

On-line 시스템 모델과 파라메터 최적화 기법을 이용한 AVR의 최적 파라메터 튜닝

°김중문, 문승일
서울대학교 전기공학부

AVR parameter tuning with On-line System model using parameter optimization technique

°Jung-mun Kim, Seung-Il Moon
Seoul National University

Abstract - AVR parameter tuning for voltage control of power system generators has generally been done with the open-circuit model of the synchronous generator. When the generator is connected on-line and operating at rated load conditions, the AVR operates in an entirely different environment from the open-circuit conditions. This paper describes a new method for AVR parameter tuning using optimization technique with on-line linearized system model. As this method considers not only the on-line models but also the off-line open-circuit models, AVR parameters tuned by this method can give the sufficiently stable performance at the open-circuit commissioning phase and give the desired performance at the operating conditions.

Also this method estimates the optimum parameters for desired performance indices that are chosen for satisfying requirements in some practical applications, the performance of the AVR can satisfy the various requirements.

1. 서 론

여자제어기의 파라메터는 전력시스템의 동적 특성과 안정도에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 적절한 파라메터의 설정은 매우 중요하다. 일반적으로 AVR의 파라메터 튜닝은 open-circuit 발전기 모델을 이용하여 Bode plot 등과 같이 주파수 영역에서의 해석적인 방법에 의해 수행되어 왔다[1,2,3]. 이와 같이 해석적인 방법을 이용하면 일반적으로 좋은 성능을 나타내는 파라메터를 손쉽게 효과적으로 구할 수 있지만, AVR의 동작 환경이 발전기가 계통에 연결되어 있는 상태에서 시스템의 구성과 부하상태 등의 계통 상황에 따라 큰 차이를 보이기 때문에 AVR의 실제 동작 환경에 최적화된 파라메터를 얻기가 힘들다.

이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 과도 안정도 해석용 프로그램을 이용하여 주파수 영역의 on-line 발전기 모델을 얻고, 이를 이용하여 해석적인 방법을 통해 AVR의 파라메터를 튜닝하는 방법이 제안되었다[5]. 하지만 해석적인 방법에 의한 파라메터 튜닝은 좋은 성능을 나타내는 파라메터를 얻기 위해 많은 시행착오가 필요하다. 또한, 튜닝된 파라메터가 발전기 초기전압 유지 과정에서 안정도를 보장하지 못하고, AVR의 동작 환경에 따라 요구되는 다양한 성능지표를 만족하는 파라메터를 얻기가 힘들다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 파라메터 최적화 기법을 이용하여 원하는 발전기 응답의 성능 지표를 향상시키도록 하는 최적 파라메터를 튜닝하는 방법에 대하여 소개하고자 한다. 제안된 방법은 발전기가 계통에 연결된 상황의 on-line 시스템 모델을 이용하여, 향상시키고자 원하는 성능 지표를 목적 함수로 설정하고, 시스템의 안정도 유지를 위한 다른 성능 지표들을 제약 조건으로 설정함으로써, 전체 시스템의 안정도

를 해치지 않는 범위 내에서 원하는 성능 지표를 향상시키는 최적의 파라메터를 찾을 수 있다. 따라서 제안된 방법을 이용하면 특정 성능 지표의 향상을 위해 튜닝된 파라메터가 다른 성능 지표를 악화시켜 시스템의 안정도를 해치는 일을 피할 수 있기 때문에 여러 성능 지표들 간의 균형을 맞추는데 드는 시행착오와 노력을 줄일 수 있다.

2. 본 론

2.1 선형화된 On-line 시스템 모델

본 논문에서 사용한 전체 시스템 구성은 아래 <그림 1>과 같다.

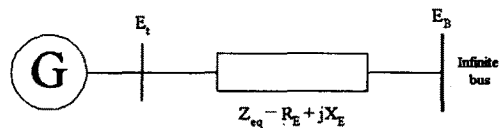


그림 1. 전체 시스템의 구성

본 논문에서는 발전기의 모델로 field flux의 동적 특성만을 고려한 classical 발전기 모델을 사용하였다. Classical 발전기 모델의 swing 방정식을 포함한 상태 방정식은 <식 1~3>과 같고, 여자제어기의 제어 대상 신호인 ΔE_f 는 <식 4>와 같다[7].

$$\Delta \dot{\omega}_r = -\frac{K_D}{2H} \Delta \omega_r - \frac{K_1}{2H} \Delta \delta - \frac{K_2}{2H} \Delta \Psi_{fd} + \frac{1}{2H} \Delta T_m \quad (1)$$

$$\Delta \dot{\delta} = \omega_0 \Delta \omega_r \quad (2)$$

$$\Delta \dot{\Psi}_{fd} = -\frac{1}{T_3} \Delta \Psi_{fd} + \frac{K_3}{T_3} \Delta E_{fd} - \frac{K_3 K_4}{T_3} \Delta \delta \quad (3)$$

$$\Delta E_f = K_5 \Delta \delta + K_6 \Delta \Psi_{fd} \quad (4)$$

위의 수식에 나오는 계수들은 참고문헌 6에서 찾을

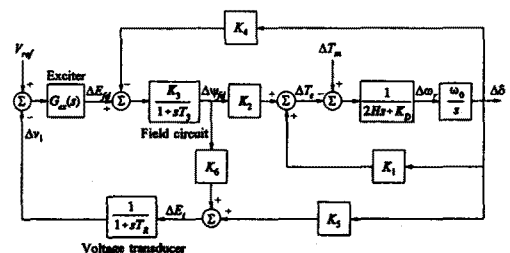
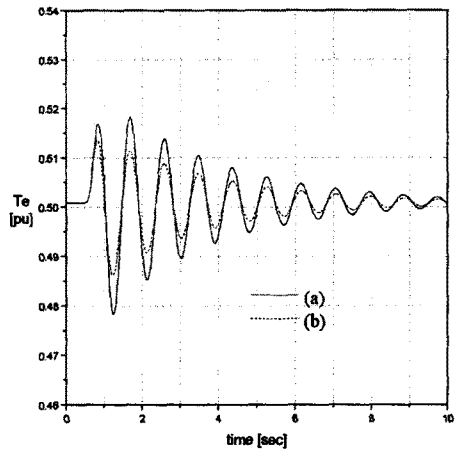
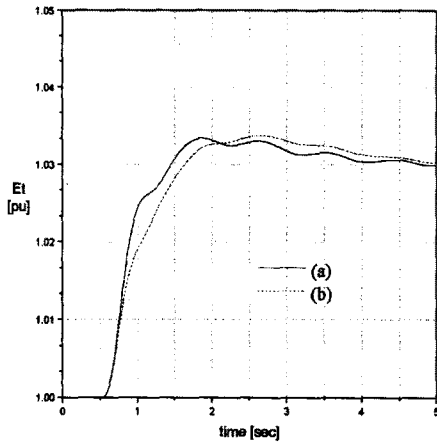


그림 2. on-line 발전기 모델과 여자제의 블록 선도



(a) on-line 발전기 모델과 파라미터 최적화 기법을 이용하여 튜닝된 파라미터의 응답
(b) off-line 발전기 모델과 해석적 방법을 이용하여 튜닝된 파라미터의 응답

그림 4. AVR 기준 전압을 3% 올렸을 때의 발전기 응답

향상시키는 것을 알 수 있다.

〈그림 4〉는 각각의 파라미터에 대해 AVR의 기준전압을 3% 올렸을 때의 발전기 단자전압의 응답과 전기적 출력의 응답을 비교한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 on-line 시스템 모델과 제한한 최적화 기법을 이용하여 튜닝된 파라미터의 응답이 off-line 발전기 모델을 이용하여 얻어진 파라미터의 응답에 비해 더 빠른 응답을 보이는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 발전기가 계통에 연결된 상황에서 얻어진 on-line 시스템 모델을 이용하여 원하는 성능 지표를 최적화 하도록 AVR의 파라미터를 튜닝하는, 파라미터 최적화 기법을 이용한 AVR의 튜닝법을 제안하였다. 제안된 방법은 발전기가 계통에 연결된 상황의 on-line 시스템 모델을 이용하기 때문에 실제 AVR의 동작환경에서 최적화 된 파라미터를 얻을 수 있다. 아울러 발전기를 계통에 연결하기까지의 초기전압 유기과정에서의 안정도 유지를 위한 최소한의 성능지표를 제약조건으로 고려하기 때문에, on-line 조건에 최적화 된 파라미터가 off-line 운전시의 안정도를 해칠 우려가 없게 된다.

다양한 사례 연구 결과 on-line 시스템 모델의 이득 여유가 전기적 토크의 진동과 밀접한 관계가 있고, 위상 여유와 이득교차주파수가 터미널 전압의 응답과 관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 위의 관계를 제안된 방법의 목적 함수로 적절히 이용하면, 시스템의 상황에 따라 요구되는 성능 지표에 알맞은 파라미터를 보다 쉽게 구할 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] IEEE COMMITTEE REPORT, "Excitation System Dynamic Characteristics", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-92, No.1, pp. 64-75, Jan/Feb 1973.
- [2] Rodolfo J. Koessler, "Techniques for tuning excitation system parameters", IEEE Trans. on Energy Conversion, vol. 3, No. 4, pp. 785-791, December 1988.
- [3] IEEE Std. 421.2-1990, *IEEE Guide for Identification, Testing, and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems*, IEEE, 1990.
- [4] IEEE Std. 421.5-1992, *IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies*, IEEE, 1992.
- [5] K. Bollinger, R. Lalonde, "Tuning Synchronous Generator Voltage Regulators Using On-line Generator Models", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-96, No. 1, pp. 32-37, Jan/Feb 1977.
- [6] P. Kundur, *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, New York, pp. 727-766, 1994.