

자기조정 퍼지 PID제어기를 이용한 전력시스템의 부하주파수 제어

정형환* · 이준탁* · 정동일* · 주석민* · 김상효* · 왕용필* · 김해재**

Load Frequency Control of Power System using a Self-tuning Fuzzy PID Controller

H. H. Chung · J. T. Lee · D. I. Chung · S.M. Joo · S. H. Kim · Y. P. Wang · H. J. Kim

Key words : Load Frequency Control, Fuzzy Control, Product-Sum Gravity Method(PSGM)

Abstract

A self-tuning FPID(Fuzzy Proportional Integral Derivative) controller for load frequency control of 2-area power system is proposed in this paper. The parameters of the proposed self-tuning FPID controller are self-tuned by the proposed fuzzy inference technique. Therefore, in this paper, the fuzzy inference technique of PID gains using PSGM(Product Sum Gravity Method) is presented and is applied to the load frequency control of 2-area power system. The computer simulation results show that the proposed controller give better more control characteristics than conventional PID, FLC under load changes.

1. 서 론

현재 사용되고 있는 제어기중, PID 제어기는 간단한 구조를 갖고 있음에도 불구하고 좋은 제어 성능을 제공하는 것으로 알려져 있다. 또한, PID 제어기는, 이를 구성하는 비례, 적분 및 미분 동작에 대한 물리적 의미를 쉽게 파악할 수 있는 장점을 지니고 있어, 산업 공정 제어에 가장 많이 활용되고 있다¹⁻³⁾. 그러나, 이와 같은 보편적이고 광범위한 활용에도 불구하고, PID제어기의 성능은 제어

대상 및 제어기의 매개변수에 크게 의존하는 단점을 지니고 있다. 즉, 제어 대상 혹은 이를 둘러싼 주위 환경 변화에 기인한 매개 변수의 변화에 대하여, 제어기의 파라미터가 재조정되어야 하고, 이의 조정은 대개 많은 시간과 경비가 소요될 뿐만 아니라 전문가의 수작업에 의하여 시행착오적으로 이루어지고 있는 현실이다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 최근, 전문가의 지식 및 경험을 제어 규칙으로 이산화하여, 추론에 의해 제어 동작을 결정하는 퍼지제어는

* 동아대학교 전기공학과(원고접수일 : 98년 9월)

** 마산대학 전기과

먼저, 유연성이 있는 제어 수법으로 정확한 수식 모델을 취하지 않아도 된다는 점과, 언어적 제어 규칙을 이용하여 온라인으로 단시간에 제어 입력을 결정할 수 있다는 장점을 지니고 있다⁽⁴⁻⁸⁾. 그러나, 제어기의 구조를 결정한다거나, 퍼지규칙의 생성 및 제어기의 동조는 어려운 과제중의 하나이며, 제어규칙과 소속함수의 오선정 등에 대한 영향으로 시스템의 불안정 현상이 발생하기도 한다.

따라서, 본 논문에서는 퍼지제어 이론이 갖는 장점을 이용하여 동기 발전기에 대한 비례, 적분 및 미분 요소로 구성된 자기조정 FPID (Fuzzy Proportional Integral Derivative) 제어기를 설계하였으며, 자기조정 FPID 제어기의 각 파라미터들을 퍼지추론 알고리즘을 이용하여 자동 조정되도록 하였다. 이때 퍼지추론 기법으로 Mamdani의 퍼지추론법인 MMGM (Min - Max Gravity Method) 대신 인간의 사고와 직관에 근접한 새로운 추론법인 PSGM (Product - Sum Gravity Method)을 이용하였다⁽⁹⁾. 본 논문에서 자기조정 FPID 제어기를 부하주파수 제어 모델에 적용하여 정상 상태 편차, 도달 시간 및 최대 편차량 등의 동특성 응답이 종래의 제어기법들 보다 우수하며, 현실한 제어기임을 입증하고자 한다.

2. 모델 계통 방정식

다수의 제어 지역이 상호 연계된 전력 계통의 효율적인 주파수 제어 대책을 검토하기 위하여 Fosha⁽¹⁰⁾ 등이 제안한 2 제어 지역의 모델 계통을 사용하였다. 이는 Fosha 등이 9차계로 선형 모델화하여 연구한 이래 다지역 전력 계통의 부하주파수 제어에 대한 연구 모델로 많이 이용되고 있다. 본 논문에서 사용한 모델계통은 Fig. 1과 같고, 이 시스템의 각 계통 용량 $P_{r1}=P_{r2}=2,000[MW]$, 연계선 용량 $P_{tie\max}=200[MW]$, 지역간 전압 위상차의 평형치 $\delta^*_{12}(\delta^*_1 - \delta^*_2)=30 [deg]$, 계통용량비 $a_{12} = -P_{r2}/P_{r1} = -1$ 이다.

Fig. 1을 기초로한 상태방정식은 식(1)에서 (5)와 같다.

$$\frac{d}{dt} \int \Delta f_i dt = 2\pi \Delta f_i \quad (1)$$

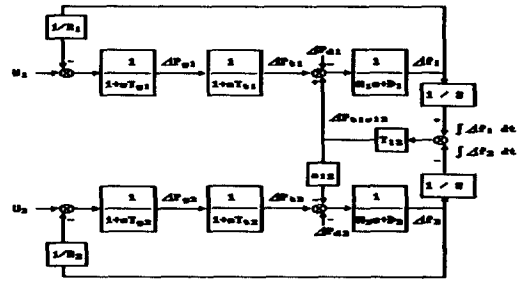


Fig. 1 Block - diagram for LFC of power system

$$\frac{2H_i}{f^*} \frac{d}{dt} \Delta f_i + D \cdot \Delta f_i + \Delta P_{tie\ ij} = \Delta P_{ti} - \Delta P_{di} \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} \Delta P_{ti} = -\frac{1}{T_{ti}} \Delta P_{ti} + \frac{1}{T_{ti}} \Delta P_{gi} \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt} \Delta P_{gi} = -\frac{1}{T_{gi}} \Delta P_{gi} - \frac{1}{T_{gi}R_i} \Delta f_i + \frac{1}{T_{gi}} \Delta P_{ci} \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \int \Delta P_{tie\ ij} dt = T_{ij}^* (\int \Delta f_i dt - \int \Delta f_j dt) \quad (5)$$

3. 제안하는 자기조정 FPID 제어기

본 논문에서 제안한 자기조정 FPID 제어기는 PID 제어기와 퍼지제어기의 장점을 이용하여 설계하였으며, 그 구성도는 Fig. 2와 같다.

자기조정 FPID 제어기는 제어 대상의 특성이 변화되거나 부하 외란에 대해 적응성이 있는 제어기이다. PID 파라미터의 자동 동조 기법으로는 제어 대상에 대한 정확한 모델화 없이 제어규칙을 이용하여 온라인(on-line)으로 단시간에 제어 입력을 결정할 수 있는 퍼지추론 알고리즘을 기초로 하였다. 이때 퍼지추론 알고리즘은 몇 가지 명제에서 어느 한 명제를 도출하는 것으로, 이는 인간이 행하고 있는 추론법과 유사하다. 현존하는 대부분의 퍼지 제어기들은 Mamdani의 퍼지 추론법인 MMGM을 기초로 하고 있다. 그러나 MMGM은 인간적인 사고에 부합되지 않는 단점을 갖고 있다. 이를 보완하기 위해 새로운 퍼지추론 기법인 PSGM을 도입하였으며, 또한 PID 제어기의 파라미터 특성을 고찰하여 PID 파라미터 특성에 따른 제어 규칙을 생성하였다. 이를 2 지역 전력 계통의

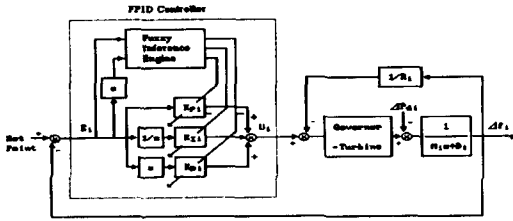


Fig. 2 Block - diagram of the FPID controller for area i

부하주파수 제어에 적용시켜 자기조정 FPID 제어기의 우수성을 입증하고자 한다.

3. 1 PSGM 추론 기법

입력 변수를 X와 Y, 출력 변수를 Z라고 하면, 퍼지추론 규칙은 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

- Rule 1 : A₁ and B₁ ⇒ C₁
- Rule 2 : A₂ and B₂ ⇒ C₂
-
- Rule n : A_n and B_n ⇒ C_n
- Fact : x₀ and y₀ (6)

- Conclusion : C

여기서, A_i는 전체집합 X에서 정의된 퍼지집합, B_i는 Y에서 정의된 퍼지집합이고, C_i는 집합 Z에서 정의된 퍼지집합이다. 이때 x₀ ∈ X, y₀ ∈ Y이다. i 번째의 퍼지 규칙은 「A_i and B_i ⇒ C_i」이고 이 규칙은 식(7)과 같이 정의된다.

$$\mu_{A_i \text{ and } B_i} \Rightarrow C_i(x, y, z) = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y) \cdot \mu_{C_i}(z) \quad (7)$$

여기서, “·”는 product(산술곱)을 의미한다. 추론 결과인 C_i’는 사실 「x₀ and y₀」에서 추론되며, 퍼지규칙 [A_i and B_i C_i]는 식(8)과 같이 나타내어진다.

$$\mu_{C_i'}(z) = \mu_{A_i}(x_0) \cdot \mu_{B_i}(y_0) \cdot \mu_{C_i}(z_0) \quad (8)$$

식(6)의 최종 결론 C는 식(8)에서 구한 C₁’, C₂’, ..., C_n’를 “+” sum(합) 연산자를 사용하여 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$\mu_C(z) = \mu_{C_1'}(z) + \dots + \mu_{C_n'}(z) \quad (9)$$

퍼지집합 C에 대한 최종 출력값 z₀는 먼저, 식(8)에서 C_i’의 무게중심을 z_{i0}로 두면 식(10)과 같이 된다. 이때 S_i는 C_i’의 면적을 나타낸다.

$$z_i = \frac{\int z \cdot \mu_{C_i'}(z) dz}{\int \mu_{C_i'}(z) dz} = \frac{\int z \cdot \mu_{C_i'}(z) dz}{S_i} \quad (10)$$

$$\int z \cdot \mu_{C_i'}(z) dz = S_i z_i$$

따라서, 식(9)의 마지막 결론 C의 무게중심 z₀는 식(11)과 같이 주어진다. 이때, 무게중심 z₀는 C_i’의 면적인 S_i와 C_i’의 무게중심인 z_i의 무게 평균으로 구해진다.

$$z_0 = \frac{\int z \cdot \mu_C(z) dz}{\int \mu_C(z) dz} = \frac{S_1 z_1 + \dots + S_n z_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_m} \quad (11)$$

3. 2 자기조정 FPID 제어기 설계

PID 제어기의 파라미터를 자동으로 조정하기 위한 제어 수법으로, 불분명한 수량적 정보를 다루는 수학적 기법의 일종으로 인간의 사고나 판단의 애매 모호함을 다루기 위하여 전문가의 지식 및 경험을 제어 규칙으로 이론화하여 퍼지추론에 의해 제어 동작을 결정하는 퍼지추론 알고리즘을 도입하였다. 먼저 PID 제어기의 파라미터 특성에 대해 고찰하고, 다음으로 파라미터 특성에 따른 퍼지추론 규칙을 생성하였다. 이상의 고찰을 통해 PID 제어기의 파라미터를 자동 조정되도록 하였다.

먼저, 스텝 응답에 대하여 PID 제어기의 파라미터 특성을 각 영역에 대해 살펴보고 PID 제어기의 파라미터 특성에 대한 내용을 근거로 하여 PID 파라미터 각각에 대하여 룩업 테이블(Look-up table)을 구성한다. 4개의 영역으로 나눈 룩업 테이블을 Table 1에 나타내었다. 여기서, E_i는 i 지역

Table 1. Look-up table for improvement of system responses

K _{PI} , K _{Ii} , K _{Di}		E _i	
		- max	0
ΔE _i	+max	Ⅲ K _{PI} , K _{Di} 약간 증가 K _{Ii} 약간 감소	Ⅳ K _{PI} , K _{Di} 증가 K _{Ii} 감소
	0	Ⅱ	Ⅰ
	-max	K _{PI} , K _{Di} 감소 K _{Ii} 증가	K _{PI} , K _{Di} 약간 증가 K _{Ii} 약간 감소

의 주파수 편차의 오차이고, ΔE_i 는 오차의 변화율, K_{P_i} , K_{I_i} 및 K_{D_i} 는 PID 파라미터를 나타낸다.

이때 I 영역은 짧은 응답 시간을 요구하므로 비례 이득과 적분 이득을 증가시킴으로써 상승 시간을 줄여주며, II 영역은 오버슈트가 발생하였으므로 비례 이득과 미분 이득을 감소시키고, 적분 이득을 증가시킴으로써 오버슈트를 줄인다. III 영역은 오차 변화의 기울기가 반대이고, 오차가 줄어들고 있으므로 II 영역과 부호만 반대로 한다. 또한, IV 영역은 설정치 보다 낮아지고 있는 언더슈트 상태이므로 적분 이득은 감소시키고, 미분 이득을 증가시켜 언더슈트를 줄인다.

PID 제어기의 파라미터 선정은 Table 1의 룩업 테이블의 각 영역을 제어 규칙으로 사용하면 Table 2과 같은 제어 규칙으로 결정된다. 이때 사

Table 2. Fuzzy rules for tuning K_{P_i} , K_{I_i} and K_{D_i}

K_{P_i}		E_i				
		NB	NS	ZO	PS	PB
ΔE_i	PB	ZO	PS	PS	PB	PB
	PS	NS	ZO	PS	PS	PB
	ZO	NS	NS	ZO	PS	PS
	NS	NB	NS	NS	ZO	PS
	NB	NB	NB	NS	NS	ZO

K_{P_i}		E_i				
		NB	NS	ZO	PS	PB
ΔE_i	PB	ZO	NB	NS	NB	NB
	PS	ZO	ZO	NS	NS	NB
	ZO	PS	PS	ZO	NS	NS
	NS	PB	PS	PS	ZO	NB
	NB	PB	PB	PS	ZO	ZO

K_{P_i}		E_i				
		NB	NS	ZO	PS	PB
ΔE_i	PB	ZO	PB	PS	PB	PB
	PS	ZO	ZO	PS	PS	PB
	ZO	NS	NS	ZO	PS	PS
	NS	NB	NS	NS	ZO	PB
	NB	NB	NB	NS	ZO	ZO

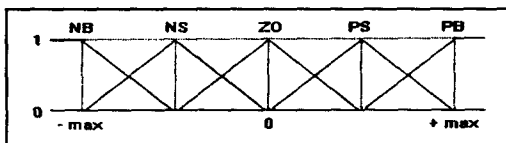


Fig. 3 Membership functions of the antecedent and consequent parts

용된 언어적 변수로는 전건부의 E_i 와 ΔE_i 를 각각 5개로 NB, NS, ZO, PS, PB를 사용하였으며, 후건부의 각 파라미터에 대한 언어적 변수 또한 각각 5개를 사용했다.

그리고, 입력변수 및 파라미터들에 대한 1, 2 지역의 전건부와 후건부의 멤버십 함수는 Fig. 3과 같이 정의하였다. 여기서 'max'는 각 입-출력 변수의 최대치를 나타내며, 멤버십 함수의 중심값은 각 퍼지변수에 대해 -2, -1, 0, 1, 2로 두었으며, 폭은 모든 퍼지변수에 대해 2로 두었다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 연구에서는 제어 대상의 특성이 변화되거나 부하 외란에 대해 적응성을 갖도록 동기 발전기에 대한 비례, 적분 및 미분 요소로 구성된 자기조정 FPID 제어기를 설계하였다. 이때 자기조정 FPID 제어기의 파라미터는 퍼지추론 알고리즘을 이용하여 자동 조정되도록 하였다. 이때 사용한 모델 계통의 계통 정수는 Table 3과 같다.

사래 연구의 조건으로는 부하 외란을 다양하게 변화시켰을 때 제안한 FPID 제어기의 적응성과

Table 3. System parameters

T_{g_i}	= 0.08	[s]
T_{i_i}	= 0.3	[s]
D_i	= 0.00823	[p.u.MW/Hz]
M_i	= 0.1667	[p.u.MW.s/Hz]
R_i	= 2.4	[Hz/p.u.MW]
T_{ij}^*	= 0.545	[p.u.MW/Hz]
P_{uemax}	= 0.1	[p.u.MW]

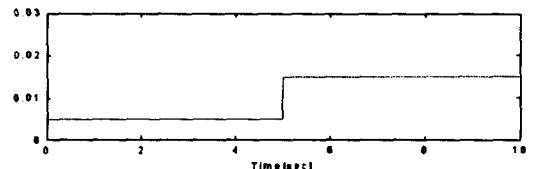
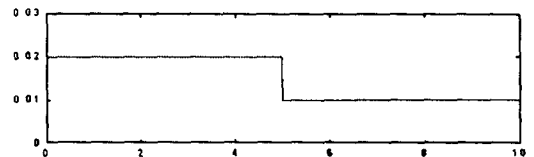


Fig. 4 Load disturbance of area i (i=1,2)

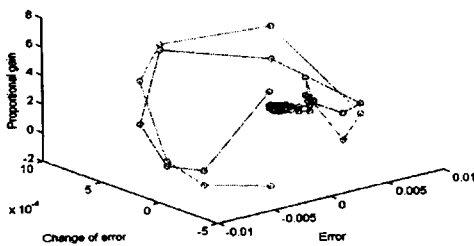
강인성을 고찰하였으며, 제안한 제어 기법과 비교할 종래의 제어 기법으로는 PID 제어[1] 및 퍼지 제어[9]를 사용하였다. Fig. 4는 시간 변화에 따른 각 지역의 부하 외란을 나타내고 있다.

Fig. 5는 FPID 제어기의 파라미터가 자동 동조되어지는 과정을 나타내고 있다. 이때 강인성을 검증하기 위한 조건으로는 Fig. 4와 같이 각 지역에 대하여 10초 동안에 2번의 부하 변화를 일으켰을 때로 하였다. 이상의 조건하에서 추론법으로 PSGM을 사용한 FPID 제어기의 PID 파라미터가 자동 동조되어짐을 Fig. 5의 (a)~(f)에서 보여주고

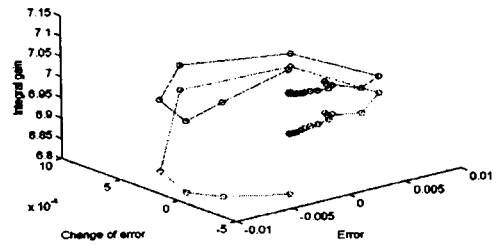
있다.

Fig. 5에서는 FPID 파라미터의 총 데이터 양은 1000개중 100개만 선택하여 파라미터 자동 동조 과정을 도시하였다. 2번의 부하 변화가 발생하는 초기 과도시 파라미터의 변화 폭이 다소 크게 나타났으나 각 지역에 대한 FPID 파라미터는 어느 한 값으로 최종 수렴됨을 알 수 있었다. 또한, 부하외란이 발생되어지는 변화량에 따라 FPID 제어기의 파라미터도 함께 변화하게 됨으로써, 부하 외란에 대한 적응성이 우수함을 알 수 있었다.

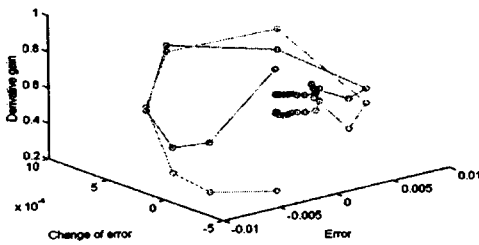
Fig. 6은 부하 변화가 다양하게 주어졌을 때 제



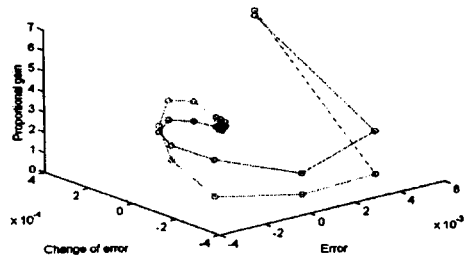
(a) K_{P1}



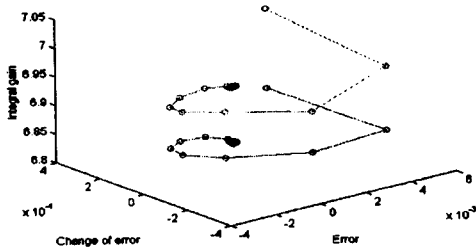
(b) K_{I1}



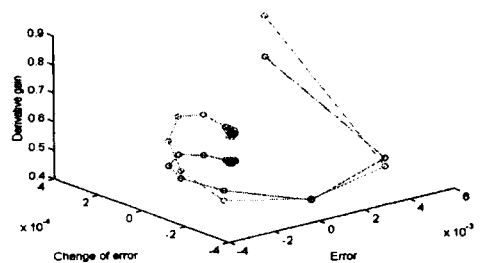
(c) K_{D1}



(d) K_{P2}

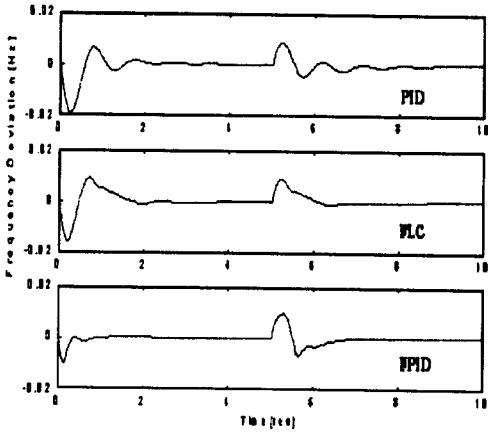


(e) K_{I2}

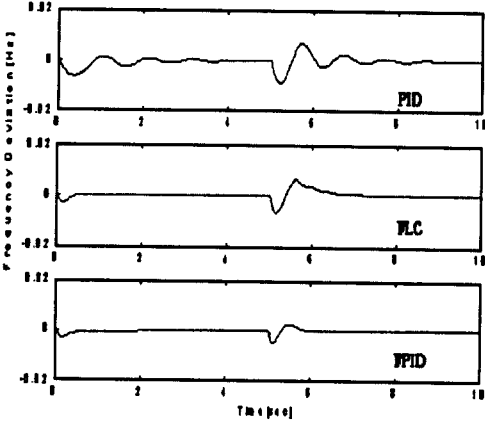


(f) K_{D2}

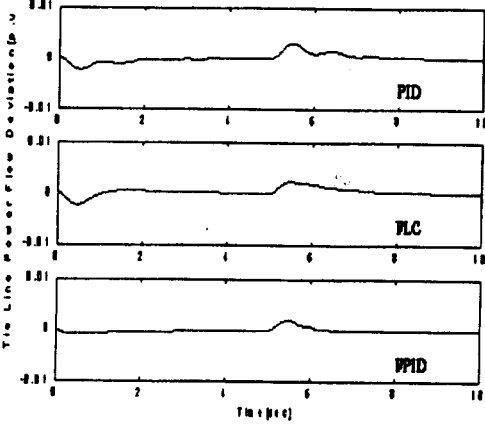
Fig. 5 Convergence patterns for the PID parameters of the FPID controller



(a) Δf_1



(b) Δf_2



(c) ΔP_{tie}

Fig. 6 Dynamic responses of power system

안한 FPID 제어기의 우수성을 검증하기 위해 종래의 제어 기법인 PID제어 및 퍼지제어에 대한 각 지역의 주파수 편차와 연계선 조류 편차의 응답 특성을 나타내고 있다.

먼저, Fig. 6의 (a)와 (b)는 각 지역에 대한 주파수 편차량을 비교한 것이다. 여기에서 Ziegler-Nichols에 의한 동조법인 PID 제어의 응답 특성을 살펴보면 초기 과도시 작은 진동이 발생되었으며, 초기 과도시 응답 특성이 양호한 장점을 지닌 퍼지 제어와 퍼지추론 알고리즘을 이용한 FPID 제어보다는 주파수 최대 편차량이 큰 폭으로 나타났다. 다음은 퍼지제어시 주파수 응답 특성으로 PID 제어 보다 최대 편차량을 경감시켰을 뿐만 아니라 정정시간도 최소화시킬 수 있었다. 마지막으로 제안한 FPID 제어기의 주파수 특성을 살펴보면 종래의 제어 기법인 PID 제어 및 퍼지제어보다 제안한 FPID 제어가 주파수 최대 편차량을 큰 폭으로 경감시켰을 뿐만 아니라 다양한 부하 외란에 대해서도 적용성이 있었다. 또한, 도달시간과 정정시간도 최소화시킴을 알 수 있었다.

Fig. 6의 (c)는 연계선 조류 편차량의 응답 특성을 나타내고 있다. 이 때 부하 외란의 발생은 주파수의 변동을 초래할 뿐만아니라 계통간에 상호 연계된 조류도 변하게 되어 일정 전력을 유지할 수 없게 된다. 그러므로, 주파수가 일정하게 유지된다면 연계선 조류의 변화도 안정화되어서 계통의 연계 운영을 원활하게 운영해 나갈 수 있다. 따라서, Fig. 6(c)의 응답 특성을 살펴보면 Fig. 6(a)와 (b)의 특성과 마찬가지로 제안한 제어 기법이 종래의 제어 기법보다 최대 편차량을 경감시켰을 뿐만 아니라 도달 시간 및 정정시간을 최소화시킴을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 부하주파수 제어를 위한 FPID 제어기 설계기법을 제안하였다. 제안한 FPID 제어기는 제어 대상의 특성이 변화되거나 부하 외란의 변동에 대해 강인성을 가지며 PID 제어기의 파라미터가 자동으로 조정되었다. FPID 제어기, 종래의 제어 기법인 PID 제어 및 퍼지제어에 대한 시뮬레이션을 행한 결과 먼저, 초기 과도 시에는 FPID 파라미터

의 변화 폭이 컸으며, 오차가 감소됨에 따라 변화량이 감소되어 일정한 값을 유지하였다. 다음으로, 동특성 응답시에는 종래의 제어 기법들 보다 FPID 제어가 주파수와 연계선 조류 편차량을 큰 폭으로 경감시켰을 뿐만 아니라 도달시간과 정정시간도 최소화시켜 제어 성능이 우수함을 확인하였다.

참고문헌

[1] F. Cameron and E. E. Seborg, "A self-tuning controller with PID structure," *Int. J. Control*, Vol. 29, pp. 401 - 417, 1983.

[2] D. L. Melo and J. C. Friedly, "On-line, closed-loop identification of multivariable systems," *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 31, pp. 274, 1992.

[3] S. W. Sung and I. Lee, "On-line Process identification method and automatic tuning of PID controllers," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1995.

[4] M. A. Iskander, A. Suzuki, M. Ishizeki and Y. Mizutani, "On combination of ΔP -type pss and $\Delta\omega$ -type fuzzy control for power system stabilizer," *IEE Japan*, Vol. 112, No. 9, pp.840 - 841, 1990.

[5] Y. Terasawa and S. Iwamoto, "Optimal power flow solution using fuzzy mathematical programming," *Electrical engineering in Japan*, Vol. 108, No. 3, pp.46 - 54, 1990.

[6] H. Nomura, I. Hayashi and N. Wakami, "A learning method of inference rules by descent methods", *IEEE International conference on Fuzzy Systems*, pp.203 - 210, 1992.

[7] A. Kandel and G. Langholz, *Fuzzy Control Systems*, CRC Press, 1993.

[8] 정형환, 이준탁, 정동일, 주석민, 이태기, "퍼지 모델링기법에 의한 전력계통의 부하주파수 제어," 대한전기학회 논문지, Vol. 46, No. 1, pp. 15 - 22, 1997.

[9] 정형환, 이준탁, 김해재, 정동일, 주석민, "2지역 전력계통의 부하주파수 제어를 위한 퍼지추론기법의 적용," 한국퍼지 시스템 학회 논문지, Vol. 2, No. 4, pp.67 - 73, 1992.

[10] C. E. Fosha and O. I. Elgerd, "The megawatt - frequency control problem : A new approach via optimal control theory", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS - 80, No. 4, pp.553 - 577, 1970.

저자 소개



정형환 (鄭兄煥)

1941년 1월 19일생, 1964년 연세대 공대 전기공학과 졸업, 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 동아대 공대 전기공학과 교수, 당학회 회원



이준탁 (李浚托)

1956년 11월 21일생, 1979년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1988년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 동아대 공대 전기공학과 부교수, 당학회 회원



정동일 (鄭東一)

1960년 8월 6일생, 1984년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1986년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1986~1990년 (주) 금성사 창원 전기연구소 연구원, 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 동아대 정보통신연구소 특별연구원, 당학회 회원



주석민 (朱碩珉)

1965년 5월 11일생, 1992년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1997년 동대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 동아대 정보통신연구소 특별연구원, 당학회 회원.



김상호 (金相孝)

1965년 8월 25일생, 1992년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정수로, 당학회 회원



왕용필 (王龍泌)

1966년 8월 25일생, 1992년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 동 대학 공대 전기공학과 시간강사, 당학회 회원



김해재 (金海在)

1957년 5월 29일생, 1980년 동아대 공대 전기공학과 졸업, 1993년 동대학원 전기공학과 졸업(공학), 현재 마산대학 전기과 조교수, 당학회 회원