

출력 피드백에 의한 전력 계통의 최적 주파수 제어

An Optimal Output Feedback Control of a Power System :
Load and Frequency Control

임 화 영

광 운 대 학

1. 서 론

전력계통은 규모가 방대하고 복잡화 되어감에 따라 정교한 제어 정책이 요구된다. 현재 제어 이론으로 해석할 때 많은 상태변수로 나타내게 되어 전 상태변수를 피드백시킨 제어 방법은 상태량의 전송에 따른 어려움이 따른다. 따라서 제어 시스템의 특성을 지배하는 정도에 중점을 두는 모델의 축소화법¹⁾ 관측 가능한 상태량으로부터 다른 상태량을 추정하는 관측자 설계²⁾ 및 측정이 용이하고 영향을 크게 미치는 상태만을 피드백시켜 제어하는 방법 등이 있다.

전력 계통의 부하 주파수 제어는 측정 용이한 상태량만을 피드백시켜 최적 제어하는데^{3,8)} 안정된 계이므로 출력과 입력의 2차 함수를 적분한 값이 최소가 되도록 하는 최적 피드백 이득을 구하는 문제로 다루었다. 대규모 전력 계통을 대상으로 하는 데는 안정도가 높은 계산 방법이 요구되어서 Robust Conjugate-Gradient⁶⁾ 법을 이용하였다.

2. 이론적 배경

전력계통의 부하 주파수 제어 문제를 미소한 외란이 발생했을 때로 한정하면 선형화된 상태

방정식으로 나타낼수 있다.

각식에 표시된 벡터와 행렬은 전력계통에 따라 정해지는 차수를 갖는다.

$$\dot{X} = AX + BU$$

관측 방정식은

$$Y = CX$$

또 하여 최적제어 평가 함수

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [X^T Q X + U^T R U] dt$$

를 최소화 하는 U 를

$$U = -F Y = -F C X$$

또 나타내면 최적 피드백 이득 F 를 구하는 문제가 된다.

Q 와 F 는 장방 행렬이다.

초기 상태가 random variable 이라고 할 때 J

의 기대값 \hat{J} 는

$$E\{J\} = \hat{J}(F) = \frac{1}{2\pi} \text{tr} \left[\int_0^{\infty} \exp([A - BFC]^T t) \cdot (Q + C^T F^T R F C) \exp([A - BFC] t) dt \right]$$

또 나타낼수 있으며

$$g(F) = \frac{\partial \hat{J}(F)}{\partial F} = R F C L C^T - B^T K L C$$

또 되어 K 와 L 은 다음 Liapunov 식에서 구해진다.

$$K A^0 + A^{0T} K + Q + C^T F^T R F C = 0$$

$$L A^0 + A^{0T} L + I = 0$$

단 $A^0 = A - B F C$ 이다.

$\hat{J}(F) + \epsilon (\Delta F) \langle \hat{J}(F) \rangle$ 가 되도록 ϵ 와 ΔF 를 변화시켜 최적해가 구해지도록 반복 계산한다.

$\epsilon \rightarrow 0$ 일 때 $\hat{J}(F)$ 가 최소가 되는 필요조건은 $g(F) = 0$

에서

$$F = R^{-1} B^T K L C^T [C L C]^{-1}$$

가 된다.

3. 참고 문헌

- (1) B.C. Moore, "Principal Component Analysis in Linear Systems : Controllability, Observability, and Model Reduction", IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. AC-26, No.1, PP. 17-31, Feb. 1981.
- (2) E.J. Davison and I.J. Ferguson, "The Design of Controllers for the Multivariable Robust Servomechanism Problem Using Parameter Optimization Methods", IEEE Trans. Automat. Contr. Vol. AC-26, No.1, PP.93-110, Feb. 1981.
- (3) E.J. Davison and N.S. Rau, "The Optimal Output Feedback Control of A Synchronous Machine", IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. PAS-90, PP. 2123-2134, Sept./Oct. 1971.
- (4) G. Srinivasan, S. Elangovan, and N.D. Rao, "Stabilization of a Power System Through Output Feedback", Proc. IEEE, 64, No.3, PP.370-371, Mar. 1976.
- (5) W.S. Levine and M. Athans, "On the Determination of the Optimal Constant Output Feedback Gains for Linear Multivariable Systems", IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. AC-15, No.1, PP.44-48, Feb. 1970.
- (6) E.J. Davison and P. Wong, "A Robust Conjugate-Gradient Algorithm which Minimizes L-Functions", Automatica, Vol. 11, PP.297-308, 1975.
- (7) M.G. Singh, M.F. Hassan and A. Titli, "Multilevel Feedback Control for Interconnected Dynamical Systems Using the Prediction Principle", IEEE Trans. on Syst. Man and Syber., Vol. SMC-6, No.4, PP.233-239, Apr. 1976.
- (8) E.J. Davison and N. Tripathi, "The Optimal Decentralized Control of a Large Power System : Load and Frequency Control", IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. AC-23, No. 2, PP.312-325, Apr. 1978.
- (9) E.J. Davison, N.S. Rau and F.V. Palmay, "The Optimal Decentralized Control of a Power System Consisting of a Number of Inter Connected Synchronous Machines", In T. J. Contr. Vol. 18, No.6, PP.1313-1328, 1973.
- (10) D. L. Kleinman and P. K. Rao, "Extensions to the Bartels-Stewart Algorithm for Linear Matrix Equations", IEEE Trans. Automat. Contr., Vol. AC-23, No.1, pp.85-87, Feb. 1978.