



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월09일
(11) 등록번호 10-1418192
(24) 등록일자 2014년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01N 3/20 (2006.01) B01D 53/94 (2006.01)
B01J 23/38 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7018127
(22) 출원일자(국제) 2011년07월14일
심사청구일자 2012년07월12일
(85) 번역문제출일자 2012년07월12일
(65) 공개번호 10-2013-0038799
(43) 공개일자 2013년04월18일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2011/066628
(87) 국제공개번호 WO 2013/008342
국제공개일자 2013년01월17일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005113801 A

(73) 특허권자
도요타지도샤가부시킴이샤
일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1
(72) 발명자
비사이지 유우끼
일본 4718571 아이찌켄 도요따시 도요따쵸 1반지
도요타지도샤가부시킴이샤 내
요시다 고헤이
일본 4718571 아이찌켄 도요따시 도요따쵸 1반지
도요타지도샤가부시킴이샤 내
(74) 대리인
양영준, 김명곤

전체 청구항 수 : 총 14 항

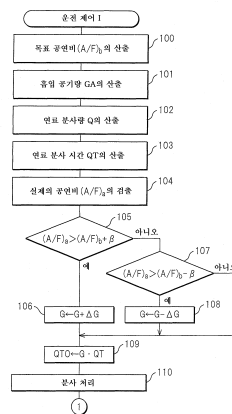
심사관 : 노대현

(54) 발명의 명칭 내연 기관의 배기 정화 장치

(57) 요약

내연 기관에 있어서, 기관 배기 통로 내에 상류부터 순서대로, 상류측 공연비 센서(23), 탄화수소 공급 밸브(15), 배기 정화 촉매(13) 및 하류측 공연비 센서(24)가 배치된다. 기관 운전 시에는, 상류측 공연비 센서(23) 및 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비에 기초하여 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 제어된다.

대표도 - 도28



(72) 발명자

이노우에 미끼오

일본 4718571 아이찌켄 도요타시 도요따쵸 1반지
도요타지도샤가부시키가이샤 내

우메모토 가즈히로

일본 4718571 아이찌켄 도요타시 도요따쵸 1반지
도요타지도샤가부시키가이샤 내

특허청구의 범위

청구항 1

탄화수소를 공급하기 위한 탄화수소 공급 밸브를 기관 배기 통로 내에 배치하고, 탄화수소 공급 밸브 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 와 개질된 탄화수소를 반응시키기 위한 배기 정화 촉매를 배치하고, 상기 배기 정화 촉매 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 하류측 공연비 센서를 배치하고, 상기 배기 정화 촉매의 배기 가스 유통 표면 상에는 귀금속 촉매가 담지되어 있는 동시에 상기 귀금속 촉매 주위에는 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분이 형성되어 있고, 상기 배기 정화 촉매는, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 를 환원하는 성질을 갖는 동시에, 상기 탄화수소 농도의 진동 주기를 상기 미리 정해진 범위보다도 길게 하면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 의 흡장량이 증대하는 성질을 갖고 있으며, 기관 운전시에 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되는 동시에, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 상기 하류측 공연비 센서의 출력 신호에 기초하여 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량이 제어되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 밸브 상류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 상류측 공연비 센서를 배치하고, 상기 상류측 공연비 센서의 출력 신호 및 상기 하류측 공연비 센서의 출력 신호의 양쪽에 기초하여, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량이 제어되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 기관으로부터 배출되는 배기 가스의 공연비가 미리 정해진 공연비로 되도록, 상기 상류측 공연비 센서의 출력 신호에 기초하여 기관 연소실에 공급되는 연료의 양이 제어되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 상류측 공연비 센서의 출력 신호 및 상기 하류측 공연비 센서의 출력 신호의 양쪽에 기초하여, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량이 제어되고 있을 때에, 상기 하류측 공연비 센서의 출력 신호에 기초하여 배기 정화 장치의 고장 진단이 행해지는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비도 진동하고 있고, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측이 되었을 때에는, 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키기 위해 탄화수소의 분사 시간이 증대되고, 이때 탄화수소의 분사 시간의 증대율이 미리 정해진 율을 초과한 때에는, 탄화수소 공급 밸브가 막혀 있다고 판단되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 6

제4항에 있어서, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비는 베이스 공연비를 기준으로 하여 리치측으로 진동하고 있고, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비의 차의 적분값에 기초하여, 탄화수소 공급 밸브가 막혀 있는지의 여부가 판단되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비의 차의 적분값에 기초하여 탄화수소 공급 밸브가 막혀 있는지의 여부를 판단하도록 한 경우, 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 정확하게 검출하기에 탄화수소의 분사 주기가 지나치게 짧을 때에는 탄화수소의 분사 주기가 길어지는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비의 차의 적분값에 기초하여 탄화수소 공급 밸브가 막혀 있는지의 여부를 판단하도록 한 경우, 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 정확하게 검출하기에 탄화수소의 분사량이 지나치게 많을 때에는 탄화수소의 분사량이 적게 되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 9

제2항에 있어서, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비도 진동하고 있고, 상기 상류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측일 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키는 동시에 상기 상류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 감소시키고, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측일 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키는 동시에 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 감소시키는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비도 진동하고 있고, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측으로 되었을 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키는 동시에, 상기 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 리치측으로 되었을 때에는 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량을 감소시키는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 배기 정화 촉매 내에서 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 와 개질된 탄화수소가 반응하여 질소 및 탄화수소를 포함하는 환원성 중간체가 생성되고, 상기 탄화수소의 분사 주기는 환원성 중간체를 계속하여 생성하기 위하여 필요한 주기인, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 탄화수소의 분사 주기가 0.3초 내지 5초 동안인, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 귀금속 촉매는 백금 Pt와, 로듐 Rh 및 팔라듐 Pd 중 적어도 한쪽에 의해 구성되는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분은 배기 정화 촉매의 배기 가스 유통 표면 상에 형성된 염기성 층의 표면으로 이루어지고, 상기 염기성 층은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속 또는 희토류 또는 NO_x 에 전자를 공여할 수 있는 금속을 포함하고 있는, 내연 기관의 배기 정화 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 내연 기관의 배기 정화 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기관 배기 통로 내에, 유입하는 배기 가스의 공연비가 린일 때에는 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 를 흡장하고, 유입하는 배기 가스의 공연비가 리치로 되면 흡장한 NO_x 를 방출하는 NO_x 흡장 촉매를 배치하고, NO_x 흡장 촉매 상류의 기관 배기 통로 내에 연료 첨가 밸브를 배치하고, NO_x 흡장 촉매 하류의 기관 배기 통로 내에 공연비 센서를 배치하고, NO_x 흡장 촉매로부터 NO_x 를 방출해야 할 때에는 연료 첨가 밸브로부터 기관 배기 통로 내로 연료를 공급하여 NO_x 흡장 촉매에 유입하는 배기 가스의 공연비를 리치로 되도록 한 내연 기관이 공지이다(예를 들어 특허문헌 1을 참조).

[0003] 그런데 이 내연 기관에서는, 예를 들어 연료 첨가 밸브가 막혔다고 하면, NO_x 를 방출하기 위하여 연료 첨가 밸브로부터 연료를 공급했을 때의 연료 공급량이, 연료 첨가 밸브가 막히지 않을 때의 연료 공급량에 비교하여 적어진다. 그 결과, 이때 NO_x 흡장 촉매로부터 유출하는 배기 가스의 공연비는, 연료 첨가 밸브가 막혀 있지 않을 때의 공연비에 비하여 린측이 된다. 따라서 이 내연 기관에서는, NO_x 방출을 위하여 연료 첨가 밸브로부터 연료가 공급되었을 때의 배기 가스의 공연비를 공연비 센서에 의해 검출하고, 공연비 센서에 의해 검출된 배기 가스의 공연비가, 연료 첨가 밸브가 막혀 있지 않을 때의 공연비에 비하여 린측으로 될 때에는, 연료 첨가 밸브에 이상이 있다고 판단하도록 하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2009-221939호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나 이 NO_x 흡장 촉매는 고온이 되면 NO_x 정화율이 저하해 버리고, 따라서 NO_x 흡장 촉매가 고온이 되면 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 없다는 문제가 있다.

[0006] 본 발명의 목적은, 배기 정화 촉매가 고온이 되어도 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 있는 내연 기관의 배기 정화 장치를 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따르면, 탄화수소를 공급하기 위한 탄화수소 공급 밸브를 기관 배기 통로 내에 배치하고, 탄화수소 공급 밸브 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 와 개질된 탄화수소를 반응시키기 위한 배기 정화 촉매를 배치하고, 배기 정화 촉매 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 하류측 공연비 센서를 배치하고, 배기 정화 촉매의 배기 가스 유통 표면 상에는 귀금속 촉매가 담지되어 있는 동시에 귀금속 촉매 주위에는 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분이 형성되어 있고, 배기 정화 촉매는, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 를 환원하는 성질을 갖는 동시에, 탄화수소 농도의 진동 주기를 미리 정해진 범위보다도 길게 하면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 의 흡장량이 증대하는 성질을 갖고 있으며, 기관 운전 시에 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되는 동시에, 배기 정화 촉매에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정

해진 범위 내의 진폭이 되도록 하류측 공연비 센서의 출력 신호에 기초하여 탄화수소 공급 밸브로부터의 탄화수소의 분사량이 제어되는 내연 기관의 배기 정화 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0008] 배기 정화 촉매가 고온이 되어도 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 압축 착화식 내연 기관의 전체도이다.

도 2는 촉매 담체의 표면 부분을 도해적으로 도시하는 도면이다.

도 3은 배기 정화 촉매에 있어서의 산화 반응을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화를 도시하는 도면이다.

도 5는 NO_x 정화율을 도시하는 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 배기 정화 촉매에 있어서의 산화 환원 반응을 설명하기 위한 도면이다.

도 7a 및 도 7b는 배기 정화 촉매에 있어서의 산화 환원 반응을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화를 도시하는 도면이다.

도 9는 NO_x 정화율을 도시하는 도면이다.

도 10은 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화를 나타내는 타임차트이다.

도 11은 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화를 나타내는 타임차트이다.

도 12는 배기 정화 촉매의 산화력과 요구 최소 공연비 X 의 관계를 도시하는 도면이다.

도 13은 동일한 NO_x 정화율이 얻어지는, 배기 가스 중의 산소 농도와 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 의 관계를 도시하는 도면이다.

도 14는 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 와 NO_x 정화율의 관계를 도시하는 도면이다.

도 15는 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 와 NO_x 정화율의 관계를 도시하는 도면이다.

도 16은 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화 등을 도시하는 도면이다.

도 17은 배출 NO_x 량 NOXA 의 맵을 도시하는 도면이다.

도 18은 연료 분사 시기를 도시하는 도면이다.

도 19는 추가의 연료량 WR 의 맵을 도시하는 도면이다.

도 20a 및 도 20b는 목표 베이스 공연비를 도시하는 도면이다.

도 21a, 도 21b 및 도 21c는 탄화수소의 분사 주기 등을 도시하는 도면이다.

도 22a 및 도 22b는 배기 정화 촉매로의 유입 배기 가스의 공연비의 변화를 나타내는 타임차트이다.

도 23은 목표 피크 공연비를 도시하는 도면이다.

도 24는 공연비 센서의 출력을 도시하는 도면이다.

도 25는 운전 제어를 행하기 위한 흐름도이다.

도 26 및 도 27은 운전 제어 I의 일 실시예를 나타내는 흐름도이다.

도 28 및 도 29는 운전 제어 I의 다른 실시예를 나타내는 흐름도이다.

도 30은 운전 제어 I의 또 다른 실시예를 나타내는 흐름도이다.

도 31은 배기 정화 촉매로부터의 유출 배기 가스의 공연비의 변화를 도시하는 도면이다.

도 32 및 도 33은 리치 제어 II를 실행하기 위한 흐름도이다.

도 34는 보정 계수 K의 변화를 도시하는 도면이다.

도 35는, 도 26 및 도 27에 도시되는 흐름도에 있어서 A로 둘러싸인 부분의 다른 실시예를 도시하는 도면이다.

도 36a, 도 36b 및 도 36c는 하류측 공연비 센서에 의해 검출된 공연비의 변화를 도시하는 도면이다.

도 37은 미리 정해져 있는 영역 A 및 B를 도시하는 도면이다.

도 38은, 도 26 및 도 27에 도시되는 흐름도에 있어서 A로 둘러싸인 부분의 또 다른 실시예를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 도 1에 압축 착화식 내연 기관의 전체도를 도시한다.
- [0011] 도 1을 참조하면, 참조 부호 1은 기관 본체, 참조 부호 2는 각 기통의 연소실, 참조 부호 3은 각 연소실(2) 내에 각각 연료를 분사하기 위한 전자 제어식 연료 분사 밸브, 참조 부호 4는 흡기 매니폴드, 참조 부호 5는 배기 매니폴드를 각각 나타낸다. 흡기 매니폴드(4)는 흡기 덕트(6)를 개재하여 배기 터보 과급기(7)의 압축기(7a)의 출구에 연결되고, 압축기(7a)의 입구는 흡입 공기량 검출기(8)를 개재하여 에어 클리너(9)에 연결된다. 흡기 덕트(6) 내에는 스텝 모터에 의해 구동되는 스로틀 밸브(10)가 배치되고, 흡기 덕트(6) 주위에는 흡기 덕트(6) 내를 흐르는 흡입 공기를 냉각하기 위한 냉각 장치(11)가 더 배치된다. 도 1에 도시되는 실시예에서는 기관 냉각수가 냉각 장치(11) 내로 유도되어, 기관 냉각수에 의해 흡입 공기가 냉각된다.
- [0012] 한편, 배기 매니폴드(5)는 배기 터보 과급기(7)의 배기 터빈(7b)의 입구에 연결된다. 배기 터빈(7b)의 출구는 배기관(12a)를 개재하여 배기 정화 촉매(13)의 입구에 연결되고, 배기 정화 촉매(13)의 출구는 배기관(12b)을 개재하여 배기 가스 중에 포함되는 파티클레이트를 포집하기 위한 파티클레이트 필터(14)에 연결된다.
- [0013] 배기 정화 촉매(13) 상류의 배기관(12a) 내에는 압축 착화식 내연 기관의 연료로서 사용되는 경유 외의 연료로 이루어지는 탄화수소를 공급하기 위한 탄화수소 공급 밸브(15)가 배치된다. 도 1에 도시되는 실시예에서는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 공급되는 탄화수소로서 경유가 사용되고 있다. 또한, 본 발명은 린 공연비 하에서 연소가 행해지는 불꽃 점화식 내연 기관에도 적용할 수 있다. 이 경우, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터는 불꽃 점화식 내연 기관의 연료로서 사용되는 가솔린 기타 연료로 이루어지는 탄화수소가 공급된다.
- [0014] 한편, 배기 매니폴드(5)와 흡기 매니폴드(4)는 배기 가스 재순환(이하, EGR라고 칭한다) 통로(16)를 개재하여 서로 연결되고, EGR 통로(16) 내에는 전자 제어식 EGR 제어 밸브(17)가 배치된다. 또한, EGR 통로(16) 주위에는 EGR 통로(16) 내를 흐르는 EGR 가스를 냉각하기 위한 냉각 장치(18)가 배치된다. 도 1에 도시되는 실시예에서는 기관 냉각수가 냉각 장치(18) 내로 유도되어, 기관 냉각수에 의해 EGR 가스가 냉각된다. 한편, 각 연료 분사 밸브(3)는 연료 공급관(19)을 개재하여 코먼 레일(20)에 연결되고, 이 코먼 레일(20)은 전자 제어식의 토출량 가변의 연료 펌프(21)를 개재하여 연료 탱크(22)에 연결된다. 연료 탱크(22) 내에 저장되어 있는 연료는 연료 펌프(21)에 의해 코먼 레일(20) 내로 공급되고, 코먼 레일(20) 내로 공급된 연료는 각 연료 공급관(19)을 통하여 연료 분사 밸브(3)에 공급된다.
- [0015] 전자 제어 유닛(30)은 디지털 컴퓨터로 이루어지고, 쌍방향성 버스(31)에 의해 서로 접속된 ROM(리드 온리 메모리)(32), RAM(랜덤 액세스 메모리)(33), CPU(마이크로프로세서)(34), 입력 포트(35) 및 출력 포트(36)를 구비한다. 탄화수소 공급 밸브(15) 상류의 배기관(12a) 내에는, 기관으로부터 배출된 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 상류측 공연비 센서(23)가 배치되어 있고, 배기 정화 촉매(13) 하류의 배기관(12b) 내에는, 배기 정화 촉매(13)로부터 유출한 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 하류측 공연비 센서(24)가 배치되어 있다. 또한, 배기 정화 촉매(13)의 하류에는 배기 정화 촉매(13)의 온도를 검출하기 위한 온도 센서(25)가 배치되어 있고, 파티클레이트 필터(14)에는 파티클레이트 필터(14)의 전후의 차압을 검출하기 위한 차압 센서(26)가 설치되어 있다. 이들 상류측 공연비 센서(23), 하류측 공연비 센서(24), 온도 센서(25), 차압 센서(26) 및 흡입 공기량 검출기(8)의 출력 신호는 각각 대응하는 AD 변환기(37)를 통하여 입력 포트(35)에 입력된다.
- [0016] 또한, 액셀러레이터 페달(40)에는 액셀러레이터 페달(40)의 답입량 L에 비례한 출력 전압을 발생시키는 부하 센서(41)가 접속되고, 부하 센서(41)의 출력 전압은 대응하는 AD 변환기(37)를 통하여 입력 포트(35)에 입력된다.

또한 입력 포트(35)에는 크랭크 샤프트가, 예를 들어 15° 회전할 때마다 출력 펄스를 발생시키는 크랭크각 센서(42)가 접속된다. 한편, 출력 포트(36)는 대응하는 구동 회로(38)를 개재하여 연료 분사 밸브(3), 스로틀 밸브(10)의 구동용 스텝 모터, 탄화수소 공급 밸브(15), EGR 제어 밸브(17) 및 연료 펌프(21)에 접속된다.

[0017] 도 2는 배기 정화 촉매(13)의 기체 상에 담지된 촉매 담체의 표면 부분을 도해적으로 도시하고 있다. 이 배기 정화 촉매(13)에서는 도 2에 도시된 바와 같이 예를 들어 알루미늄으로 이루어지는 촉매 담체(50) 상에는 귀금속 촉매(51, 52)가 담지되어 있고, 또한 이 촉매 담체(50) 상에는 칼륨 K, 나트륨 Na, 세슘 Cs와 같은 알칼리 금속, 바륨 Ba, 칼슘 Ca와 같은 알칼리 토금속, 란타노이드와 같은 희토류 및 은 Ag, 구리 Cu, 철 Fe, 이리듐 Ir과 같은 NO_x에 전자를 공여할 수 있는 금속으로부터 선택된 적어도 1개를 포함하는 염기성 층(53)이 형성되어 있다. 배기 가스는 촉매 담체(50) 상을 따라 흐르므로 귀금속 촉매(51, 52)는 배기 정화 촉매(13)의 배기 가스 유통 표면 상에 담지되어 있다고 할 수 있다. 또한, 염기성 층(53)의 표면은 염기성을 나타내므로 염기성 층(53)의 표면은 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분(54)이라고 칭해진다.

[0018] 한편, 도 2에 있어서 귀금속 촉매(51)는 백금 Pt로 이루어지고, 귀금속 촉매(52)는 로듐 Rh로 이루어진다. 즉, 촉매 담체(50)에 담지되어 있는 귀금속 촉매(51, 52)는 백금 Pt 및 로듐 Rh로 구성되어 있다. 또한, 배기 정화 촉매(13)의 촉매 담체(50) 상에는 백금 Pt 및 로듐 Rh 외에 팔라듐 Pd를 더 담지시킬 수 있거나, 혹은 로듐 Rh 대신에 팔라듐 Pd를 담지시킬 수 있다. 즉, 촉매 담체(50)에 담지되어 있는 귀금속 촉매(51, 52)는 백금 Pt와, 로듐 Rh 및 팔라듐 Pd 중 적어도 한쪽에 의해 구성된다.

[0019] 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 배기 가스 중에 탄화수소가 분사되면 이 탄화수소는 배기 정화 촉매(13)에 있어서 개질된다. 본 발명에서는 이때 개질된 탄화수소를 사용하여 배기 정화 촉매(13)에 있어서 NO_x를 정화하도록 하고 있다. 도 3은 이때 배기 정화 촉매(13)에 있어서 행해지는 개질 작용을 도해적으로 도시하고 있다. 도 3에 도시된 바와 같이 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 분사된 탄화수소 HC는 촉매(51)에 의해 탄소수가 적은 라디칼 상태의 탄화수소 HC로 된다.

[0020] 도 4는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 공급 타이밍과 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 변화를 나타내고 있다. 또한, 이 공연비(A/F)_{in}의 변화는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스 중의 탄화수소의 농도 변화에 의존하고 있으므로 도 4에 도시되는 공연비(A/F)_{in}의 변화는 탄화수소의 농도 변화를 표현하고 있다고도 할 수 있다. 단, 탄화수소 농도가 높아지면 공연비(A/F)_{in}은 작아지므로 도 4에 있어서는 공연비(A/F)_{in}이 리치측으로 될수록 탄화수소 농도가 높아지고 있다.

[0021] 도 5는, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 주기적으로 변화시킴으로써 도 4에 도시된 바와 같이 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}을 변화시켰을 때의 배기 정화 촉매(13)에 의한 NO_x 정화율을 배기 정화 촉매(13)의 각 촉매 온도 TC에 대하여 나타내고 있다. 본 발명자는 긴 기간에 걸쳐 NO_x 정화에 관한 연구를 거듭하고 있으며, 그 연구 과정에 있어서, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키면, 도 5에 도시된 바와 같이 400℃ 이상의 고온 영역에서도 지극히 높은 NO_x 정화율이 얻어지는 것이 판명된 것이다.

[0022] 또한 이때에는 질소 및 탄화수소를 포함하는 다량의 환원성 중간체가 염기성 층(53)의 표면 상에, 즉 배기 정화 촉매(13)의 염기성 배기 가스 유통 표면 부분(54) 상에 보유 유지 또는 계속 흡착되고 있어, 이 환원성 중간체가 고NO_x 정화율을 얻는 데 있어서 중심적 역할을 하고 있는 것이 판명된 것이다. 이어서 이에 대하여 도 6a 및 도 6b를 참조하면서 설명한다. 또한, 이들 도 6a 및 도 6b는 배기 정화 촉매(13)의 촉매 담체(50)의 표면 부분을 도해적으로 도시하고 있고, 이들 도 6a 및 도 6b에는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 했을 때에 발생한다고 추측되는 반응이 도시되어 있다.

[0023] 도 6a는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 낮을 때를 나타내고 있고, 도 6b는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소가 공급되어 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 높아지고 있을 때를 나타내고 있다.

[0024] 그런데, 도 4로부터 알 수 있는 바와 같이 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스의 공연비는 일순을 제외하고 린으로 유지되고 있으므로 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스는 통상 산소 과잉의 상태에 있다. 따

라서 배기 가스 중에 포함되는 NO는 도 6a에 도시된 바와 같이 백금(51) 상에 있어서 산화되어 NO₂로 되고, 계속하여 이 NO₂는 더 산화되어 NO₃로 된다. 또한, NO₂의 일부는 NO₂⁻로 된다. 이 경우, NO₃의 생성량이 NO₂⁻의 생성량보다도 훨씬 많다. 따라서 백금 Pt(51) 상에는 다량의 NO₃와 소량의 NO₂⁻가 생성되게 된다. 이들 NO₃ 및 NO₂⁻는 활성이 강하여, 이하 이들 NO₃ 및 NO₂⁻를 활성 NO_x^{*}라고 칭한다.

[0025] 한편, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소가 공급되면 도 3에 도시된 바와 같이 이 탄화수소는 배기 정화 촉매(13) 내에서 개질되어, 라디칼로 된다. 그 결과, 도 6b에 도시된 바와 같이 활성 NO_x^{*} 주위의 탄화수소 농도가 높아진다. 그런데 활성 NO_x^{*}이 생성된 후, 활성 NO_x^{*} 주위의 산소 농도가 높은 상태가 일정 시간 이상 계속되면 활성 NO_x^{*}은 산화되어, 질산 이온 NO₃⁻의 형태로 염기성 층(53) 내로 흡수된다. 그러나 이 일정 시간이 경과하기 전에 활성 NO_x^{*} 주위의 탄화수소 농도가 높게 되면 도 6b에 도시된 바와 같이 활성 NO_x^{*}는 백금(51) 상에 있어서 라디칼 상태의 탄화수소 HC와 반응하여, 그에 의해 환원성 중간체가 생성된다. 이 환원성 중간체는 염기성 층(53)의 표면 상에 부착 또는 흡착된다.

[0026] 또한, 이때 최초로 생성되는 환원성 중간체는 니트로 화합물 R-NO₂라고 생각된다. 이 니트로 화합물 R-NO₂는 생성되면 니트릴 화합물 R-CN이 되지만 이 니트릴 화합물 R-CN은 그 상태에서는 순시밖에 존속할 수 없으므로 곧 이소시아네이트 화합물 R-NCO로 된다. 이 이소시아네이트 화합물 R-NCO는 가수분해하면 아민 화합물 R-NH₂로 된다. 단 이 경우, 가수분해되는 것은 이소시아네이트 화합물 R-NCO의 일부라고 생각된다. 따라서 도 6b에 도시된 바와 같이 염기성 층(53)의 표면 상에 보유 유지 또는 흡착되어 있는 환원성 중간체의 대부분은 이소시아네이트 화합물 R-NCO 및 아민 화합물 R-NH₂라고 생각된다.

[0027] 한편, 도 6b에 도시된 바와 같이 생성된 환원성 중간체 주위를 탄화수소 HC가 둘러싸고 있으면 환원성 중간체는 탄화수소 HC에 저지되어 그 이상 반응이 진행되지 않는다. 이 경우, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 저하되고, 그에 의하여 산소 농도가 높아지면 환원성 중간체 주위의 탄화수소는 산화된다. 그 결과, 도 6a에 도시된 바와 같이 환원성 중간체와 활성 NO_x^{*}이 반응하게 된다. 이때 활성 NO_x^{*}은 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂와 반응하여 N₂, CO₂, H₂O로 되고, 이렇게 하여 NO_x가 정화되게 된다.

[0028] 이렇게 배기 정화 촉매(13)에서는, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 높게 함으로써 환원성 중간체가 생성되고, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 낮게 하고 산소 농도를 높임으로써 활성 NO_x^{*}이 환원성 중간체와 반응하여, NO_x가 정화된다. 즉, 배기 정화 촉매(13)에 의해 NO_x를 정화하기 위해서는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 주기적으로 변화시킬 필요가 있다.

[0029] 물론, 이 경우, 환원성 중간체를 생성하기 위하여 충분히 높은 농도까지 탄화수소의 농도를 높일 필요가 있고, 생성된 환원성 중간체를 활성 NO_x^{*}와 반응시키는 데 충분히 낮은 농도까지 탄화수소의 농도를 저하시킬 필요가 있다. 즉, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭으로 진동시킬 필요가 있다. 또한, 이 경우, 생성된 환원성 중간체가 활성 NO_x^{*}과 반응할 때까지 충분한 양의 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂를 염기성 층(53) 상에, 즉 염기성 배기 가스 유통 표면 부분(54) 상에 보유 유지해 두어야 하며, 그 때문에 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분(54)이 설치되어 있다.

[0030] 한편, 탄화수소의 공급 주기를 길게 하면 탄화수소가 공급된 후, 다음에 탄화수소가 공급될 때까지의 동안에 있어서 산소 농도가 높아지는 기간이 길어지고, 따라서 활성 NO_x^{*}은 환원성 중간체를 생성하지 않고 질산염의 형태로 염기성 층(53) 내로 흡수되게 된다. 이를 피하기 위해서는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키는 것이 필요해진다.

[0031] 따라서 본 발명에 의한 실시예에서는, 배기 가스 중에 포함되는 NO_x와 개질된 탄화수소를 반응시켜 질소 및 탄화수소를 포함하는 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂를 생성하기 위하여 배기 정화 촉매(13)의 배기 가스 유통 표면

상에는 귀금속 촉매(51, 52)가 담지되어 있고, 생성된 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂를 배기 정화 촉매(13) 내에 보유 유지해 두기 위하여 귀금속 촉매(51, 52) 주위에는 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분(54)이 형성되어 있고, 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분(54) 상에 보유 유지된 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂의 환원 작용에 의해 NO_x가 환원되고, 탄화수소 농도의 진동 주기는 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂를 계속하여 생성하기 위하여 필요한 진동 주기로 된다. 즉 도 4에 도시되는 예에서는 분사 간격이 3초로 되어 있다.

[0032] 탄화수소 농도의 진동 주기, 즉 탄화수소 HC의 공급 주기를 상술한 미리 정해진 범위 내의 주기보다도 길게 하면 염기성 층(53)의 표면 상으로부터 환원성 중간체 R-NCO나 R-NH₂가 소멸되고, 이때 백금 Pt(53) 상에 있어서 생성된 활성 NO_x^{*}은 도 7a에 도시된 바와 같이 질산 이온 NO₃⁻의 형태로 염기성 층(53) 내로 확산되어, 질산염이 된다. 즉, 이때에는 배기 가스 중의 NO_x는 질산염의 형태로 염기성 층(53) 내로 흡수되게 된다.

[0033] 한편, 도 7b는 이렇게 NO_x가 질산염의 형태로 염기성 층(53) 내로 흡수되고 있을 때에 배기 정화 촉매(13) 내로 유입하는 배기 가스의 공연비가 이론 공연비 또는 리치로 된 경우를 나타내고 있다. 이 경우에는 배기 가스 중의 산소 농도가 저하하기 때문에 반응이 역방향(NO₃⁻→NO₂)으로 진행되고, 이렇게 하여 염기성 층(53) 내로 흡수되고 있는 질산염은 순차적으로 질산 이온 NO₃⁻로 되어 도 7b에 도시된 바와 같이 NO₂의 형태로 염기성 층(53)으로부터 방출된다. 이어서 방출된 NO₂는 배기 가스 중에 포함되는 탄화수소 HC 및 CO에 의해 환원된다.

[0034] 도 8은 염기성 층(53)의 NO_x 흡수 능력이 포화되기 조금 전에 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}을 일시적으로 리치로 되도록 한 경우를 도시하고 있다. 또한, 도 8에 도시한 예에서는 이 리치 제어의 시간 간격은 1분 이상이다. 이 경우에는 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}이 린일 때에 염기성 층(53) 내로 흡수된 NO_x는 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}이 일시적으로 리치로 되었을 때에 염기성 층(53)으로부터 한번에 방출되어 환원된다. 따라서 이 경우에는 염기성 층(53)은 NO_x를 일시적으로 흡수하기 위한 흡수제의 역할을 하고 있다.

[0035] 또한, 이때 염기성 층(53)이 NO_x를 일시적으로 흡착하는 경우도 있고, 따라서 흡수 및 흡착 모두를 포함하는 용어로서 흡장이라는 용어를 사용하면 이때 염기성 층(53)은 NO_x를 일시적으로 흡장하기 위한 NO_x 흡장제의 역할을 하고 있는 것이 된다. 즉, 이 경우에는, 기관 흡기 통로, 연소실(2) 및 배기 정화 촉매(13) 상류의 배기 통로 내로 공급된 공기 및 연료(탄화수소)의 비를 배기 가스의 공연비라고 칭하면, 배기 정화 촉매(13)는, 배기 가스의 공연비가 린일 때에는 NO_x를 흡장하고, 배기 가스 중의 산소 농도가 저하하면 흡장한 NO_x를 방출하는 NO_x 흡장 촉매로서 기능하고 있다.

[0036] 도 9는, 배기 정화 촉매(13)를 이와 같이 NO_x 흡장 촉매로서 기능시켰을 때의 NO_x 정화율을 나타내고 있다. 또한, 도 9의 횡축은 배기 정화 촉매(13)의 촉매 온도 TC를 나타내고 있다. 배기 정화 촉매(13)를 NO_x 흡장 촉매로서 기능시킨 경우에는 도 9에 도시된 바와 같이 촉매 온도 TC가 300℃ 내지 400℃일 때에는 지극히 높은 NO_x 정화율이 얻어지지만 촉매 온도 TC가 400℃ 이상의 고온이 되면 NO_x 정화율이 저하한다.

[0037] 이렇게 촉매 온도 TC가 400℃ 이상이 되면 NO_x 정화율이 저하하는 것은, 촉매 온도 TC가 400℃ 이상이 되면 질산염이 열 분해하여 NO₂의 형태로 배기 정화 촉매(13)로부터 방출되기 때문이다. 즉, NO_x를 질산염의 형태로 흡장하고 있는 한, 촉매 온도 TC가 높을 때에 높은 NO_x 정화율을 얻는 것은 곤란하다. 그러나 도 4 내지 도 6a, 도 6b에 도시되는 새로운 NO_x 정화 방법에서는 도 6a, 도 6b로부터 알 수 있는 바와 같이 질산염은 생성되지 않거나 혹은 생성되어도 극히 미량이며, 이렇게 하여 도 5에 도시된 바와 같이 촉매 온도 TC가 높을 때에도 높은 NO_x 정화율이 얻어지게 된다.

[0038] 따라서 본 발명에서는, 탄화수소를 공급하기 위한 탄화수소 공급 밸브(15)를 기관 배기 통로 내에 배치하고, 탄화수소 공급 밸브(15) 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스 중에 포함되는 NO_x와 개질된 탄화수소를 반응시키기 위한 배기 정화 촉매(13)를 배치하고, 배기 정화 촉매(13)의 배기 가스 유통 표면 상에는 귀금속 촉매(51, 52)가 담지되어 있는 동시에 귀금속 촉매(51, 52) 주위에는 염기성의 배기 가스 유통 표면 부분(54)이 형성되어

있고, 배기 정화 촉매(13)는, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 를 환원하는 성질을 갖는 동시에, 탄화수소 농도의 진동 주기를 이 미리 정해진 범위보다도 길게 하면 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 의 흡장량이 증대하는 성질을 갖고 있으며, 기관 운전 시에 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도를 미리 정해진 범위 내의 진폭 및 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동시키고, 그것에 의해 배기 가스 중에 포함되는 NO_x 를 배기 정화 촉매(13)에 있어서 환원하도록 하고 있다.

[0039] 즉, 도 4 내지 도 6a, 도 6b에 도시되는 NO_x 정화 방법은, 귀금속 촉매를 담지하고 또한 NO_x 를 흡수할 수 있는 염기성 층을 형성한 배기 정화 촉매를 사용한 경우에 있어서, 거의 질산염을 형성하지 않고 NO_x 를 정화하도록 한 새로운 NO_x 정화 방법이라고 할 수 있다. 실제로, 이 새로운 NO_x 정화 방법을 사용한 경우에는 배기 정화 촉매(13)를 NO_x 흡장 촉매로서 기능시킨 경우에 비하여, 염기성 층(53)으로부터 검출되는 질산염은 극히 미량이다. 또한, 이 새로운 NO_x 정화 방법을 이하, 제1 NO_x 정화 방법이라고 칭한다.

[0040] 이어서 도 10 내지 도 15를 참조하면서 이 제1 NO_x 정화 방법에 대하여 좀더 상세하게 설명한다.

[0041] 도 10은 도 4에 도시되는 공연비(A/F)_{in}의 변화를 확대하여 도시하고 있다. 또한, 전술한 바와 같이 이 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 변화는 동시에 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화를 나타내고 있다. 또한, 도 10에 있어서 ΔH 는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소 HC의 농도 변화의 진폭을 나타내고 있으며, ΔT 는 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소 농도의 진동 주기를 나타내고 있다.

[0042] 또한 도 10에 있어서 (A/F)_b는 기관 출력을 발생시키기 위한 연소 가스의 공연비를 나타내는 베이스 공연비를 표현하고 있다. 바꾸어 말하면 이 베이스 공연비(A/F)_b는 탄화수소의 공급을 정지했을 때에 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스의 공연비를 표현하고 있다. 한편, 도 10에 있어서 X는, 생성된 활성 NO_x^* 이 질산염의 형태로 염기성 층(53) 내에 흡장되지 않고 환원성 중간체의 생성을 위하여 사용되는 공연비(A/F)_{in}의 상한을 나타내고 있으며, 활성 NO_x^* 과 개질된 탄화수소를 반응시켜 환원성 중간체를 생성시키기 위해서는 공연비(A/F)_{in}을 이 공연비의 상한 X보다도 낮게 하는 것이 필요해진다.

[0043] 다른 표현을 하면 도 10의 X는 활성 NO_x^* 과 개질된 탄화수소를 반응시켜 환원성 중간체를 생성시키는 데 필요한 탄화수소의 농도의 하한을 나타내고 있으며, 환원성 중간체를 생성하기 위해서는 탄화수소의 농도를 이 하한 X보다도 높게 할 필요가 있다. 이 경우, 환원성 중간체가 생성되는지의 여부는 활성 NO_x 주위의 산소 농도와 탄화수소 농도의 비율, 즉 공연비(A/F)_{in}으로 결정되고, 환원성 중간체를 생성하는 데 필요한 상술한 공연비의 상한 X를 이하, 요구 최소 공연비라고 칭한다.

[0044] 도 10에 도시되는 예에서는 요구 최소 공연비 X가 리치로 되어 있고, 따라서 이 경우에는 환원성 중간체를 생성하기 위하여 공연비(A/F)_{in}이 순시적으로 요구 최소 공연비 X 이하로, 즉 리치로 된다. 이에 반하여, 도 11에 도시되는 예에서는 요구 최소 공연비 X가 린으로 되어 있다. 이 경우에는 공연비(A/F)_{in}을 린으로 유지하면서 공연비(A/F)_{in}을 주기적으로 저하시킴으로써 환원성 중간체가 생성된다.

[0045] 이 경우, 요구 최소 공연비 X가 리치로 될지 린으로 될지는 배기 정화 촉매(13)의 산화력에 의한다. 이 경우, 배기 정화 촉매(13)는, 예를 들어 귀금속(51)의 담지량을 증대시키면 산화력이 강해지고, 산성을 강화하면 산화력이 강해진다. 따라서 배기 정화 촉매(13)의 산화력은 귀금속(51)의 담지량이나 산성의 강도에 따라 변화하게 된다.

[0046] 그런데, 산화력이 강한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에 도 11에 도시된 바와 같이 공연비(A/F)_{in}을 린으로 유지하면서 공연비(A/F)_{in}을 주기적으로 저하시키면, 공연비(A/F)_{in}을 저하시켰을 때에 탄화수소가 완전히 산화되어 버려, 그 결과 환원성 중간체를 생성할 수 없게 된다. 이에 반하여, 산화력이 강한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에 도 10에 도시된 바와 같이 공연비(A/F)_{in}을 주기적으로 리치로 하면 공연비(A/F)_{in}이 리치로 되었

을 때에 일부의 탄화수소는 완전히 산화되지 않고 부분 산화되고, 즉 탄화수소가 개질되고, 이렇게 하여 환원성 중간체가 생성되게 된다. 따라서 산화력이 강한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에는 요구 최소 공연비 X 는 리치로 할 필요가 있다.

[0047] 한편, 산화력이 약한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에는 도 11에 도시된 바와 같이 공연비 $(A/F)_{in}$ 을 린으로 유지하면서 공연비 $(A/F)_{in}$ 을 주기적으로 저하시키면, 일부의 탄화수소는 완전히 산화되지 않고 부분 산화되고, 즉 탄화수소가 개질되고, 이렇게 하여 환원성 중간체가 생성된다. 이에 반하여, 산화력이 약한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에 도 10에 도시된 바와 같이 공연비 $(A/F)_{in}$ 을 주기적으로 리치로 하면 다량의 탄화수소는 산화되지 않고 그저 배기 정화 촉매(13)로부터 배출됨으로써, 이렇게 하여 불필요하게 소비되는 탄화수소량이 증대하게 된다. 따라서 산화력이 약한 배기 정화 촉매(13)를 사용한 경우에는 요구 최소 공연비 X 는 린으로 할 필요가 있다.

[0048] 즉, 요구 최소 공연비 X 는 도 12에 도시된 바와 같이 배기 정화 촉매(13)의 산화력이 강해질수록 저하시킬 필요가 있는 것을 알 수 있다. 이렇게 요구 최소 공연비 X 는 배기 정화 촉매(13)의 산화력에 의해 린으로 되거나, 혹은 리치로 되거나 하지만, 이하 요구 최소 공연비 X 가 리치인 경우를 예로 들어, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이나 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소 농도의 진동 주기에 대하여 설명한다.

[0049] 그런데, 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 커지면, 즉 탄화수소가 공급되기 전의 배기 가스 중의 산소 농도가 높아지면 공연비 $(A/F)_{in}$ 을 요구 최소 공연비 X 이하로 하는 데 필요한 탄화수소의 공급량이 증대하고, 그것에 수반하여 환원성 중간체의 생성에 기여하지 않았던 잉여의 탄화수소량도 증대한다. 이 경우, NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는 전술한 바와 같이 이 잉여의 탄화수소를 산화시킬 필요가 있고, 따라서 NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는 잉여의 탄화수소량이 많을수록 다량의 산소가 필요해진다.

[0050] 이 경우, 배기 가스 중의 산소 농도를 높이면 산소량을 증대할 수 있다. 따라서 NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는, 탄화수소가 공급되기 전의 배기 가스 중의 산소 농도가 높을 때에는 탄화수소 공급 후의 배기 가스 중의 산소 농도를 높일 필요가 있다. 즉, 탄화수소가 공급되기 전의 배기 가스 중의 산소 농도가 높을수록 탄화수소 농도의 진폭을 크게 할 필요가 있다.

[0051] 도 13은 동일한 NO_x 정화율이 얻어질 때의, 탄화수소가 공급되기 전의 배기 가스 중의 산소 농도와 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 의 관계를 나타내고 있다. 도 13으로부터 동일한 NO_x 정화율을 얻기 위해서는 탄화수소가 공급되기 전의 배기 가스 중의 산소 농도가 높을수록 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 를 증대시킬 필요가 있는 것을 알 수 있다. 즉, 동일한 NO_x 정화율을 얻기 위해서는 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 높아질수록 탄화수소 농도의 진폭 ΔT 를 증대시키는 것이 필요해진다. 다른 표현을 하면, NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 낮아질수록 탄화수소 농도의 진폭 ΔT 를 감소시킬 수 있다.

[0052] 그런데 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 가장 낮아지는 것은 가속 운전 시이며, 이때 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 가 200ppm 정도 있으면 NO_x 를 양호하게 정화할 수 있다. 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 는 통상 가속 운전 시보다도 크고, 따라서 도 14에 도시된 바와 같이 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 가 200ppm 이상이면 양호한 NO_x 정화율을 얻을 수 있게 된다.

[0053] 한편, 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 가장 높을 때에는 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 를 10000ppm 정도로 하면 양호한 NO_x 정화율이 얻어지는 것을 알고 있다. 따라서 본 발명에서는 탄화수소 농도의 진폭의 미리 정해진 범위가 200ppm 내지 10000ppm로 되어 있다.

[0054] 또한, 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 가 길어지면 탄화수소가 공급된 후, 다음에 탄화수소가 공급되는 동안, 활성 NO_x^* 주위의 산소 농도가 높아진다. 이 경우, 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 가 5초 정도보다도 길어지면 활성 NO_x^* 이 질산염의 형태로 염기성 층(53) 내로 흡수되기 시작하고, 따라서 도 15에 도시된 바와 같이 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 가 5초 정도보다도 길어지면 NO_x 정화율이 저하하게 된다. 따라서 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 는 5초 이하로 할 필요가 있다.

- [0055] 한편, 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 가 거의 0.3초 이하로 되면 공급된 탄화수소가 배기 정화 촉매(13)의 배기 가스 유통 표면 상에 퇴적하기 시작하고, 따라서 도 15에 도시된 바와 같이 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 가 거의 0.3초 이하로 되면 NO_x 정화율이 저하한다. 따라서 본 발명에서는 탄화수소 농도의 진동 주기가 0.3초 내지 5초 사이로 되어 있다.
- [0056] 이어서 도 16 내지 도 19를 참조하면서 배기 정화 촉매(13)를 NO_x 흡장 촉매로서 기능시킨 경우의 NO_x 정화 방법에 대하여 구체적으로 설명한다. 이렇게 배기 정화 촉매(13)를 NO_x 흡장 촉매로서 기능시킨 경우의 NO_x 정화 방법을 이하, 제2 NO_x 정화 방법이라고 칭한다.
- [0057] 이 제2 NO_x 정화 방법에서는 도 16에 도시된 바와 같이 염기성 층(53)에 흡장된 흡장 NO_x 량 ΣNOX 가 미리 정해진 허용량 MAX를 초과했을 때에 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 일시적으로 리치로 된다. 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 리치로 되면 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 린일 때에 염기성 층(53) 내에 흡장된 NO_x 가 염기성 층(53)으로부터 한번에 방출되어 환원된다. 그에 의하여 NO_x 가 정화된다.
- [0058] 흡장 NO_x 량 ΣNOX 는 예를 들어 기관으로부터 배출되는 NO_x 량으로부터 산출된다. 본 발명에 의한 실시예에서는 기관으로부터 단위 시간당 배출되는 배출 NO_x 량 NOXA 가 기관 출력 토크 T_e 및 기관 회전수 N 의 함수로서 도 17에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있고, 이 배출 NO_x 량 NOXA 로부터 흡장 NO_x 량 ΣNOX 가 산출된다. 이 경우, 전술한 바와 같이 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 리치로 되는 주기는 통상 1분 이상이다.
- [0059] 이 제2 NO_x 정화 방법에서는 도 18에 도시된 바와 같이 연소실(2) 내에 연료 분사 밸브(3)로부터 출력 발생용 연료 Q 외에, 추가의 연료 WR 을 분사함으로써 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 리치로 된다. 또한, 도 18의 횡축은 크랭크각을 나타내고 있다. 이 추가의 연료 WR 은 연소는 하지만 기관 출력으로 되어 나타나지 않는 시기에, 즉 압축 상사점 후 ATDC 90° 바로 전에 분사된다. 이 연료량 WR 은 기관 출력 토크 T_e 및 기관 회전수 N 의 함수로서 도 19에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있다. 물론, 이 경우 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 공급량을 증대시킴으로써 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 을 리치로 할 수도 있다.
- [0060] 그런데, 다시 제1 NO_x 정화 방법에 관한 설명으로 되돌아가면, 제1 NO_x 정화 방법을 사용하여 NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는 전술한 바와 같이 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 및 진동 주기 ΔT 를 적절하게 제어할 필요가 있다. 즉, 제1 NO_x 정화 방법을 사용하여 NO_x 를 양호하게 정화하기 위해서는, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비 $(A/F)_{in}$ 이 요구 최소 공연비 X 이하로 되도록 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 를 제어하고, 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 를 0.3초 내지 5초 사이로 제어할 필요가 있다.
- [0061] 이 경우, 본 발명에서는 탄화수소 농도의 진폭 ΔH 는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 제어함으로써 제어되고, 탄화수소 농도의 진동 주기 ΔT 는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기를 제어함으로써 제어된다. 이 경우, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량은, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 시간 또는 분사압 중 적어도 한쪽을 제어함으로써 제어 가능하다. 그러나 이하, 분사압을 일정하게 보유 유지하면서 분사 시간을 제어함으로써 분사량을 제어하도록 한 경우를, 예로 들어 본 발명에 관한 설명을 행하기로 한다.
- [0062] 그런데, 본 발명에 의한 실시예에서는, 기관의 운전 상태에 따른 최적의 스로틀 밸브(10)의 개방도 및 최적의 EGR 제어 밸브(17)의 개방도가 미리 실험에 의해 구해지고 있으며, 또한 스로틀 밸브(10) 및 EGR 제어 밸브(17)가 각각 최적의 개방도로 되어 있을 때에 얻어지는 최적의 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 도 미리 실험에 의해 구해지고 있다. 도 20a에는 이 실험에 의해 구해진 최적의 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 T_e 의 함수로서 나타나고 있다. 또한, 도 20a에 있어서의 각 실선은, 각각 수치로 나타나고 있는 공연비의 등공연비선을 나타내고 있다.
- [0063] 기관 운전 시에는, 기관으로부터 배출되는 배기 가스의 공연비가 도 20a에 도시되는 최적의 베이스 공연비 $(A/F)_b$ 가 되도록, 연료 분사 밸브(3)로부터의 연료 분사량이 제어된다. 또한, 도 20a에 도시되는 최적의 베이스

스 공연비(A/F)_b는, 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 Te의 함수로서 도 20b에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있다.

[0064] 또한, 제1 NO_x 정화 방법에 의한 NO_x 정화 작용이 행해지고 있을 때에 가장 높은 NO_x 정화율이 얻어지는 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT와 최적의 탄화수소 분사 시간 WT가 실험에 의해 미리 구해지고 있다. 도 21a에는 이 실험에 의해 구해진 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT가 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 Te의 함수로서 나타내고 있다. 또한, 도 21a에 있어서의 각 실선은 등 탄화수소 분사 주기를 나타내져 있다. 도 21a로부터 알 수 있는 바와 같이, 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT는 기관 회전수 N이 낮아질수록 짧아지고, 기관 출력 토크 Te가 높아질수록 짧아진다.

[0065] 도 21a에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT는, 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 Te의 함수로서 도 21b에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있다. 또한, 실험에 의해 구해진 최적의 탄화수소 분사 시간 WT도, 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 Te의 함수로서 도 20c에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있다.

[0066] 도 22a는, 탄화수소 분사 주기를 도 21b에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT로 하고, 탄화수소 분사 시간을 도 21c에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 시간 WT로 했을 때의 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 변화를 나타내고 있으며, 도 22b는 이때 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출되는 공연비의 변화를 나타내고 있다. 도 22a 및 도 22b로부터 알 수 있는 바와 같이, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r은 리치로 되어 있는 것에 반하여, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비의 리치측 피크 공연비(A/F)_p는 린으로 되어 있다. 이것은, 공급된 탄화수소의 일부가 배기 정화 촉매(13)에 일단 부착된 후에 시간차를 갖고 증발하고, 그것에 의해 배기 정화 촉매(13)로부터 유출되는 배기 가스의 공연비의 변화가 평활화되므로 공연비의 피크값이 작아지기 때문이라고 생각된다.

[0067] 탄화수소 분사 주기가 도 21b에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT로 되고, 탄화수소 분사 시간이 도 21c에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 시간 WT로 되었을 때에 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출되는 리치측 피크 공연비(A/F)_p는 미리 실험에 의해 구해지고 있으며, 미리 실험에 의해 구해지고 있는 이 리치측 피크 공연비(A/F)_p는, 목표 피크 공연비(A/F)_t로서 각 기관 운전 상태에 대하여 미리 기억되어 있다. 본 발명의 실시예에서는, 이 목표 피크 공연비(A/F)_t는 기관 회전수 N 및 기관 출력 토크 Te의 함수로서 도 23에 도시한 바와 같은 맵의 형태로 미리 ROM(32) 내에 기억되어 있다.

[0068] 도 24에, 공연비 센서(23, 24)의 출력 전류 I와 공연비의 관계가 개략적으로 도시되어 있다. 도 24로부터, 공연비 센서(23, 24)의 출력 전류 I는 공연비에 따라 변화하고, 따라서 공연비 센서(23, 24)의 출력 전류 I로부터 공연비를 검출할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0069] 탄화수소 분사 시간이 도 21c에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 시간 WT로부터 어긋나면, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비의 리치측 피크 공연비(A/F)_p도 도 23에 도시되는 목표 피크 공연비(A/F)_t로부터 어긋난다. 이때 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 도 23에 도시되는 목표 피크 공연비(A/F)_t로 되도록 탄화수소 분사 시간을 제어하면, 탄화수소 분사 시간은 도 21c에 도시되는 최적의 탄화수소 분사 시간 WT로 되고, 그 결과 최대의 NO_x 정화율을 확보할 수 있게 된다.

[0070] 이와 같이, 배기 정화 촉매(13)에 하류측 공연비 센서(24)를 배치하면 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 기초하여 탄화수소 분사 시간을 최적의 탄화수소 분사 시간으로 제어하는 것이 가능하게 된다. 따라서 본 발명에서는, 배기 정화 촉매(13) 하류의 기관 배기 통로 내에 배기 가스의 공연비를 검출하기 위한 하류측 공연비 센서(24)를 배치하고, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 제어된다.

[0071] 좀더 구체적으로 설명하면 도 22a에 도시한 바와 같이 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 도 22b에 도시된 바와 같이 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비도 진동하고 있으며, 이 경우, 본 발명에 의한 실시예에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 미리

정해진 공연비(A/F)_i보다도 린측으로 되었을 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 증대되고, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 미리 정해진 공연비(A/F)_i보다도 리치측으로 되었을 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 감소된다.

[0072] 이어서, 도 25에 도시되는 기관의 운전 제어 루틴에 대하여 설명한다. 또한, 이 루틴은 일정 시간마다의 인터럽트에 의해 실행된다. 도 25를 참조하면 우선 처음에 스텝 60에 있어서 온도 센서(25)의 출력 신호로부터 배기 정화 촉매(13)의 온도 TC가 활성화 온도 TCo를 초과하고 있는지의 여부가 판별된다. TC<TCo일 때, 즉 배기 정화 촉매(13)가 활성화되어 있지 않을 때에는 제2 NO_x 정화 방법을 사용해야 한다고 판단되어, 스텝 61로 진행된다. 스텝 61에서는 도 17에 도시하는 맵으로부터 단위 시간당 배출 NO_x량 NOXA가 산출된다. 계속하여, 스텝 62에서는 ΣNOX에 배출 NO_x량 NOXA를 가산함으로써 흡장 NO_x량 ΣNOX가 산출된다. 계속하여 스텝 63에서는 흡장 NO_x량 ΣNOX가 허용값 MAX를 초과했는지의 여부가 판별된다.

[0073] 스텝 63에 있어서 ΣNOX≤MAX라고 판단되었을 때에는 스텝 64로 진행되어 연료 분사 밸브(3)로부터의 연료 분사 처리가 행해진다. 이때에는 기관의 운전 상태에서부터 정해지는 미리 정해진 린 공연비로 되도록 연료 분사 밸브(3)로부터 연료가 분사된다. 이에 반하여, 스텝 63에 있어서 ΣNOX>MAX라고 판별되었을 때에는 스텝 65로 진행되어 리치 제어 I가 행해진다. 즉, 도 19에 도시하는 맵으로부터 추가의 연료량 WR이 산출되어, 추가의 연료의 분사 작용이 행해진다. 이때 배기 정화 촉매(13)로부터 흡장된 NO_x가 방출된다. 계속하여 스텝 66에서는 ΣNOX가 클리어된다.

[0074] 한편, 스텝 60에 있어서 TC≥TCo가 되었다고 판단되었을 때, 즉 배기 정화 촉매(13)가 활성화되었을 때에는 스텝 67로 진행되어, 전회의 인터럽트 시에는 TC<TCo이었던지의 여부가 판별된다. 전회의 인터럽트 시에는 TC<TCo이었을 때, 즉, 지금 배기 정화 촉매(13)가 활성화되었을 때에는 스텝 68로 진행되어 리치 제어 II가 실행된다. 이때에도 도 19에 도시하는 맵으로부터 추가의 연료량 WR이 산출되고, 추가의 연료의 분사 작용이 행해져 배기 정화 촉매(13)로부터 흡장된 NO_x가 방출된다. 계속하여, 스텝 69에서는 ΣNOX가 클리어된다.

[0075] 이에 반하여, 전회의 인터럽트 시에도 TC≥TCo이었을 때에는, 즉 배기 정화 촉매(13)가 이미 활성화되어 있을 때에는 스텝 70으로 진행되어 운전 제어 I가 실행된다. 이 운전 제어 I에서는, 본 발명에 의한 제1 NO_x 정화 방법에 의한 NO_x 정화 작용이 행해진다. 즉, 배기 정화 촉매(13)가 활성화되어 있지 않을 때에는 제2 NO_x 정화 방법에 의한 NO_x 정화 작용이 행해지고 있고, 배기 정화 촉매(13)가 활성화되면 제2 NO_x 정화 방법으로부터 제1 NO_x 정화 방법으로 전환된다.

[0076] 제2 NO_x 정화 방법으로부터 제1 NO_x 정화 방법으로 전환되었을 때에 배기 정화 촉매(13)에 NO_x가 흡장되어 있으면, 배기 정화 촉매(13)로부터 흡장되어 있는 NO_x가 환원되지 않고 한번에 방출된다. 따라서 도 25에 도시하는 예에서는, 이렇게 배기 정화 촉매(13)로부터 흡장되어 있는 NO_x가 환원되지 않고 한번에 방출되는 것을 저지하기 위해, 제2 NO_x 정화 방법으로부터 제1 NO_x 정화 방법으로 전환되기 직전에 스텝 68에 있어서 제2 NO_x 정화 방법에 의해 배기 정화 촉매(13)로부터 흡장 NO_x를 방출시키기 위한 리치 제어 II가 행해진다.

[0077] 이어서, 스텝 70에 있어서 행해지는 운전 제어 I, 즉 제1 NO_x 정화 방법에 의한 NO_x 정화 작용에 대하여 설명한다. 도 26 및 도 27은 이 운전 제어 I의 제1 실시예를 도시하고 있다.

[0078] 도 26을 참조하면, 우선 처음에 스텝 80에 있어서 도 20b에 도시되는 맵으로부터 베이스 공연비의 목표값, 즉 목표 공연비(A/F)_b가 산출된다. 계속하여 스텝 81에서는 흡입 공기량 검출기(8)의 출력 신호로부터 흡입 공기량 GA가 산출된다. 계속하여 스텝 82에서는 이들 목표 공연비(A/F)_b 및 흡입 공기량 GA로부터 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 하는 데 필요한 연료 분사 밸브(3)로부터의 출력 발생용 연료 분사량 Q가 산출된다. 계속하여 스텝 83에서는 이 연료 분사량 Q로부터 연료 분사 시간 QT가 산출되고, 계속하여 스텝 84에서는 이 연료 분사 시간 QT에 따라 연료 분사 밸브(3)로부터 연료를 분사하는 연료 분사 처리가 행해진다.

[0079] 계속하여 스텝 85에서는 도 21b에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT가 산출된다. 계속하여 스텝 86에서는 도 21c에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 시간 WT가 산출된다. 계속하여 스텝 87에

서는 도 23에 도시되는 맵으로부터 목표 피크 공연비(A/F)_t가 산출된다. 계속하여 스텝 88에서는 하류측 공연비 센서(24)의 출력으로부터 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 검출된다.

[0080] 계속해서, 스텝 89에서는 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t에 작은 일정값 α 를 가산한 값보다도 큰지의 여부가 판별된다. (A/F)_p>(A/F)_t+ α 일 때에는 스텝 90으로 진행되어 탄화수소 분사 시간 WT에 대한 보정 계수 K에 일정값 ΔK 가 가산된다. 계속하여 스텝 93으로 진행되어 탄화수소 분사 시간 WT에 보정 계수 K를 승산한 값(K·WT)이 최종적인 탄화수소 분사 시간 WT0로 된다.

[0081] 한편, 스텝 89에 있어서 (A/F)_p>(A/F)_t+ α 가 아니라고 판단되었을 때에는 스텝 91로 진행되어 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로부터 일정값 α 를 감산한 값보다도 작은지의 여부가 판별된다. (A/F)_p<(A/F)_t- α 일 때에는 스텝 92로 진행되어 보정 계수 K로부터 일정값 ΔK 가 감산되고, 스텝 93으로 진행된다. 계속하여 스텝 94에서는 최종적인 탄화수소 분사 시간 WT0에 따라 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소를 분사하는 탄화수소 분사 처리가 행해진다.

[0082] 이렇게 이 실시예에서는 (A/F)_p>(A/F)_t+ α 일 때에는 탄화수소 분사 시간이 증대되고, (A/F)_p<(A/F)_t- α 일 때에는 탄화수소 분사 시간이 감소되므로 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t에 일치되게 된다. 그 결과 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 있게 된다.

[0083] 그런데, 이 운전 제어 I의 제1 실시예에서는, 흡입 공기량 검출기(8)에 의해 검출된 흡입 공기량 GA에 기초하여, 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 하는 데 필요한 출력 발생용 연료 분사량 Q가 산출되고, 이 연료 분사량 Q로부터 연료 분사 시간 QT가 산출된다. 이 경우, 흡입 공기량 검출기(8)가 정상으로 작동하는 한, 베이스 공연비는 목표 공연비(A/F)_b로 유지된다. 그러나 이 경우, 예를 들어 흡입 공기량 검출기(8)가 열화되어, 흡입 공기량 검출기(8)의 출력 신호가 흡입 공기량을 정확하게 나타내지 않게 되면, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b에 일치하지 않게 된다.

[0084] 한편, 운전 제어 I의 제1 실시예에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로 되도록 탄화수소 공급량이 피드백 제어되고 있으며, 이 경우, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로부터 어긋난 경우에도 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로 되도록 제어된다. 즉, 이 운전 제어 I의 제1 실시예에서는 베이스 공연비가 어긋난 경우에도, 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로 되도록 제어된다.

[0085] 그러나, 가장 높은 NO_x 정화율이 얻어지는 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r은 베이스 공연비에 대하여 정해지고 있으며, 이 가장 높은 NO_x 정화율이 얻어지는 리치측 피크 공연비(A/F)_r은 베이스 공연비가 변화하면 그것에 수반하여 변화한다. 따라서, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b에 대하여 어긋난 경우에는, 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 되돌리는 것이 바람직하게 된다.

[0086] 따라서 도 25의 스텝 70에 나타내는 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 상류측 공연비 센서(23)를 사용하여 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 제어하도록 하고 있다. 즉, 이 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 기관으로부터 배출된 배기 가스의 공연비를 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출하고, 검출된 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 되도록 연료 분사 밸브(3)로부터의 연료 분사 시간 QT를 보정하도록 하고 있다. 이렇게 상류측 공연비 센서(23)를 사용하면, 가령 흡입 공기량 검출기(8)가 열화되었다고 해도, 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 유지할 수 있다.

[0087] 도 28 및 도 29는 이 운전 제어 I의 제2 실시예를 실행하기 위한 루틴을 도시하고 있다. 또한, 이 도 28 및 도 29에 도시되는 루틴에 있어서 스텝 100 내지 103은 도 26의 스텝 80 내지 83과 동일하고, 도 28 및 도 29에 도시되는 루틴에 있어서 스텝 111 내지 120은 도 26 및 도 27의 스텝 85 내지 94와 동일하다.

[0088] 즉, 도 28을 참조하면, 우선 처음에 스텝 100에 있어서 도 20b에 도시되는 맵으로부터 베이스 공연비의 목표값, 즉 목표 공연비(A/F)_b가 산출된다. 계속하여 스텝 101에서는 흡입 공기량 검출기(8)의 출력 신호로부터 흡입

공기량 GA가 산출된다. 계속하여 스텝 102에서는 이들 목표 공연비(A/F)_b 및 흡입 공기량 GA로부터 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 하는 데 필요한 연료 분사 밸브(3)로부터의 출력 발생용 연료 분사량 Q가 산출된다. 계속하여 스텝 103에서는 이 연료 분사량 Q로부터 연료 분사 시간 QT가 산출된다.

[0089] 계속하여 스텝 104에서는 상류측 공연비 센서(23)의 출력에 기초하여, 기관으로부터 배출된 배기 가스의 실제의 공연비(A/F)_a가 검출된다. 계속하여 스텝 105에서는 실제의 공연비(A/F)_a가 목표 공연비(A/F)_b에 작은 일정값 β를 가산한 값보다도 큰지의 여부가 판별된다. (A/F)_a>(A/F)_b+β 일 때에는 스텝 106으로 진행되어 연료 분사 시간 QT에 대한 보정 계수 G에 일정값 ΔG가 가산된다. 계속하여 스텝 106으로 진행되어 연료 분사 시간 QT에 보정 계수 G를 승산한 값(G·QT)이 최종적인 연료 분사 시간 QT0로 된다.

[0090] 한편, 스텝 105에 있어서 (A/F)_a>(A/F)_b+β가 아니라고 판단되었을 때에는 스텝 107로 진행되어 기관으로부터 배출된 배기 가스의 실제의 공연비(A/F)_a가 목표 피크 공연비(A/F)_b로부터 일정값 β를 감산한 값보다도 작은지의 여부가 판별된다. (A/F)_a<(A/F)_b-β 일 때에는 스텝 108로 진행되어 보정 계수 G로부터 일정값 ΔG가 감산되고, 스텝 109로 진행된다. 계속하여 스텝 110에서는 연료 분사 시간 QT0에 따라 연료 분사 밸브(3)로부터 연료를 분사하는 연료 분사 처리가 행해진다.

[0091] 이렇게 이 실시예에서는 (A/F)_a>(A/F)_b+β 일 때에는 연료 분사 시간이 증대되고, (A/F)_a<(A/F)_b-β 일 때에는 연료 분사 시간이 감소되므로 기관으로부터 배출된 배기 가스의 실제의 공연비, 즉 실제의 베이스 공연비(A/F)_a가 목표 공연비(A/F)_b에 일치되게 된다.

[0092] 계속하여 스텝 111에서는 도 21b에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT가 산출된다. 계속하여 스텝 112에서는 도 21c에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 시간 WT가 산출된다. 계속하여 스텝 113에서는 도 23에 도시되는 맵으로부터 목표 피크 공연비(A/FL)_t가 산출된다. 계속하여 스텝 114에서는 하류측 공연비 센서(24)의 출력으로부터 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 검출된다.

[0093] 계속하여 스텝 115에서는 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t에 작은 일정값 α를 가산한 값보다도 큰지의 여부가 판별된다. (A/F)_p>(A/F)_t+α 일 때에는 스텝 116으로 진행되어 탄화수소 분사 시간 WT에 대한 보정 계수 K에 일정값 ΔK가 가산된다. 계속하여 스텝 119로 진행되어 탄화수소 분사 시간 WT에 보정 계수 K를 승산한 값(K·WT)이 최종적인 탄화수소 분사 시간 WT0로 된다.

[0094] 한편, 스텝 115에 있어서 (A/F)_p>(A/F)_t+α가 아니라고 판단되었을 때에는 스텝 117로 진행되어 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로부터 일정값 α를 감산한 값보다도 작은지의 여부가 판별된다. (A/F)_p<(A/F)_t-α 일 때에는 스텝 118로 진행되어 보정 계수 K로부터 일정값 ΔK가 감산되고, 스텝 119로 진행된다. 계속하여 스텝 120에서는 최종적인 탄화수소 분사 시간 WT0에 따라 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소를 분사하는 탄화수소 분사 처리가 행해진다.

[0095] 이렇게 (A/F)_p>(A/F)_t+α 일 때에는 탄화수소 분사 시간이 증대되고, (A/F)_p<(A/F)_t-α 일 때에는 탄화수소 분사 시간이 감소되므로 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t에 일치되게 된다.

[0096] 이렇게 이 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 탄화수소 공급 밸브(15) 상류의 기관 배기 통로 내에 배치된 상류측 공연비 센서(23)의 출력 신호 및 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호의 양쪽에 기초하여, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 제어된다. 이 경우, 이 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 기관으로부터 배출되는 배기 가스의 공연비, 즉 베이스 공연비가 미리 정해진 공연비, 즉 목표 공연비(A/F)_b가 되도록, 상류측 공연비 센서(23)의 출력 신호에 기초하여 기관 연소실(2)에 공급되는 연료의 양이 제어되고, 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 기초하여, 배기 정화 촉매(13)로부터 유출하는 배기 가스의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t로 되도록 제어된다. 즉, 이 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지된 상태에서, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r이 목표 공연비(A/F)_b로 정확하게 제어되므로, 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 있다.

- [0097] 이어서, 도 25의 스텝 70에서 나타내는 운전 제어 I의 제3 실시예에 대하여 설명한다. 이 운전 제어 I의 제3 실시예에서는, 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 실제의 공연비(A/F)_a와, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p를 사용하여, 하기의 식에 기초하여, 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 실제의 공연비(A/F)_a와 목표 공연비(A/F)_b의 차 및 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p와 목표 피크 공연비(A/F)_t의 차로부터, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소 분사 시간 WT0가 산출된다.
- [0098]
$$WT0 \leftarrow WT \cdot [1 + K1 \cdot ((A/F)_a - (A/F)_b) + K2 \cdot ((A/F)_p - (A/F)_t)]$$
- [0099] 여기서, WT는 도 21c의 맵으로부터 산출되는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소 분사 시간이며, K1 및 K2는 정의 상수이다
- [0100] 상기 식으로부터, 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 실제의 공연비(A/F)_a가 목표 공연비(A/F)_b보다도 린측 일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 증대되는 동시에, 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 실제의 공연비(A/F)_a가 목표 공연비(A/F)_b보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 감소되는 것을 알 수 있다. 또한, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t보다도 린측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 증대되는 동시에, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 목표 피크 공연비(A/F)_t보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 감소되는 것을 알았다.
- [0101] 이것에 대하여 좀더 일반적으로 표현하면, 이 운전 제어 I의 제3 실시예에서는, 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키는 동시에 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 감소시키고, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키는 동시에 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 리치측일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 감소시키도록 하고 있다.
- [0102] 도 30은, 도 25의 스텝 70에 있어서 행해지는 운전 제어 I의 제3 실시예의 루틴을 도시하고 있다.
- [0103] 도 30을 참조하면, 우선 처음에 스텝 130에 있어서 도 20b에 도시되는 맵으로부터 베이스 공연비의 목표값, 즉 목표 공연비(A/F)_b가 산출된다. 계속해서, 스텝 131에서는 상류측 공연비 센서(23)에 의해, 기관으로부터 배출된 배기 가스의 실제의 공연비(A/F)_a가 검출된다. 계속하여 스텝 132에서는 흡입 공기량 검출기(8)의 출력 신호로부터 흡입 공기량 GA가 산출된다. 계속하여 스텝 133에서는 이들 목표 공연비(A/F)_b 및 흡입 공기량 GA로부터 베이스 공연비를 목표 공연비(A/F)_b로 하는 데 필요한 연료 분사 밸브(3)로부터의 출력 발생용 연료 분사량 Q가 산출된다. 계속하여 스텝 134에서는 이 연료 분사량 Q로부터 연료 분사 시간 QT가 산출되고, 계속하여 스텝 135에서는 이 연료 분사 시간 QT에 따라서 연료 분사 밸브(3)로부터 연료를 분사하는 연료 분사 처리가 행해진다.
- [0104] 계속하여 스텝 136에서는 도 21b에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 주기 ΔT가 산출된다. 계속하여 스텝 137에서는 도 21c에 도시되는 맵으로부터 최적의 탄화수소 분사 시간 WT가 산출된다. 계속하여 스텝 138에서는 도 23에 도시되는 맵으로부터 목표 피크 공연비(A/F)_t가 산출된다. 계속하여 스텝 139에서는 하류측 공연비 센서(24)의 출력으로부터 실제의 리치측 피크 공연비(A/F)_p가 검출된다. 계속하여 스텝 140에서는 다음 식에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소 분사 시간 WT0가 산출된다.
- [0105]
$$WT0 \leftarrow WT \cdot [1 + K1 \cdot ((A/F)_a - (A/F)_b) + K2 \cdot ((A/F)_p - (A/F)_t)]$$
- [0106] 계속하여 스텝 141에서는 산출된 탄화수소 분사 시간 WT0에 따라 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소를 분사하는 탄화수소 분사 처리가 행해진다.
- [0107] 이어서, 배기 정화 촉매(13)의 고장 진단에 대하여 간단하게 설명한다. 본 발명에 의한 실시예에서는, 도 25에

도시한 바와 같이, 제2 NO_x 정화 방법으로부터 제1 NO_x 정화 방법으로 전환되기 직전에 제2 NO_x 정화 방법에 의해 흡장 NO_x를 방출시키기 위한 리치 제어 II가 행해지고, 이 리치 제어 II가 행해질 때에 배기 정화 장치(13)의 고장 진단, 즉 배기 정화 장치(13)가 열화되었는지의 여부의 판별이 행해진다.

[0108] 도 31은, 이 리치 제어 II가 행해졌을 때의 배기 정화 장치(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a의 변화와 배기 정화 장치(13)로부터의 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e의 변화를 나타내고 있다. 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 리치로 되는 기간 trt는 수 초이며, 이 기간 trt는 흡장 NO_x의 양에 따라 변화된다. (A/F)_{rt}는 리치 제어 II가 행해질 때의 목표 리치 공연비를 나타내고 있으며, 연소실(2) 내로 공급되는 추가의 연료량 WR은, 리치 제어 II가 행해질 때마다 상류측 공연비 센서(23)에 의해 검출된 실제의 공연비(A/F)_a가 목표 리치 공연비(A/F)_{rt}로 되도록 학습 제어된다.

[0109] 한편, 배기 정화 장치(13)는 촉매 내에 산소를 저장해 두는 능력을 갖고 있으며, 이와 같이 배기 정화 장치(13)가 산소 저장 능력을 갖고 있는 경우에는, 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 리치로 되었을 때에 배기 가스 중의 과잉 탄화수소는, 저장되어 있는 산소와 반응하여 산화된다. 이때, 배기 가스 중의 과잉 탄화수소의 산화 작용이 행해지고 있는 동안은, 도 31의 기간 ts로 나타낸 바와 같이 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e는 이론 공연비로 유지된다. 그런데 이 경우, 배기 정화 장치(13)가 열화되면 산소 저장 능력이 저하하고, 산소 저장 능력이 저하하면 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 리치로 되었을 때에, 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 이론 공연비로 유지되는 기간 ts는 짧아진다. 따라서, 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 이론 공연비로 유지되는 기간 ts가 짧아진 점에서 배기 정화 장치(13)가 열화된 것을 검출할 수 있게 된다.

[0110] 이어서, 이 리치 제어 II를 나타내고 있는 도 32 및 도 33에 대하여 설명한다.

[0111] 도 32를 참조하면, 우선 처음에 스텝 150에 있어서 도 18에 도시되는 출력 발생용 연료 분사량 Q가 산출되는 동시에, 도 19에 도시되는 맵으로부터 추가의 연료량 WR이 산출된다. 계속하여 스텝 151에서는 상류측 공연비 센서(23)에 의해 실제의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 검출된다. 계속하여 스텝 152에서는 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 목표 리치 공연비(A/F)_{rt}에 작은 일정값 d를 가산한 값보다도 큰지의 여부가 판별된다. (A/F)_a>(A/F)_{rt}+d일 때에는 스텝 153으로 진행되어 추가의 연료량 WR에 대한 학습값 GR에 일정값 ΔGR이 가산된다. 계속하여 스텝 156으로 진행되어 추가의 연료량 WR에 학습값 GR을 승산한 값(GR·WR)이 최종적인 추가의 연료량 WRO로 된다.

[0112] 한편, 스텝 152에 있어서 (A/F)_a>(A/F)_{rt}+d가 아니라고 판단되었을 때에는 스텝 154로 진행되어 실제의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 목표 피크 공연비(A/F)_{rt}로부터 일정값 α를 감산한 값보다도 작은지의 여부가 판별된다. (A/F)_a<(A/F)_{rt}-d일 때에는 스텝 155로 진행되어 학습값 GR로부터 일정값 ΔGR이 감산되고, 스텝 156으로 진행된다. 계속하여 스텝 157에서는 최종적인 추가의 연료량 WRO에 따라 연료 분사 밸브(3)로부터 연료 분사량 Q 외에, 추가의 연료 WRO를 분사하는 연료 분사 처리가 행해진다.

[0113] 이렇게 (A/F)_a>(A/F)_{rt}+d일 때에는 추가의 연료 WR이 증대되고, (A/F)_a<(A/F)_{rt}-d일 때에는 추가의 연료 WR이 감소되므로 실제의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_a가 목표 리치 공연비(A/F)_{rt}에 일치되게 된다.

[0114] 계속하여 스텝 158에서는 하류측 공연비 센서(24)에 의해 실제의 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 검출된다. 계속하여 스텝 159에서는 실제의 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 이론 공연비에 작은 일정값 h를 가산한 값보다도 작고 또한 이론 공연비로부터 일정값 h를 감산한 값보다도 큰지의 여부, 즉 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 거의 이론 공연비인지의 여부가 판별된다. 배출 배기 가스의 공연비(A/F)_e가 거의 이론 공연비일 때에는 스텝 160으로 진행되어 이론 공연비 계속 시간 Ts에 일정 시간 Δt가 가산된다.

[0115] 계속하여 스텝 161에 있어서 Δt 시간 기다린 후에 스텝 162로 진행되어, 도 31에 있어서 trt로 나타나는 리치 기간이 경과했는지의 여부가 판별된다. 리치 기간이 경과하고 있지 않을 때에는 스텝 150으로 되돌아간다. 즉, 리치 기간이 경과할 때까지는 Δt 시간마다 스텝 150으로 되돌아가게 된다. 이에 반하여, 리치 기간이 경과했을 때에는 스텝 163으로 진행되어 이론 공연비 계속 시간 Ts가 열화 판단 기준 시간 XTs보다도 긴지의 여부

가 판별된다. $T_s > XT_s$ 일 때에는 배기 정화 장치(13)는 열화되어 있지 않다고 판단되어, 스텝 164로 진행되어 T_s 가 클리어된다. 이에 반하여, $T_s \leq XT_s$ 일 때에는 배기 정화 장치(13)는 열화되어 있다고 판단되어, 스텝 165로 진행되어 경보가 발해진다.

[0116] 이어서, 배기 정화 장치, 특히 탄화수소 공급 밸브(15)의 고장 진단에 대하여 설명한다.

[0117] 그런데, 도 28 및 도 29에 도시되는 운전 제어 I의 제2 실시예에서는, 전술한 바와 같이 상류측 공연비 센서(23)의 출력 신호에 기초하여 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지되도록 제어되고, 이렇게 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지된 상태에서, 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 기초하여, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r이 목표 공연비(A/F)_b로 정확하게 제어되므로, 높은 NO_x 정화율을 얻을 수 있다.

[0118] 그런데 이렇게, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지되어, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r이 목표 공연비(A/F)_b로 정확하게 제어되고 있는 경우에는, 배기 정화 장치에 이상이 발생하면, 예를 들어 탄화수소 공급 밸브(15)의 탄화수소 공급 작용에 이상이 발생하면, 그 이상의 영향이 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 민감하게 나타난다. 따라서, 이와 같이, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지되어, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r이 목표 공연비(A/F)_b로 정확하게 제어되고 있을 때에 배기 정화 장치의 고장 진단을 행하면, 배기 정화 장치의 고장을 적확하게 발견할 수 있다.

[0119] 따라서 본 발명에 의한 실시예에서는, 상류측 공연비 센서(23)의 출력 신호 및 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호의 양쪽에 기초하여, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도 변화의 진폭이 미리 정해진 범위 내의 진폭이 되도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량이 제어되고 있을 때에, 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호에 기초하여 배기 정화 장치의 고장 진단을 행하도록 하고 있다.

[0120] 이어서, 배기 정화 장치의 고장으로서, 탄화수소 공급 밸브(15)가 막힌 경우를 예로 들어 배기 정화 장치의 고장 진단 방법에 대하여 설명한다.

[0121] 그런데, 탄화수소 공급 밸브(15)가 막히면 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 공급량이 감소한다. 따라서, 베이스 공연비가 목표 공연비(A/F)_b로 유지되어, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r이 목표 공연비(A/F)_b로 정확하게 제어되고 있는 경우에, 즉 도 28 및 도 29에 도시되는 운전 제어 I의 제2 실시예가 실행되어 있을 때에 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 공급량이 감소하면, 배기 정화 촉매(13)로의 유입 배기 가스의 공연비(A/F)_{in}의 리치측 피크 공연비(A/F)_r을 목표 공연비(A/F)_b에 일치시키기 위해 도 29의 스텝 116, 118, 119에 나타나는 보정 계수 K가 증대된다.

[0122] 이 경우, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 공급량이 감소할수록 보정 계수 K가 증대한다. 즉, 도 34에 도시된 바와 같이 탄화수소 공급 밸브(15)의 막힘량이 증대할수록 보정 계수 K가 증대한다. 따라서, 보정 계수 K의 값으로부터 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혔는지의 여부를 판단할 수 있게 된다. 본 발명에 의한 실시예에서는, 탄화수소 공급 밸브(15)의 막힘량이 허용량 이상으로 될 때의 보정 계수 K의 값이 한계값 XK로서 미리 기억되어 있고, 보정 계수 K의 값이 이 한계값 XK를 초과했을 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)가 막힌 것을 나타내는 경보를 발하도록 하고 있다.

[0123] 이 고장 진단 방법을 사용하는 경우에는, 도 29에 있어서 선택 A로 둘러싸인 흐름도 부분 대신에 도 35에 도시되는 흐름도 부분이 사용된다. 이 경우에는, 도 35에 도시된 바와 같이 스텝 120에 있어서 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 처리가 행해진 후, 스텝 121에 있어서 보정 계수 K가 한계값 XK보다도 작은지의 여부가 판별되어, $K \geq XK$ 라고 판단되었을 때에는 스텝 122로 진행되어 경고가 발해진다.

[0124] 또한, 보정 계수 K의 값이 증대할수록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 시간이 증대되어, 이때 보정 계수 K가 한계값 XK를 초과하면, 탄화수소의 분사 시간의 증대율도 한계값 XK에 대응하는 미리 정해진 율을 초과하게 된다. 따라서, 이 고장 진단 방법을 다르게 표현하면, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 리치측 피크 공연비가 미리 정해진 공연비보다도 린측으로 되었을 때에는, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 증대시키기 위해 탄화수소의 분사 시간이 증대되고, 이때 탄화수소의 분사 시간의 증대율이 미

리 정해진 율을 초과할 때에는, 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있다고 판단되게 된다.

- [0125] 이어서, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 하류측 공연비 센서(24)의 출력 신호로부터 산출하고, 이 산출된 탄화수소의 분사량에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)의 이상, 예를 들어 탄화수소 공급 밸브(15)의 막힘을 검출하는 방법에 대하여 설명한다.
- [0126] 도 36a는, 제1 NO_x 정화 방법에 의한 NO_x 정화 작용이 행해지고 있을 때에 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비의 변화를 나타내고 있다. 이때 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출되는 공연비는 통상, 도 36의 I로 나타낸 바와 같이 베이스 공연비(A/F)_b를 기준으로 하여 리치측으로 진동하고 있다. 즉, 배기 정화 촉매(13)에 유입하는 탄화수소의 농도가 미리 정해진 범위 내의 주기로 진동하도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기가 제어되고 있을 때에는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비는 통상 베이스 공연비(A/F)_b를 기준으로 하여 리치측으로 진동하고 있다.
- [0127] 이때 해칭으로 나타내는 부분의 면적 S는, 즉 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비(A/F)_b의 차의 적분값은, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 실제의 탄화수소 분사량을 표현하고 있다. 또한, 상술한 면적 S 및 적분값은 공연비 변동 1회당 면적 S 및 적분값을 나타내고 있으며, 이것은 이하에서도 마찬가지이다.
- [0128] 이 면적 S는, 기관의 운전 상태에 따라 산출되고 있는 탄화수소의 목표 분사량으로부터 산출할 수 있고, 이렇게 목표 분사량으로부터 산출된 면적 S는 기준 면적 S₀라고 칭해진다. 목표 분사량과 실제로 분사된 분사량이 동등할 때에는 면적 S는 기준 면적 S₀와 동등해진다. 그러나, 목표 분사량과 실제로 분사된 분사량이 동등하지 않을 때에는 면적 S는 기준 면적 S₀와는 동등해지지 않고, 예를 들어 목표 분사량에 비하여 실제로 분사된 분사량이 적을 때에는 면적 S는 기준 면적 S₀보다도 작아진다. 따라서, 하류측 공연비 센서(24)의 검출 신호에 기초하여 산출되는 면적 S를, 목표 분사량으로부터 산출되는 기준 면적 S₀와 비교하면 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소가 정상적으로 분사되고 있는지의 여부를 판단할 수 있게 된다.
- [0129] 따라서 본 발명에 의한 실시예에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비(A/F)_b의 차의 적분값에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)로부터 탄화수소가 정상적으로 분사되고 있는지의 여부를, 예를 들어 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있는지의 여부를 판단하도록 하고 있다. 이 경우, 본 발명에 의한 구체적인 예에서는, 면적 S가 기준 면적 S₀에 일정값 C(<1.0)를 승산한 값 C · S₀보다도 작아졌을 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있다고 판단된다.
- [0130] 그런데 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기가 짧아지면 도 36a의 II로 나타낸 바와 같이, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 베이스 공연비(A/F)_b까지 되돌아가기 전에 다음 탄화수소의 분사 작용에 의해 리치측을 향하여 변화한다. 이렇게 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 베이스 공연비(A/F)_b까지 되돌아가지 않게 되면, 산출된 면적 S가 실제의 탄화수소 분사량을 나타내지 않게 된다.
- [0131] 따라서 본 발명에 의한 실시예에서는, 도 36b의 I로 나타낸 바와 같이 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 베이스 공연비(A/F)_b까지 되돌아가지 않게 되었을 때에는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 베이스 공연비(A/F)_b까지 되돌아가도록 도 36b의 II로 나타낸 바와 같이, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기가 길어진다.
- [0132] 즉, 본 발명에 의한 실시예에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비(A/F)_b의 차의 적분값에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있는지의 여부를 판단하도록 한 경우, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 정확하게 검출하기 위해 탄화수소의 분사 주기가 지나치게 짧을 때에는 탄화수소의 분사 주기를 길게 하도록 하고 있다. 또한 이 경우, 공급되는 탄화수소량이 부족하지 않도록 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량이 증대된다.
- [0133] 한편, 도 36c의 I로 나타낸 바와 같이 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량이 커지면, 일부의 탄화수소가 배기 정화 촉매(13)를 빠져 나가게 된다. 그러나 이렇게 탄화수소가 배기 정화 촉매(13)를 빠져 나가게 되면, 빠져 나간 탄화수소에 의해 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 린측으로 어긋난다는 문제를 발생한다. 즉, 공연비 센서에서는 배기 가스 중의 탄화수소와 산소를 공연비 센서 상에서 반응시켰을

때에 잉여로 되거나 혹은 부족한 산소량으로부터 공연비가 검출되지만, 빠져 나간 탄화수소는 분사량이 크기 때문에 공연비 센서 상에서 반응하지 않는다. 그 결과, 산소량이 실제의 산소량보다도 많이 존재한다고 판단되고, 그에 의해 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 린측으로 어긋나게 된다.

[0134] 이렇게 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 린측으로 어긋나면 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 정확하게 검출할 수 없게 된다. 따라서 본 발명에 의한 실시예에서는, 도 36c의 I로 나타낸 바와 같이 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량이 큰 경우에는, 탄화수소가 배기 정화 촉매(13)를 빠져 나가지 않도록 하기 위하여 도 36c의 II로 나타낸 바와 같이, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량을 적게 하도록 하고 있다.

[0135] 즉, 본 발명에 의한 실시예에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비(A/F)_b의 차의 적분값에 기초하여 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있는지의 여부를 판단하도록 한 경우, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사량을 정확하게 검출하기에 탄화수소의 분사량이 지나치게 많을 때에는 탄화수소의 분사량이 적게 된다.

[0136] 또한, 도 36b의 I로 나타낸 바와 같이 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비가 베이스 공연비(A/F)_b까지 되돌아가게 될 가능성이 있는 것은, 도 37의 영역 A로 나타내는 기관 저속 저중 부하 운전 시이다. 따라서, 본 발명에 의한 구체적인 예에서는, 기관의 운전 상태가 영역 A로 나타내는 기관 저속 저중 부하 운전 상태일 때에, 도 36b의 II로 나타낸 바와 같이, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기가 길어지는 동시에 1회당 탄화수소 분사량이 증량된다.

[0137] 한편, 도 36c의 I로 나타낸 바와 같이 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량이 커질 가능성이 있는 것은, 도 37의 영역 B로 나타내는 기관고속 저부하 운전 시이다. 따라서, 본 발명에 의한 구체적인 예에서는, 기관의 운전 상태가 영역 B로 나타내는 기관 고속 저부하 운전 상태일 때에, 도 36c의 II로 나타낸 바와 같이, 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량을 적게 하도록 하고 있다.

[0138] 도 36a, 도 36b, 도 36c 및 도 37에 기초하여 설명한 고장 진단 방법을 사용하는 경우에는, 도 29에 있어서 선택선 A로 둘러싸인 흐름도 부분 대신에 도 38에 도시되는 흐름도 부분이 사용된다. 이 경우에는, 도 38에 도시된 바와 같이 우선 처음에 스텝 170에 있어서 고장 진단을 해야 할 시기인지의 여부가 판별된다. 고장 진단을 해야 할 시기가 아닐 때에는 스텝 173으로 진행되어 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 처리가 행해진다. 이에 반하여, 고장 진단을 해야 할 시기일 때에는 스텝 171로 진행되어 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 A에 있는지의 여부가 판별된다. 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 A에 없을 때에는 스텝 172로 진행되어 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 B에 있는지의 여부가 판별된다. 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 B에 없을 때에는 스텝 173으로 진행된다.

[0139] 한편, 스텝 171에 있어서 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 A에 있다고 판별되었을 때에는 스텝 174로 진행되어 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기 ΔT 에 미리 정해져 있는 보정값 $F(>1.0)$ 가 승산된다. 계속하여 스텝 175에서는, 도 29의 스텝 119에 있어서 산출되어 있는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소 분사 시간 W_{T0} 에 보정값 F 가 승산된다. 계속하여 스텝 173으로 진행된다. 이때 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소의 분사 주기는 길어져, 1회당 탄화수소 분사량이 증대된다.

[0140] 또한, 스텝 172에 있어서 기관의 운전 상태가 도 37에 도시되는 운전 영역 B에 있다고 판별되었을 때에는, 스텝 176으로 진행되어, 도 29의 스텝 119에 있어서 산출되어 있는 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 탄화수소 분사 시간 W_{T0} 에 보정값 $J(<1.0)$ 가 승산된다. 계속하여 스텝 173으로 진행된다. 이때 탄화수소 공급 밸브(15)로부터의 1회당 탄화수소 분사량이 감소된다.

[0141] 계속하여 스텝 177에서는, 하류측 공연비 센서(24)에 의해 검출된 공연비와 베이스 공연비(A/F)_b의 차의 적분값, 즉 도 36a에 도시되는 공연비 변동 1회당 면적 S 가 산출된다. 계속하여 스텝 178에서는 탄화수소의 목표 분사량으로부터 기준 면적 S_0 가 산출된다. 계속하여 스텝 179에서는 면적 S 가 기준 면적 S_0 에 일정값 $C(<1.0)$ 을 승산한 값 $C \cdot S_0$ 보다도 큰지의 여부가 판별된다. $S < C \cdot S_0$ 일 때에는 탄화수소 공급 밸브(15)가 막혀 있다고 판단되어, 스텝 180으로 진행되어 경고가 발해진다.

[0142] 또한, 다른 실시예로서 배기 정화 촉매(13) 상류의 기관 배기 통로 내에 탄화수소를 개질시키기 위한 산화 촉매를 배치할 수도 있다.

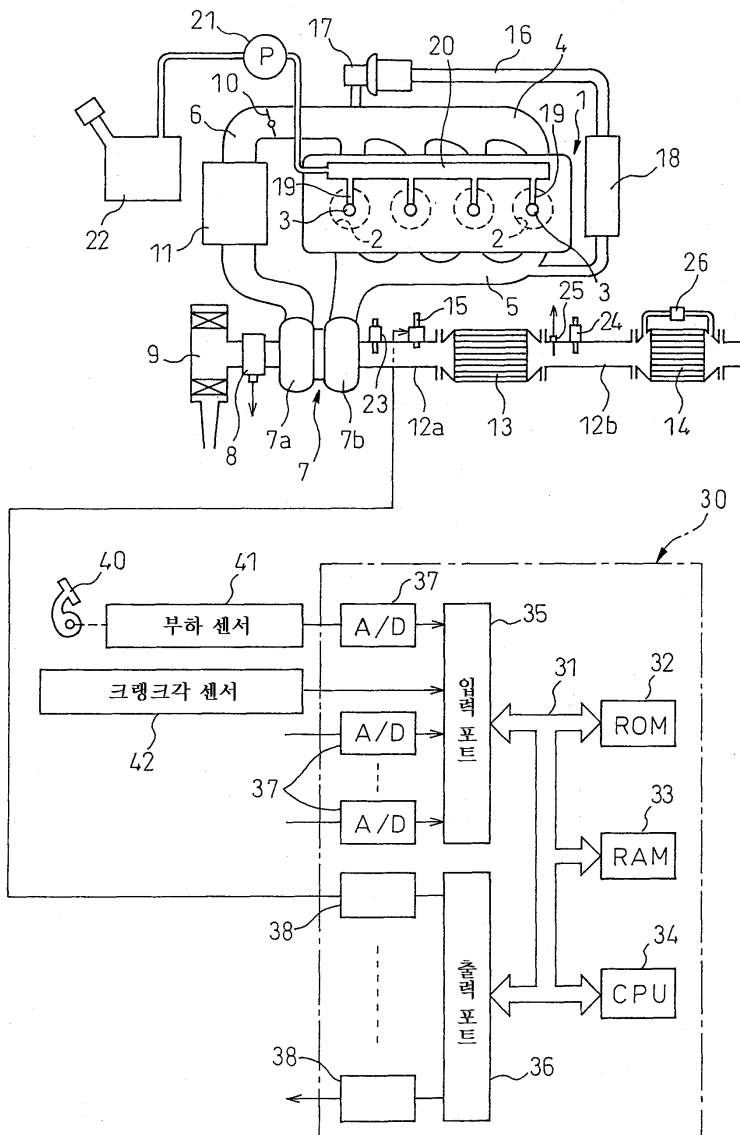
부호의 설명

[0143]

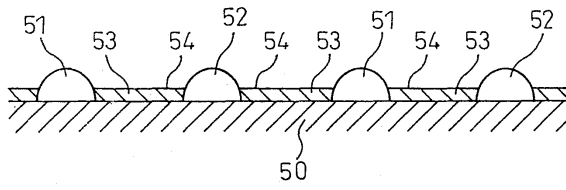
- 4: 흡기 매니폴드
- 5: 배기 매니폴드
- 7: 배기 터보 과급기
- 12a, 12b: 배기관
- 13: 배기 정화 촉매
- 14: 파티클레이트 필터
- 15: 탄화수소 공급 밸브

도면

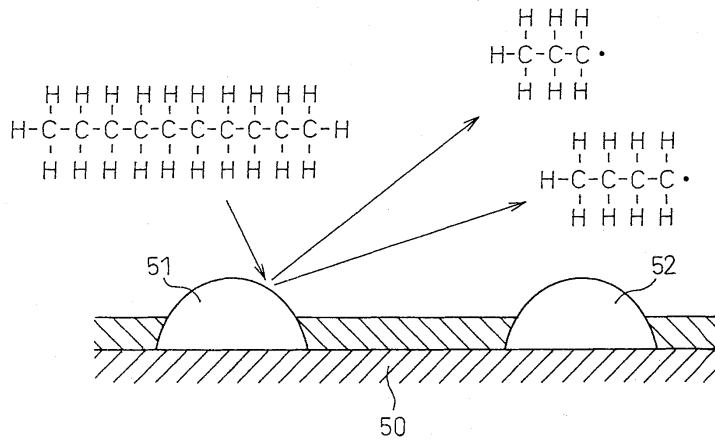
도면1



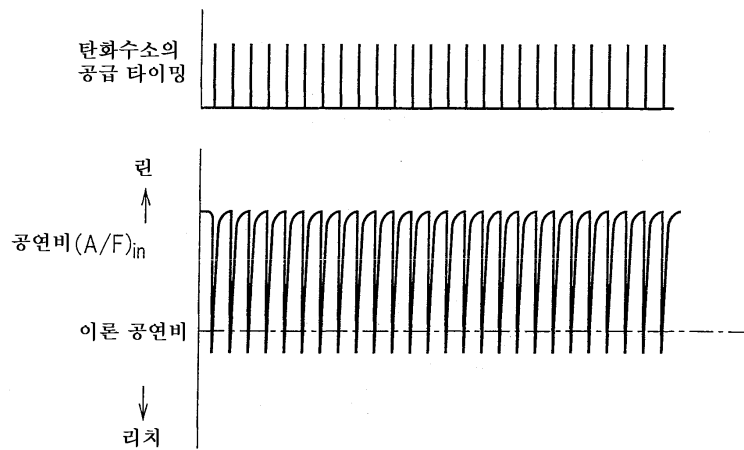
도면2



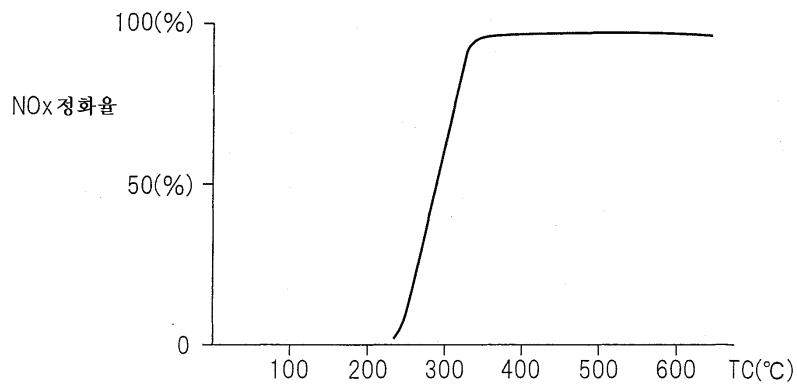
도면3



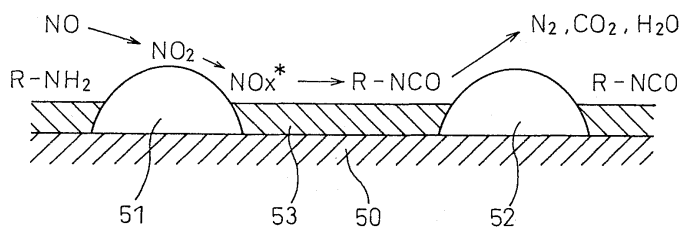
도면4



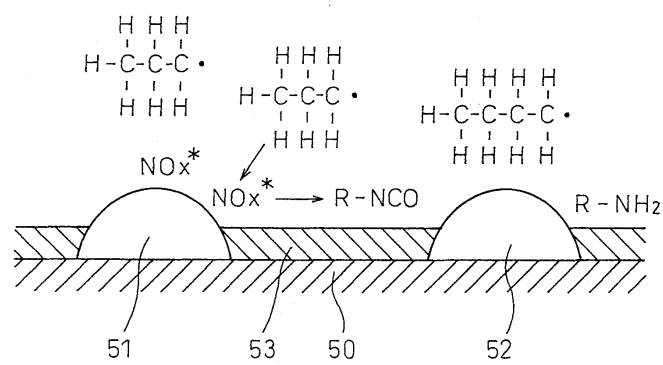
도면5



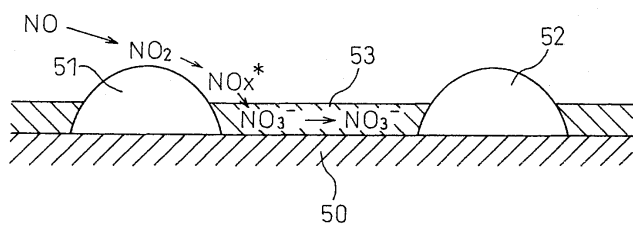
도면6a



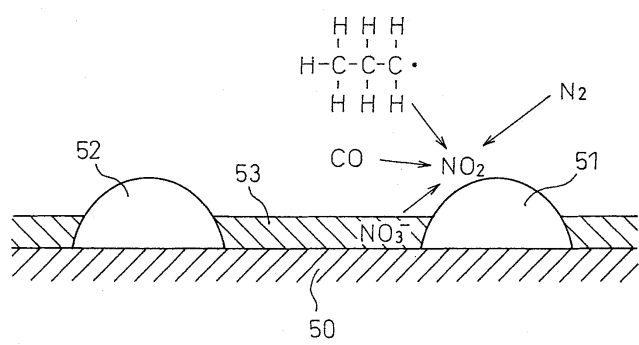
도면6b



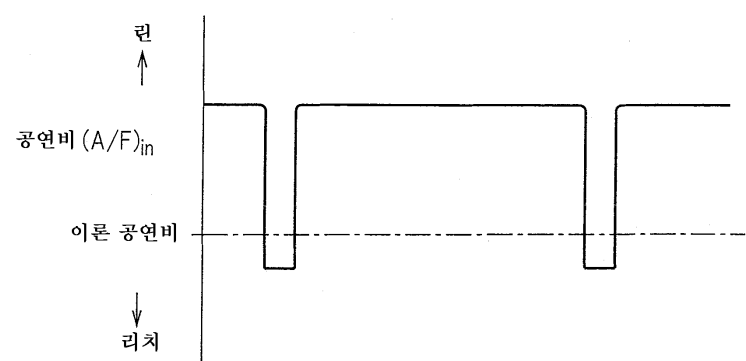
도면7a



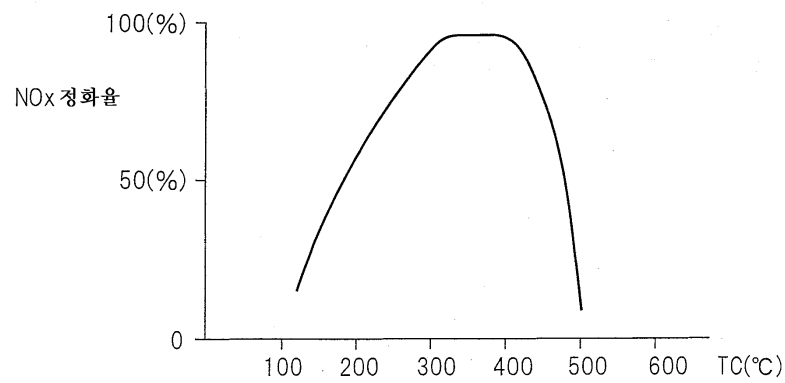
도면7b



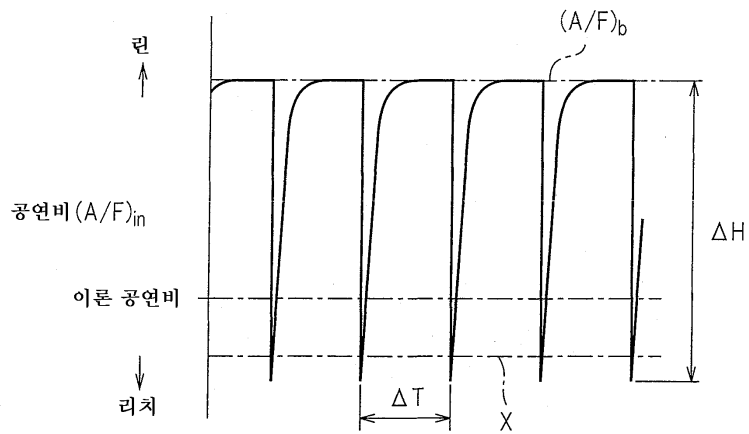
도면8



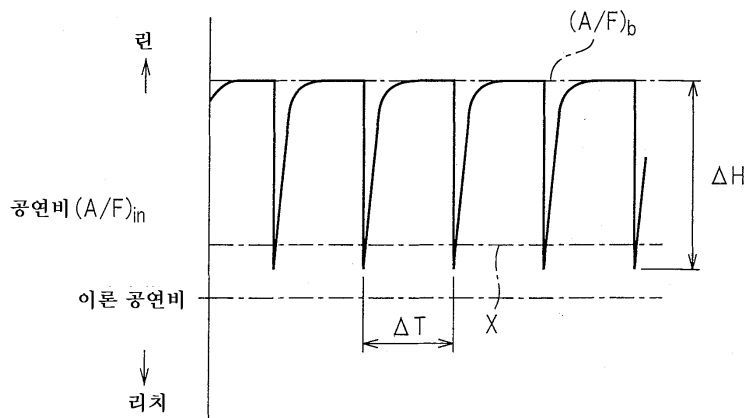
도면9



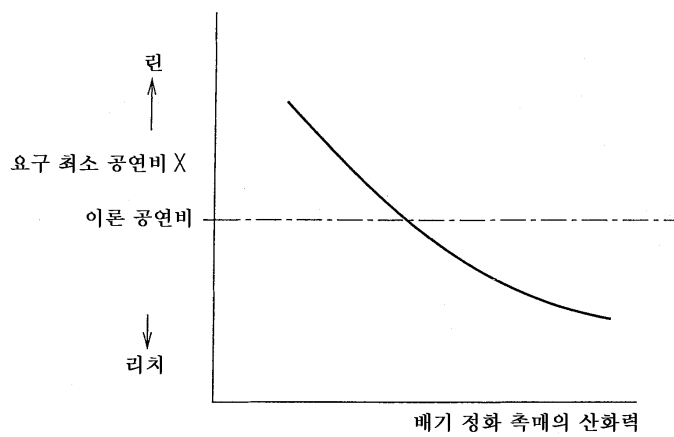
도면10



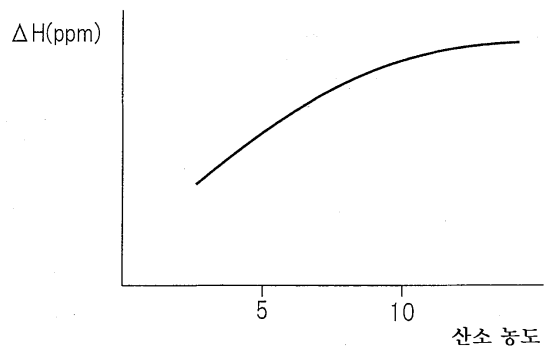
도면11



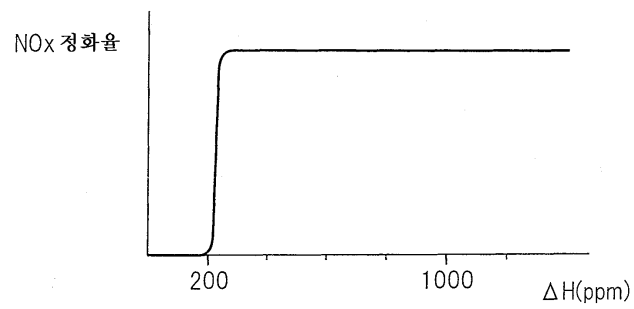
도면12



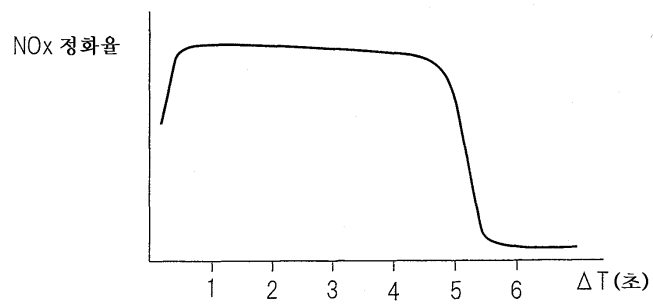
도면13



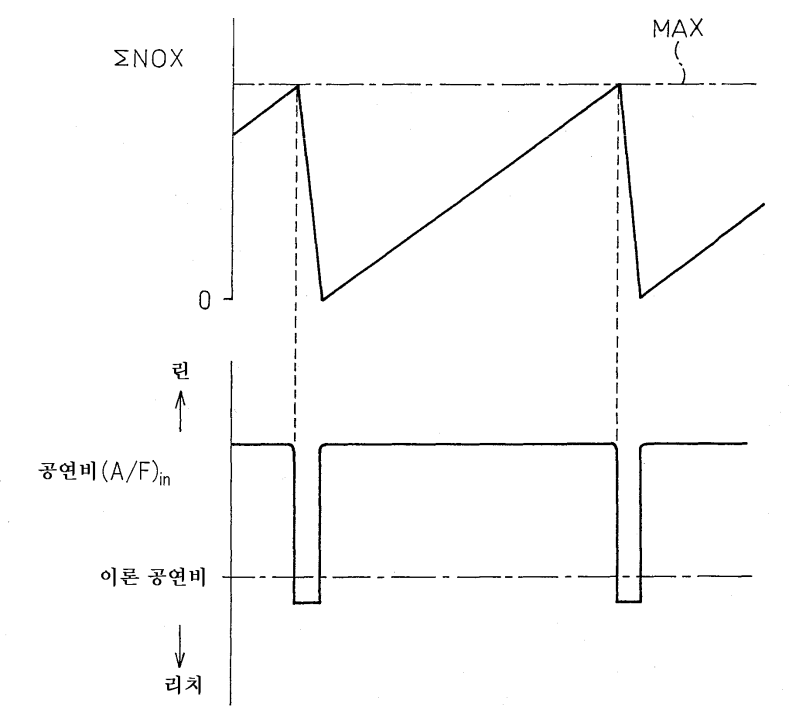
도면14



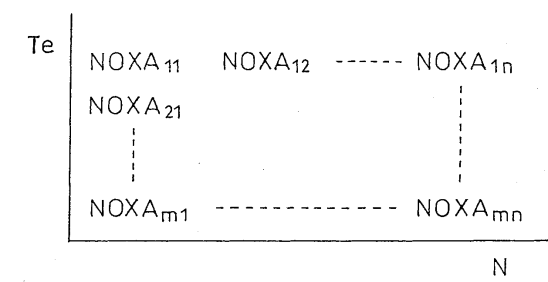
도면15



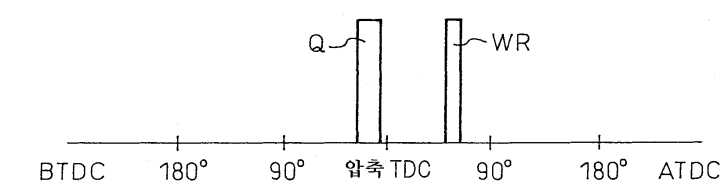
도면16



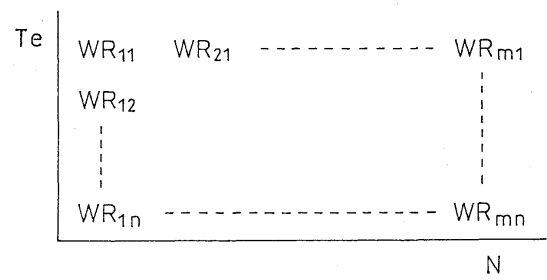
도면17



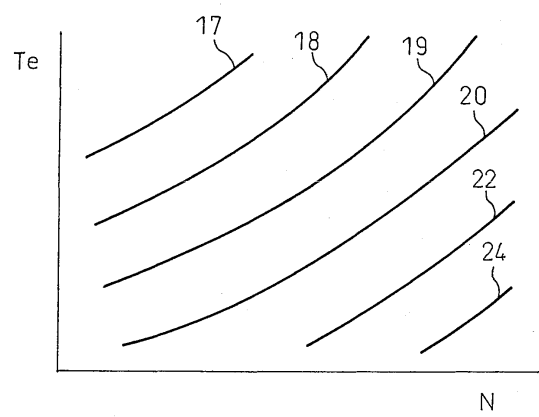
도면18



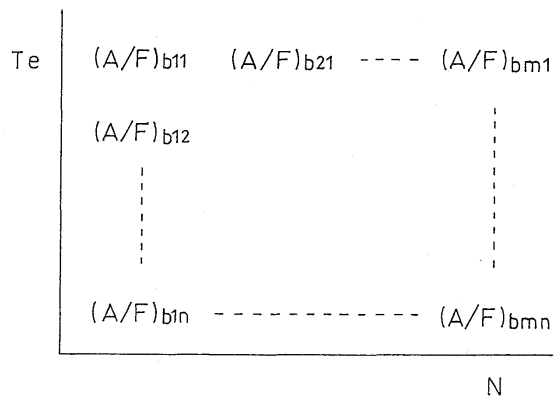
도면19



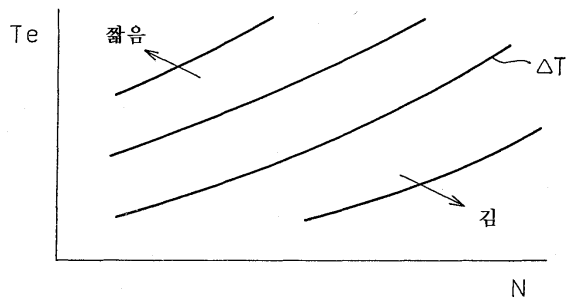
도면20a



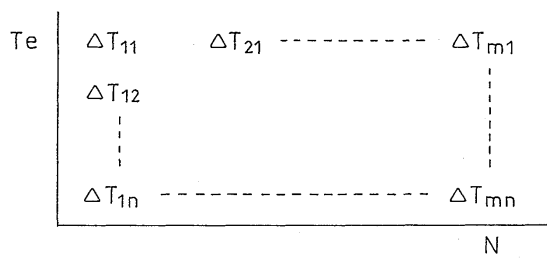
도면20b



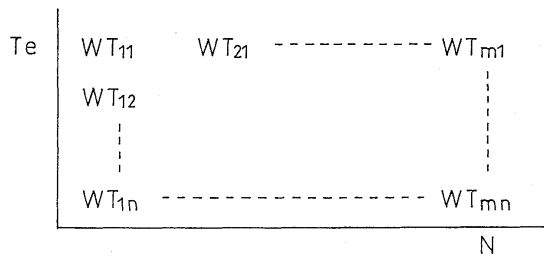
도면21a



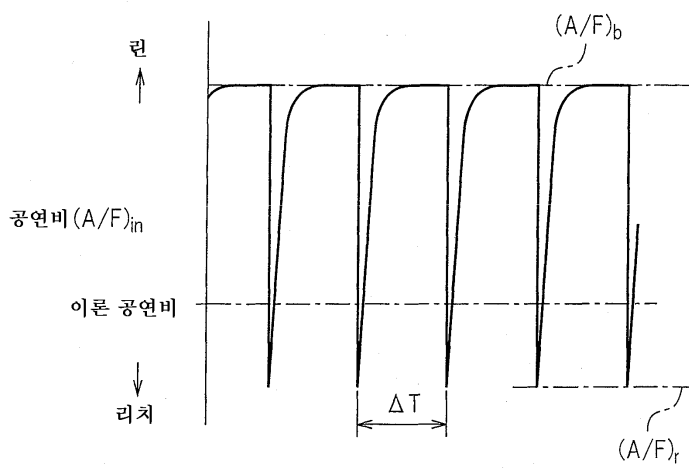
도면21b



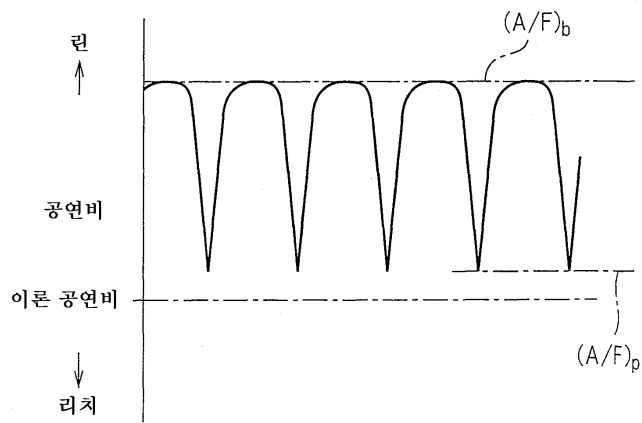
도면21c



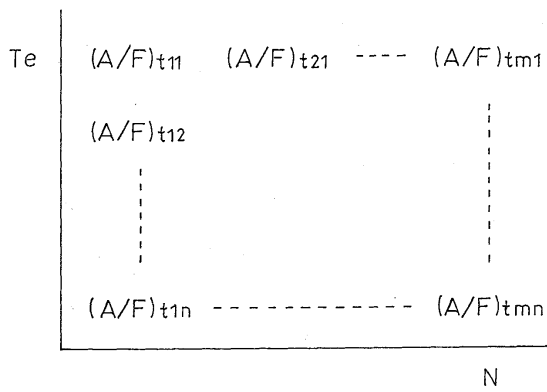
도면22a



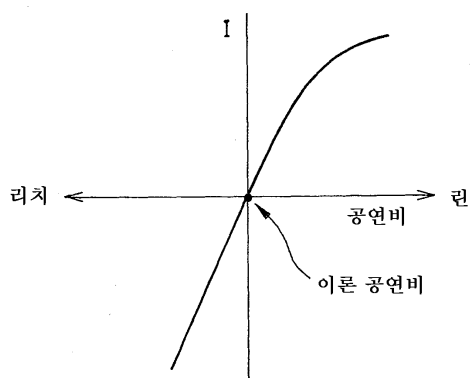
도면22b



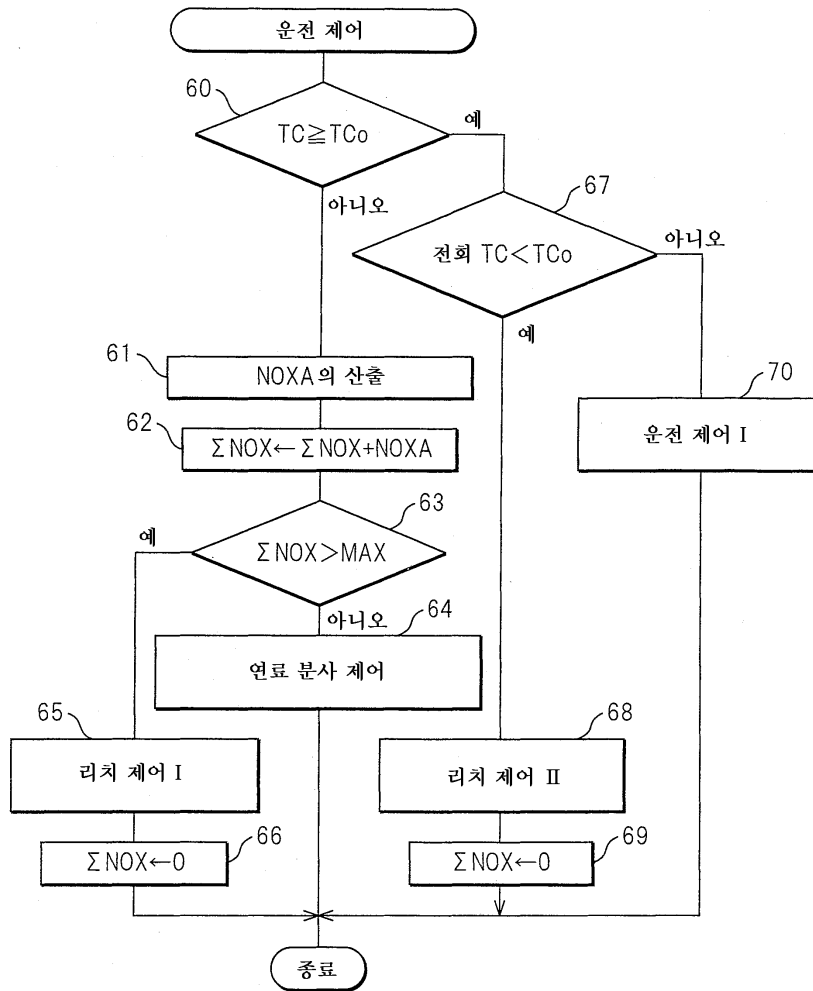
도면23



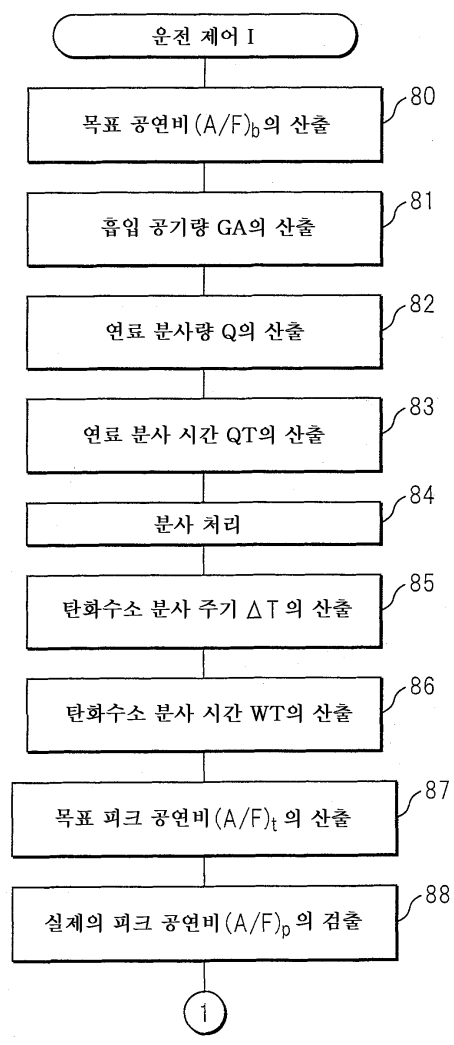
도면24



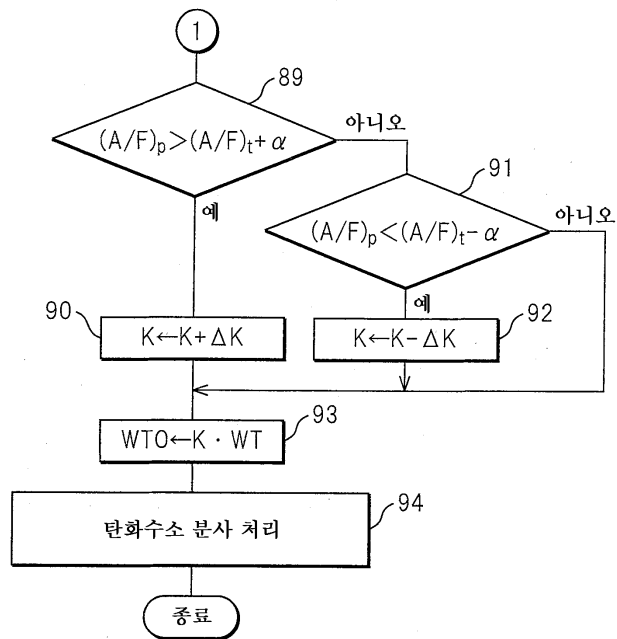
도면25



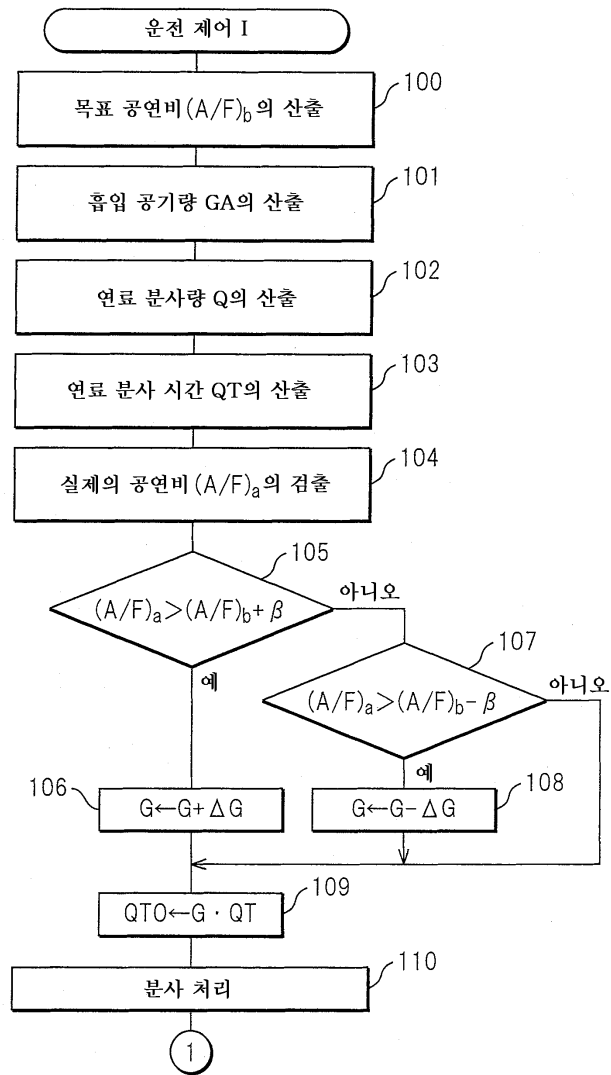
도면26



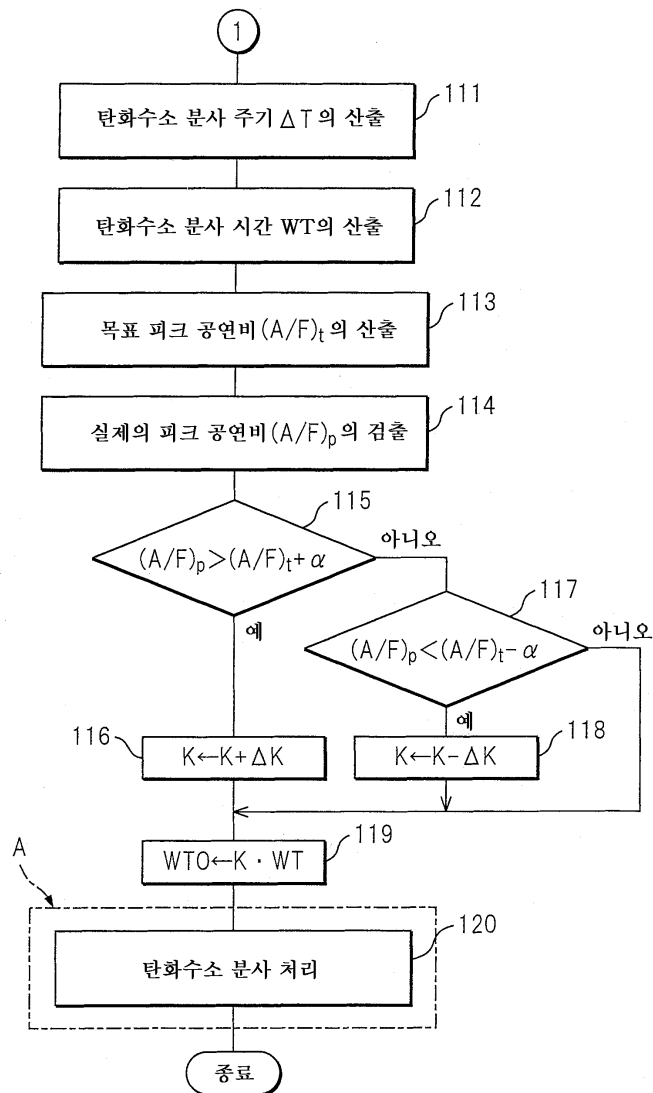
도면27



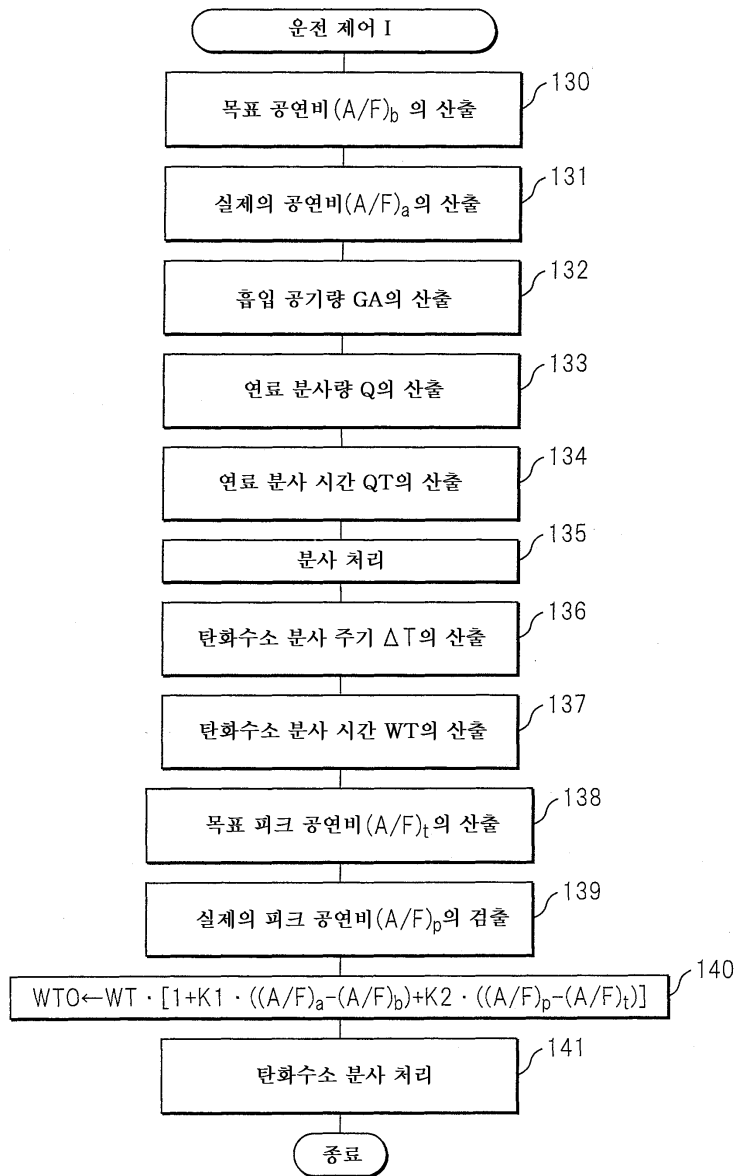
도면28



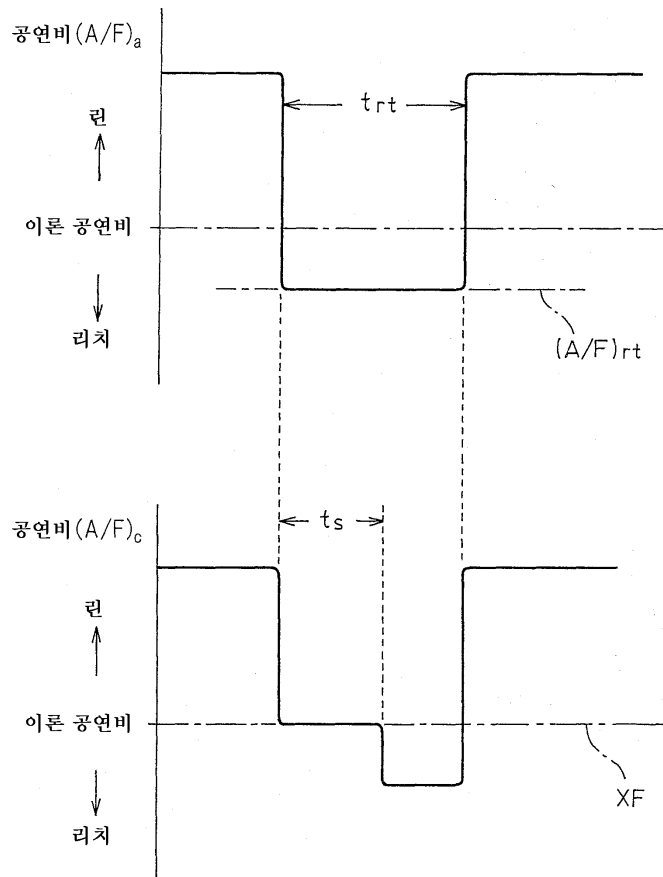
도면29



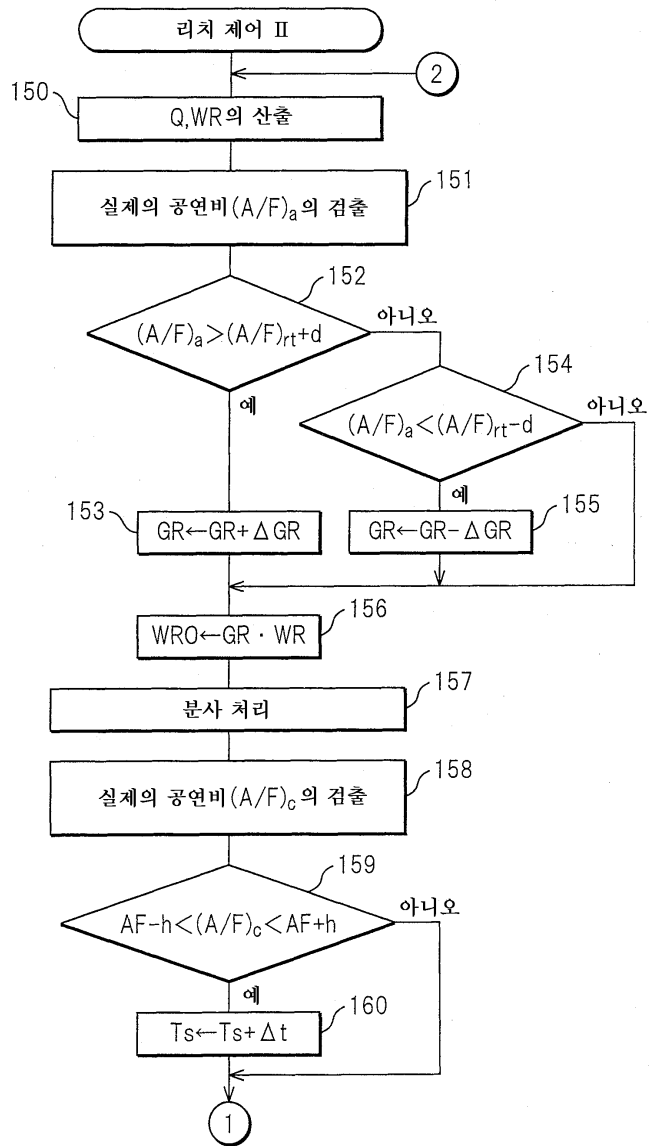
도면30



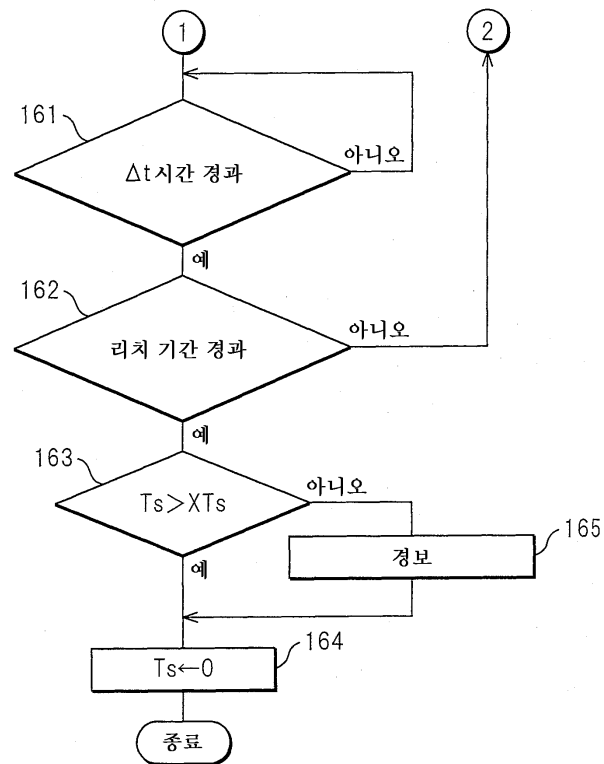
도면31



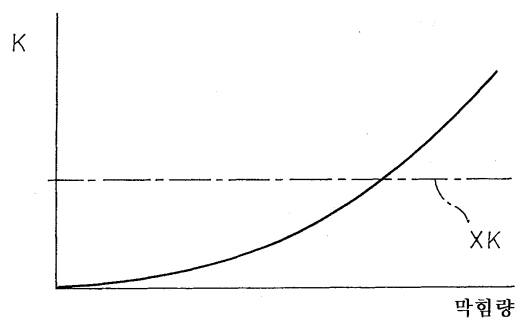
도면32



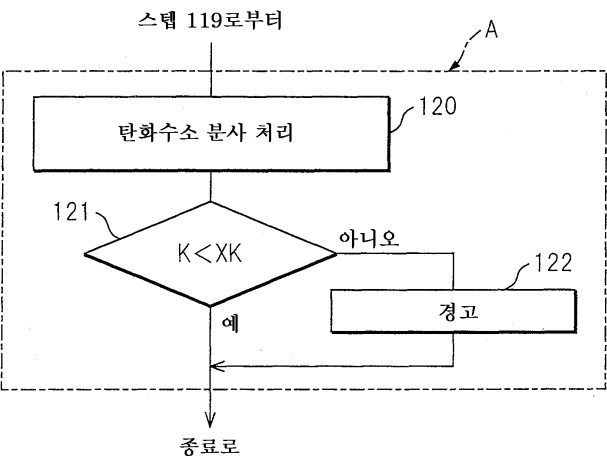
도면33



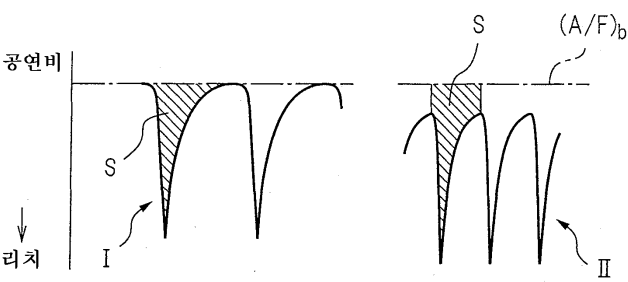
도면34



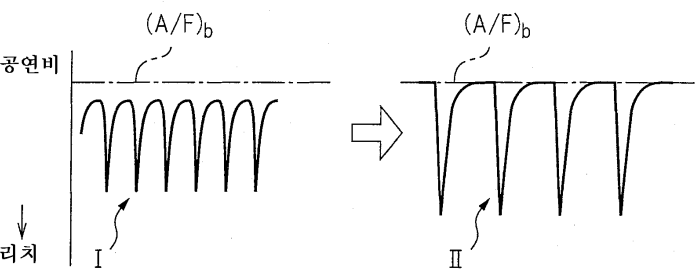
도면35



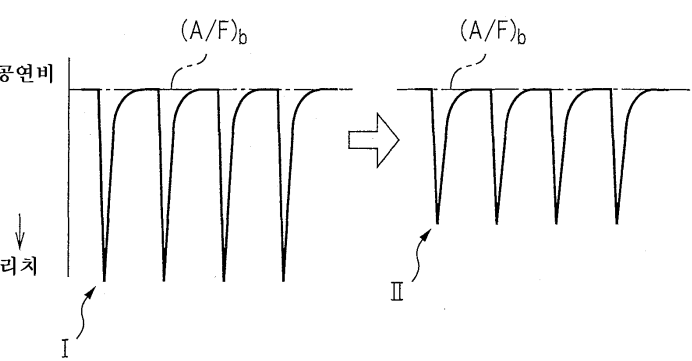
도면36a



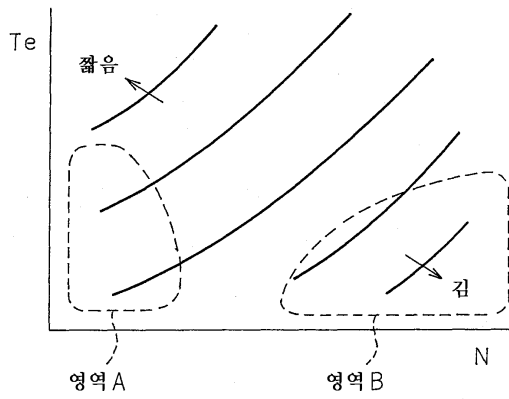
도면36b



도면36c



도면37



도면38

