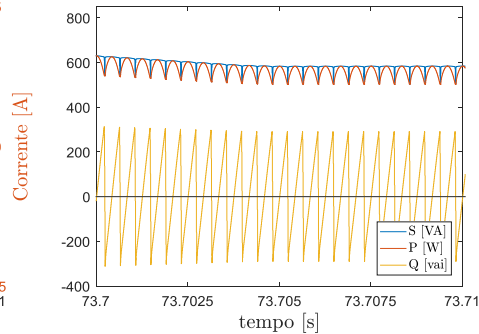
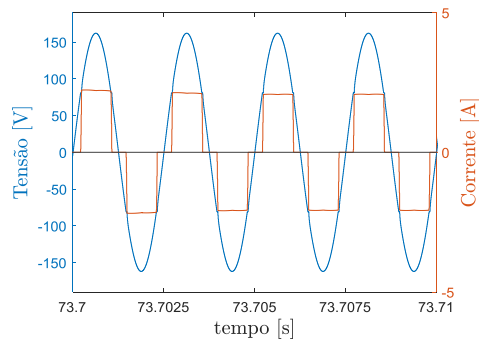
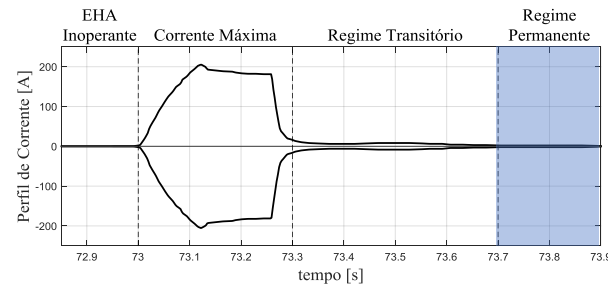
Resultados

- Regime Transitório



Resultados

- Regime Permanente





Conclusão

- O filtro operou como esperado, deixando a resposta dentro das normas aeronáuticas
- Quando há demanda de carga o filtro age deixando o sistema operando com alto fator de potência
- Houve a constatação que sem carga ou com baixa carga houve a degradação da qualidade de energia



Trabalhos Futuros

- ew



Obrigado

João Paulo de Souza Oliveira