

IA-PID 제어를 이용한 교류-직류시스템의 동태안정도에 관한 연구

정형환\* 정현화\* 왕용필\* 박희철\*  
\* 동아대학교

A Study on Dynamic Stability in AC-DC Power System using IA-PID Controller

Hyung-Hwan Chung\*, Hyun-Hwa Chung\*, Yong-Peel Wang\*, Hee-Chur Park\*  
\* Dept. of Electrical Engineering Dong-A University

**Abstract** - In this paper, a method for optimal design of PID controller using the immune algorithm(IA) has been proposed to improve the stability of A.C.-D.C. power system. To design optimal PID controller, formulation of AC-DC system equation, selection of stability analysis model, formulation immune algorithm and application model of optimal PID controller are proposed in order of the paper. In case of various disturbance, computer simulations have been performed and the proposed IA-PID controller has been compared with base controller which is conventional control technique for dynamics. From simulation results, it is demonstrated that proposed IA-PID controller has good dynamic responses about the disturbance of power system and reliability as compared with the base control.

1. 서 론

현재 전세계의 전력시스템은 복잡 대형화되고 있는 추세이며 거의 대부분이 교류송전 방식을 사용하고 있다. 그러나 교류로 송전할 때에는 무효전력의 발생, 선로에 의한 전력손실 및 전력제어의 어려운 점등이 단점으로 되어 있다. 이로 인한 시스템의 안정도는 오히려 저하하기 때문에 양질의 전력공급을 위한 지속적인 대책 수립이 필요하다. 따라서 저 손실의 경제적 송전과 안정도 향상의 측면에서 직류송전의 우수성이 인정되고 있는 가운데 실시스템 확립과 이에 대한 연구가 세계적으로 활성화되고 있다. 직류송전은 교류-직류 연계송전 관련기술이 전력전자의 분야의 첨단기술로서 응용분야가 넓고 부가가치가 높으며, 변환기의 경제성과 기술의 발전에 따라 점차 확대 적용 추세에 있고, 교류시스템의 동특성 향상을 목적으로 하는 직류 송전방식이 증가하고 있다.

교류-직류 연계 시스템의 안정도를 향상시키기 위한 노력의 일환으로 선형최적 제어 이론 및 비례, 적분, 미분(Proportional, Integral and Derivative : PID)제어를 적용하고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 특히 PID 제어기는 그 구조가 간단하며 우수한 제어성능을 나타내므로 현대 산업 공정 제어에 많이 사용되고 있다. 그러나 PID 제어기의 성능은 제어대상의 파라미터 변화에 대하여 제어기의 파라미터가 재 조정 되어야 하는 단점이 있다. 따라서 PID 제어기의 파라미터 자동 동조에 관한 절실한 필요성과 함께 활발한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 방법으로서 Ziegler - Nichols(ZN)의 PID 제어기의 파라미터 동조법이 있으나, 비선형 시스템은 많은 진동 현상을 포함하고 있으므로 이 방법으로는 임계이득(critical gain)과 임계주기(critical period)를 얻기가 곤란하다.

본 논문에서는 인간의 면역 체계를 모의한 면역 알고리즘(Immune Algorithm : IA)을 이용한 교류-직류 시스템의 PID 제어기 파라미터의 최적선정을 위한 새로운 접근 방법을 제시하였다. 제안한 방법의 유용성을 입증

하기 위하여 다양한 외란이 발생한 경우에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기본제어(base control)와 동특성을 비교·고찰하였다. 이상에서 교류-직류 시스템의 안정도 향상을 위하여 IA를 이용한 최적 PID 제어기 설계의 타당성을 입증하였다.

2. 면역 알고리즘(Immune algorithm : IA)

모든 생물체는 이 방어 체계를 이용하여 불확실한 외부 환경에 대해 강건하게 대처하여 환경에 적응한다. 면역 시스템에서의 기본적인 구성요소는 림프구(lymphocytes)와 항체(antibody)로 이루어진다.

면역 알고리즘의 기본이 되는 두 가지의 면역 시스템 이론은 소매틱 이론(somatic theory) 네트워크 가설(network hypothesis)이다. 소매틱 이론은 면역계의 다양한 항체 생성 능력을 설명하는 이론이며, 네트워크 가설은 면역계의 자기조절 능력을 설명하는 이론이다. 먼저 소매틱 이론이란 다양한 항체를 생산함을 말하는 이론이며, 네트워크 가설이란 항원 수용체 서로간의 이디오 타입을 인식하여 림프구 집단은 전체로서 패쇄적인 네트워크를 형성하고 있다는 이론이다.

2.1 면역 알고리즘의 구현

본 논문에서는 소매틱이론과 네트워크가설을 기초로 하여 면역계와 같은 움직임을 나타내는 항체 생성 세포와 그 자기 조절 기구를 실현하는 IA를 제안한다. IA의 순서도는 그림 1과 같다[4][5].

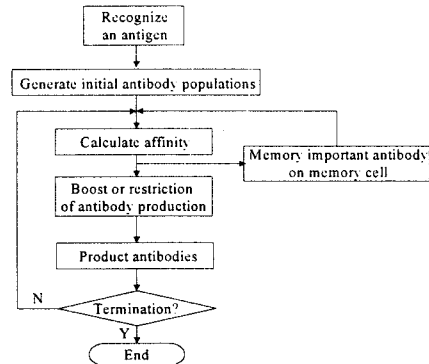


그림 1. IA의 순서도

여기서 이 알고리즘을 최적화 문제의 해 탐색 알고리즘과 대응시켜 보면, 항원이 최적화 문제의 제약 조건과 목적 함수가 되며, 항체는 최적화 문제의 해가 되고, 항원과 항체의 친화도는 해의 평가치에 대응한다.

2.2 면역 알고리즘의 특징

IA는 다른 일반적인 최적화 알고리즘과 비교하여 다



## 5. 컴퓨터 해석 및 결과고찰

### 5.1 사례 연구 1 : 전력을 증가시킨 경우

본 연구에서는 교류-직류시스템의 안정화를 위하여 직류 제어시스템의 순·역변환기에 대한 PID 제어를 설계하였으며, PID 제어기의 파라미터를 최적화하기 위하여 IA를 이용하였다. 본 논문에서 사용된 IA의 파라미터는 세대수는 200, 항체수는 100, 교차율은 0.85, 돌연변이율은 0.01로 하였다.

실제의 전력 시스템은 부하의 변동에 따라 선형화 계수가 변화는 비선형 시스템이기 때문에 상태가 변함에 따라 비선형 시뮬레이션을 수행하여야 하지만 본 논문에서는 정상부하시 부하가 0.1[sec] 사이에 정격 출력의 3[%] 증가한 경우에 직류 제어시스템의 순·역변환기에 IA를 이용하여 최적 PID 제어기를 설계하고 시뮬레이션을 통해 제어기 성능을 기본제어와 비교하여 고찰하였다.

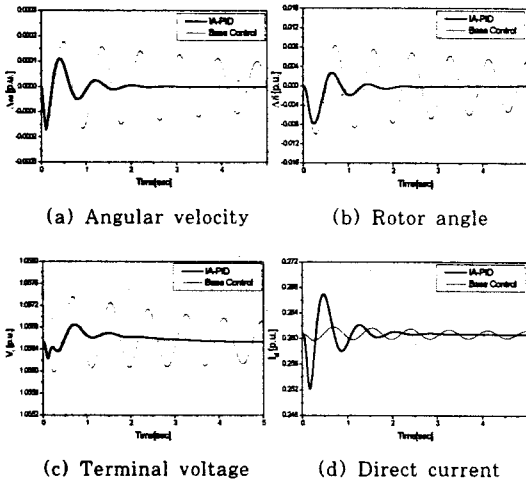


그림 6. 전력을 3% 증가한 경우 동특성 응답

그림 6의 (a), (b)와 (c)는 교류시스템의 발전기 각속도, 회전자각, 단자전압에 대한 동특성 응답을 나타내었으며, (d)는 직류 제어시스템의 직류전류의 동특성 응답을 나타내었다. 제안한 IA-PID 제어기는 회전자각, 단자전압 및 각속도의 특성은 직류전류의 특성과 마찬가지로 우수한 속응성을 나타내고 있다. 이에 따라 시스템의 안정도가 향상됨을 알 수 있다.

### 5.2 사례 연구 2 : 회전자각이 증가한 경우

두 번째 사례연구로 초기에 회전자각 편차를  $\Delta\delta = 0.01[p.u.]$  만큼 증가한 경우에 시뮬레이션을 통해 기본제어와 그 성능을 비교·고찰하였다.

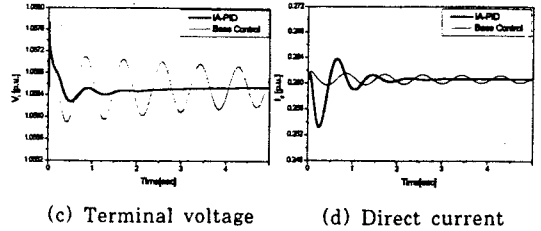
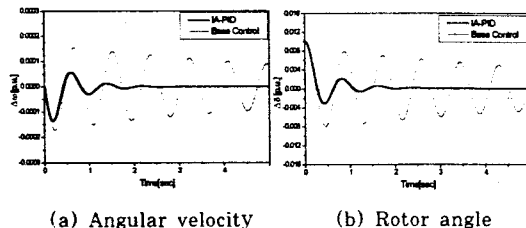


그림 7. 회전자각이 0.01(p.u.) 증가한 경우 동특성

전력증가시와 마찬가지로 IA를 이용하여 PID 제어기의 이득계수를 최적화한 최적 PID 제어기를 적용하였다. 그림 7의 (a), (b), (c)와 (d)는 우수한 속응성을 나타내고, 교류시스템의 안정도가 향상됨을 알 수 있다. 따라서 직류 제어시스템의 보조제어신호에 IA-PID 제어기 적용이 시스템의 안정도를 향상시켜 안정운전에 크게 기여하고 있음을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 교류-직류 시스템의 안정도 향상을 위하여 IA를 이용한 최적 PID 제어기 설계에 관하여 연구하였다. 주요한 결과는 다음과 같다.

- (1) IA를 이용하여 국부적인 최적해가 많이 존재하는 다변수 최적화 문제를 쉽게 해결할 수 있었다. 또한 IA는 기억 학습 기구와 다양성이 있는 항체를 유지함으로 인하여 고속으로 해를 구할 수 있었다.
  - (2) 제안한 IA를 이용한 최적 PID 제어 방법은 광범위한 동작조건하에서 매우 우수한 제어성능과 강인성을 보였으며, 전력시스템 안정도에 크게 기여함을 알 수 있었다.
- 제안한 IA를 이용한 최적 PID 제어기 설계의 장점은 시스템에 대한 다른 정보들의 필요 없이 최적화의 목적함수만을 필요로하기 때문에 제안한 알고리즘을 복잡, 대형화된 대기시스템에 직접적으로 쉽게 확장, 적용가능하며 제어기의 설계에 매우 유용하리라 생각된다.

### [참고 문헌]

- [1] A. S. Emarah, "Design of optimal modulation controllers for Multiarea AC/DC systems using Eigenvalue sensitivities", IEEE, Vol. PWR-2, No. 3, pp. 522-578, 1987.
- [2] H. A. Peterson, "An analog computer study of a parallel AC and DC Power System", IEEE, Vol. Pas-85, No. 3, pp. 191-209 1966.
- [3] A. S. Emarah, M. A. Choudhry and G. D. Galanos, "Design of optimal modulation controllers for Multiarea AC/DC systems using Eigenvalue sensitivities", IEEE, Vol. PWR-2, No. 3, pp. 522-578, 1987.
- [4] J. S. Chun, "Optimal design of synchronous motor with parameter correction using immune algorithm", IEEE, Vol. 14, No. 3, pp. 610-615, 1999.
- [5] 정형환, 이정필, 정문규, 이광우, "면역 알고리즘을 이용한 전력계통 안정화 장치의 최적 파라미터 선정" 대한전기학회 논문지 Vol. 49A, No. 9, pp.
- [6] 정형환, 왕용필, 김해재, "가중치 조정에 의한 교류-직류 병렬계통의 동특성 해석", 대한전기학회 논문지, Vol. 44, No. 10, pp.1265-1273, 1996.