Trabalho apresentado no CNMAC, Gramado - RS, 2016.

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Funções Penalidade para o Tratamento dos Controle Discretos do Problema de Fluxo de Potência Ótimo Reativo

Daisy Paes Silva[1]
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, UNESP, Bauru, SP
Edilaine Martins Soler[2]
Departamento de Matemática, UNESP, Bauru, SP

1 O Problema de Fluxo de Potência Ótimo Reativo

O problema de Fluxo de Potência Ótimo (FPO) determina um ponto de operação de um sistema elétrico de potência através do ajuste dos controles que otimize uma função objetivo e respeite restrições físicas e operacionais. Este trabalho trata do problema de Fluxo de Potência Ótimo Reativo (FPOR), um caso particular do problema de FPO, em que os controles associados à potência ativa são fixadas e os controles relacionadas à potência reativa devem ser ajustados. Conforme [1] o problema de FPOR é modelado como um problema de programação não-linear, não-convexo, restrito, com variáveis discretas e contínuas dada por:

$$\begin{aligned} Min \quad & f(x,y) \\ s.a.: \quad & h(x,y) = 0 \\ & g(x,y) \geq 0 \\ & \underline{x} \leq x \leq \overline{x} \\ & y_i \in D_{y_i}, \forall i = 1, ..., n_y, \end{aligned} \tag{1}$$

em que $x = (x_1, x_2, ..., x_{n_x})$ são as variáveis contínuas, magnitude e ângulo de tensão das barras, e $y = (y_1, y_2, ..., y_{n_y})$ são as variáveis discretas *taps* dos transformadores e banco de capacitores e reatores *shunt*, D_{y_i} é o conjunto de valores discretos para as variáveis y_i, $f(x,y)$ representa as perdas de potência ativa, e $g(x,y)$ e $h(x,y)$ representam restrições físicas e operacionais. Propõe-se dois métodos: funções penalidade senoidais e polinomiais via interpolação (FPSP) (2) e (3), e funções penalidade polinomiais via fatores do segundo grau (FPP) (4).

$$P(y_i) = \left[sen\left(\frac{y_i}{p}\pi + \alpha\right)\right]^2, \tag{2}$$

em que $0 \leq \alpha < \pi$ para que os valores discretos sejam raízes, e p é o tamanho do passo.

$$P(y_i) = [\Phi(y_i)]^2, \tag{3}$$

[1]daisypaess@gmail.com
[2]edilaine@fc.unesp.br

Tabela 1: Resultados Numéricos

		Sistema elétrico		
		IEEE 14 Barras	IEEE 30 Barras	IEEE 118 Barras
Método proposto FPSP	Perdas (MW)	12,27	16,11	111,14
	Tempo (s)	4,267	4,971	29,997
Método proposto FPP	Perdas (MW)	12,29	16,11	111,13
	Tempo (s)	1,127	3,67	39,766

em que $P(y_i)$ é a função penalidade polinomial e $\Phi(y_i)$ é o polinômio obtido via interpolação de modo que os valores discretos sejam raízes de $\Phi(y_i)$.

$$p_i(y_i) = [(y_i - d_1)(y_i - d_2)\dots(y_i - d_n)]^2, \forall i = 1, \dots, n_y, \tag{4}$$

em que $d_1, d_2, \dots, d_n$ são os valores discretos permitidos para a variável discreta y_i.

Utiliza-se o *solver* IPOPT [2] para resolver os problemas penalizados, aumentando-se gradativamente o valor do parâmetro de penalidade $\gamma_i > 0, \forall i = 1, \dots, n_y$. Assim as soluções obtidas convergem para a solução do problema (1).

$$\begin{aligned} Min \quad & f(x,y) + \sum_{i=1}^{n_y} \gamma_i P_i(y_i) \\ s.a.: \quad & h(x,y) = 0 \\ & g(x,y) \geq 0 \\ & \underline{x} \leq x \leq \overline{x} \\ & \underline{y} \leq y \leq \overline{y}, \end{aligned} \tag{5}$$

2 Resultados Numéricos e Considerações Finais

Os métodos propostos foram testados com os sistemas IEEE 14, que possui 14 magnitudes, 14 ângulos, 3 *taps* e 1 *shunt* e 30 barras, que possui 30 magnitudes, 30 ângulos, 4 *taps* e 2 *shunts*. Na Tabela 1 os resultados comprovam a eficiência dos métodos apresentados.

Agradecimentos

A autora Daisy Paes Silva, bolsista CNPq–Brasil, agradece o apoio financeiro.

Referências

[1] E. M. Soler, E. N. Assada and G. R. M. Costa, Penalty-Based Nonlinear Solver for Optimal Reactive Power Dispatch With Discrete Controls. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28:2174–2182, 2013.

[2] A. Wätchter and L. T. Biegler, On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming. *Mathematical Programming*, 1:25–57, 2006.