

5 Conclusões e trabalho futuros

Este capítulo trata das conclusões referentes aos trabalhos realizados, e continuidades que podem ser dadas.

5.1. Conclusões

Neste trabalho estudou-se o comportamento de vários sistemas pendulares e um sistema giroscópico, atuando com um controle não-linear proposto. Além disso, foram construídos dois sistemas de bancada que serviram para provar o modelo matemático e o controle simulado. A montagem que foi feita no Laboratório de Dinâmica e Vibrações usou elementos que já existiam no laboratório e não foi necessário nenhum gasto muito grande para desenvolver o projeto.

Toda a modelagem matemática dos pêndulos foi feita no MATLAB com o equacionamento no Simulink montado através de blocos simples de multiplicação, derivação, integração etc. Embora fosse um trabalho grande construir equações bem grandes com blocos, ele tornou o sistema bem customizável, e era fácil para acrescentar outros blocos, ou fazer modificações.

A escolha dos pêndulos a se estudar se deu pela leitura de artigos e livros que abordavam modelos parecidos, e que seriam fáceis de transformar em um modelo de bancada.

O modelo inicial do pêndulo inserido numa roda serviu para criar uma ponte do trabalho do mestrado com a dinâmica de sistemas com atuação interna, e com controle do centro de massa. Os modelos seguintes serviram para construir melhor a ideia do controle não-linear a ser usado no último projeto estudado, do giroscópio.

Os modelos de bancadas também ofereceram uma visão melhor de como funciona um modelo de pêndulo controlado e propuseram um desafio ao autor e de tentar controlar manualmente o movimento do atuador para dar uma volta no pêndulo. De fato, alterar manualmente o controle foi um trabalho bem difícil

devido à complexidade do sistema, mas seguindo a lógica do controle proposto foi possível dar um giro no pêndulo apenas com um apertar de botões do teclado.

O projeto inicial do pêndulo auto alongável propunha um motor DC ligado a um fuso de passo alto (5 mm) que iria aumentar e diminuir o tamanho do pêndulo com a rotação do motor. Esse protótipo não chegou a funcionar devido ao atrito do fuso com o suporte ser alto. Além disso, o motor era muito pesado o que deixou dúvidas quanto à segurança da bancada. A escolha por um servo para um novo protótipo deixou o sistema mais leve e rápido, o que ajudou no funcionamento do projeto.

Com essa escolha do servo então o pêndulo duplo ficou bem fácil de ser desenvolvido, aproveitando-se da base do projeto anterior.

Em geral, os controles nos sistemas pendulares foram bem-sucedidos na tarefa de aumentar e diminuir a rotação do pêndulo, e isso foi comprovado com os modelos de bancada que foram montados. De fato, é uma abordagem interessante o tipo de controle usado no pêndulo e não se viu nada similar nas referências.

Outros tipos de controles não foram testados, por mais que o autor tenha trabalhado com controles clássicos do tipo PID, Fuzzy e adaptativos, o intuito do trabalho foi desenvolver uma abordagem não linear.

As diferenças do teste prático para o teórico não foram grandes, na medida em que certas perturbações não foram modeladas na simulação e mesmo assim houve uma bela similaridade entre os gráficos. O movimento de torção nos pêndulos não foi considerado no trabalho, mas ele existe devido ao fato do pêndulo não ser ideal.

Ao trabalhar no modelo do giroscópio foram necessários vários ensaios prévios com o giroscópio de bancada, para entender como ele funcionava e observar a dinâmica dele ao alterar a distribuição de massas interna. Com certeza foi uma parte bem interativa de se mexer com um aparato bem construído. Com isso o entendimento das simulações foi mais claro, ainda mais com as animações realizadas.

Os três controles propostos para o sistema giroscópico foram desenvolvidos com base no que funcionou anteriormente, e embora o último não tenha funcionado, serviu como aprendizado sobre o que não funciona. No entanto o sucesso dos dois primeiros controles comprovou que é possível usar controles não-lineares para controlar os quadros do giroscópio.

Não só o controle atendeu às expectativas como as superou no caso que adicionou velocidade ao rotor. Como foi mencionado anteriormente, de fato essa regra não se aplica a todos os casos, mas para os casos testados funcionou bem. Claro que há inúmeras formas de testar o sistema que não foram usadas principalmente por falta de tempo, mas acaba sendo um bom incentivo de trabalho futuro.

Também citado anteriormente, uma funcionalidade no mundo real para este projeto seria em satélites. Hoje já se conhecem maneiras de movimentar satélites com rodas de reação e jatos de ar, por exemplo. Porém ao adicionar mais uma forma de mudar a atitude de satélites, como quadros inerciais, talvez uma composição de vários métodos de controle de atitude poderia resultar numa maneira mais otimizada de movimentação.

No geral, na vista do autor o resultado dos testes foi positivo, abriu portas para outros projetos que podem ser desenvolvidos na mesma linha, ou que possam ser incorporados em outro tema. O passo-a-passo desenvolvido ao longo da tese desenvolve uma forma de investigação muito usada para problema complexos, e foi interessante para desenvolver uma corrente de pensamentos.

5.2.Trabalhos futuros

Como forma de continuação do trabalho, foram sugeridas algumas novas abordagens para o controle do sistema giroscópico.

A mais antiga, e que foi sugerida na proposta de tese, foi ter um sistema cuja distribuição de massa no rotor varia ao longo do tempo. Para este caso, as equações ficariam bem maiores, e o controle deveria manipular a posição do centro massa que poderia se adaptar de acordo com o necessário para reduzir o movimento ou manter a estabilidade.

Um estudo paramétrico mais amplo seria uma forma interessante de se estudar o valor ótimo da dimensão do sistema para um resultado mais eficiente.

Uma outra forma encontrada ao longo desse estudo foi usar algum controle adaptativo que se adeque às mudanças em tempo real, no lugar ou em adição ao não-linear proposto. Dessa forma é possível comparar os resultados e ver qual que sai melhor cumprindo a mesma tarefa.

E finalmente, como foi citado anteriormente, uma outra abordagem seria desenvolver uma forma de controle que leve em consideração a posição final do sistema.