

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
G06F 15/46

(45) 공고일자 1992년04월04일
(11) 공고번호 특1992-0002832

(21) 출원번호	특1985-0002407	(65) 공개번호	특1986-0008509
(22) 출원일자	1985년04월10일	(43) 공개일자	1986년11월15일
(30) 우선권 주장	560,617 1983년12월23일 미국(US)		
(71) 출원인	더 폭스보로 캄파니 제럴드 에프. 모리스		
	미합중국, 매사추세츠주, 폭스보로, 네폰세트 아비뉴 38(우편번호 02035)		

(72) 발명자 토마스 더블유. 크라우스
미합중국, 매사추세츠주, 폭스보로, 풀러 로드 4(우편번호 02035)
(74) 대리인 장수길, 이세진

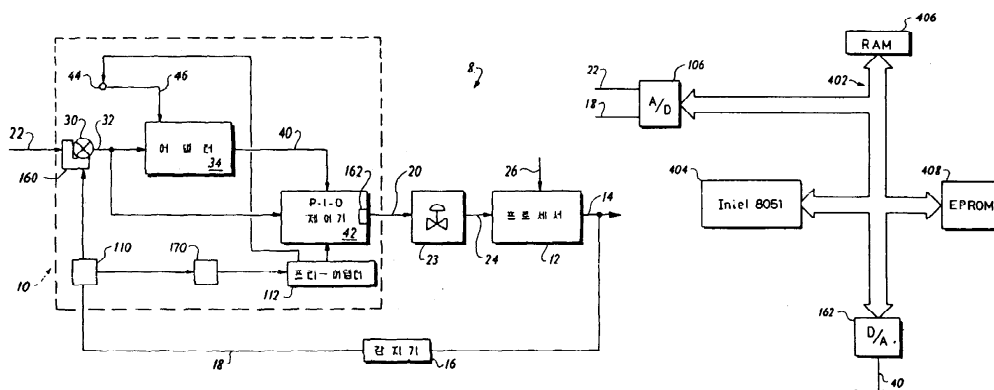
심사관 : 김성수 (책자공보 제2727호)

(54) 패턴 인지 자동조정제어기 및 그 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하는 방법

요약

내용 없음.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

패턴 인지 자동조정제어기 및 그 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하는 방법

[도면의 간단한 설명]

제1a도는 본 발명에 따라 구성된 제어기를 포함하는 제어루프의 블록도.

제1b도는 제1a도에 도시한 제어기의 양호한 실시예의 전자구성부품들을 도시한 블록도.

제2도는 제1a도에 도시한 제어루프에서 발생하는 착오신호의 거동을 도시한 도면.

제3a도 및 제3b도 내지 제8a도 및 제8b도는 본 발명의 양호한 실시예의 특정한 동작을 도시한 플로우차트.

제9도는 본 발명에서 사용된 프로세스 제어변수의 거동을 도시한 시간 대 진폭의 그래프도.

제10도는 잡음 레벨을 결정하기위해 본 발명에 사용된 잡음 대역회로의 블록도.

제11도는 본 발명이 지배적(dominant)지연 프로세스에 결합되고 0계수가 0일 때 얻어진 검사결과들을 도시한 수렴도.

제12도는 본 발명이 지배적 지연 프로세스에 결합되어 제11도에 사용된 것과 상이한 일련의 조건으로 동작될 때 얻어진 검사결과들을 도시한 수렴도.

제13도는 본 발명이 정지시간(dead time)에 의해 지배되는 프로세스에 결합될 때 얻어진 결과들을

도시한 수렴도.

제14도는 본 발명이 변화되는 프로세스에 결합될 때 얻어진 결과들을 도시한 수렴도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

8 : 프로세스 제어루프	10 : 자동조정제어기 시스템
12 : 프로세서	14 : 프로세스 제어변수
16 : 감지기(검출기)	18 : 측정신호
20 : 제어신호	22 : 설정점
23 : 최종 제어소자	24 : 제어기 조작변수
26 : 외란(disturbance)	30 : 비교기
32 : 착오신호	34 : 어댑터
40 : 프로세서 신호	42 : 비례적분 도함수(PID)제어기
44 : 입력단	46 : 초기치 설정신호
50 : 트레이스	52, 54 및 56 : 최대치
110 : 스위치	160 : 아날로그-디지털 변환기
162 : 디지털-아날로그 변환기	402 : 버스(bus)
404 : 마이크로프로세서	406 : 램(RAM)
408 : 전기적 프로그램 가능 판독 전용 메모리(EPROM)	

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 일반적으로 프로세스(process)를 제어하기 위한 적응제어기(adaptive controller)에 관한 것으로, 더욱, 상세하게 말하자면, 제어기 동작이 프로세스 동태와 정합하도록 제어기 동작 파라메타들이 프로세스의 실제상태와 바람직한 상태 사이에서 생기는 차이에 응답하여 필요한 만큼 자동으로 변화되는 패턴 인지형(pattern-recognizing type) 자동조정제어기 및 이 자동조정제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 관한 것이다.

전형적인 제어루프에서, 제어기는 프로세서에 결합되고, 온도, 흐름 또는 레벨(level)과 같은 프로세스 제어변수(process controlled variable)가 측정되어 설정점(set point)으로서 알려진 바람직한 값과 신호를 비교하는 제어기에 신호로서 귀환된다. 여러 가지 제어기 소자들은 프로세스 제어변수가 바람직한 값으로 유지되도록 프로세스를 조정하기 위한 제어신호를 발생시키기 위해 착오신호에 응답한다. 알 수 있는 바와 같이, 특히 프로세스가 방해받게 되었거나 설정점이 갑작스럽게 변화된 후에 전체 제어루프가 특별히 최적상태에 유지될 수 있도록 제어기동작을 프로세스의 동작과 정합시키는 것이 유리하다.

패턴 인지 자동조정제어기는 제어기 동작이 제어루프를 최적상태로 유지시키는데 필요한만큼 변화되도록 제어기 동작 파라메타들을 자동으로 조정한다. 패턴 인지 기술은 제어기의 동작파라메타들을 수동으로 조정하기 위해 사용되는 공지기술이다. 전형적으로 정상상태 모드에서 동작하는 제어시스템은 방해받게된 상태에서 응답패턴이 관찰된다. 조작자는 이 패턴을 바람직한 패턴과 비교하여, 2개의 패턴이 거의 정합되도록 제어기 셋팅(setting)을 수정한다. 그러므로, 제어기동작 파라메타들을 셋팅하기위한 프로세스에 대한 필요한 경험 및 지식을 얻기 전에는 많은 시행착오에 예상하고 동작 파라메타를 조정해야하므로, 조정하는데 시간이 소모되고 비용이 많이 들 수 있다.

또한, 제어기 셋팅들은 동작상태중의 특정한 셋트 및 범위에 대해 이루어지기 때문에, 설정점 수정, 프로세스부하 외란 또는 제어시스템 장비의 노화, 마모 및 부식과 같은 상황의 발생결과로 생길 수 있는 동작상태의 변화들을 보상하기 위해 수동으로 재조정할 필요가 있다. 숙련된 주작자에 의해 진행되는 수동 조정 프로세스를 수행해야 하는 필요성을 제거하는 적응제어기를 제공하기 위해 많은 시도가 이루어졌으나 만족할만큼 성과를 거두지 못했으며, 결국은 수동 조정 프로세스를 되풀이하는 것이었다.

대부분의 응용의 경우에, 제어루프의 동적거동을 나타내는 방정식들은 매우 복잡하므로 어떤 동작 파라메타들을 원하는 이상적인 패턴을 달성하기 위해 사용되어야 하는지를 해석적으로 결정하기가 매우 어렵다. 결과적으로, 해석적인 해결방법은 흔히 조작자가 개입하지 않고서 제어될 수 있는 동작상태의 범위 또는 프로세스 적용의 수를 감소시키는 간단한 가정에 기초를 두고 전개된다.

이. 에이취. 브리스톨(E.H. Bristol)에게 허여되고 본 발명의 양수인에게 양도된 미합중국 특허 제 3,798,426호에는 조작자 없이 조정될 수 있는 패턴 평가 적응제어기가 기술되어 있다. 이 특허에 기술된 바와 같이, 제어되고 있는 프로세스가 국부외란 또는 설정점의 변화와 같은 불안정한 상태에서부터 회복될 때, 브리스톨의 특허에 따라 제조된 제어기는 프로세스제어변수의 초기 회복거동을 검사하여 여러 가지 평가시간간격을 계산한다. 원하는 값과 프로세스 제어변수의 제어편차들은 바람직하게는 각각의 평가간격에 걸쳐서 적분되고 적분된 오차(integrated error)를 발생시키도록 결합된다. 적분된 오차의 크기에 기초하여, 제어기의 동작 파라메타들은 프로세스가 다음에 불안정한 상태에

높이더라도 최적화하는데 필요한만큼 변화된다.

그러나, 초기 회복거동과 이에 관련된 평가간격의 크기 사이의 관계는 모든 동작 상황에 대해 언제나 일정하게 유지되는 것은 아니다. 브리스톨이 제시한 제어기는 복잡한 비-선형성 프로세스를 제어하기에 적합하지만, 조작자가 평가간격을 결정하기 위해 사용하는 기준을 변화시키기 이전의 상황에 대해서는 통제에 제한이 있게 된다. 따라서, 광범위한 동작상태 및 응용에 적합한 개량된 적응제어기가 필요하다. 또한, 특히 조작자가 물리적위험에 직면하는 상황에서는 조작자가 수행하게 되는 작업을 최소화하거나 작업을 하지 않는 것이 바람직하다.

본 발명은 상술한 문제점들을 감안하여 이루어진 것이다.

종래 기술의 제어루프 및 제어기들의 상술한 제한들은 프로세스가 동작상태중 불안정한 상태에 반응할 때 생기는 프로세스 제어변수의 적어도 2가지 거동 특성을 측정하기 위한 검출기를 포함하는 신규의 개량된 자동조정제어기를 제공함으로써 제거된다. 2가지 특성에 응답하기 위해, 또한 후속 외란 또는 변화들이 프로세스에 인가될 때 제어루프의 응답이 규정된 성능기준과 정합하도록 필요한만큼 제어기의 동작 파라메타를 변화시키기 위해 검출기의 출력에 접속된 어댑터(adapter)가 역시 포함된다.

본 발명의 양호한 실시예에서, 제어기는 비례 적분 도함수(PID)형태이다. 제어기가 제어동작으로 설정되면, 잡음 대역을 기초로 한 규정된 레벨을 초과하는 착오신호의 피이크(peak)가 검출되어, 오버슈트(overshoot)를 계산하고 제어루프의 폐쇄루프 응답의 특성을 감쇠(damping)하기 위해 사용된다. 오버슈트 및 감쇠특성에 대한 계산된 값과 원하는 값 사이의 차이에 따라 PID계수들은 필요한만큼 변화된다. 또한, 제어기가 제어루프의 개방루프 응답을 평가하고, PID계수들의 초기치, 프로세스의 근사 기간에 관련된 최대 대기시간 및 잡음 대역을 결정하는 프리-어댑트 모드(pre-adapt mode)도 제공된다.

본 발명은 조작자가 개입하지 않고서 광범위한 동작상태 및 응용을 제어하기에 적합하다. 또한, 제어될 특정한 프로세스에 대한 많은 지식도 필요로하지 않는다. 본 발명은 프로세스가 불안정상태에 반응할때마다 프로세스 제어변수의 거동을 평가하기 때문에, 제어시스템 장비의 국부외란, 또는 노화, 마모 및 부식과 같은 악영향에 대해 자동으로 조정이 이루어진다. 또한, 본 발명은 실제 성능특성에 대해 원하는 값들과 비교하기 위해 프로세스 제어변수의 거동의 실제 성능특성을 측정하함으로써 제어루프 거동을 평가한다. 결과적으로, 제어루프 거동을 나타내는 복잡한 방정식을 해석적으로 풀려고 시도하는 종래 기술의 제어기에 관련된 상술한 문제점들은 제거된다.

이제부터 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 상술한 특징 및 그외의 다른 특징들에 대해서 상세하게 기술하겠다.

제1a도에는 본 발명에 따라 구성된 자동조정제어기 시스템(10) 및 온도, 압력, 레벨 또는 농도에 제한되지 않는 프로세스 제어변수(14)로 특성화될 수 있는 프로세서(12)를 포함하는 프로세스 제어루프(8)의 블록도가 도시되어 있다. 프로세스 제어변수(14)를 수신하도록 결합된 감지기(또는 검출기)(16)은 이 프로세스 제어변수(14)의 값을 나타내는 측정신호(18)를 발생시키도록 동작한다. 감지기(16)은 아날로그-디지털(A/D)변환기(160)에 접속되도록 배열된 스위치(11)에 접속된다. A/D변환기(160)에 인가된 설정점(22)은 프로세스 제어변수(14)에 대한 바람직한 값을 나타낸다. 자동조정제어기 시스템(10)은 디지털식으로 변환된 측정신호(18) 및 설정점(22)에 응답하여 제어신호(20)를 발생시킨다. 제어기 조작변수(24)의 값을 셋트 시키도록 동작하는 밸브와 같은 최종 제어소자(23)은 종래의 디지털-아날로그(D/A)변환기(162)의 출력에서 발생된 제어신호(20)를 수신한다. 프로세서(12)는 값이 설정점(22)에 의해 나타난 바람직한 값과 거의 동일하도록 프로세스 제어변수(14)를 변화시키기 위해 이 변수의 변화에 응답한다.

프로세서(12)는 외란(disturbance)(26)에도 응답한다. 프로세서(12)가 프로세스 제어변수(14)의 값을 상당히 변화시킬 정도로 외란(26)의 크기가 충분히 크면, 제어루프(8)는 외란(26)의 영향을 제거하도록 보정 동작에 따라 응답하게 된다.

측정신호(18) 및 설정점(22)을 수신하도록 연결되는 비교기(30)은 프로세스 제어변수(14)의 값과 원하는 값 사이의 차이를 나타내는 착오신호(32)를 발생시키도록 동작한다. 어댑터(34)(다음에 상세하게 설명하겠음)는 착오신호(32)를 수신하기위해 비교기(30)에 결합된다. 어댑터(34)는 후속적으로 종래의 비례-적분-도함수(PID)제어기(42)의 입력에 인가되는 프로세스신호(40)를 발생시킨다. 또한, 착오신호(32)를 수신하기 위해 비교기(30)에 결합되는 PID제어기(42)는 착오신호(32) 더하기 착오신호의 시간 적분 더하기 착오신호의 시간 도함수라는 3개항의 합계에 비례하는(보정동작을 나타내는) 제어기신호(20)를 발생시키도록 동작한다. 3개 항 각각의 상대 기여도(contribution)는 비례(P), 적분(I), 도함수(D)계수로서 알려진 상수들에 의해 결정된다. 제어기(42)는 PID계수들에 대한 값들을 설정하기 위해 프로세서신호(40)에 응답한다. 어댑터(34)는 자동조정제어기 시스템(10)이 처음으로 동작상태로 스위치될 때 제어루프(8)의 동작이 적절히 개시될 수 있도록 초기치 설정신호(46)(다음에 상세하게 기술하겠음)를 수신하기 위해 입력단자(44)를 포함한다.

제1b도에는 어댑터(34)의 전자구성 부품들을 도시한 블록도가 도시되어 있다. 측정신호(18)과 설정점(22)은 이 측정신호(18) 및 설정점(22)을 나타내는 디지털 신호를 발생시키는 종래의 아날로그-디지털(A/D)변환기(106)의 입력선들에 인가된다. 이 디지털 신호들은 인텔(Intel)8051 마이크로프로세서(404), 램(RAM, 406), 전기적 프로그램 가능 판독 전용 메모리(EPROM, 408) 및 디지털-아날로그(D/A)변환기(162)와 접속되어있는 버스(bus, 402)를 따라 전송된다. 실질적으로 어댑터(34)는 EPROM(408)에 저장되고 실제 하드웨어(hardware)회로들의 동작을 모방(emulation)하는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램으로서 구별된다. RAM(406)은 EPROM(408)내의 프로그램에 의해 제어되는 동작을 수행하기 위해 마이크로프로세서(404)에 의해 필요한 데이터 메모리(data memory) 및 레지스터(register)를 포함한다. 어댑터(34)가 측정신호(18) 및 설정점(22)로부터 유도된 정보를 처리한 후에는, PID제어기(42)에 인가시키기 위한 프로세스신호(40)가 발생된다.

제1a도, 제1b도 및 제2도를 참조하면 시간축선(time baseline)을 따르는 착오신호(32)의 거동은 측정신호(18)와 설정점(22)의 값들 사이의 차이를 야기시키는 불안정한 상태에 대한 제어루프(8)의 폐쇄루프 응답을 나타낸다. 전형적으로, 불안정한 상태는 프로세스 제어변수(14)의 값을 갑자기 변화시키는(주위 동작 상태들의 변화와 같은) 부하외란(26) 또는 설정점(22)의 갑작스런 변화에 의해 야기된다. 제2도에는 예시의 목적으로 트레이스(trace, 50)으로 나타난 착오신호(32)가 도시되어 있다. 이 도면의 수평축은 시간 T이고, 수직축은 프로세스 제어변수(14)의 값과 설정점(22)로 나타난 원하는 값사이의 차이를 나타내는 착오신호의 크기 M이다. 도시한 바와 같이, 트레이스(50)은 각각 최대 진폭 E1 E2 및 E3을 갖고 있고 시간, T1, T2 및 T3에서 각각 발생하는(극부극값으로 알려진) 3개의 피이크(52, 54 및 56)에 의해 특성화된다. 결국, 제어루프(8)은 트레이스(50)의 크기 M이 거의 0으로 되도록 초기 불안정한 상태에 응답하는데, 이 상태는 프로세스 제어변수(14)가 원하는 값으로 복귀되거나 변화되는 상태에 대응한다.

알 수 있는 바와 같이 [트레이스(50)의 거동으로 나타난 바와 같은] 제어루프(8)의 폐쇄루프 응답은 제어루프의 거동을 기술하기 위한 제어기술자들에게 공지된 성능 척도인 감쇠, 오버슈트 및 기간의 항목으로 특정화될 수 있다. 상세하게 말하자면, 감쇠(DMP), 오버슈트(OVR) 및 기간(To)는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$DMP = (E3 - E2) / (E1 - E2)$$

$$OVR = -E2 / E1$$

$$To = T3 - T1$$

결과적으로, 제어루프(8)에 대한 원하는 성능은 감쇠, 오버슈트 및 기간에 대한 상술한 값들로 특정화될 수 있는바, 이러한 값들은 또한 자동조정제어기 시스템(10)을 조정하는데 사용하기 위한 이상적인 패턴을 기술하는 데에도 사용될 수 있다. 다시말하면, 트레이스(50)이 이상적인 패턴과 정합되면, 트레이스를 발생시킨 제어기 셋팅이 최적화될 수 있다. 본 발명에서 이상적인 패턴은 양호하게 제2피이크가 제1과 제3피이크의 발생시간 사이의 중간기간에 생기도록 배열된 3개의 피이크들을 포함한다.

트레이스(50)의 특정한 패턴은 정(+)착오 피이크(52)가 발생되도록 설정점(22)의 값이 갑자기 증가된 상황을 나타낸다. 설정점(22)의 값이 갑자기 감소되면, 착오신호(18)의 제1피이크는 음(-)의 진폭을 갖게된다. 그러나, 이상적인 패턴은 나중 경우의 이상적인 패턴이 트레이스(50)에 대해 바람직한 이상적인 패턴의 거울상(mirror image)으로 되는 것을 제외하면 상술한 감쇠, 오버슈트 및 기간에 대한 동일한 상술한 값들을 사용하여 특정화될 수 있다.

제3a도 및 제3b도 내지 제8a도 및 제8b도에는 어댑터(34)의 논리동작을 나타내는 플로우 차트가 도시되어 있다. 본 분야에 숙련된 기술자들은 본 발명을 실시하는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램을 작성하기 위해 이 플로우차트를 사용할 수 있다. 제3a도에 개시(START)를 (60)으로 나타난 바와 같이 제어기 시스템이 처음으로 동작상태로 스위치되면, 어댑터(34)는 블록(62)로 나타난 초기치 설정화 실행(PERFORM INITIALIZATTON)기능을 실행한다.

이제부터, 제2도의 트레이스(50) 및 플로우차트를 참조하여 자동조정제어기 시스템(10)의 동작에 대해서 기술하겠다. 제어기시스템이 프로세스(12)의 제어하에 놓이기전에, 최소한 5개의 초기 입력들이 입력단(44, 제1a도)에 인가되어야 한다. 이 5개의 입력들은 다음과 같다. 즉, PID제어기(42)의 각각의 PID계수에 대한 3개의 초기 셋팅, 프로세스의 근사시간 크기에 관련되는 최대 대기 시간 Wmax에 대한 1개의 셋팅 및 잡음 대역 NB에 대한 1개의 셋팅의 5개의 입력이다. 제2도에 도시한 잡음 대역 NB는 양호하게 착오신호(32)에서 예상된 잡음의 피이크-피이크 값의 1/2과 동일하다. 감쇠(DMP) 및 오버슈트(OVR)성능 측정치들에 대한 바람직한 값들은 사용자에게 의해 입력될 수도 있다. 그러나, 이 값들이 입력되지 않으면 감쇠(사용자)[DMP(USER)] 및 오버슈트(사용자)[OVR(USER)]에 대해서는 0.3 및 0.5가 제어시스템에 의해 사용된다. 초기치 설정화 실행기능을 완료한 후, 어댑터(34)는 PID계수들의 초기치들을 프로세서 신호(40)의 일부로서 전송하므로써, PID제어기(42)가 이 초기치들을 PID계수들로서 셋트시키게 한다.

일반적으로, 자동조정제어기 시스템(10)의 동작은 9개의 상태로 설명될 수 있다. 상태 1은 트레이스(50)의 크기 M이 양호하게 시간 축선에 대해 중심이 맞추어지는 상부 레벨과 하부레벨 사이에 있는 상태에 관련되는 블록(63)의 정지 모드(QUIESCENT MODE)이다. 상부 및 하부 레벨은 각각 잡음 대역 NB의 4배와 동일한 크기를 갖는다. 잡음 대역 NB는 입력단(44)을 통해 어댑터(34)에 인가된 초기 입력들 중의 1개의 입력이다. 상태 1에 있을 때, 자동조정제어기 시스템(10)은 PID제어기(42)내의 PID계수 셋트로서 동작하고, 제3a도의 블록(64)에 나타난 기능들을 실행한다. 착오신호(32)의 값이 [트레이스(50)이 시간 Tq의 좌측에 있는 제2도에 도시한 상황에 대응하는]상부 레벨과 하부 레벨사이에서 유지되는 한, PID계수들의 변화들에 관련하여 어떤 결정도 내려지지 않는다.

트레이스(50)의 크기 M이 처음으로(4 NB와 동일한) 상부 레벨을 초과하면, 제어기시스템(10)은 어댑터(34)가 후에 크기 M을 RAM(406, 제1b도)내에 배치된 제1피이크 저장레지스터 내에 저장되는 PK1로서 표시된 양과 비교하는 블록(65)의 피이크1 배치모우드(LOCATE PEAK1 MODE)인 상태 2로 변한다. 제3b도의 루프(66)과 관련하여, 크기 M이 저장량 PK1을 초과하면, 이 저장량은 크기 M과 동일하게 되도록 변화되고 그 다음에 어댑터(34)는 착오신호(32)의 새로운 측정치를 형성한다. 알 수 있는 바와 같이, 크기 M의 값이 증가하면, (초기에 0인)양 PK1도 피이크 진폭 E1과 동일하게 될 때까지 증가하게 된다. 트레이스(50)의 크기 M이 더 이상 저장된 값을 초과하지 않고 감소하기 시작하면, 레지스터는 더 이상 갱신되지 않고 어댑터(34)는 상태 3으로 변한다.

상태 3은 블록(67)에서 시작하는 피이크1 검증 모드(VERIFY PEAK 1 MODE)이다. 본 예시에서 트레이스(50)은 정(+)인 피이크진폭 E1로 상승한다. 따라서 PK1의 부호(SIGN)은 +1로 셋트된다. 착오신호(32)의 제1피이크가 부(-)이면, 부호의 값은 -1로 된다. 부호는 제어기 시스템의 나중부분에서 사용된다. 트레이스(50)의 크기가 E1의 95% 레벨로 하강하면 [제1b도에 도시한 마이크로프로세서(40

4)내의] 타이머(timer)는 0으로 초기치 설정화되는 [제1b도의 RAM(406)내에 저장되어 있는]값 T를 갖고 있다가 0으로 초기화된다. 타이머는 크기 M의 각각의 측정이 이루어지는 시간을 측정하기 위한 클럭이다. M이 PK1의 95%와 동일할 때 타이머를 초기치 설정화시키는 것은 제어루프 정지시간 및 잡음이 제1피이크의 실제발생시간 및 형태에 주게되는 전와영향(corrupting effect)을 최소화시키도록 해준다. 다시말하면, 제1피이크가 뚜렷한 국부 극값을 갖지 않으면, 어댑터는 M이 PK1의 95%인 특정한 사상(event)에 응답하도록 배열된다. 트레이스(50)이 다이아몬드 블록(200)에 따라 후에 E1의 60% 미만으로 하강하면, 이 사상의 시간 T_{60} (측정)은 소정의 상태들이 만족되는 경우에 나중에 사용하기 위해 저장된다.

타이머의 값 T가 $T_0/4$ (기간 T_0 를 4로 나눈것)의 몫(quotient)을 초과하거나 트레이스(50)의 크기가 $E1/2$ (제1피이크 진폭을 2로 나눈것)미만으로 되면, 제1피이크(52)는 검공되는 것으로 표시되고 제어기 시스템은 다음에 설명하는 상태 4로 변한다. 제2피이크(54)는 제1피이크 발생후에 $T_0/2$ 의 기간에서 이상적으로 예상된다는 것을 상기해야 한다. 그러므로, $T_0/4$ 의 경과시간 후에 제2피이크를 검색하기 시작하므로써 과도(transient)응답의 실제기간이 계수 2만큼 다른 경우에도 이 피이크를 검출할 수 있다. 또한, 트레이스(50)의 크기가 $E1/2$ 와 동일한 경우의 다른 상태에서 제2피이크를 검색하기 시작하므로써 제2피이크(54)가 $T_0/4$ 의 경과시간보다 일찍 발생하는 경우에 제2피이크(54)를 검출할 수 있다. 이 배열은 실제 폐쇄루프 응답의 주파수가 초기에 계산된 기간 T_0 를 기초로하여 예상되는 것보다 더 큰 주파수인 경우의 상황을 보상한다. 제3b도의 다른 다이아몬드 블록(68 및 69)는 나중에 설명하겠다.

제4a도의 블록(70)에서 시작하고 피이크 2 배치 모우드(LOCATE PEAK2 MODE)로서 표시되어 있는 상태 4에서, 어댑터(34)는 트레이스(50)의 크기 M을 [제1b도의 RAM(406)에 존재하는] 제2피이크 저장레지스터 내에 저장된 양 PK2와 비교함으로써 국부 최소치의 발생을 검출하도록 동작한다. 크기 M이 저장된 값보다 적으면, 저장레지스터 내의 양 PK2는 이 크기 M으로 갱신(크기 M과 동일하게 셋트)되고, 어댑터(34)는 착오신호(32)의 다음 크기를 측정한다. 제4a도에 루프(71)로 도시한 이 프로세스는 트레이스(50)의 크기가 감소하는 동안 계속된다. 루프(71)은 본 명세서의 나중 부분에서 기술될 다이아몬드 블록(72)를 포함한다. 트레이스(50)의 크기가 처음으로 국부 최소값 E2에 도달하면, 양 PK2는 E2와 동일하게 셋트되고, 타이머의 값 T에 의해 결정된 바와 같은 피이크(54)의 발생 시간은 양 TPK(2)로서 [제1b도의 RAM(406)내에 존재하는] 제2피이크 시간 레지스터내에 저장된다. 그 다음에 크기 M의 다음 측정이 피이크(54)가 발생한 다음에 이루어질 때, 어댑터(34)는 상태 5로 변한다.

상태 5는 제4a도의 블록(73)에서 시작하고 피이크 2 검공 모우드(VERIFY PEAK2 MODE)로서 표시되어 있다. 제4b도의 블록(74 및 75)에 기술한 바와 같이, 제2피이크(54)를 배치한 후의 시간이 $T_0/4$ 와 동일한 기간을 초과하거나 트레이스(50)의 크기가 $E1/4$ 보다 작게되면, 제2피이크(54)는 검공되는 것으로 표시되고 제어기시스템은 상태 6으로 변한다.

상태 6은 제5a도의 블록(76)에서 시작하고 피이크 3 배치 모우드(LOCATE PEAK3 MODE)로서 표시되어 있는데, 여기서 어댑터(34)는 트레이스(50)의 크기 M을 [제1b도의 RAM(406)내에 존재하는] 제3피이크 저장 레지스터내에 저장된 양 PK3에 비교함으로써 국부 최대치를 검색한다. 크기 M이 저장된 값을 초과하면, 양 PK3은 이 크기와 동일하게 셋트되고 어댑터(34)는 트레이스(50)의 다음 크기를 측정한다. 루프(77)에 도시한 이 프로세스는 트레이스(50)의 크기가 증가하는 동안 계속된다. 트레이스(50)이 국부 최대값 E3에 도달하면, 양 PK3은 E3과 동일하게 셋트되고, 타이머의 값 T에 의해 결정된 바와 같은 피이크(56)의 발생 시간은 양 $T_{PK(3)}$ 로서 [제1b도로서 RAM(406)내에 존재하는] 제3피이크 레지스터 내에 저장된다. 그 다음에, 어댑터(34)는 상태 7로 변한다. 루프(77)내에 포함된 다이아몬드 블록(78)에 대해서는 나중에 더욱 상세하게 기술하겠다.

상태 7은 블록(79)에서 시작하고 피이크3 검공 모우드(VERIFY PEAK3 MODE)로서 표시되어 있다. 제5b도를 참조하면, 피이크(56)을 배치한 후의 시간이 $T_0/4$ 와 동일한 기간을 초과하거나 트레이스(50)의 크기가 $E1/4$ 보다 작게 될 때, 제3피이크(56)이 검공되는 것으로 표시된다. 제3피이크가 검공되면, 어댑터(34)는 제5b도의 블록(80)에서 시작하고 시간 갱신 모우드(TIME UPDATE MODE)로서 표시되어 있는 상태 8로 변한다. 제5b 및 제6a도를 참조하면, 3개의 피이크 (52, 54 및 56)은 E1이 4NB보다 크고 E3가 NB보다 크며 E2가 -NB보다 작기 때문에 모두 구별된다. 결과적으로 어댑터(34)는 블록(81)에서의 동작을 실행하고, 양 $T_{PK(2)}$ 및 $T_{PK(3)}$ 을 사용하여 변수 $T_{피이크(2)}$, $T_{피이크(3)}$ 의 값들 및 기간 T_0 를 셋트시킨다. 그 다음에는, 2개의 중간 시간 T_{MAX} 및 T_{MIN} 이 제6b도의 블록(82)에 따라 계산되는데, 여기서 T_{MAX} =최대치(X,Y)라는 표시는 괄호안의 양 X, Y가 서로 비교된 다음, 가장 큰 값을 갖고 있는 양이 T_{MAX} 와 동일하게 셋트되는 논리 연산이고, 표시 T_{MIN} =최소치(X,Y,Z)라는 표시는 양 X, Y, Z중의 양이 T_{MIN} 과 동일하게 셋트되는 논리 연산이다.

2개의 중간 시간들을 계산한 후, 어댑터(34)는 제7도에 도시한 블록(83)의 어댑트 모우드(ADAPT MODE)로서 표시되어 있는 상태 9로 들어간다. 측정된 피이크 진폭 E1, E2 및 E3를 기초로 하여, 어댑터는 DMP(측정) 및 OVR(측정)으로 각각 구분되는 이미 정해진 감쇠 및 오버슈트 성능 측정량을 계산한다. 일반적으로, 새로운 PID 계수들을 결정하기 위해 어댑트 모우드에서 3개의 스텝들이 행해진다. 이 스텝들은 다음과 같다.

1. (정의될) 지글러-니콜스 비(Ziegler-Nichols ratio)는 착오신호(32)의 패턴형태를 기초로하여 조정된다.
2. PID계수들은 조정된 기간 및 조정된 지글러-니콜스 비를 기초로하여 변화된다.
3. PID계수들은 또한 감쇠 및 오버슈트항에 대한 원하는 제약 조건에 기초하여 변화된다.

덧붙여 설명한다면, 어댑터(34)는 형태 착오 SERR 계산을 하는데, $SERR=A$ 또는 B 사이의 최소값이다. 여기서, $A=DMP(사용자)-DMP(측정)$ $B=OVR(사용자)-OVR(측정)$ 이고, DMP(사용자) 및 OVR

(사용자)는 블록(62)의 초기치 설정화 실행 동작중에 셋트되었다.

본 발명에서, DMP(사용자) 및 OVR(사용자)의 값들은 조작자(즉, 사용자)에 의해 통상 수동으로 셋트된다. 그러므로, 이 값들은 초기치 설정화 신호(46)의 일부가 된다. 조작자가 DMP(사용자) 및 OVR(사용자)의 값들을 셋트시키지 않겠다고 결정하면, 어댑터(34)는 DMP(사용자)를 위해 0.3이 사용되고 OVR(사용자)를 위해 0.5가 사용되도록 배열된다. 제8a도에 도시한 바와 같이, 형태 조정 계수 FAC는 다음 관계식을 기초로하여 계산된다.

$$\text{SERR} < 0 \text{이면, } \text{FAC} = \text{FAC1} = 1.0 + K_s(\text{SERR} - G) \text{SERR}$$

$$\text{이고, } \text{SERR} > 0 \text{이면, } \text{FAC} = \text{FAC2} = 1.0 / [1.0 + K_s(\text{SERR} - 0.3) \text{SERR}] \text{이다.}$$

제7도를 다시 참조하면, K_s 의 값은 2.0 또는 $K_i = (K_{i-1} + 6.0) / 2.0$ 의 값으로 된다. 여기서, 지수 i 는 [트레이스(50)이 1사이클(cycle)인] 착오 신호(32)의 연속 사이클의 1부터 n 까지의 범위내에 있는데 성능 측정치들은 다음의 부등식으로 표시된다.

$$\text{DMP(사용자)} < 0.15; \quad (1)$$

$$\text{DMP(사용자)} - \text{DMP(측정 } i) \geq 0 \quad (2)$$

여기서, DMP(측정 i)는 i 에 관련된 특정한 응답을 기초로하여 계산된 감쇠항이다. 부연하면, 트레이스(50)이 2개의 부등식(1) 및 (2)로 표현되지 않았으면 $K_s = 2.0$ 으로 된다. 그러나, 트레이스(50)이 2개의 부등식(1) 및 (2)로 표현된 제1트레이스였다면 $i=1$ 이고, $K_i = (K_0 + 6.0) / 2.0$ 으로 된다. K_0 는 2.0과 동일하다고 규정하였기 때문에, $K_1 = (2.0 + 6.0) / 2.0 = 4.0$ 으로 된다. 트레이스(50)후의 다음 트레이스가 2개의 부등식으로 표현되면, $i=2$ 이고

$$K_2 = (K_1 + 6.0) / 2.0 = (4.0 + 6.0) / 2.0 = 5.0 \text{으로 된다.}$$

블록(84)의 표시는 상술한 배열을 나타내는데, 여기서

$$K_s(\text{존재}) = K_{i-1} \text{이다.}$$

0.2 또는 0.6으로 되면, 상수 G 의 값은 나중에 기술될 다이아몬드 블록(210)에 표시된 양들이 정해지는 관계식을 기초로 하게 된다.

FAC의 값을 결정한 후, 어댑터(34)는 다음과 같은 새로운 비례 계수 P 를 계산한다.

$$P = P(\text{존재}) \times \text{FAC}$$

여기서, $P(\text{존재})$ 는 트레이스(50)에서 발생된 [PID 제어기(42)에 사용되는] 기존 비례 계수이다.

제8a도를 다시 참조하면 트레이스(50)의 3개의 피이크들은 어댑터(34)가 블록(91)을 빠져나가 다이아몬드 블록(85)로 들어가도록 모두 구별되는 피이크들이라는 것을 상기해야 한다. $Rati$ 및 $Ratd$ 는 지글러-니콜스 비로서 제어 기술자들에게 공지되어 있는 비이다. 이 비들은 I /기간 및 D /기간으로서 정의된다. 제어기의 각각의 적분 I 및 도함수 D 계수에 대해 0.5 및 0.12와 같은 고정값들을 갖고 있는 지글러-니콜스 비를 기초로하여 제어기가 조정될 수 있다는 것은 본 분야에 공지되어 있다. 그러나, 착오 신호(32)의 기간이 I 및 D 계수의 실제 셋팅에 의해 영향을 받기 때문에, 이러한 제어 기준은 여전히 응용을 하는데에 제한이 있게 된다. 본 발명에서, 트레이스(50)의 측정 기간 T_o 는 I 및 D 계수의 변화에 따라 조정되고 일정한 고정값에 제한되지 않는다.

제8도를 참조하여 추가 설명하면, 어댑터(34)는 다음의 결정치들을 끌어내기 위한 논리를 포함한다.

$$\text{DMP(측정)} - \text{OVR(측정)} > 0.2 \text{이고}$$

$$I(\text{존재}) < 1.1 \times Rati(\text{존재}) \times T_o \text{이면,}$$

$$Rati = 85\% \times Rati(\text{존재}) \text{이고}$$

$$Ratd = 85\% \times Ratd(\text{존재}) \text{이다.}$$

그러나, 제8b도를 참조하면,

$$\text{DMP(측정)} - \text{OVR(측정)} < 0 \text{이면,}$$

$$Rati = 1.2 \times Rati(\text{존재}) \text{이고}$$

$$Ratd = 1.2 \times Ratd(\text{존재}) \text{이다.}$$

어댑터는 결과적으로 $Rati$ 및 $Ratd$ 에 대한 값들이 다음과 같은 I 및 D 계수에 대한 새로운 값들을 계산하기 위해 사용되는 블록(88)로 들어간다.

$$I = T_{\text{MAX}} \times Rati, \text{ 및}$$

$$D = T_{\text{MIN}} \times Ratd$$

일단 비례 P , 적분 I 및 도함수 D 계수들의 새로운 값들이 계산되었으면, 새로운 셋팅들이 제어기에 대해 이루어지도록 어댑터(34)는 이 값들을 프로세서 신호(40)으로서 PID 제어기(42)로 전송한다.

그 다음에, 소정의 변수들은 블록(89)에 따라 다시 정해지고, 어댑터(34)는 상태 1로 복귀하여 프로세서(12)에 인가된 새로운 불안정한 상태에 의해 야기된 다른 싸이클의 신호를 기다린다. 착오신호(32)의 크기 M의 절대 값이 4NB를 초과할 때만 새로운 싸이클이 시작된다. 이제 제어기 시스템(10)의 동작 특성들은 다음의 불안정한 상태에 대한 응답을 향상시키도록 변화되었다. 상기 설명을 기초로 하여, 제7도의 블록(210)에 기술된 변수들을 알고 있으므로 상수 G의 값이 블록(210)내에 기술된 상태에 따라 계산될 수 있다.

상태 3[제3b도의 블록(67)]을 참조하면, 다이아몬드 블록(68)의 목적은 설명되지 않았다. 만약 제2도의 트레이스(50)이 잡음 스파이크(spike, 53)를 포함하면, 어댑터(34)는 국부 최대치로서 스파이크(53)를 인지하게 된다 따라서, PK1의 값은 피이크(53)의 진폭과 동일하게 셋트될 것이고, 참(true) 피이크(52)는 손실된다. 그러므로, 이 바람직하지 못한 결과를 방지하기 위해서, 어댑터(34)는 트레이스(50)의 참의 제1피이크 전에 나타나는 잡음 스파이크가 무시되도록 하는 다이아몬드 블록(68)을 포함한다. 또한, 크기 M이 PK1보다 크면, 어댑터는 상태 2로 복귀한다.

또한, 상태 3은 다이아몬드 블록(69)를 또한 포함한다. W_{MAX} 는 어댑터 동작의 초기치 설정화 단계중에 초기적으로 셋트되었다는 것을 상기해야 한다. 이 W_{MAX} 는 프로세서(12)에 대해 평가된 최대시간크기에 관련된다. 그러나, 제어기(42)가 매우 완만하게 조정되면, 제어 루프(8)이 불안정한 상태에 응답하는데 과도한 시간이 걸릴 수 있다. 다시 말하면, 기간 T_0 는 W_{MAX} 에 비해 상대적으로 크다, 이러한 경우에, 어댑터(34)는 완만한 상태에 부딪칠 때 제어기(42)를 복귀시킨다. 그러므로, 어댑터(34)가 처음으로 상태 2로 들어간 후의 시간이 W_{MAX} 를 초과하면, 어댑터(34)는 상태 8로 진입하고 제6도의 다이아몬드 블록(90)내에 기술된 동작을 실행하도록 진행한다. 이 도면의 경우에, 여러 가지 변수들의 값들은 T_{60} (측정)의 특성 및 이전의 응답의 데이터로부터 유도된 이전의 데이터를 기초로 하여 계산된다. 트레이스(50)에 관련한 설명에서, 트레이스(50)은 제어기 시스템(10)이 동작 상태로 처음으로 스위치된 후에 발생한 첫 번째 응답이었기 때문에 이전의 평가가 없었다. 따라서, 이전의 데이터에 대한 초기값들은 초기치 설정화 실행 블록이 완료되었을 때 생기는 값들이다. 어댑터가 제8b도의 블록(89)를 완료한 후, 다이아몬드 블록(90)내의 "(존재)"에 관련된 변수들은 상술한 이전의 데이터로 되어 초기 셋트 값들을 대치시키는 값들을 정하게 된다.

제3a도 및 제3b도와 다이아몬드 블록(69)에 관련된 설명을 참조하면, 어댑터는 입력(8c)를 통해 상태 8로 진입한다. 제8a도의 다이아몬드 블록(91)내에 기술한 바와 같이, PK1만이 구별되는 것으로 간주되면, I 및 D 계수들의 새로운 값들은 블록(92)에 따라서 계산된다. 그러나, 착오 신호(32)의 크기 M이 PK2 및 PK3의 절대값들이 각각 NB보다 큰 상황 "N0"에 대응하는 제1피이크로부터 서서히 감소하면, 새로운 I 및 D 계수들은 조정된 지글러-니콜스 비뿐만 아니라 중간 시간 T_{MAX} 및 T_{MIN} 을 포함하는 제8b도의 블록(88)에 기초를 둔다.

상태 4는 제4a도에 도시한 다이아몬드 블록(72)를 포함한다. 이 배열은 (PK1의 95%의 발생에 관련하여) 시간 T가 W_{MAX} 를 초과하기 전에 제2피이크가 생기지 않는 상황을 위한 것이다. 이러한 경우에 어댑터(34)는 입력(8c)를 통해 상태 8로 진입되어 상술한 방식으로 진행한다. 이 배열은 상술한 제어가 완만한 경우를 보상한다.

어댑터가 상태 5에 있으면, 다이아몬드 블록(93)은 제4b도내에 도시한 바와 같은 동작 내에 포함된다. 제2도의 트레이스(50)이 잡음 피이크(55)를 포함하면, 어댑터는 국부 최솟치로서 피이크(55)를 인지하게 되고 참의 제2피이크(54)를 검출하지 못한다. 다이아몬드 블록(93)을 사용함으로써 이 바람직하지 못한 상태가 제거 되는데, 그 이유는 어댑터(34)가 다이아몬드 블록(68)과 관련하여 상술한 방식과 유사한 방식으로 잡음 피이크(55)를 무시하기 때문이다.

어댑터가 제5a도의 상태 6에 있으면, 이 어댑터의 동작은 다이아몬드 블록(78)을 포함한다. 다이아몬드 블록(78)에서 명시된 기간 내에 제8피이크가 발견되지 않으면, 어댑터는 입력(8b)를 통해 상태 8로 진입한다. 그 다음에, 어댑터는 제6a도의 다이아몬드 블록(9A)로부터 시작하는 논리 동작을 계속한다.

제5b도의 다이아몬드 블록(95)는 상태 7에 있을 때의 어댑터의 동작내에 포함된다. 제2도의 트레이스(50)이 잡음 스파이크(57)를 포함하면, 어댑터는 국부 최대치로서 피이크(57)를 인지하게 되고 참의 제3피이크(56)을 검출하지 못하게 된다. 다이아몬드 블록(95)는 이 바람직하지 못한 상황을 제거하기 위해 포함되는데, 그 이유는 다이아몬드 블록(68)과 관련하여 기술한 방식과 유사한 방식으로 어댑터가 잡음 피이크(57)를 무시하기 때문이다.

본 발명은 제어 루프(8)이 불안정한 상태에 응답할 때의 프로세스 제어 변수(14)의 3가지 거동 특성을 기초로한 정보로 동작한다는 것을 지금까지의 설명으로부터 알 수 있다. 이 3개의 거동특성들은 양호하게 3개의 구별되는 피이크들의 존재를 기초로 한 진폭 정보이다. 그러나, 2개의 피이크들만이 검출되거나 1개의 피이크만이 검출되는 경우에 3가지 특성들을 결정하기 위한 것도 제공된다. 이 3가지 특성은 감쇠 제한 조건을 계산하는데 필요하다. 그러나, 제어기(42)가 오버슈트 제한을 기초로 하여서만 동작되면, 2가지 특성들 만이 제어 루프(8)의 오버슈트 성능을 측정하는데 필요하게 된다. 1개의 피이크만이 존재하면, 본 발명은 검색이 실패되었을 때의 착오 신호의 값들을 기초로 한 제2 및 제3특성들을 발생시킨다.

본 발명의 양호한 실시예에서는 P, I 및 D 계수의 초기 셋팅, 최대 대기 시간 및 잡음 대역 NB의 크기가 결정될 수 있도록 다수의 프로세스 특성들이 자동으로 확인되는 프리-어댑트 모우드가 제공된다. 그러므로, 프리-어댑트 모우드는 수동으로 조작자가 초기 셋팅에 들어가기 위해 수조작을 할 필요성을 없애준다. 프리어댑트 모우드에서, 제어기 시스템(10)은 설정점이 더 이상 PID 제어기(42)에 의해 사용되지 않도록 제어 루프가 개방되는 특정한 수동 상태에 있게 된다. 제1a도를 참조하면, 제어기 시스템은 비교기(30)으로부터 감지기(16)를 비점속시키고 프리 어댑터(112)에 결합되는 종래의 아날로그-디지털(A/D) 변환기(170)에 감지기를 접속시키도록 스위치(110)을 작동시킴으로써 수동 모

우드로 된다. 프리-어댑트 모드에서는 프로세스가 제1정상 상태에 있어야 한다. 프리-어댑터(112)는 이전의 정상 상태값과 최소한 3% 차이가 있는 새로운 값으로 변화(섭동)되는 프로세스 제어 변수(14)를 발생시키는 제어기(42)에 신호를 전송시킨다. 프로세스(12)가 새로운 정상 상태에 도달하거나 프로세스 제어 변수(14)가 10% 변화하면, 프로세스는 초기 정상 상태값으로 복귀한다.

제9도에는 시간(분) 대 프로세스 제어 변수(14)의 값의 그래프가 도시되어 있다. 트레이스(114)는 프로세스 제어 변수(14)가 정상 상태값 N으로부터 N보다 10%더 큰 새로운 레벨로 "범프(bump)" 될 때의 프로세서(12)의 응답을 나타낸다. 트레이스(114)는 응답의 한 예이고, 프리-어댑트 모드 내에 있을 때 제어기 시스템(10)의 동작을 설명하기 위해 사용되는 것이다.

T_{BMP} 로 표시한 시간에서, 프로세서(12)는 범프되고 프리-어댑터(112)는 최종 트레이스(114)를 따른다. 프리-어댑터는 규정된 지점(120, 122, 124 및 126)의 발생 시간을 기록하는데, 이 지점들의 대응 크기들은 $N+(0.01*N)$, $N+(0.02*N)$, $N+(0.03*N)$ 및 $N+(0.04*N)$ 이다. 또한, 프리-어댑터는 다음에 기술한 이후부터는 코드(chord)방법이라고 하는 기술에 의해 트레이스(114)의 변곡점(116)을 결정한다.

부연하면, 점 T_f 는 프로세스(12)가 제1정상 상태에 있는 낮은 시간 축선인 수평 축 상에서 선택된다. 프리-어댑터(112)가 프로세스 제어 변수를 측정할 때마다, 프리-어댑터는 점 T_f 와 측정치를 나타내는 트레이스(114)상의 점을 연결하는 선의 기울기를 결정한다. 예를들어, 현재 측정시간이 T_x 이고 프로세스 제어 변수의 대응 측정 크기가 N_x 이면, 점(118)이 결정된다. 점 T_f 와 점(118)을 연결하는 코드(130)으로서 지정한 선의 기울기는 용이하게 계산되는데, 그 이유는 각각의 좌표(시간 및 크기)를 알고 있기 때문이다. 알 수 있는 바와 같이, 점(118)이 상부 변곡점(116)에 접근하면, 관련된 코드의 기울기는 최대값에 접근한다. 상술한 코드 방법이 트레이스(114)의 상부 변곡점을 결정하는 정확도는 T_f 의 실제 위치에 좌우된다. 본 발명의 특정한 실시예에서, 점 T_f 는 시간 T_{BMP} 보다 15초전에 설정되었다.

일단 프리-어댑터가 상부 변곡점(116)을 결정하였으면, 어댑터는 변곡점(116)으로부터 점(120, 122, 124 및 126)의 각각으로 연장되는 4개의 선들에서 최대 기울기를 갖고 있는 선을 구하게 된다. 본 설명에서는, 선(132)가 최대 기울기의 선이다. 낮은 시간 축선을 갖고 있는 선(132)을 접편점(136)은 프로세스(12)의 정지 시간 T_{dt} 를 나타내는데 사용된다. 선(132)는 프로세스 감도로서 제어 기술자들에게 공지된 특성에 비례하는 것으로 알려져 있다. 본 발명에서, 프로세스 감도 SEN은 제1의 낮은 정상 상태에서부터 새로운 정상 상태로 범프되는 프로세스 제어 변수를 발생시키는 제어기 신호(20, 제1a)의 퍼센트 변화에 (SLOPE로 표시한)(132)의 기울기를 곱함으로써 계산된다.

트레이스(114)의 상기 특성들을 기초로하여, 초기 PID 계수 및 W_{MAX} 는 다음과 같이 프리-어댑터(112)에 의해 계산된다.

$$P(\text{존재}) = 120 \times T_{dt} / SEN$$

$$I(\text{존재}) = 1.5 \times T_{dt}$$

$$D(\text{존재}) = I(\text{존재}) / 6$$

$$W_{MAX} = 5.0 \times T_{dt}$$

상기 값들은 필요시에 제3a도의 블록(62)의 동작이 실행될 수 있도록 제어기(42)뿐만 아니라 어댑터(34)로도 전송된다.

시간 T_f 이 지난 후에, 프로세서(12)는 제1의 낮은 정상 상태로 복귀된다. 프리-어댑터(112)는 2NB와 동일한 피이크-피이크 잡음 대역을 결정하기 위해서 3분 동안 프로세스 제어 변수(14)의 값을 관찰한다.

제10도는 잡음 대역 2NB를 결정하기 위해 본 발명에서 사용되는 잡음 대역 회로를 블록도 형태로 도시한 것이다. 프로세서(12)는 초기의 낮은 정상 상태로 복귀되었다. (제1a도에 도시한) 측정 변수(18)은 측정 변수(18)에서 저주파수 부분을 제거하기 위한 공지의 장치인 고역 통과 필터(140)의 입력에 인가되고, 이 측정 변수는 트레이스(141)로 표시하였다. 이 필터의 차단 주파수는 가변적이고 양호하게는 T의 3배와 동일하게 셋트한다. 트레이스(143)은 dt 표시한 출력 신호(142)는 바람직하게 3분동안 출력신호(142)를 적분하여 트레이스(146)으로 표시한 신호(145)를 발생시키는 절대값 적분기(144)에 인가된다. 종래의 평균 회로(148)은 신호(145)를 수신하여, 신호(145)에 4를 곱하고 적분기(144)에 의해 사용된 3분의 적분기 기간으로 나눔으로써 이 신호(145)의 평균을 결정한다. 평균 회로(148)에 의해 발생된 최종 신호(150)의 크기는 프로세서(12)의 피이크-피이크 잡음 대역 2NB이다. 평균 회로에 사용된 인자 4는 신호(141)이 정현파인 경우의 결과의 근사치에 기초를 둔다. 최종적으로 얻어지는 신호(150)은 필요시에 사용하기 위해 어댑터(34)에 전송된다.

또한, 프리-어댑터(112)는 잡음 대역 2NB의 크기에 기초를 두고 필요에 의해 D(존재)계수에 대한 새로운 초기값을 계산하기 위한 논리를 포함한다. 좀더 설명을 진행하면, 이 논리는 다음의 동작을 실행한다. 양 $Z = (3.0 - 2NB) / 2.5$ 를 계산하고, $Z > 10$ 이면 $D(\text{존재}) = I(\text{존재}) / 6$ 으로 셋트시키고(다시 말하면, 초기치는 이전에 계산된 값으로부터 변하지 않고 유지된다.) $Z < 0$ 이면, $D(\text{존재}) = 0$ 으로 셋트시키며, $0 < Z < 10$ 이면 $D(\text{존재}) = I(\text{존재}) \div 6 \times z$ 로 셋트시킨다.

일단 프리-어댑트 모드가 완료되었으면, 제어기 시스템(10)은 정지모드로 복귀된다.

양호하게, 프리-어댑터(112)는 본 분야에 숙련된 기술자들에 의해(제9도 및 제10도와 관련하여)상술

한 기능 및 동작으로부터 발생될 수 있는 컴퓨터 소프트웨어 프로그램으로서 구현된다. 제1b도를 참조하면, 프리-어댑터를 구현하는 프로그램은 마이크로 프로세서(404)에 의해 사용되는 EPROM(408)내에 저장된다. 프리-어댑터(112)에 의해 수신되고 발생된 다수의 데이터 및 정보는 RAM(406)내에 저장된다.

어댑터(34)가 제어루프(8)의 폐쇄-루프 응답에 응답하더라도, 제어 루프(8)의 개방 루프 응답도 사용할 수 있는데, 그 이유는 프리-어댑터(112)가 또한 자동 조정 제어기이기 때문이다.

제11도에는 프로세스가 지연에 의해 지배되고, 제어기가 PI형으로 되도록 D계수가 0으로 셋트되는 상황에 대한 16개의 수렴도가 도시되어 있다. 각각의 수렴도의 각각의 X는 제어기의 P 및 I 계수들에 대한 초기 개시 값을 나타낸다. 수렴도의 각각의 세그먼트(segment)는 제어기의 적응 평가 싸이클을 나타낸다. 따라서, 각각의 수렴도의 파괴점은 계수들의 새로운 값들이 제어기에서 셋트되었다는 상황을 나타낸다. 알 수 있는 바와 같이, 계수들의 초기치들이 넓은 범위에 걸쳐 분산되더라도, 모든 16개의 수렴도들은 P 및 I 계수들에 대한 동일한 최종 값들로 수렴한다. 또한, 제11도에는 제어기가 수렴도 우측에 기재되어 있는 P 및 I 계수들에 대한 최종 값들로 셋트될때의 착오 신호의 거동 패턴인 트레이스(300)(수평 및 수직 눈금이 없이 도시되어 있음)이 도시되어 있다.

제12도에서, 제어기는 PID형이고, 프로세스는 지연 지배적이다. 이 경우에 대한 감쇠 DMP 오버슈트 OVR제한은 제11도에 도시한 경우에 사용된 제한과 동일하지 않다. 알 수 있는 바와 같이 모든 16개의 수렴도들은 P 및 I 계수에 대한 동일한 최종 값들에 대해 수렴한다. 또한, 제12도는 2차원 도면이고 D계수의 수렴도는 도시되어 있지 않다. 트레이스(302)는 제어기가 PID계수들의 최종 값들로 셋트될 때 발생하는 착오신호 패턴이다.

제13도를 참조하면, 제어기는 PID형이고 프로세스는 정지시간 지배적이다. 이 경우에는 PID계수에 대한 최종 값 셋트로 모두 수렴하는 14개의 플롯들이 있다. 트레이스(304)는 제어기가 플롯의 우측에 도시되어 있는 최종값들로 셋트될때의 착오 신호 거동의 패턴이다.

제14도에 도시한 경우에 사용된 제어기는 PID형이다. 이 경우에, 프로세스의 특성들은 가변적이고 트레이스(306)은 제어기에 의해 계산되고 후에 사용된 P 및 I 계수(D계수는 도시하지 않음)의 값들을 나타낸다. 이 계수들의 최종 값들은 제어기가 이 최종 값들을 발견할 수 있기 전에 프로세스 특성들이 변화되기 때문에 계산되지 않는다. 제어기의 반복성이라는 특성을 검사한 결과, 프로세스 특성들은 이 프로세스 특성들을 증가시키기 위해 사용된 것과 반대 방식으로 초기치들로 복귀되었다. 알 수 있는 바와 같이, 트레이스(306)의 복귀 부분은 상승 부분과 동일하다. 트레이스(308)은 제어기가 PID계수들에 대한 초기치들로 셋트될때의 착오신호 거동의 패턴이다. 이 초기치들은 플롯의 우측에 기재되어 있다.

본 발명은 양호한 실시예를 참조하여 기술되었지만, 본 분야에 숙련된 기술자들은 본 발명의 범위내에서 본 발명을 개량 및 변형시킬 수 있다. 예를들면, 감쇠 또는 오버슈트 이외의 다른 기준이 이상적인 패턴을 특성화하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 제어기는 PID형으로 되지 않아도 되는데, 그 이유는 스미스(Smith)예측기 또는 다린(Dahlin)제어기와 같은 다른 제어기들도 적합하기 때문이다. 부수적으로, HP 8745 또는 DEC VAX 11/780과 같은 그외의 다른 시판 중인 컴퓨터 들이 마이크로프로세서(404), RAM(406) 및 EPROM(408)대신에 사용될 수도 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

설정점과 특정치들을 갖는 프로세스 제어 변수를 제어하기 위한 제어 시스템의 폐쇄 루프 내의 프로세서(12)에 결합된 제어기를 포함하고, 상기 제어기가 상기 설정점과 측정된 값들사이의 차이에 응답하도록 최소한 하나의 동작 파라메타에 의해 결정된 제어 동작을 하는 제어 시스템에 사용하기 위한 패턴 인지형 자동 조정 제어기장치(10)에 있어서, 폐쇄루프 거동 신호를 발생시키기 위해 상기 설정점과 측정치들 사이의 차이에 응답하는 제1검출기단, 상기 거동 신호의 국부 극치의 피이크 진폭인 제1특성 및 상기 국부 극치 다음의 한 지점에서의 상기 거동신호의 진폭인 제2특성을 포함하는 패턴 특성을 측정하고 상기 패턴 특성의 측정치를 발생시키기 위해 상기 프로세스 제어 변수의 상기 폐쇄 루프 거동 신호에 응답하는 검출기 수단(16), 상기 검출기 수단에 결합되어 있고 상기 패턴 특성의 측정치를 패턴 특성에 대한 선정된 원하는 값과 비교하기 위해 동작하는 제2비교기 수단, 측정치가 설정점 값과 거의 정합되도록 패턴 특성의 상기 측정치와 원하는 값사이의 차이에 응답하기 위해 상기 제2비교기 수단에 결합되고, 상기 측정치와 원하는 값들 사이의 차가 선정된 차이 미만일 때 제어기의 상기 동작 파라메타를 변경시키지 않도록 동작하는 조정 수단(34), 및 상기 성능 기준의 측정치를 발생시키기 위해서 상기 제1 및 제2특성을 결합하기 위한 상기 검출기 수단에 결합된 수단(42)을 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 인지형 자동 조정 제어기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 성능 기준의 원하는 값과 측정치 사이의 차이를 얻기위한 장치(30)을 더 포함하고, 상기 검출기 수단(16)이 상기 프로세스 제어 변수의 상기 폐쇄루프 거동의 제3특성을 측정하고, 상기 결합하기 위한 수단(42)이 상기 제2성능 기준의 측정치를 발생시키도록 상기 제1, 제2 및 제3특성들을 결합시키며, 상기 차이를 얻기 위한 수단(30)이 상기 제2성능 기준의 원하는 값과 측정치 사이의 차이를 또한 얻고, 상기 제어기 장치가 상기 제1성능 기준 차이와 상기 제2성능 기준 차이 차이를 선택하기 위해 상기 조정 수단(34)에 결합된 논리 수단을 더 포함함으로써 상기 동작 파라메타를 변경시키기 위해 상기 선택에 응답하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 성능 기준들이 상기 제1 및 제2특성에 비례하는 오버슈트비인 것을 특징으로

하는 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 성능 기준의 원하는 값과 측정치 사이의 차이를 얻기 위한 장치(30)을 더 포함하고, 상기 검출기 수단(16)이 상기 프로세스 제어변수의 상기 폐쇄 루프 거동의 제3특성을 측정하고, 상기 결합하기 위한 수단(42)가 상기 제2성능 기준의 측정치를 발생시키도록 상기 제1, 제2 및 제3특성들을 결합시키며, 상기 차이를 얻기 위한 수단(30)이 상기 제2성능 기준의 원하는 값과 측정치 사이의 차이를 또한 얻고, 상기 제어기 장치가 상기 제1성능 기준 차이와 상기 제2성능 기준 차이 차이를 선택하기 위해 상기 조정수단(34)에 결합된 논리 수단을 더 포함함으로써 상기 동작 파라미터를 변경시키기 위해 상기 선택에 응답하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제2성능 기준이 상기 제1, 제2 및 제3특성에 비례하는 감쇠비인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 동작 파라미터가 비례 P계수 및 적분 I계수를 포함하고, 상기 제어기 장치가 상기 제1 및 제2특성과 상기 제1 및 제3특성 사이의 기간을 측정하기 위한 수단, 및 상기 폐쇄 루프 거동의 기간을 나타내는 기간 T_o 를 결정하기 위해 상기 기간에 응답하는 수단을 포함하며, 상기 제어기 장치가 상기 논리수단에 의해 이루어진 선택에 기초를 둔 상기 P계수를 변화시키고 적응 비 및 상기 측정된 기간 T_o 에 기초를 둔 상기 I계수를 변화시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제 1 및 제2적응비의 값들이 상기 기간 T_o , 상기 측정된 감쇠 및 오버슈트비의 값들, 및 평가되는 상기 폐쇄 루프 거동을 발생시킨 상기 제어기 장치내에 존재하는 I계수에 기초를 두고 선정된 관계식에 따라 가변적인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 동작 파라미터가 제2적응비 및 상기 기간 T_o 를 기초로하여 변화되는 값을 갖는 도함수 D계수를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 및 제2적응비의 값들이 상기 기간 T_o , 상기 측정된 감쇠 및 오버슈트비의 값들, 및 평가되는 상기 폐쇄 루프 거동을 발생시킨 상기 제어기 장치내에 존재하는 I계수를 기초로 하여 선정된 관계식에 따라 가변적인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1 및 제2적응비들이 지글러-니콜스 비인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 P계수의 변화가 상기 감쇠비의 측정치와 원하는 값 및 상기 폐쇄 루프 거동의 이전의 사이클로부터의 정보에 기초를 둔 선정된 관계식에 또한 관련되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 P계수의 변화가 상기 제1 및 제2적응비, 상기 기간 T_o , 및 평가되는 상기 폐쇄루프 거동을 발생시킨 상기 제어기 장치내에 존재하는 I 및 D계수의 값을 포함하는 선정된 관계식에 또한 기초를 두는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3특성들이 상기 제1특성의 절대값이 선정된 잡음 레벨보다 큰 경우에만 측정되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1특성의 발생 시간을 측정하기 위한 수단 및 상기 폐쇄 루프 거동의 진폭의 절대값이 규정된 레벨로 하강하는 후속 시간에 기초를 둔 가격만큼 상기 발생 시간을 변화시키기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 규정된 레벨이 상기 제1특성의 측정 진폭의 95%와 동일한 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 측정기간 T_o 가 상기 제1, 제2 및 제3특성의 측정 진폭, 상기 제1, 제2 및 제3특성들 사이의 상기 기간, 상기 제1특성의 발생 시간과 상기 폐쇄 루프 거동의 절대값이 제2의 규정된 레벨로 하강할때의 시간 사이 기간에 기초를 둔 제4특성 및 상기 폐쇄 루프 거동의 이전의 사이클의 이전의 제1, 제2 및 제3특성의 발생 시간들 사이의 기간을 포함하는 관계식을 기초로하여 더

조정되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제2의 규정된 레벨이 상기 제1특성의 측정 진폭의 60%와 동일한 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3특성들이 3개의 국부 극값이고, 상기 극값의 진폭의 절대값들이 선정된 잡음 레벨에 각각 기초를 둔 관련 레벨들보다 큰 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3특성들이 3개의 국부 극값이고, 처음 2개의 극값만이 진폭의 절대값들이 선정된 잡음 레벨에 각각 기초를 둔 관련 레벨들보다 큰 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제16항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3특성들이 3개의 국부 극값이고, 상기 제4특성이 상기 폐쇄 루프 거동의 이미 평가된 싸이클의 제4특성보다 작은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제16항에 있어서, 상기 제1 및 제2특성들만이 상기 폐쇄 루프 거동의 2개의 국부 극값이고, 상기 극값의 진폭의 절대값들이 선정된 잡음 레벨에 각각 기초를 둔 관련 레벨들보다 큰 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제16항에 있어서, 상기 제1특성만이 상기 폐쇄 루프 거동의 국부 극값이고, 상기 제4특성이 상기 폐쇄 루프 거동의 이미 평가된 싸이클의 제4특성보다 작은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 23

제16항에 있어서, 상기 제2 및 제3특성 양자가 상기 제1특성의 발생 시간으로부터의 선정된 최대 기간과 동일한 시간에 발생하고, 상기 제4특성이 0보다는 크고 상기 폐쇄 루프 거동의 이미 평가된 싸이클의 제4특성보다 작은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 24

제16항에 있어서, 상기 제1 및 제2특성이 상기 폐쇄 루프 거동의 국부 극값이고, 상기 제3특성이 상기 제1특성의 발생 시간으로부터의 규정된 최대 기간 후에 발생하며, 상기 제4특성이 0보다 큰 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 25

제16항에 있어서, 상기 제1특성의 발생 시간으로부터의 제1의 규정된 검색 기간 후에 상기 제2특성을 검색하기 시작하고, 상기 제1특성의 발생 시간으로부터의 제2의 규정된 검색 기간 후에 상기 제3특성을 검색하기 시작하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 26

제25항에 있어서, 상기 제1의 규정된 검색 기간이 $T_0/4$ 에 기초를 두고, 상기 제2의 규정된 검색기간이 $T_0/4$ 및 상기 제2특성의 발생시간에 기초를 두는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 27

제16항에 있어서, 상기 제1특성의 발생 시간 후 및 상기 폐쇄 루프 거동의 진폭의 절대값이 규정된 검색 레벨로 하강한 후에 상기 제2특성을 검색하기 시작하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 규정된 검색 레벨이 상기 제1특성의 진폭의 50%와 동일한 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 29

제16항에 있어서, 상기 검출기 수단(16)이 상기 제1, 제2 및 제3특성들 내의 단기간 피이크들을 잡음 피이크로서 확인하기 위한 수단(140), 및 각각의 상기 제1, 제2 및 제3특성의 발생 시간 전에 상기 잡음 피이크들을 제거하기 위해 상기 잡음 확인 수단에 결합된 수단(144)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 동작 파라메타에 대한 초기치를 결정하기 위해 상기 프로세스 제어 변수의 상기 개방 루프 거동에 응답하는 수단(112)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 31

제30항에 있어서, 상기 잡음 레벨을 측정하기 위해 상기 프로세스 제어 변수의 정상 상태에 응답하

는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 32

시간의 관련된 순간에 연속 값을 갖는 프로세스 제어 변수를 제어하기 위한 개방 루프 모드에서 프로세서에 결합되고, 입력의 변화에 어떻게 응답하는지에 영향을 주는 최소한 하나의 동작 파라메타를 갖고 있고, 상기 프로세서가 제어기 장치에 의해 발생된 제어 신호에 응답하는 패턴인지 자동 조정 제어기(10)에 있어서, 프로세스 제어 변수의 상기 연속값의 시간 플롯을 나타내는 트레이스 신호를 발생시키는 수단, 상기 프로세스 제어 변수가 한 정상 상태에서부터 새로운 정상 상태로 변할 때 제1시간 축선 상에 고정된 점 T_f 로부터 상기 트레이스 신호의 연속적인 점들까지 연장되는 선들의 기울기를 결정하기 위한 수단, 상기 선들에서 기울기의 절대값 중 최대값을 갖고 있는 선을 선택하기 위한 수단, 상기 최대 기울기 선이 상부 변곡점으로서 통과하는 상기 트레이스 신호의 값 점을 확인하기 위한 수단, 상기 상부 변곡점 전에 발생하는 상기 트레이스 신호의 증가점을 선택하기 위한 수단, 상기 상부 변곡점 및 상기 증가점을 통해 연장되는 프로세스 표시 선의 기울기의 절대값을 측정하기 위한 수단, 상기 제1시간 축선과 상기 프로세스 표시선의 절편을 측정하기 위한 수단, 상기 절편과 시간 T사이의 시간 차이를 측정하고 상기 프로세스의 프로세스 정지 시간 특성 T_{st} 를 나타내는 제1신호를 발생시키기 위한 수단, 및 프로세스 감도 특성 SEN을 나타내는 제2신호를 발생시키기 위해 상기 프로세스 표시선의 상기 기울기에 응답하는 수단을 포함하되 상기 프로세스 제어 변수가 상기 제1시간 축선을 갖고 있는 상기 한 정상 상태에서부터 제2시간 축선을 갖고 있는 상기 새로운 정상 상태로 대응하여 변화도록 상기 제어 신호가 한 레벨로부터 다른 레벨로 상기 시간 T에서 적절히 범프될 때 상기 프로세스 제어 변수의 상기 트레이스 신호에 응답하는 기울기 검출수단, 및 선정된 관계식에 따라 상기 제어기 장치 동작 파라메타를 변경시키도록 상기 제1 및 제2신호들에 응답하기 위해 상기 기울기 검출 수단의 출력을 수신하도록 결합된 조정수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴인지 자동 조정 제어기 장치.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 증가점을 선택하기 위한 수단이 상기 트레이스 신호의 제1 및 제2점을 비교하고, 상기 프로세스 표시 선이 상기 변곡점과 상기 제1 및 제2점을 통해 각각 연장되는 제1 및 제2 셋트되는 기울기의 최대 절대값을 갖고 있는 선을 상기 제1 및 제2선들 사이에서 선택하기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 동작 파라메타가 비례 P, 적분 I 및 도함수 D계수를 포함하고 상기 선정된 관계식이

$$P=120T_{st}/SEN$$

$$I=1.5T_{st}$$

$$D=I/6$$

기간 $T_0=5T_{st}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 프로세스 제어 변수의 상기 트레이스 신호의 잡음 레벨 특성을 결정하기 위한 수단(140,144,148), 및 상기 잡음 레벨 특성에 비례하는 선정된 관계식에 기초를 둔 상기 D계수를 변경시키기 위해 상기 잡음 레벨 결정 수단에 결합된 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 잡음 레벨 결정 수단이 규정된 고주파수 성분을 상기 트레이스 신호로부터 제거하기 위한 고역 통과 필터링 수단(140), 선정된 기간에 걸쳐서 상기 필터링 수단의 출력을 직분하기 위해 상기 출력을 수신하도록 결합된 적분기 수단의 출력을 적분하기 위해 상기 출력을 수신하도록 결합된 적분기 수단(144), 및 상기 트레이스 신호의 피이크-피이크 잡음 대역 특성을 나타내며 상기 적분기 수단 출력의 규정된 평균값에 기초를 두는 값 $2NB$ 를 갖고 있는 잡음 대역 신호를 발생시키기 위해 상기 적분기 장치의 출력에 응답하는 평균화 수단(150)을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 37

제36항에 있어서, 상기 선정된 관계식이 $Z=(3.0-2NB)/2.5$ 인 양 Z에 기초를 두고 $0<Z<1$ 인 경우에 $D=I/6 \times Z$, $Z<0$ 인 경우에 $D=0$ 에 기초를 두는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 38

측정 프로세스 가변 신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 장치에 있어서, 상기 프로세스 가변신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오신호를 발생시키기 위한 수단(30), 상기 착오신호의 제1극부 극 값의 제1진폭을 측정하기 위한 수단, 상기 착오신호의 제2극부 극 값의 제2진폭을 측정하기 위한 수단, 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제1측정 진폭과 상기 제2측정 진폭을 결합하기 위한 수단(42), 및 상기 측정 성능 특성과 상기 성능 특성의 선택값 사이의 차이를 최소화하기 위해 사이 제어기의 상기 제어 파라메타들 중 최소한

하나를 자동으로 조정하기 위한 수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 39

측정 프로세서 가변신호를 갖고 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 장치에 있어서, 상기 프로세스 가변 신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키기 위한 수단(30), 상기 착오 신호의 제1국부 극값의 진폭을 측정하기 위한 수단, 상기 착오 신호의 제2국부 극값의 제2진폭을 측정하기 위한 수단, 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제1측정 진폭과 상기 제2측정 진폭을 결합하기 위한 수단(42), 성능 특성 차이를 발생시키기 위해 상기 성능 특성의 선택값에 상기 측정 성능 특성을 비교하기 위한 수단, 및 상기 성능 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들 중의 최소한 하나를 조정하기 위한 수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 40

측정 프로세스 가변 신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 장치에 있어서, 상기 프로세스 가변신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키기 위한 수단(30), 상기 착오 신호의 최소한 두 개의 국부 극값의 진폭 값을 측정하기 위한 수단, 상기 착오신호의 측정 감쇠특성을 발생시키기 위해 상기 진폭 값들을 이용하기 위한 수단 및 상기 측정 감쇠 특성과 상기 감쇠 특성의 선택 값 사이의 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들 중의 최소한 하나를 자동으로 조정하기 위한 수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 41

측정 프로세스 가변신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 장치에 있어서, 상기 프로세스 가변신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오신호를 발생하기 위한 수단(30), 상기 착오 신호의 최소한 두 개의 국부 극값의 진폭값을 측정하기 위한 수단, 상기 착오 신호의 측정 감쇠 특성을 발생시키기 위해 상기 진폭값들을 이용하기 위한 수단, 감쇠 특성 차이를 발생시키기 위해 상기 감쇠 특성의 선택값과 상기 측정 감쇠 특성을 비교하기 위한 수단, 및 상기 감쇠특성 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들중의 최소한 하나를 자동으로 조정하기 위한 수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 42

측정 프로세스 가변신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 장치에 있어서, 상기 프로세스 가변신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키기 위한 수단(30), 상기 착오 신호의 최소한 두 개의 국부 극값의 진폭값을 측정하기 위한 수단, 상기 진폭값들의 발생 시간들을 측정하기 위한 수단, 상기 발생 시간들로부터 기간을 계산하기 위한 수단, 상기 착오 신호의 측정 감쇠 특성과 측정 오버슈트 특성을 발생시키기 위해 상기 진폭값들을 이용하기 위한 수단, 및 상기 측정 오버슈트 특성과 상기 측정 감쇠 특성에 응답하여 측정 기간과 상기 측정 기간의 선택값 사이의 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기제어 파라메타들 중의 최소한 하나를 자동으로 조정하기 위한 수단(34)를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 43

측정 프로세스 가변신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 있어서, 상기 프로세스 가변 신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키는 단계, 상기 착오 신호의 제1국부 극값의 제1진폭을 측정하는 단계, 상기 착오 신호의 제2국부 극값의 제2진폭을 측정하는 단계, 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제1측정 진폭과 상기 제2측정 진폭을 결합하는 단계, 및 상기 측정 성능 특성과 상기 성능 특성 사이의 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들 중의 최소한 하나를 자동으로 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 44

제43항에 있어서, 상기 제2진폭을 측정하는 단계가 상기 제1국부 극값에 대해 반대의 방향이며 인접한 상태로써 시간적으로 나중인 제2국부 극값을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 45

제44항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성으로서 오버슈트 값을 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 46

제44항에 있어서, 상기 착오 신호의 제3국부 극값의 제3진폭을 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 47

제46항에 있어서, 상기 제3진폭을 측정하는 단계가 상기 제2국부 극값에 대해 반대의 방향이며 인접한 상태로써 시간적으로 나중인 제3국부 극값을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 48

제47항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제3측정 진폭을 상기 제1 및 제2측정 진폭과 결합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 49

제48항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능특성으로서 감쇠 값을 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 50

제48항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 두 개의 측정 성능 특성을 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 51

제50항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성들 중의 하나로서 감쇠값을 발생시키며 상기 측정 성능 특성들 중의 다른 하나를 오버슈트로서 발생시키는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 52

측정 프로세스 가변 신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 있어서, 상기 프로세스 가변 신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키는 단계, 상기 착오 신호의 제1극부 극값의 제1진폭을 측정하는 단계, 상기 착오 신호의 제2극부 극값의 제2진폭을 측정하는 단계, 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제1측정 진폭과 상기 제2측정 진폭을 결합하는 단계, 성능 특성 차이를 발생시키기 위해 상기 성능 특성의 선택값과 상기 측정 성능 특성을 비교하는 단계, 및 상기 성능 특성 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들 중의 최소한 하나를 자동으로 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 53

제52항에 있어서, 상기 제2진폭을 측정하는 단계가 상기 제1극부 극값에 대해 반대의 방향이며 인접한 상태로 시간적으로 나중인 제2극부 극값을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 54

제53항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성으로서 오버슈트를 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 55

제53항에 있어서, 상기 착오 신호의 제3극부 극값의 제3진폭을 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 56

제53항에 있어서, 상기 제3진폭을 측정하는 단계가 상기 제2극부 극값에 대해 반대의 방향이며 인접한 상태로 시간적으로 나중인 제3극부 극값을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 57

제56항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성을 발생시키기 위해 상기 제3측정 진폭을 상기 제1 및 제2측정 진폭과 결합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 58

제57항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성으로서 감쇠값을 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 59

제57항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 두 개의 측정 성능 특성을 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 60

제59항에 있어서, 상기 결합하는 단계가 상기 측정 성능 특성들 중의 하나로서 감쇠값을 발생시키며 상기 측정 성능 특성들 중의 다른 하나를 오버슈트로서 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 61

측정 프로세스 가변신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 있어서, 상기 프로세스 가변 신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오신호를 발생시키는 단계, 상기 착오신호의 최소한 두 개의 극부 극값의 진폭 값을 측정하는 단계, 상기 착오신호의 측정 감쇠 특성을 발생시키기 위해 상기 진폭값을 이용하는 단계, 및 상기 측정 감쇠 특성과 상기 감쇠 특성의 선택값 사이의 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들

중의 최소한 하나를 자동으로 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 62

제61항에 있어서, 상기 제어 파라메타들 중의 하나가 비례 계수이며 상기 자동으로 조정하는 단계가 상기 비례 계수를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 63

측정 프로세스 가변 신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 있어서, 상기 프로세스 가변신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키는 단계, 상기 착오신호의 최소한 두 개의 극부 극값의 진폭값을 측정하는 단계, 상기 착오신호의 측정 감쇠 특성을 발생시키기 위해 상기 진폭값들을 이용하는 단계, 감쇠 특성 차이를 발생시키기 위해 감쇠 특성의 선택값을 상기 측정 감쇠 특성과 비교하는 단계, 및 상기 감쇠 특성 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 제어 파라메타들의 하나를 자동으로 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 64

제63항에 있어서, 상기 제어 파라메타들 중의 하나가 비례계수이며 상기 자동으로 조정하는 단계가 상기 비례계수를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 65

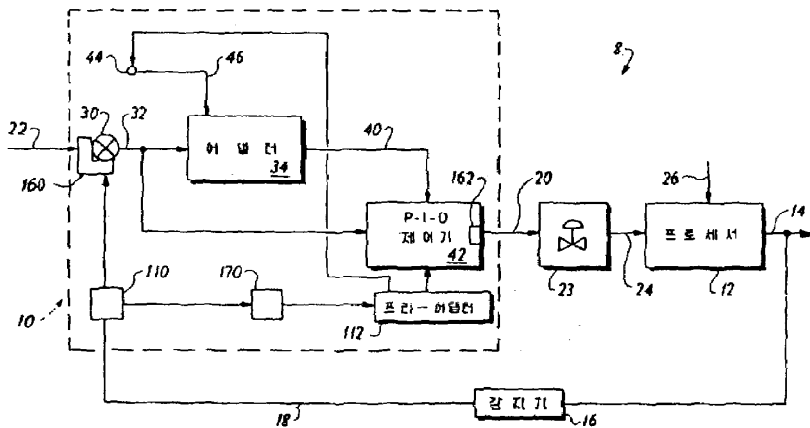
측정 프로세스 가변신호를 갖는 프로세스의 자동 조정 제어기의 제어 파라메타들을 자동적으로 조정하기 위한 방법에 있어서, 상기 프로세스 가변 신호와 설정점 신호 사이의 차이와 동일한 착오 신호를 발생시키는 단계, 상기 착오 신호의 최소한 두 개의 극부 극값의 진폭값을 측정하는 단계, 상기 진폭값들의 발생 시간을 측정하는 단계, 상기 발생 시간으로부터 기간을 계산하는 단계, 상기 착오 신호의 측정 감쇠 특성 및 측정 오버슈트를 발생시키기 위해 상기 진폭값들을 이용하는 단계, 및 상기 측정 오버슈트 특성 및 상기 측정 감쇠 특성에 응답하여 상기 기간에 대한 상기 파라메타의 측정 비와 상기 비의 선택값 사이의 차이를 최소화하기 위해 상기 제어기의 상기 파라메타들 중의 최소한 하나를 자동으로 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 66

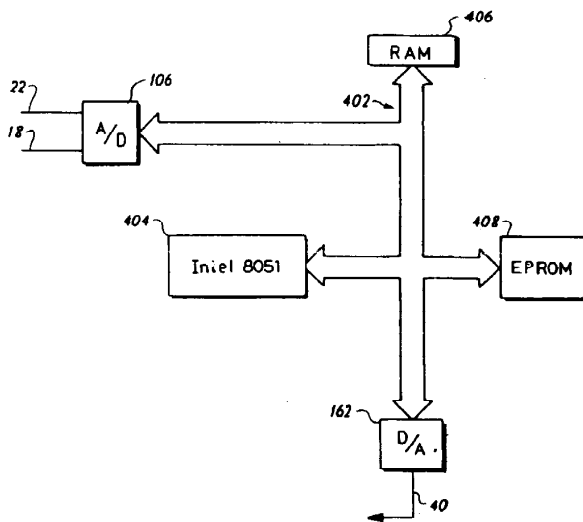
제65항에 있어서, 상기 제어 파라메타들이 적분 및 도함수 계수를 포함하며 상기 자동으로 조정하는 단계가 상기 측정 감쇠 특성 및 상기 측정 오버슈트 특성 사이의 차이에 응답하여 상기 적분 및 상기 도함수 계수를 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

도면

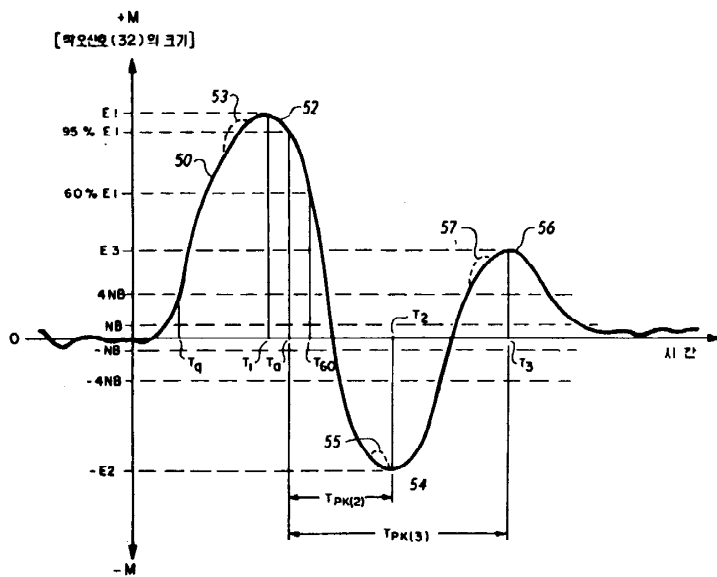
도면 1A



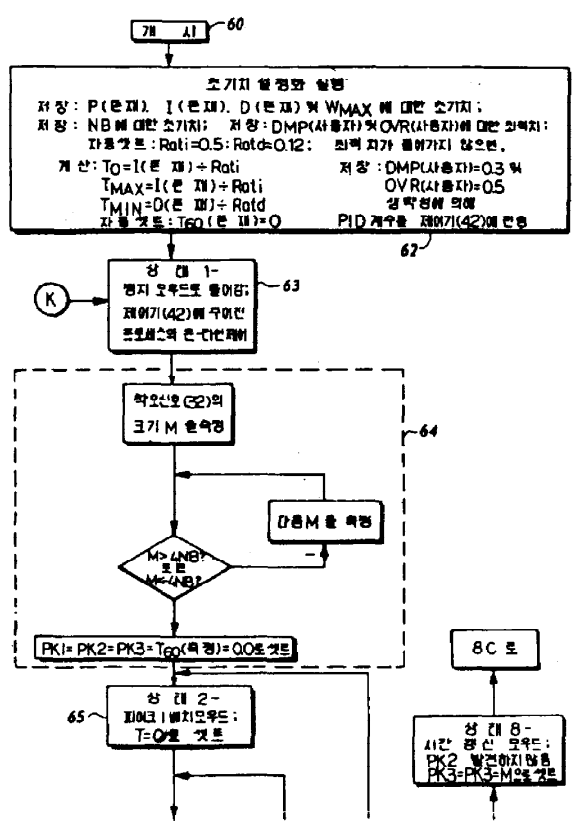
도면 1B



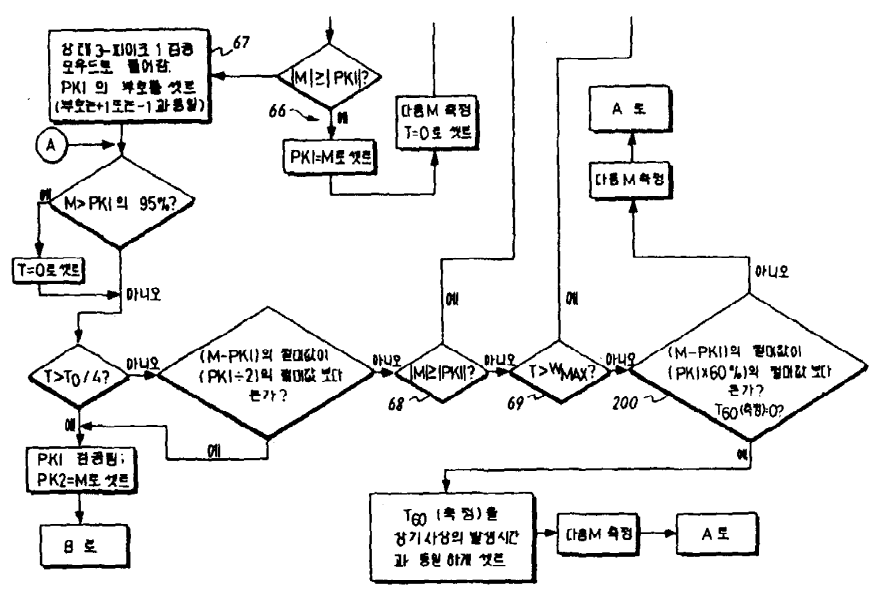
도면 2



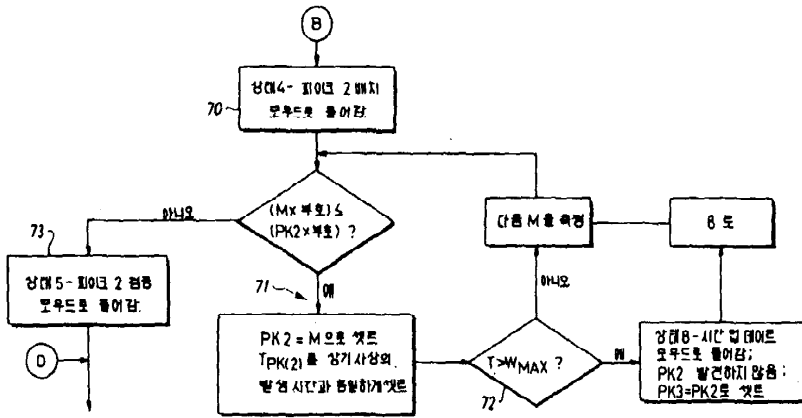
도면3A



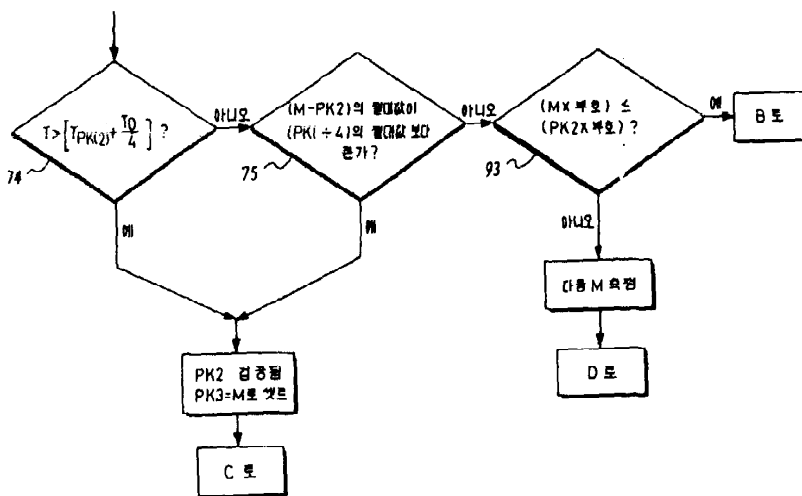
도면3B



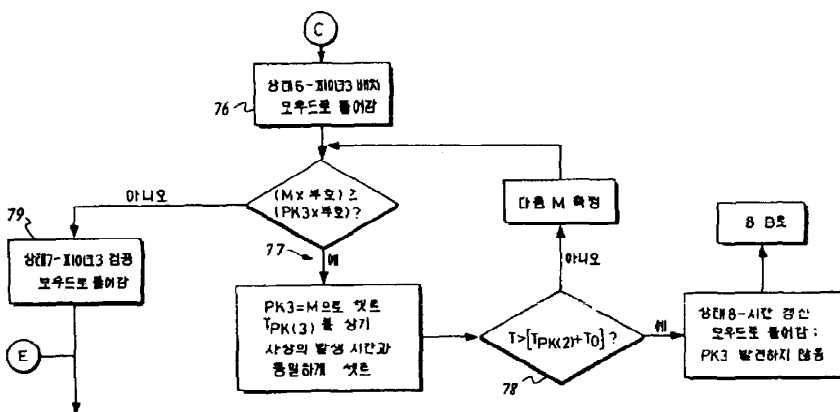
도면4A



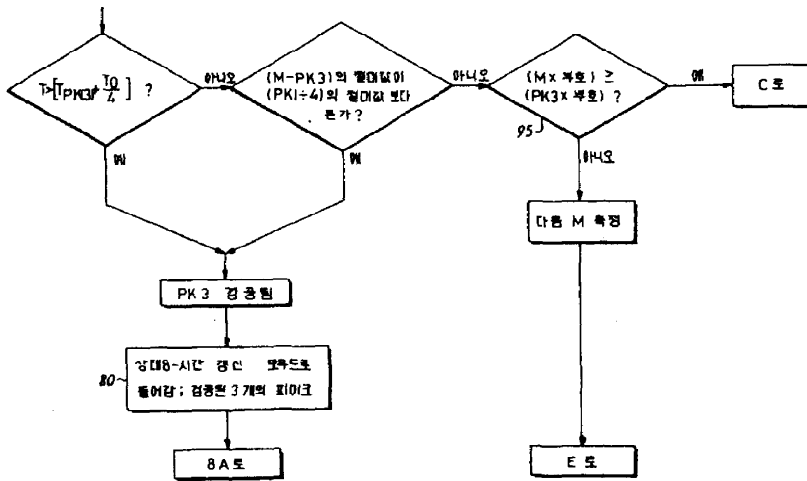
도면4B



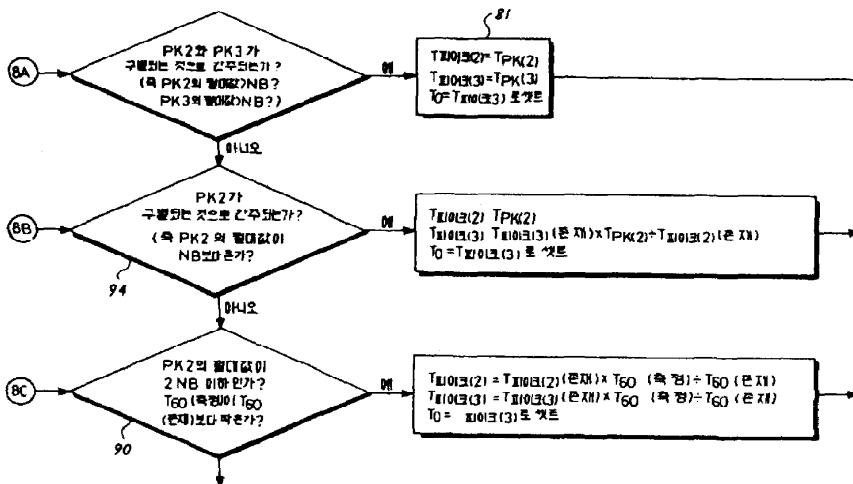
도면5A



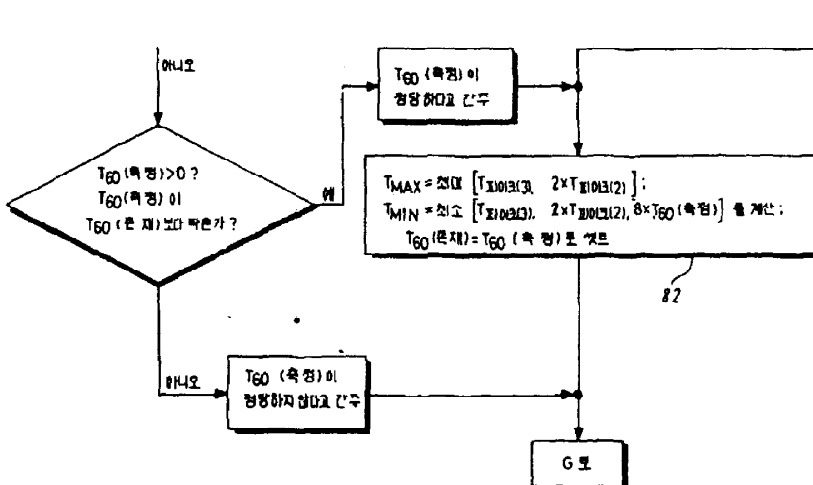
도면5B



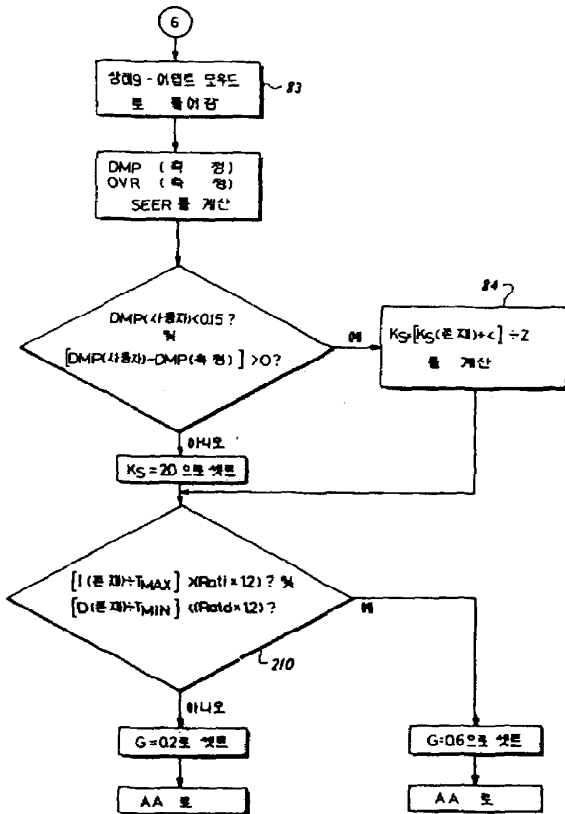
도면6A



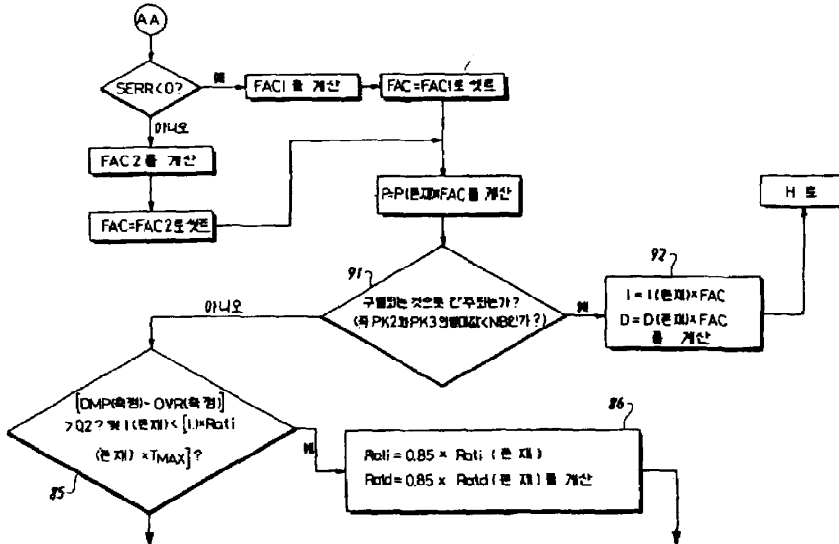
도면6B



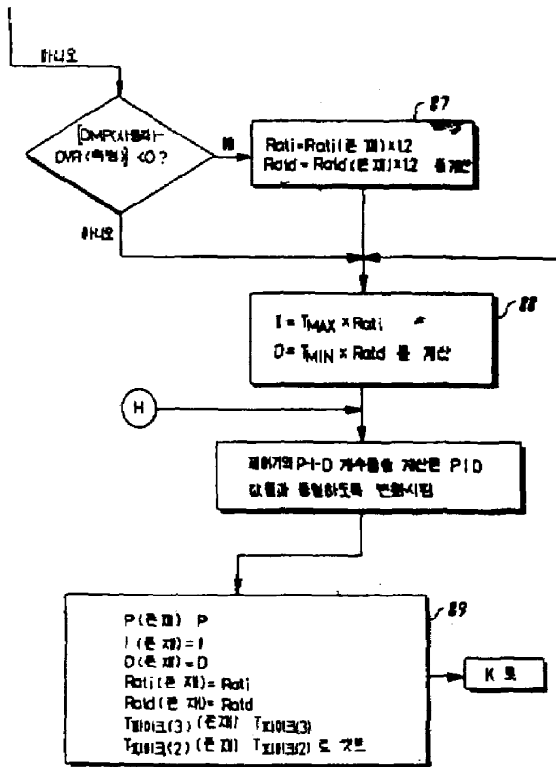
도면7



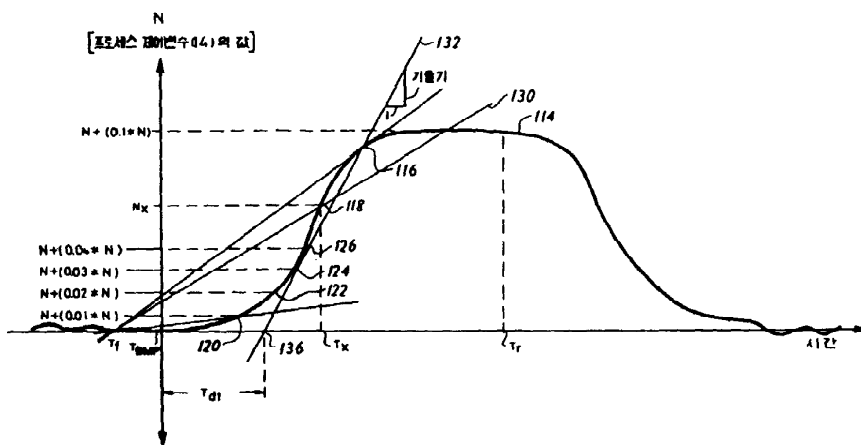
도면8A



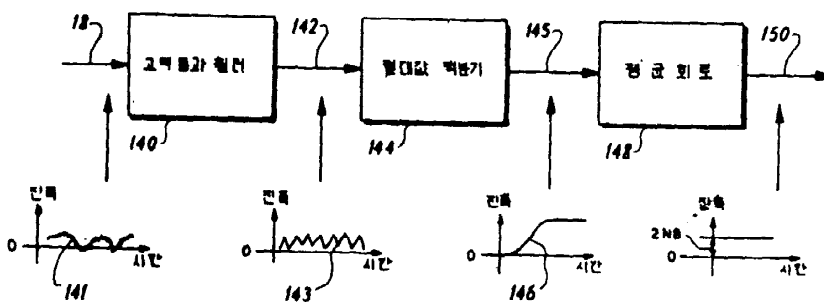
도면 88



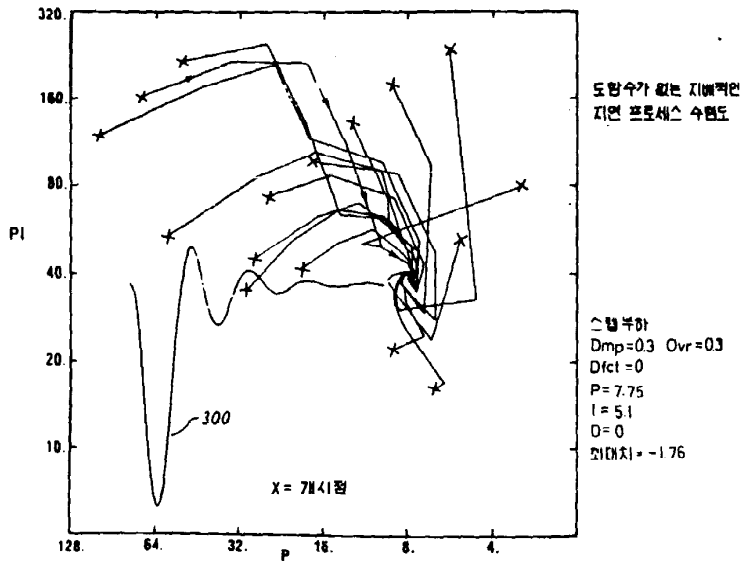
도면 9



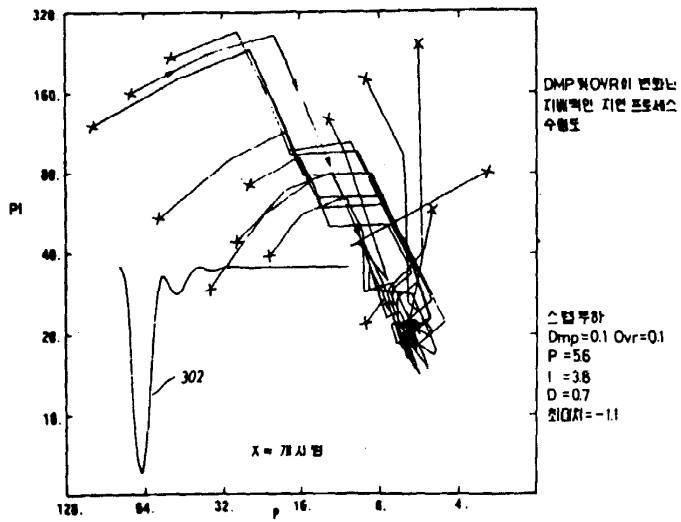
도면 10



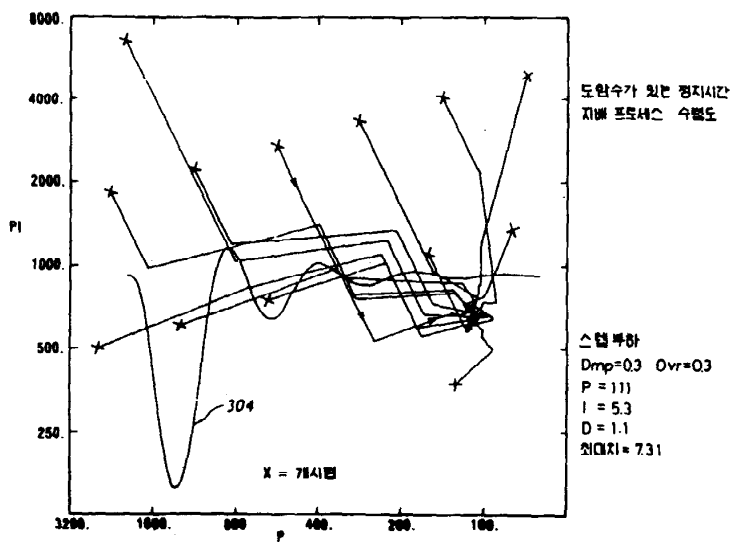
도면11



도면12



도면13



도면 14

