

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Pedro Kuntz Puglia

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA DE PROPULSÃO A
GÁS FRIO COM EMPUXO VETORIAL**

Iniciação científica
2022

Curso de Engenharia Aeroespacial

Pedro Kuntz Puglia

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA DE PROPULSÃO A
GÁS FRIO COM EMPUXO VETORIAL**

Orientador

Prof. Dr. Leonardo Gouvêa (ITA)

ENGENHERIA AEROESPACIAL

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Puglia, Pedro Kuntz
Caracterização de sistema de propulsão a gás frio com empuxo vetorial / Pedro Kuntz Puglia.
São José dos Campos, 2022.
15f.

Iniciação científica – Curso de Engenharia Aeroespacial– Instituto Tecnológico de Aeronáutica,
2022. Orientador: Prof. Dr. Leonardo Gouvêa.

1. Propulsão. 2. Empuxo Vetorial. 3. Gás Frio. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PUGLIA, Pedro Kuntz. **Caracterização de sistema de propulsão a gás frio com empuxo vetorial**. 2022. 15f. Iniciação Científica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Pedro Kuntz Puglia

TÍTULO DO TRABALHO: Caracterização de sistema de propulsão a gás frio com empuxo vetorial.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2022

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta iniciação científica e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta iniciação científica pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Pedro Kuntz Puglia
Rua H8C, Ap. 303
12.228- 462 – São José dos Campos- SP

CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA DE PROPULSÃO A GÁS FRIO COM EMPUXO VETORIAL

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Iniciação científica

Pedro Kuntz Puglia

Autor

Leonardo Gouvêa (ITA)

Orientador

Profa. Dra. Cristiane Martins

Coordenadora do Curso de Engenharia Aeroespacial

São José dos Campos, 23 de novembro de 2022.

Aos amigos da Graduação e Pós-Graduação do ITA por motivarem tanto a criação deste template pelo Fábio Fagundes Silveira quanto por motivarem a mim e outras pessoas a atualizarem e aprimorarem este excelente trabalho.

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Dr. Donald E. Knuth, por ter desenvolvido o T_EX.

Ao Dr. Leslie Lamport, por ter criado o L^AT_EX, facilitando muito a utilização do T_EX, e assim, eu não ter que usar o Word.

Ao Prof. Dr. Meu Orientador, pela orientação e confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Dr. Nelson D'Ávila, por emprestar seu nome a essa importante via de trânsito na cidade de São José dos Campos.

Ah, já estava esquecendo... agradeço também, mais uma vez ao T_EX, por ele não possuir vírus de macro :-)

*"If I have seen farther than others,
it is because I stood on the shoulders of giants."*

— SIR ISAAC NEWTON

Resumo

Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).

Abstract

Well, the book is on the table. This work presents a control methodology for the position of the passive joints of an underactuated manipulator in a suboptimal way. The term underactuated refers to the fact that not all the joints or degrees of freedom of the system are equipped with actuators, which occurs in practice due to failures or as design result. The passive joints of manipulators like this are indirectly controlled by the motion of the active joints using the dynamic coupling characteristics. The utilization of actuation redundancy of the active joints allows the minimization of some criteria, like energy consumption, for example. Although the kinematic structure of an underactuated manipulator is identical to that of a similar fully actuated one, in general their dynamic characteristics are different due to the presence of passive joints. Thus, we present the dynamic modelling of an underactuated manipulator and the concept of coupling index. This index is used in the sequence of the optimal control of the manipulator.

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas e Siglas

CTq	computed torque
DC	direct current
EAR	Equação Algébrica de Riccati
GDL	graus de liberdade
ISR	interrupção de serviço e rotina
LMI	linear matrices inequalities
MIMO	multiple input multiple output
PD	proporcional derivativo
PID	proporcional integrativo derivativo
PTP	point to point
UARMII	Underactuated Robot Manipulator II
VSC	variable structure control

Lista de Símbolos

a	Distância
\mathbf{a}	Vetor de distâncias
\mathbf{e}_j	Vetor unitário de dimensão n e com o j -ésimo componente igual a 1
\mathbf{K}	Matriz de rigidez
m_1	Massa do cumpim
δ_{k-k_f}	Delta de Kronecker no instante k_f

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação e objetivos	14
	REFERÊNCIAS	15

1 Introdução

1.1 Motivação e objetivos

Referências

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 25 de março de 2015	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/DM-018/2015	4. Nº DE PÁGINAS 15
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Caracterização de sistema de propulsão a gás frio com empuxo vetorial			
6. AUTOR(ES): Pedro Kuntz Puglia			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Cupim; Cimento; Estruturas			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Cupim; Dilema; Construção			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Área de Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica. Orientador: Prof. Dr. Adalberto Santos Dupont. Coorientadora: Prof ^a . Dr ^a . Doralice Serra. Defesa em 05/03/2015. Publicada em 25/03/2015.			
11. RESUMO: <p>Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).</p>			
12. GRAU DE SIGILO: <div style="display: flex; justify-content: space-around;">(X) OSTENSIVO() RESERVADO() SECRETO</div>			