

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA  
E DE COMPUTAÇÃO

**TÍTULO DO SEU TRABALHO AQUI**

Seu Nome Aqui

[UFG] & [EMC]  
[Goiânia - Goiás - Brasil]  
22 de janeiro de 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA  
E DE COMPUTAÇÃO

**TÍTULO DO SEU TRABALHO AQUI**

Seu Nome Aqui

Dissertação apresentada à Banca Examinadora como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), sob a orientação do Prof. Dr. Wesley Pacheco Calixto

[UFG] & [EMC]  
[Goiânia - Goiás - Brasil]  
22 de janeiro de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistemas da Bibliotecas da UFG, GO - Brasil

---

C331s Carvalho, Douglas Freire, 11/12/89.

Sintonia de Controlador Preditivo Não Linear: Análise Comparativa com Técnicas Tradicionais/ Seu Nome Aqui. – [Goiânia - Goiás - Brasil]: [UFG] & [EMC], 22 de janeiro de 2018.

38 f. : il.

Orientador: Wesley Pacheco Calixto - UFG

Dissertação - Universidade Federal de Goiás - UFG,  
Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação  
- EMC

Inclui bibliografia.

1.Controle Preditivo 2.Otimização 3.Algoritmo Genético 4.Motor CC. I. Calixto, Wesley Pacheco. Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título

CDU 000.0.000:000.0

---

Copyright © 22 de janeiro de 2018 by Federal University of Goias - UFG, Brazil. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, eletronic, mechanical, photocopying, microfilming, recording or otherwise, without written permission from the Library of UFG, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

*“Escreva aqui a epígrafe.”*

ESCREVA AQUI O NOME DO AUTOR DA EPÍGRAFE









## AGRADECIMENTOS

Escreva aqui seus agradecimentos...



## **RESUMO**

Escreva aqui o resumo do seu trabalho...



**TITLE OF YOUR WORK HERE**

**ABSTRACT**

Write here the abstract of your work ...



## SUMÁRIO

Pág.

LIST OF FIGURES

LIST OF TABLES

LIST OF SYMBOLS

LIST OF ABBREVIATIONS

**CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO (xx/xx/2017) . . . . . 23**

**CAPÍTULO 2 CONTROLE MODERNO (xx/xx/2017) . . . . . 25**

2.1 Controle clássico e moderno . . . . . 25

2.2 Controle por modos deslizantes . . . . . 25

2.2.1 Sintonia do controlador por modos deslizantes . . . . . 25

2.3 Controle preditivo baseado em modelos . . . . . 25

2.3.1 Sintonia do controlador preditivo baseado em modelos . . . . . 25

2.4 Considerações . . . . . 25

**CAPÍTULO 3 SISTEMA, MODELO E OTIMIZAÇÃO (xx/xx/2017) 27**

3.1 Sistema . . . . . 27

3.2 Modelo . . . . . 27

3.2.1 Construção da modelagem do motor de corrente contínua . . . . . 27

3.3 Processo de otimização . . . . . 27

3.3.1 Otimização aplicada ao controle do motor de corrente contínua . . . . . 27

3.4 Considerações . . . . . 27

**CAPÍTULO 4 METODOLOGIA (xx/xx/2017) . . . . . 29**

4.1 Construção e configuração do sistema . . . . . 29

4.2 Modelagem e simulação . . . . . 29

4.3 Aplicação do processo de otimização na sintonia dos controladores . . . . . 29

4.4 Análise de desempenho entre os controladores . . . . . 29

4.5 Considerações . . . . . 29

**CAPÍTULO 5 RESULTADOS (xx/xx/2018) . . . . . 31**

5.1 Construção da bancada e do modelo . . . . . 31

5.2	Resultado de simulação . . . . .	31
5.2.1	Otimização aplicada na sintonia dos controladores . . . . .	31
5.3	Resultado de bancada . . . . .	31
5.4	Comentários . . . . .	31
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSÃO (xx/xx/2018) . . . . .</b>		<b>33</b>
6.1	Contribuições do Trabalho . . . . .	33
6.2	Continuação do trabalho . . . . .	33
6.3	Sugestões para Trabalhos Futuros . . . . .	33
<b>REFERENCES . . . . .</b>		<b>35</b>
<b>GLOSSARY . . . . .</b>		<b>37</b>



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Partes construtivas do motor de corrente contínua. . . . .	25
2.2 Ligações de máquinas CC: (a) excitação independente, (b) em derivação, (c) em série, (d) composta. . . . .	26



## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
5.1 Parâmetros da expressão NARMAX do modelo do sistema. . . . .	31
5.2 Parâmetros otimizados para o controlador PID. . . . .	31



## LISTA DE SÍMBOLOS

Coloque seus símbolos aqui conforme exemplo:

$N_m$	– Horizonte do modelo
$N_u$	– Horizonte de controle
$N_y$	– Horizonte de predição
$\alpha$	– Taxa de amortecimento da referência
$\omega$	– Trajetória referência



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Coloque suas abreviaturas aqui conforme exemplo.

AG	–	Algoritmo Genético
CA	–	Corrente Alternada
CC	–	Corrente Contínua
CMD	–	Controle por Matriz Dinâmica
CPBM	–	Controle Preditivo Baseado em Modelos
CPBML	–	Controle Preditivo Baseado em Modelo Linear
CPBMNL	–	Controle Preditivo Baseado em Modelo Não Linear
CPPNL	–	Controle Preditivo Prático Não Linear
CPG	–	Controle Preditivo Generalizado
IAE	–	Integral do valor absoluto do erro
ISE	–	Integral do erro quadrático
ITAE	–	Integral do valor absoluto do erro multiplicado pelo tempo
MCC	–	Motor de Corrente Contínua
MIMO	–	Sistemas Multivariáveis
PID	–	Proporcional, Integral e Derivativo
SISO	–	Sistemas Monovariáveis





## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO (xx/xx/2017)

- Frase introdutória
- Estado da arte
- Justificativa
- Hipótese
- Objetivos
- Estrutura do trabalho



## CAPÍTULO 2

### CONTROLE MODERNO (xx/xx/2017)

#### 2.1 Controle clássico e moderno

Aqui você deve escrever umas 15 linhas ou mais sobre a diferença entre controles clássicos e controle moderno. Termine citando os controladores por modos deslizantes e o preditivo.

#### 2.2 Controle por modos deslizantes

Aqui você deve falar do controle por modos deslizantes.

##### 2.2.1 Sintonia do controlador por modos deslizantes

Aqui você deve dar ênfase nas variáveis manipuladas do controle por modos deslizantes.

#### 2.3 Controle preditivo baseado em modelos

Aqui você deve falar do controle preditivo baseado em modelos.

##### 2.3.1 Sintonia do controlador preditivo baseado em modelos

Aqui você deve dar ênfase nas variáveis manipuladas do controle preditivo baseado em modelos.

#### 2.4 Considerações

Veja as Figura 2.1 e Figura 2.2, que servem de exemplo para inserção figuras.

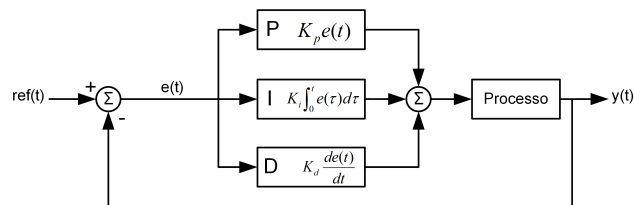


Figura 2.1 - Partes construtivas do motor de corrente contínua.

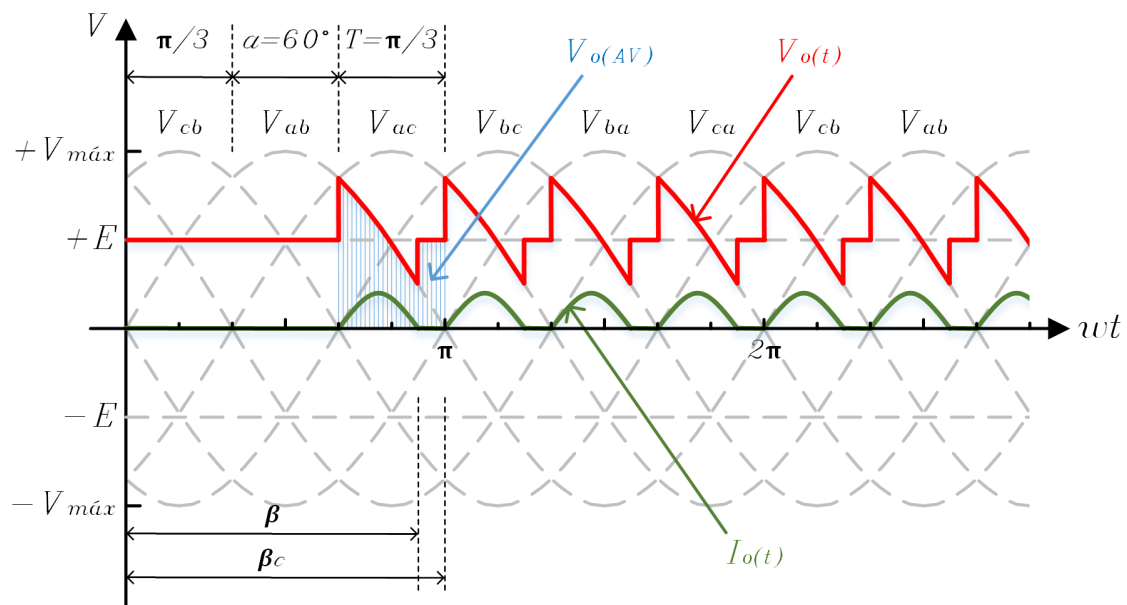


Figura 2.2 - Ligações de máquinas CC: (a) excitação independente, (b) em derivação, (c) em série, (d) composta.

## CAPÍTULO 3

### SISTEMA, MODELO E OTIMIZAÇÃO (xx/xx/2017)

#### 3.1 Sistema

Aqui você deve definir o que é sistema. Pode utilizar o livro do Medina e outros.

#### 3.2 Modelo

Aqui você deve definir o que é modelo. Pode utilizar o livro do Medina e outros.

##### 3.2.1 Construção da modelagem do motor de corrente contínua

Aqui você deve falar somente o necessário para que seu leitor entenda o que é o modelo do motor de corrente contínua, dado as expressões que o define.

#### 3.3 Processo de otimização

Aqui você deve falar sucintamente sobre o processo de otimização. Pegue o material comigo.

##### 3.3.1 Otimização aplicada ao controle do motor de corrente contínua

Aqui você fala do trabalho do Márcio, Douglas e Rafael, descrevendo o que eles fizeram como processo de otimização.

#### 3.4 Considerações

Veja as expressões (3.1) e (3.2), que servem de exemplo de como inserir expressões matemática.

$$v_a(t) = R_a \cdot i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + e_g(t) \quad (3.1)$$

$$v_f(t) = R_f \cdot i_f(t) + L_f \frac{di_f(t)}{dt} \quad (3.2)$$



## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA (xx/xx/2017)

- 4.1 Construção e configuração do sistema
- 4.2 Modelagem e simulação
- 4.3 Aplicação do processo de otimização na sintonia dos controladores
- 4.4 Análise de desempenho entre os controladores
- 4.5 Considerações





## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS (xx/xx/2018)

Se qualificação, **RESULTADOS PRELIMINARES**. Se defesa final, apenas **RESULTADOS**.

Na mesma sequência da metodologia.

#### 5.1 Construção da bancada e do modelo

#### 5.2 Resultado de simulação

##### 5.2.1 Otimização aplicada na sintonia dos controladores

#### 5.3 Resultado de bancada

#### 5.4 Comentários

Veja as Tabela 5.4 e Tabela 5.2, que servem de exemplo de como inserir tabela. Caso necessário, baixe o aplicativa *La Table* para lhe auxiliar na formatação de tabelas.

Tabela 5.1 - Parâmetros da expressão NARMAX do modelo do sistema.

Parâmetro	Valores
$n_y$	$\begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix}$
$n_u$	$\begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix}$
$t_d$	$\begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix}$
$P$	$\begin{bmatrix} 0.0011 & -0.0032 \\ 3.97 \cdot 10^{-6} & 0.0872 \end{bmatrix}$
$L'$	$\begin{bmatrix} 928.9889 & 14.3086 \end{bmatrix}$
$d$	$\begin{bmatrix} 1338.6041 \end{bmatrix}$
$Q$	$\begin{bmatrix} 0.0011 & -0.0032 \\ 3.97 \cdot 10^{-6} & 0.0872 \end{bmatrix}$
$A$	$\begin{bmatrix} -248.3902 & -39.8336 & 27.1611 & 12.6842 & 28.3081 \end{bmatrix}$
$B$	$\begin{bmatrix} -2.0417 & 4.9036 & 3.2205 & 4.0505 & 5.7625 \\ 0.9853 & 1.0024 & -0.9176 & -0.8418 & 0.4071 \end{bmatrix}$
$C$	$\begin{bmatrix} 8.9914 & -8.2400 & -6.0503 & -4.3234 & -1.7206 \end{bmatrix}$

Tabela 5.2 - Parâmetros otimizados para o controlador PID.

Parâmetro	$K_P$	$K_I$	$K_D$
Valores	0,01241	0,000002	0,00641



## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSÃO (xx/xx/2018)**

Se qualificação, **CONCLUSÃO PARCIAL**. Se defesa final, apenas **CONCLUSÃO**.

#### **6.1 Contribuições do Trabalho**

As contribuições podem assim ser descritas:

**Artigos em revista:**

**Artigos em congresso:**

**Se qualificação:**

#### **6.2 Continuação do trabalho**

**Se defesa final:**

#### **6.3 Sugestões para Trabalhos Futuros**



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## GLOSSÁRIO

**Condutivímetro** - é um medidor digital portátil que mensura a condutividade elétrica do solo diretamente "*in loco*".

**Data Logger** - é um coletor de dados também chamado de datalogger ou gravador de dados. É um dispositivo eletrônico que registra os dados ao longo do tempo ou em relação a uma localização, construído com sensores externos. São baseados em um processador digital com memórias internas para armazenamento de dados. São de uso geral para uma gama de aplicações em dispositivos de medição específicos, podem ser programáveis.

**GPS** - é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a posição do mesmo, assim como informação horária, sob todas quaisquer condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra, desde que o receptor se encontre no campo de visão de quatro satélites GPS.

**Neossolo Regolítico** - são tipos de solos que apresentam textura arenosa e baixa capacidade de adsorção de nutrientes, quando comparado com solos argilosos, possui baixo teor de matéria orgânica e nitrogênio que diminuem, após alguns anos de uso agrícola.

**Nitossolo Vermelho** - são solos minerais, não-hidromórficos, apresentando cor vermelho-escura tendendo à arroxeadas. São derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos. Uma característica peculiar é que esses solos, como os Latossolos Roxos, apresentam materiais que são atraídos pelo ímã. Seus teores de ferro ( $Fe_2O_3$ ) são elevados (superiores a 15%).

**Plintossolo Pétrico Concrecionário** - são solos que ocorrem em áreas baixas e nas bordas das chapadas, constituindo geralmente por solos pobres em nutrientes. A origem de concreções ferruginosas nos solos tem sido atribuída, de forma generalizada, às condições de variações sazonais do lençol freático. Este, inicialmente elevado, propicia a redução do ferro com a sua retirada parcial do sistema, mobilização, transporte e concentração. Posteriormente, em épocas secas, a oxidação forma plintitas constituídas por mistura de argila pobre em  $C$  orgânico e rica em ferro e alumínio, segregada sob a forma de manchas vermelhas, que com a retirada do lençol freático, apresentam endurecimento constituindo concreções ferruginosas ou petroplintitas.

**PVC** - é feito a partir de repetidos processos de polimerização que convertem hidrocarbonetos, contidos em materiais como o petróleo, em um único composto chamado polímero. O vinil é formado basicamente por etileno e cloro. Por

uma reação química, o etileno e o cloro combinam-se formando o dicloreto de etileno, que por sua vez é transformado em um gás chamado *VCM* (Vinyl chloride monomer, em português cloreto de vinila). O passo final é a polimerização, que converte o monómero num polímero de vinil, que é o *PVC*, ou simplesmente vinil, contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo).

**TC scan** - é uma tomografia computadorizada (*TC*), originalmente apelidada tomografia axial computadorizada (*TAC*), é um exame complementar de diagnóstico por imagens tridimensionais, que consiste numa representação de uma secção ou fatia do estudo. É obtida através do processamento por computador de informação recolhida após expor o objeto estudado a uma sucessão de raios *X*. Seu método principal é estudar a atenuação de um feixe de raios *X* durante seu trajeto através de um segmento do objeto estudado; no entanto, ela se distingue da radiografia convencional em diversos elementos.