

Controlador Fuzzy sintonizado por algoritmo genético em sistema de armazenamento de energia

Fuzzy controller tuned by genetic algorithm in an energy storage system

Lenon Diniz Seixas

lenon.dseixas@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Fernanda Cristina Corrêa

fernandacorrea@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

RESUMO

Em sistemas de controles industriais é muito comum o uso de controladores PID (Proporcional Integral Derivativo), devido à facilidade de implementação, manutenção e baixo custo, porém, sempre se anseia por mais robustez e melhor tempo de resposta. A lógica Fuzzy vem com o intuito de permitir que estados não quantificáveis possam também ser avaliados por dispositivos de controle, podendo ser feita interpretação de expressões ambíguas e imprecisas, e relacionar o conhecimento humano de um especialista as reações de uma máquina por meio de um conjunto de regras. Esses conjuntos de regras baseadas em condicionais se-então, são difíceis de serem examinadas perfeitamente em sistemas mais complexos. Para lidar com isso, é proposta uma sintonia dos parâmetros fuzzy utilizando uma meta-heurística evolutiva chamada algoritmo genético. O algoritmo genético é um método probabilístico, e será utilizado na otimização das regras de inferência e funções de pertinência do controlador Fuzzy, retirando o empirismo deste. Sabendo-se do atual grande crescimento dos veículos elétricos, um grande desafio se apresenta: a autonomia das baterias entre uma carga e outra. O presente trabalho traz a implementação de um controlador Fuzzy sintonizado por algoritmo genético aplicado em um sistema de armazenamento de energia baseado em bateria e supercapacitor. Percebe-se a crucial atuação do genético e conforme melhor sintonizado o controlador, maior a economia do estado de carga da bateria.

PALAVRAS-CHAVE: Fuzzy. Algoritmo Genético. Sistema de armazenamento de energia.

ABSTRACT

In industrial control systems it is very common PID (Proportional Integral Derivative) controller systems, due to the easy implementation, maintenance and low cost, but it has always wanted more robustness and better response time. The Fuzzy logic comes to allow no quantified states can be also evaluated by control devices, so that can be made an interpretation of ambiguous and imprecise expressions, and to relate the specialist human knowledge with the machines reactions by a rule structure. These rule structure based on if-then conditional, are hard to be perfectly examined in systems that are more complex. To deal with that, it is proposed a tuning of the fuzzy parameters using an evolutionary meta-heuristic called genetic algorithm. The genetic algorithm is a probabilistic method, and will be used on the optimization of the inference rules and pertinence functions of the fuzzy controller, removing its empiricism. Knowing the recent huge developing of the electrics vehicles, a great challenge is shown: the autonomy of the battery bank between a charge and other. This paper brings the implementation of a fuzzy controller tuned by a genetic algorithm applied to a battery and supercapacitor based energy storage system. It has seen the crucial actuation of the genetic algorithm and as better the controller is tuned, greater is the economy of the battery charge state.

KEYWORDS: Fuzzy. Genetic Algorithm. Energy storage system.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.





INTRODUÇÃO

Sabendo-se da expansão do mercado de veículos elétricos (VEs) e veículos elétricos híbridos (VEH) dos últimos anos, vários desafios são levantados para a engenharia, sendo um deles a autonomia da bateria. A autonomia é um dos mais importantes fatores que pode levar o veículo elétrico ao sucesso ou ao fracasso, pois está ligada diretamente com o rendimento e custo-benefício da transição combustão-elétrico, e, com o conhecimento disso, empresas investem fortemente nessa área almejando a máxima eficiência. Uma opção para melhorar a gestão da bateria é associar um supercapacitor que, segundo Eckert et al (2017), irá fornecer ou receber picos de potência, obtendo benefícios como reduzir estresse na bateria, custo e tamanho, e aumentar a sua vida útil. Possuindo então duas fontes de energia, a gestão do uso da energia torna-se além de mais eficiente, mais complexa.

Para este trabalho é feito uma simulação de um sistema de armazenamento de energia, baseado em supercapacitor e bateria, utilizando conversores CC-CC e um controlador Fuzzy, que, conforme Koshiyama et al (2013), se mostra cada vez mais uma alternativa viável para manipular sistemas complexos. Os conversores CC-CC são utilizados para controlar o fluxo de potência de uma fonte de entrada para uma fonte de saída, como explica muito bem Barbi e Martins (2000).

A lógica Fuzzy foi criada pela necessidade de um método capaz de expressar de uma maneira sistemática quantidades imprecisas ou mal definidas, como disse Shaw e Simões (1999). Em vez de utilizar modelos estritamente matemáticos, os controladores fuzzy podem ser investidos com o conhecimento experimental de operadores humanos treinados, sendo a ação de controle sempre consistente. Ela também pode ser útil em tarefas de tomadas de decisão, onde as variáveis linguísticas não são definidas em termos exatos. Neste trabalho é proposto que, tomando como base um princípio empírico da análise humana do fuzzy, a definição exata das regras e funções sejam otimizadas ao seu máximo utilizando a meta-heurística chamada algoritmo genético (AG), assim como fez Leite (2009).

O principal objetivo é, otimizando o controlador Fuzzy por meio do AG, suprir a demanda de potência obtendo um transitório mais próximo do ideal de forma a consumir o mínimo possível do banco de baterias. O trabalho apresenta os resultados de uma metodologia semi-automatizada pelo AG e totalmente automatizada, baseada em Andrade (2014).

METODOLOGIA

Para realizar a simulação foi implementado em simulink (MATLAB) um sistema de armazenamento previamente elaborado por Pierre Clement Blaud, L.-A. Dessaint (2012), disponível na biblioteca do programa. Neste trabalho utiliza-se um conversor Boost, que possui característica de elevador de tensão, e um conversor Buck-Boost, que pode ser utilizado tanto como abaixador como elevador de tensão, sendo este comportamento definido pelo valor da razão cíclica da frequência de chaveamento. O conversor Boost é usado para a bateria, pois esta, atuando como fonte de tensão de entrada, exige-se elevação de tensão na saída. O conversor Buck-Boost é então utilizado para o supercapacitor, pois atuando como elevador ele o descarrega, e como abaixador o carrega. Ou seja, neste caso, não será considerado o carregamento da bateria, somente descarga.

Para configurar o controlador fuzzy baseou-se no trabalho feito por Trudes et al (2017), onde almejando controlar também um sistema de armazenamento, os autores montam um fuzzy empiricamente. Foi inserido três variáveis de entrada: Potência Requerida, Derivada da Potência Requerida, Tensão do Supercapacitor. A primeira refere-se a curva da potência solicitada do conjunto de armazenamento, a segunda prevê o comportamento da curva, e a última tem por objetivo controlar a tensão do supercapacitor para não saturar. Dentro da primeira variável tem-se 7 funções de pertinência do tipo gaussiana, e na segunda e terceira variável são utilizadas 3 funções de pertinência do tipo triangular. As saídas são: Potência Requerida do Supercapacitor e Potência Requerida da Bateria, possuindo respectivamente 8 e 7 funções de pertinência do tipo gaussiana. Foi escolhido funções do tipo gaussiana quando se buscou uma transição suavizada, de forma a evitar picos de potência. As funções de pertinência têm seus parâmetros como variáveis a serem otimizados pelo AG, totalizando 49 variáveis. Dessa forma, elas não são fixas, elas terão um grau de liberdade para moverem seu centro ou ponto de zero dentro de um limite, aproximando-se umas das outras.

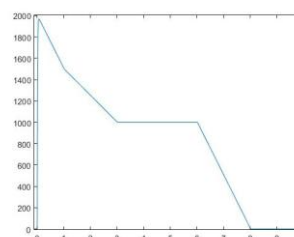
Para obter as regras de inferência, todas as variáveis linguísticas de entrada têm suas funções combinadas entre si de forma que toda entrada possível possa ser avaliada, o que gera 63 possibilidades de entrada, ou seja, 63 regras. Como são duas saídas, onde a primeira há 8 funções, e a segunda 7, as possibilidades de combinações possíveis até encontrar a regra ótima seriam gigantescas. Desta forma, neste trabalho foi proposto inicialmente, tratar como variável somente a regra que definiria a saída da bateria, e assim, fixando a saída do supercapacitor em um valor próximo do definido no trabalho de Trudes et al (2017). Na segunda proposta uma simulação é feita incluindo a saída do supercapacitor como variável. Mais 63 variáveis foram adicionadas ao problema, totalizando 175 variáveis.

O AG tratou essas variáveis utilizando as seguintes configurações: representação cromossômica por número inteiros (parâmetros das regras) e reais (parâmetros das funções), avaliação pela Integral do Erro Absoluto, seleção pelo método do torneio, recombinação por crossover de três pontos, e mutação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Primeiramente, foi realizada a simulação do sistema de armazenamento projetado por Pierre Clement Blaud e L.-A. Dessaint (2012) durante 60 segundos, a fim de obter uma visualização maior dos efeitos e posteriormente a nível de comparação. A entrada de potência exigida simulada é dada na figura 1.

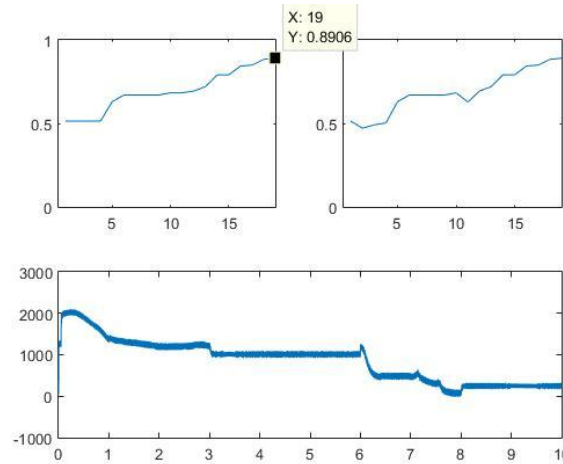
Figura 1 – Potência demandada



Fonte: Autoria própria (2018).

Em sequência, simulando a primeira proposta, com duração de 37,25 horas, foi obtido os resultados que seguem na figura 2. Analisando os resultados percebe-se que o controle não é eficiente ao lidar com a transição de 1000W a 0W, bem como mantê-la em zero.

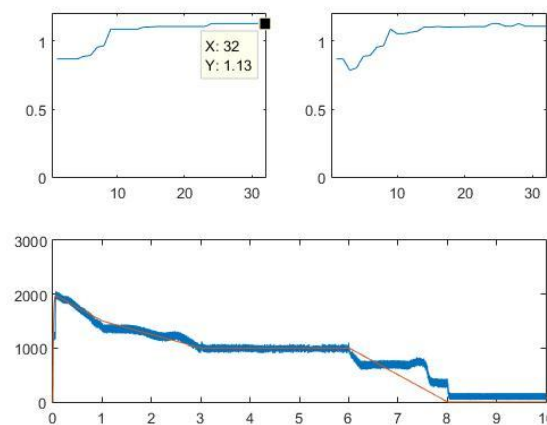
Figura 2 – Resultados primeira proposta



Fonte: Autoria própria (2018).

A segunda proposta levou cerca de 97,11 horas de simulação, sendo parada por convergir na geração 32. Na figura 3 apresenta-se os resultados obtidos.

Figura 3 – Resultados primeira proposta

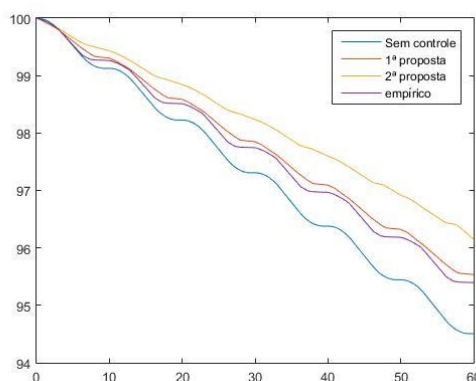


Fonte: Autoria própria (2018).

Percebe-se melhora em relação a primeira proposta quando estabiliza em 0 W, porém ainda é um pouco deficiente ao ir de 1000 a 0 W. É decisivo que, para diminuir o tempo de simulação, foi restringido o *range* das variáveis no AG em valores próximos aos obtidos na primeira proposta, sendo limitador na busca de um resultado perfeito.

O quadro 1 apresenta os resultados obtidos relacionando o consumo percentual em 60 segundos de simulação, e o tempo de execução do AG para obter o controlador otimizado. Na figura 4 é comparado cada consumo, percebendo que a longo prazo a economia torna-se ainda maior.

Figura 4 – Comparação de consumo



Fonte: Autoria própria (2018).

Quadro 1 – Comparação de metodologia

Metodologia	Consumo Percentual (em 60s)	Tempo de execução AG
Sem controle	5,49%	0
Primeira proposta	4,46%	1d12h
Segunda proposta	3,85%	4d7h

Fonte: Autoria própria (2018)

CONCLUSÕES

Otimizar o sistema de armazenamento de um veículo elétrico está diretamente atrelado a autonomia da bateria. Para conseguir melhor eficiência é utilizado um sistema com bateria e supercapacitor, porém, ainda assim, é necessário um controle para melhor aproveitamento do conjunto. Adicionar um controlador ao sistema de armazenamento melhora bastante as respostas obtidas, e o controlador Fuzzy provou-se uma ótima alternativa para lidar com a planta em questão. Para sintonizar um controlador Fuzzy manualmente toma-se semanas de trabalhos e testes, por isso, é proposto um algoritmo otimizar este processo.

Dentro das propostas, o algoritmo executado trabalhou como esperado, mostrando que a otimização é efetiva e pode ir ainda além. Percebe-se que mesmo automatizando o processo, ainda é necessário um conhecimento prévio do problema a ser tratado e da forma a se projetar o fuzzy. Nesse sentido, o presente trabalho consegue apresentar o benefício de ter um conhecimento prévio de um especialista, mas também o quanto não se deve manter engessado a isso, visto as respostas finais: o controlador totalmente tratado pelo genético melhorou consideravelmente a economia. Para melhorar ainda mais, um ajuste maior do *range* das variáveis do AG poderia ser feito, bem como uma população maior em vista da quantia de variáveis, mas isso exigiria mais tempo de simulação.

O algoritmo genético trabalhado é uma heurística já consolidada e apresenta coesão e solidez nos resultados, porém demonstra lentidão, tornando muitas vezes custosa a obtenção de resultados melhores. Outras propostas mais modernas podem ser trabalhadas, como o PSO (Particle Swarm Optimization), que apresenta na maioria dos casos menor custo computacional, segundo Hassan et al (2004).



REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. F. B. de. Sintonia de controlador fuzzy por algoritmo genético em sistema de nível de líquidos. [S.l.], 2014.

BARBI, I.; MARTINS, D. C. Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC Básicos Não Isolados. [S.l.]: Ed. dos autores, 2000.

ECKERT, J. J. et al. Energy storage and control optimization for an electric vehicle. International Journal of Energy Research, Wiley Online Library, 2017.

HASSAN, R.; COHANIM, B.; WECK, O. de. A comparison of particle swarm optimization and the genetic algorithm. [S.l.], 2004.

HOLLAND, J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. 1st. ed. [S.l.]: MIT Press, 1975.

KOSHIYAMA, A. S.; VELLASCO, M. M.; TANSCHKEIT, R. Gpf-control: Um modelo fuzzy-genético para problemas de controle. Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, v. 1, p. 1–6, 2013.

LEITE, L. d. C. M. Geração e Simplificação da Base de Conhecimento de um Sistema Híbrido Fuzzy-Genético. [S.l.], 2009.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. Controle e modelagem Fuzzy. 1st. ed. [S.l.]: EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA, 1999.

TRUDES, G. P. et al. Aplicação da lógica fuzzy no gerenciamento de sistemas de armazenamento de energia do veículo elétrico. 13^o Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, 2017, Lisboa, 13^o Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica, 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço como bolsista da agência de fomento PIBIC/UTFPR todos os recursos e a oportunidade provida. Agradeço a minha orientadora pela oportunidade, atenção e suporte, bem como a UTFPR e o Departamento de Elétrica pela disponibilização de espaço e material.