



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년06월28일
<i>F02D 45/00</i> (2006.01)	(11) 등록번호	10-0732892
<i>F02D 41/18</i> (2006.01)	(24) 등록일자	2007년06월21일
<i>F02D 13/02</i> (2006.01)		

(21) 출원번호	10-2006-7013158	(65) 공개번호	10-2006-0135681
(22) 출원일자	2006년06월29일	(43) 공개일자	2006년12월29일
심사청구일자	2006년06월29일		
번역문 제출일자	2006년06월29일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2005/018907	(87) 국제공개번호	WO 2006/038737
국제출원일자	2005년10월07일	국제공개일자	2006년04월13일

(30) 우선권주장	JP-P-2004-00295090	2004년10월07일	일본(JP)
	JP-P-2005-00238999	2005년08월19일	일본(JP)

(73) 특허권자      도요다 지도샤 가부시끼가이샤  
일본 아이찌켄 도요다시 도요다쵸 1반지

(72) 발명자      모리야 히데노리  
일본 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지 도요다 지도샤가부시끼가이샤  
나이

오기노 류스케  
일본 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지 도요다 지도샤가부시끼가이샤  
나이

(74) 대리인      특허법인코리아나

(56) 선행기술조사문헌		
JP2004-108262 A		JP2004-278359 A
JP2005-207847 A		JP2003-184613 A

심사관 : 최인용

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 내연 기관의 제어 장치 및 제어 방법

(57) 요약

내연 기관 (1) 은, 흡기 밸브 (Vi) 및 배기 밸브 (Ve) 중 적어도 어느 일방의 개밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동밸브 기구 (VM) 와, 연소실(3) 에 있어서의 통내 압력을 검출하는 통내압 센서 (15) 와, ECU (20) 를 구비하고, ECU (20) 는, 흡기

밸브 (Vi) 와 배기 밸브 (Ve) 의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력과, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력과, 통내 센서 (15) 에 의해 검출된 압축 행정 중의 통내 압력과, 밸브 오버랩 중의 가스 통과 유효 면적에 기초하여, 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양을 산출한다.

## 대표도

도 1

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

흡기 밸브 및 배기 밸브 중 적어도 어느 일방의 개(開)밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동(動)밸브 기구를 갖고, 연료 및 공기의 혼합기(混合氣)를 연소실의 내부에서 연소시켜 동력을 발생시키는 내연 기관의 제어 장치로서,

상기 연소실에 있어서의 통내 압력을 검출하는 통내압 검출수단, 및

상기 흡기 밸브와 상기 배기 밸브의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력과, 상기 통내압 검출수단에 의해 검출된 압축 행정 중의 통내 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 가스 통과 유효 면적에 기초하여, 상기 연소실에 흡입된 공기의 양을 산출하는 흡입 공기량 산출수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력은, 상기 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 상기 통내압 검출수단에 의해 검출되는 통내 압력에 기초하여 추정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

### 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력이, 또한 내연 기관의 부하에도 기초하여 추정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

### 청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 내연 기관의 부하가 미리 정한 부하보다 높은 경우에는, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력이 상기 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 상기 통내압 검출수단에 의해 검출되는 통내 압력보다 높게 추정되도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

### 청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 내연 기관은, 상기 연소실을 복수 가짐과 함께, 상기 연소실마다 상기 통내압 검출수단을 구비하고 있고, 어느 하나의 연소실에 있어서의 상기 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력은, 그 연소실에 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실의 흡기 하사점(下死點)에 있어서의 통내 압력에 기초하여 추정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 6.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

제 1 흡입 공기량 산출수단이 되는 상기 흡입 공기량 산출수단과는 별도의 수법으로 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 제 2 흡입 공기량 산출수단을 추가로 구비하고 있고, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양에 기초하여, 상기 내연 기관의 제어를 위해 사용하는 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양의 차이에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양의 차이가 미리 정한 값 이상인 경우에는, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 상기 차이에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 것이 금지되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 가스 통과 유효 면적은, 상기 밸브 오버랩 중에 있어서의 흡기 밸브 및 배기 밸브의 리프트량과 기관 회전수에 기초하여 산출되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어장치.

## 청구항 11.

흡기 밸브 및 배기 밸브 중 적어도 어느 일방의 개밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동밸브 기구를 갖고, 연료 및 공기의 혼합기를 연소실의 내부에서 연소시켜 동력을 발생시키는 내연 기관의 제어 방법으로서,

상기 흡기 밸브와 상기 배기 밸브의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력과, 상기 내연 기관의 압축 행정 중의 상기 연소실에 있어서의 통내 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 가스 통과 유효 면적에 기초하여, 상기 연소실내에 흡입된 공기의 양을 산출하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 제어방법.

### 명세서

#### 기술분야

본 발명은, 연료 및 공기의 혼합기(混合氣)를 연소실의 내부에서 연소시켜 동력을 발생시키는 내연 기관의 제어 장치 및 제어 방법에 관한 것으로, 특히, 흡기 밸브 및 배기 밸브 중 적어도 어느 일방의 개(開)밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동(動)밸브 기구를 갖는 내연 기관의 제어 장치 및 제어 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

종래부터, 통내 압력, 크랭크각 및 스로틀 개도(開度)에 기초하여 흡기 밸브의 폐밸브 직후와 점화 직전 사이의 통내 압력의 변화량을 산출하는 수단과, 그 통내 압력의 변화량과 기관 회전수로부터 흡입 공기량을 산출하는 수단을 구비한 내연 기관의 제어 장치가 알려져 있다(예를 들어, 일본 공개특허공보 평2-40054호 참조). 또한, 종래부터, 출력이나 효율을 향상시킴과 함께 에미션을 저감시키기 위해서, 흡기 밸브와 배기 밸브를 동시에 개밸브시키는 밸브 오버랩을 설정 가능한 내연 기관도 알려져 있다. 그리고, 이 종류의 내연 기관으로서, 흡기 밸브와 배기 밸브의 밸브 오버랩에 기인하여 연소실에 잔류하는 가스의 양(내부 EGR 양)을 산출 가능한 제어 장치를 구비한 것이 알려져 있다(예를 들어, 일본 공개특허공보 2004-108262호 참조).

일본 공개특허공보 2004-108262호에 기재된 제어 장치는, 배기 밸브의 폐밸브시에, 배기 온도 센서, 흡기 압력 센서 및 배기 압력 센서로부터의 신호에 기초하여 통내 온도 및 통내 압력을 산출함과 함께, 연소 공연비(空燃比)에 따른 배기 가스의 가스 상수를 산출하고, 이들의 통내 온도, 통내 압력 및 가스 상수에 기초하여, 배기 밸브의 폐밸브시에 있어서의 통내 가스량을 산출한다. 또한, 이 제어 장치는, 크랭크각 센서, 수온 센서, 캠각 센서 및 액셀 개도 센서의 신호에 기초하여, 흡기 밸브와 배기 밸브의 오버랩 중의 블로우백(blowback) 가스량을 산출하고, 이들의 통내 가스량과 블로우백 가스량에 기초하여, 밸브 오버랩에 기인하여 연소실에 잔류한 가스의 양(내부 EGR 양)을 산출한다.

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 개시

상기 서술한 바와 같이, 종래의 제어 장치에 의하면, 내연 기관의 흡입 공기량이나, 밸브 오버랩이 설정되어 있는 경우의 잔류 가스의 양(내부 EGR 양)을 산출할 수 있다. 그러나, 상기 종래예에 있어서는, 흡입 공기량이나 잔류 가스 양의 산출에 다수의 파라미터가 요구된다. 이 때문에, 종래의 내연 기관에서는, 이들 파라미터를 취득하기 위해서 다수의 센서가 필요하게 되고, 그것에 의한 비용 상승이 부득이하였다.

그래서, 본 발명은, 흡기 밸브와 배기 밸브의 밸브 오버랩이 설정되어 있는 경우이더라도, 연소실내에 흡입된 공기의 양을 저비용으로 정밀도 높게 산출 가능하게 하는 실용적인 내연 기관의 제어 장치 및 제어 방법의 제공을 목적으로 한다.

본 발명에 의한 내연 기관의 제어 장치는, 흡기 밸브 및 배기 밸브 중 적어도 어느 일방의 개밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동밸브 기구를 갖고, 연료 및 공기의 혼합기를 연소실의 내부에서 연소시켜 동력을 발생시키는 내연 기관의 제어 장치에 있어서, 상기 연소실에 있어서의 통내 압력을 검출하는 통내압 검출수단과, 상기 흡기 밸브와 상기 배기 밸브의 밸브 오버

랩 중의 흡입 공기의 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력과, 상기 통내압 검출수단에 의해 검출된 압축 행정 중의 통내 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 가스 통과 유효 면적에 기초하여, 상기 연소실에 흡입된 공기의 양을 산출하는 흡입 공기량 산출수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력은, 상기 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 상기 통내압 검출수단에 의해 검출되는 통내 압력에 기초하여 추정되면 바람직하다.

또한, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력이, 또한 내연 기관의 부하에도 기초하여 추정되면 바람직하다.

또한, 상기 내연 기관의 부하가 미리 정한 부하보다 높은 경우에는, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력이 상기 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 상기 통내압 검출수단에 의해 검출되는 통내 압력보다 높게 추정되도록 되어 있으면 바람직하다.

또한, 상기 내연 기관은, 상기 연소실을 복수 가짐과 함께, 상기 연소실마다 상기 통내압 검출수단을 구비하고 있고, 어느 하나의 연소실에 있어서의 상기 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력은, 그 연소실에 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실의 흡기 하사점(下死點)에 있어서의 통내 압력에 기초하여 추정되면 바람직하다.

또한, 제 1 흡입 공기량 산출수단이 되는 상기 흡입 공기량 산출수단과는 별도의 수법으로 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 제 2 흡입 공기량 산출수단을 추가로 구비하고 있고, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양에 기초하여, 상기 내연 기관의 제어를 위해 사용하는 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하면 바람직하다.

또한, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하면 바람직하다.

또한, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양의 차이에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하면 바람직하다.

또한, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입된 공기의 양의 차이가 미리 정한 값 이상인 경우에는, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수단에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 상기 차이에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 상기 연소실에 흡입되는 공기의 양을 산출하는 것이 금지되면 바람직하다.

또한, 상기 가스 통과 유효 면적은, 상기 밸브 오버랩 중에 있어서의 흡기 밸브 및 배기 밸브의 리프트량과 기관 회전수에 기초하여 산출되면 바람직하다.

본 발명에 의한 내연 기관의 제어 방법은, 흡기 밸브 및 배기 밸브 중 적어도 어느 일방의 개밸브 특성을 변화시킬 수 있는 동밸브 기구를 갖고, 연료 및 공기의 혼합기를 연소실의 내부에서 연소시켜 동력을 발생시키는 내연 기관의 제어 방법에 있어서, 상기 흡기 밸브와 상기 배기 밸브의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력과, 상기 내연 기관의 압축 행정 중의 상기 연소실에 있어서의 통내 압력과, 상기 밸브 오버랩 중의 가스 통과 유효 면적에 기초하여, 상기 연소실내에 흡입된 공기의 양을 산출하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 연소실 내에 흡입된 공기의 양을 저비용으로 정밀도 높게 산출 가능하게 하는 실용적인 내연 기관의 제어 장치 및 제어 방법의 실현이 가능해진다.

이하, 첨부 도면과 본 발명의 바람직한 실시형태의 기재로부터, 본 발명을 한층 더 충분히 이해할 수 있을 것이다.

## 실시예

### 발명을 실시하기 위한 최선의 형태

본 발명에 의한 내연 기관의 제어 장치는, 흡기 밸브와 배기 밸브의 밸브 오버랩이 설정되었을 때에, 그 밸브 오버랩에 의한 통내 압력의 변화량을 산출하고, 이 통내 압력의 변화량과, 소정의 타이밍으로 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력에 기초하여, 연소실에 흡입된 공기의 양을 산출하는 것이다.

여기서, 흡기 밸브와 배기 밸브의 밸브 오버랩이 설정되었을 때에 그 밸브 오버랩에 기인하여 연소실에 잔류하는 잔류 가스의 양 (Me) 은, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_1$  이 되는 타이밍) 에 있어서의 흡입 공기의 압력을  $P_m(\theta_1)$  으로 하고, 그 소정의 타이밍에 있어서의 배기 가스의 압력을  $P_e(\theta_1)$  로 하고, 그 때의 배기 가스의 온도를  $T_e$  로 하고, 기체 상수를  $R$  (J/(kg·K)) 로 하면, 다음 (1) 식에 의해 표시된다.

$$Me = S \cdot \phi (P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)) \cdot P_e(\theta_1) / \sqrt{R \cdot T_e} \quad \dots (1)$$

상기 (1) 식에 있어서, S 는, 밸브 오버랩 중에 가스의 통과를 허용하는 유효 면적인 가스 통과 유효 면적을 나타낸다. 이러한 가스 통과 유효 면적 (S) 은, 다음 (2) 식에 의해 표시된다. 단, (2) 식에 있어서,  $Ne(\theta_1)$  는, 크랭크각이  $\theta_1$  이 되는 타이밍에 있어서의 기관 회전수이다. 또한,  $R_i$  는 흡기 밸브 ( $V_i$ ) 의 밸브 직경이고,  $R_e$  는 배기 밸브 ( $V_e$ ) 의 밸브 직경이고,  $Li(\theta)$  는, 흡기 밸브 ( $V_i$ ) 의 리프트량이고,  $Le(\theta)$  는 배기 밸브 ( $V_e$ ) 의 리프트량이고, IVO 는 흡기 밸브 ( $V_i$ ) 를 여는 타이밍에 있어서의 크랭크 각도이고, EVC 는 배기 밸브 ( $V_e$ ) 를 닫는 타이밍에 있어서의 크랭크 각도이다. 또한, (2) 식에 있어서,  $\int \sqrt{Li(\theta) \cdot Le(\theta)} d\theta$  를 IVO 에서 EVC 까지 적분하여 얻어지는 값 ( $\int \sqrt{Li(\theta) \cdot Le(\theta)} d\theta$ ) 은, 가변 밸브 타이밍 기구에 의한 진각(進角)량 (VVT 진각량) 에 따라 정해지는 값이다.

또한, 상기 (1) 식에 있어서,  $\phi (P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$  는, 흡입 공기의 압력과 배기 가스의 압력의 비에 관련된 항으로서, 기본적으로 다음 (3) 식에 의해 표시되고,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 값이 작은 경우, 다음 (4) 식에 의해 표시된다. 단, (3) 식 및 (4) 식에 있어서,  $\kappa$  는 비열비이다.

$$S = \pi \cdot \sqrt{R_i \cdot R_e} \cdot \cos(45^\circ) \cdot \int_{IVO}^{EVC} \sqrt{Li(\theta) \cdot Le(\theta)} d\theta \cdot (60/Ne(\theta_1)/360) \quad \dots (2)$$

$$\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)} \geq \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \text{인 경우, } \phi\left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \cdot \left\{ \left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right\}} \quad \dots (3)$$

$$\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)} < \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \text{인 경우, } \phi\left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right) = \sqrt{\kappa \cdot \left(\frac{2\kappa}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} \quad \dots (4)$$

한편, 밸브 오버랩에 기인하여 연소실에 잔류하는 잔류 가스의 양 (Me) 과, 밸브 오버랩에 의한 통내 압력의 변화량 ( $\Delta Pc$ ) 사이에는, 일반적으로, 다음 (5) 식의 관계가 성립한다. 이것에 의해, 상기 (1) 식 및 (5) 식으로부터, 통내 압력의 변화량 ( $\Delta Pc$ ) 은, 밸브 오버랩에 기인하여 연소실에 잔류하는 잔류 가스의 양 (Me) 에 기초하여, 다음 (6) 식과 같이 표시된다. 단, (6) 식에 있어서,  $\alpha$  는, 실험 등에 기초하여 정해지는 상수이다. 그리고, 이 통내 압력의 변화량 ( $\Delta Pc$ ) 과, 압축 행정 중의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_2$  가 되는 타이밍으로서, 흡기 밸브 개밸브 후, 연소 개시 전 (불꽃 점화 전 또는 압축 착화 전) 의 타이밍) 에 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 으로부터, 연소실에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}$ ) 을 다음 (7) 식에 의해 나타낼 수 있다. 단, (7) 식에 있어서,  $\beta$  는 실험 등에 기초하여 정해지는 상수이다.

$$\Delta Pc \propto Me \cdot \sqrt{T_e} \quad \dots (5)$$

$$\Delta Pc = \alpha \cdot S \cdot \phi (P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)) \cdot P_e(\theta_1) \quad \dots (6)$$

$$M_{air} = \beta \cdot (P_c(\theta_2) - \Delta Pc) \quad \dots (7)$$

따라서, 본 발명에 의한 내연 기관의 제어 장치에 있어서 실행되도록, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ), 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 및 기관 회전수 ( $N_e(\theta_1)$ ) 와, 소정의 타이밍으로 검출된 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 을 얻으면, 다수의 센서를 사용하지 않고, 연소실내에 흡입된 공기의 양을 저비용으로 정밀도 높게 산출 가능하게 된다.

또한, 상기 서술한 바와 같이, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 에 기초하여 밸브 오버랩에 의한 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 을 산출할 때에는, 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 이, 밸브 오버랩의 직전 또는 개시시에 (크랭크각이  $\theta_0$  이 되는 타이밍으로) 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 에 기초하여 추정되면 바람직하다.

즉, 밸브 오버랩을 위해 흡기 밸브를 개밸브시키기 전이나 흡기 밸브의 개밸브시의 배기 가스의 압력은 통내 압력과 대략 일치하고 있고, 내연 기관의 부하가 그다지 크지 않은 경우이면, 밸브 오버랩을 위해 흡기 밸브를 개밸브시킨 전후에 있어서의 배기 가스의 압력 변화는 작다. 따라서, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 은, 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 에 기초하여 추정하는 것이 가능하고, 내연 기관의 저부하시이면, 예를 들어,  $P_e(\theta_1)=P_c(\theta_0)$  로 할 수 있다. 이것에 의해, 배기 가스의 압력을 검출하는 센서가 불필요해지기 때문에, 연소실에 흡입되는 공기량의 산출에 요하는 비용을 저감시키는 것이 가능해진다.

한편, 내연 기관의 부하가 어느 정도 높아지면, 배기 맥동 등의 영향에 의해서 밸브 오버랩 중에 배기 가스의 압력 변화가 커져, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 을 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 으로 대응하기는 어려워진다.

즉, 내연 기관의 부하가 어느 정도 높아질 때까지는, 상기 (3) 식의 함수  $\phi$  에 대입되는 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비는, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 밸브 오버랩 전 또는 개시시에 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 의 비와 대략 일치하고, 양자의 값은, 부하의 상승과 함께 증가해 간다. 이것에 대하여, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 의 비가 실험적, 경험적으로 정해지는 소정치  $\varepsilon$  를 상회하면,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  이라는 상관성이 성립하지 않게 된다.

이것 때문에, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 의 비가 소정치  $\varepsilon$  를 상회한 경우에는, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비가 상기 소정치  $\varepsilon$  에 고정된다고 가정하고, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 을 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 상기 소정치  $\varepsilon$  에 기초하여,  $P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/\varepsilon$  로 정하면 바람직하다. 이것에 의해, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력이 실측되지 않는 경우에, 내연 기관의 부하가 높아졌다 하더라도, 밸브 오버랩에 수반하는 배기 가스의 압력 변화에 의한 영향을 받지 않고, 연소실에 흡입되는 공기량을 정밀도 높게 산출 가능해진다.

그리고, 복수의 연소실을 갖는 내연 기관에 있어서는, 연소실마다 통내압 검출수단이 형성되면 되고, 이 경우, 연소실마다 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 이 산출되고, 각 연소실에 있어서의 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 과, 각 통내압 검출수단에 의해서 소정의 타이밍으로 검출되는 각 연소실에 있어서의 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 에 기초하여, 각 연소실에 흡입된 공기의 양이 산출되면 바람직하다. 이것에 의해, 연소실간의 흡입 공기량의 편차를 정밀도 높게 파악할 수 있기 때문에, 각 연소실에 있어서의 공연비 제어 등의 정밀도를 향상시키는 것이 가능해진다.

또한, 어느 하나의 연소실에 있어서의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력은, 그 연소실에 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실의 흡기 하사점에 있어서의 통내 압력에 기초하여 추정되어도 된다.

일반적으로, 흡입 공기의 압력과 통내 압력은 흡기 하사점에 있어서 대략 동등해진다. 또한, 어느 연소실에 있어서 밸브 오버랩이 실행되는 타이밍은, 그 연소실에 대하여 1/N 사이클 (단, 흡기, 압축, 팽창, 배기의 4 행정을 1 사이클로 하고, N 은

기통수를 나타낸다) 만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실에 있어서 흡기 하사점이 도래하는 타이밍과 대략 일치한다. 따라서, 이들에 입각하여, 통내 압력에 기초하여 흡입 공기의 압력을 추정함으로써, 흡입 공기의 압력을 검출하는 센서가 불필요하게 되어, 각 연소실에 흡입되는 공기량의 산출에 요하는 비용을 한층 더 저감시키는 것이 가능해진다.

이하, 도면을 참조하면서, 본 발명을 실시하기 위한 최선의 형태에 관해서 구체적으로 설명한다.

도 1 은, 본 발명에 의한 제어 장치가 적용된 내연 기관을 나타내는 대략 구성도이다. 동일 도면에 나타낸 내연 기관 (1) 은, 실린더 블록 (2) 에 형성된 연소실 (3) 의 내부에서 연료 및 공기의 혼합기를 연소시키고, 연소실 (3) 내에서 피스톤 (4) 을 왕복 이동시킴으로써 동력을 발생시키는 것이다. 내연 기관 (1) 은 다기통 엔진으로서 구성되면 바람직하고, 본 실시형태의 내연 기관 (1) 은, 예를 들어 4 기통 엔진으로서 구성된다.

각 연소실 (3) 의 흡기 포트는, 흡기관 (흡기 매니폴드)(5) 에 각각 접속되고, 각 연소실 (3) 의 배기 포트는, 배기관 (6)(배기 매니폴드) 에 각각 접속되어 있다. 또한, 내연 기관 (1) 의 실린더 헤드에는, 흡기 밸브 (Vi) 및 배기 밸브 (Ve) 가 연소실 (3) 마다 배치되어 있다. 각 흡기 밸브 (Vi) 는 대응하는 흡기 포트를 개폐하고, 각 배기 밸브 (Ve) 는 대응하는 배기 포트를 개폐한다. 각 흡기 밸브 (Vi) 및 각 배기 밸브 (Ve) 는, 가변 밸브 타이밍 기구를 포함하는 동밸브 기구 (VM) 에 의해서 개폐된다. 또한, 내연 기관 (1) 은, 기통수에 따른 수의 점화 플러그 (7) 를 갖고, 점화 플러그 (7) 는, 대응하는 연소실 (3) 내를 향하도록 실린더 헤드에 배치되어 있다.

흡기관 (5) 은, 도 1 에 나타낸 바와 같이, 서지 탱크 (8) 에 접속되어 있다. 서지 탱크 (8) 에는, 급기 라인 (L1) 이 접속되어 있고, 급기 라인 (L1) 은, 에어 클리너 (9) 를 개재하여 도시되지 않는 공기 취입구에 접속되어 있다. 그리고, 급기 라인 (L1) 의 도중 (서지 탱크 (8) 와 에어 클리너 (9) 사이) 에는, 스로틀 밸브 (본 실시형태에서는, 전자 제어식 스로틀 밸브) (10) 가 장착되어 있다. 한편, 배기관 (6) 에는, 도 1 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어 삼원 촉매가 들어 있는 전단 촉매 장치 (11a) 및 예를 들어 NOx 흡장 환원 촉매가 들어 있는 후단 촉매 장치 (11b) 가 접속되어 있다.

또한, 내연 기관 (1) 은, 복수의 인젝터 (12) 를 갖고, 각 인젝터 (12) 는, 도 1 에 나타낸 바와 같이, 대응하는 연소실 (3) 내를 향하도록 실린더 헤드에 배치되어 있다. 또한, 내연 기관 (1) 의 각 피스톤 (4) 은, 소위 매몰(深皿) 정상면형(recessed top face type)으로 구성되어 있고, 그 상면에, 오목부 (4a) 를 갖고 있다. 그리고, 내연 기관 (1) 에서는, 각 연소실 (3) 내에 공기를 흡입시킨 상태에서, 각 인젝터 (12) 로부터 각 연소실 (3) 내의 피스톤 (4) 의 오목부 (4a) 를 향하여 가솔린 등의 연료가 직접 분사된다.

이것에 의해, 내연 기관 (1) 에서는, 점화 플러그 (7) 의 근방에 연료와 공기의 혼합기의 층이 주위의 공기층과 분리된 상태로 형성 (성층화) 되기 때문에, 매우 희박한 혼합기를 사용하여 안정된 성층 연소를 실행하는 것이 가능해진다. 또한, 본 실시형태의 내연 기관 (1) 은, 소위 직분(直噴) 엔진으로서 설명되지만, 이것에 한정되는 것이 아니라, 본 발명이 흡기관 (흡기 포트) 분사식 내연 기관에 적용될 수 있음은 말할 필요도 없다.

상기 서술한 각 점화 플러그 (7), 스로틀 밸브 (10), 각 인젝터 (12) 및 동밸브 기구 (VM) 등은, 내연 기관 (1) 의 제어 장치로서 기능하는 ECU (20) 에 전기적으로 접속되어 있다. ECU (20) 는, 모두 도시되지 않는 CPU, ROM, RAM, 입출력 포트, 및, 기억 장치 등을 포함하는 것이다. ECU (20) 에는, 도 1 에 나타낸 바와 같이, 내연 기관 (1) 의 크랭크각 센서 (14) 를 비롯한 각종 센서가 전기적으로 접속되어 있다. ECU (20) 는, 기억 장치에 기억되어 있는 각종 맵 등을 사용함과 함께 각종 센서의 검출치 등에 기초하여, 원하는 출력이 얻어지도록, 점화 플러그 (7), 스로틀 밸브 (10), 인젝터 (12), 동밸브 기구 (VM) 등을 제어한다.

또한, 내연 기관 (1) 은, 반도체 소자, 압전 소자, 자기 변형 소자 또는 광섬유 검출소자 등을 포함하는 통내압 센서 (통내압 검출수단)(15) 를 기통수에 따른 수만큼 갖고 있다. 각 통내압 센서 (15) 는, 대응하는 연소실 (3) 내에 수압면(受壓面)을 향하도록 실린더 헤드에 배치되어 있고, 도시되지 않는 A/D 변환기 등을 개재하여 ECU (20) 에 전기적으로 접속되어 있다. 각 통내압 센서 (15) 는, 연소실 (3) 내에서 그 수압면에 가해지는 압력 (통내 압력) 을 대기압에 대한 상대치로서 출력하는 것으로서, 그 수압면에 가해지는 압력 (통내 압력) 에 따른 전압 신호 (검출치를 나타내는 신호) 를 ECU (20) 에 부여한다.

또한, 내연 기관 (1) 은, 서지 탱크 (8) 내의 흡입 공기의 압력 (흡기압) 을 절대 압력으로서 검출하는 흡기압 센서 (16) 를 갖고 있다. 흡기압 센서 (16) 도, 도시되지 않는 A/D 변환기 등을 개재하여 ECU (20) 에 전기적으로 접속되어 있고, 검출된 서지 탱크 (8) 내의 흡입 공기의 절대 압력을 나타내는 신호를 ECU (20) 에 부여한다. 또한, 크랭크각 센서 (14), 흡기



압 센서 (16)의 검출치는, 미소 시간 간격으로 ECU (20)에 순차적으로 부여되고, ECU (20)의 소정의 기억 영역 (버퍼)에 소정량씩 저장 유지된다. 또한, 각 통내압 센서 (15)의 검출치 (통내 압력)는, 흡기압 센서 (16)의 검출치에 기초하여 절대압 보정된 후에, ECU (20)의 소정의 기억 영역 (버퍼)에 소정량씩 저장 유지된다.

다음으로, 도 2를 참조하면서, 상기 서술한 내연 기관 (1)에 있어서 각 연소실 (3)에 흡입되는 공기량을 산출하는 순서에 관해서 설명한다. 내연 기관 (1)이 시동되면, ECU (20)에 의해서 도 2에 나타난 흡입 공기량 산출 루틴이 연소실 (3)마다 반복 실행된다. 도 2의 흡입 공기량 산출 루틴은, 기본적으로 상기 (1)내지 (7)식을 사용하여 각 연소실 (3)에 흡입되는 공기량을 산출하기 위한 것이다. 이 루틴의 실행 타이밍이 되면, ECU (20)는, 우선, 흡기 밸브 (Vi)의 개밸브 타이밍이 진각되어 있는지 여부를 판정한다 (S10).

ECU (20)는, S10에서 흡기 밸브 (Vi)의 개밸브 타이밍이 진각되어 있다고 판단한 경우, ECU (20)는, 소정의 기억 영역으로부터, 흡기 밸브 (Vi)와 배기 밸브 (Ve)의 밸브 오버랩 직전 또는 개시시의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_0$ 이 되는 타이밍)으로 통내압 센서 (15)에 의해서 검출된 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )을 대상이 되는 연소실 (3)에 관해서 관독함과 함께, 흡기 밸브 (Vi)와 배기 밸브 (Ve)의 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍)으로 흡기압 센서 (16)에 의해서 검출된 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )을 관독한다 (S12). 또한, S12에서, ECU (20)는, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍)에서의 크랭크각 센서 (14)의 검출치에 기초하여, 크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍에서의 기관 회전수 ( $N_e(\theta_1)$ )를 구함과 함께, 동밸브 기구 (VM)로부터, 크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍에서의 VVT 진각량을 취득한다.

본 실시형태에 있어서, 흡기 밸브 (Vi)와 배기 밸브 (Ve)의 밸브 오버랩 직전 또는 개시시의 소정의 타이밍은, 밸브 오버랩의 개시시 즉 흡기 밸브 (Vi)의 개밸브시가 되고, 크랭크각이 예를 들어  $\theta_0$ =상사점 전  $20^\circ$ 가 되는 타이밍이 된다. 또한, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍은, 크랭크각이 예를 들어  $\theta_1$ =상사점 전  $10^\circ$ (배기 상사점 전  $10^\circ$ )가 되는 타이밍이 된다. S12에서, 크랭크각이  $\theta_0$ 이 되는 타이밍에서의 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )과 크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍에서의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )을 취득하면, ECU (20)은, 대상이 되는 연소실 (3)에 관해서, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )의 비인  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 의 값을 구함과 함께,  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 의 값이 소정의 임계치  $\varepsilon$ (본 실시형태에서는,  $\varepsilon=0.95$ ) 이하인지 여부를 판정한다 (S14).

여기서, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )의 비인  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 과, 상기 (3)식에 있어서 사용되는 파라미터인 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ )의 비  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  사이에는, 도 3에 예시되는 바와 같은 관계가 성립한다. 즉, 내연 기관 (1)의 부하가 그다지 크지 않은 범위내에서는,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ 의 값과  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 의 값은, 부하의 상승과 함께 각각 증가하여,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 이라는 관계가 성립한다.

즉, 밸브 오버랩을 위해 흡기 밸브 (Vi)를 개밸브시키기 직전의 타이밍 또는 개밸브시에 있어서, 배기 가스의 압력은 통내 압력과 대략 일치하고 있고, 내연 기관 (1)의 부하가 그다지 크지 않은 경우이면, 밸브 오버랩을 위해 흡기 밸브 (Vi)를 개밸브시키기 전후에 있어서의 배기 가스의 압력 변화는 작다. 따라서, 내연 기관 (1)의 부하가 그다지 크지 않은 범위내에서는, 밸브 오버랩 중, 즉, 크랭크각이  $\theta_1$ 이 되는 타이밍에 있어서의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ )를, 밸브 오버랩 직전 또는 개시시, 즉, 크랭크각이  $\theta_0$ 이 되는 타이밍으로 통내압 센서 (15)에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )에 기초하여 추정하는 것이 가능하고,  $P_e(\theta_1)=P_c(\theta_0)$ ,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 이라고 간주할 수 있다.

이것에 대하여, 내연 기관 (1)의 부하가 어느 정도 높아지면, 배기 맥동 등의 영향에 의해, 밸브 오버랩을 위해 흡기 밸브 (Vi)를 개밸브시킨 전후에 있어서 배기 가스의 압력 변화가 커진다. 즉, 내연 기관 (1)의 부하가 어느 정도 높아지고, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ )과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )의 비  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 이 소정치  $\varepsilon$  이상이 되면,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 이라는 상관이 성립하지 않게 되어, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ )을 밸브 오버랩 직전 또는 개시시에 통내압 검출수단에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ )으로 대응하기는 어려워진다.

이러한 점들을 감안하여, 내연 기관 (1)에서는, S14에서 각 연소실 (3)에 관해서  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ 의 값이 상기 임계치  $\varepsilon$  이하라고 판단된 경우, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ )이 밸브 오버랩 직전 또는 개시시에 통내압 센서 (15)

에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 으로 대응되고, ECU (20) 에 의해서  $P_e(\theta_1)=P_c(\theta_0)$  으로 설정된다 (S16). 또한, S14 에서 각 연소실 (3) 에 관해서  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  의 값이 상기 임계치  $\varepsilon$  를 상회하고 있다고 판단된 경우, ECU (20) 에 의해서, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 이, 상기 소정치  $\varepsilon$  를 사용하여,

$$P_e(\theta_1)=P_m(\theta_1)/\varepsilon$$

로서 설정된다 (S18). 즉, S18 의 처리에서는, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비가 가이드치로서의 임계치  $\varepsilon$  (본 실시형태에서는, 0.95) 로 고정된다고 가정되고, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 이 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 임계치  $\varepsilon$  에 기초하여 정해진다.

S16 또는 S18 의 처리를 실행하면, ECU (20) 는, 미리 정해진 함수 식 또는 맵을 사용하여 S12 에서 취득한 VVT 진각량에 대응하는  $\int \sqrt{Li(\theta) \cdot Le(\theta)} d\theta$  의 값을 정하고, 이 값과, S12 에서 취득한 기관 회전수 ( $Ne(\theta_1)$ ) 를 사용하여 상기 (2) 식으로부터 가스 통과 유효 면적 (S) 을 산출한다 (S20). 가스 통과 유효 면적 (S) 을 구하면, ECU (20) 는, S12 에서 취득한 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 을 S16 또는 S18 에서 설정한 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 으로 나눈 값이 임계치  $(2/(k+1))^{k/(k-1)}$  이상이 되어 있는지 여부를 판정한다 (S22). 본 실시형태에서는, 임계치  $(2/(k+1))^{k/(k-1)}$  로서, 예를 들어  $k=1.32$  로서 얻어지는 상수가 사용된다.

상기 서술한 바와 같이, 밸브 오버랩에 의한 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 을 산출할 때에 필요하게 되는  $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$  를 나타내는 식은,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 값에 따라 변화한다. 이것 때문에, ECU (20) 는, S22 에서  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 값이 상기 임계치 이상이라고 판단한 경우, 상기 (3) 식을 사용하여  $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$  의 값을 산출한다 (S24). 또한, ECU (20) 은, S22 에서  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 값이 상기 임계치를 하회하였다고 판단한 경우, 상기 (4) 식을 사용하여  $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$  의 값을 산출한다 (S26).

S20 에서 가스 통과 유효 면적 (S) 을 구함과 함께, S24 또는 S26 에서  $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$  의 값을 구하면, ECU (20) 는, 상기 (6) 식을 사용하여, 대상이 되는 연소실 (3) 에 관해서 밸브 오버랩에 의한 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 을 산출한다 (S28). S28 의 처리 후, ECU (20) 는, 소정의 기억 영역으로부터, 대상이 되는 연소실 (3) 에 관해서, 압축 행정 중의 크랭크각이  $\theta_2$  가 되는 타이밍으로 통내압 센서 (15) 에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 을 판독한다 (S30). 또한, 본 실시형태에서는, 압축 행정 중의 소정의 타이밍은, 크랭크각이 예를 들어  $\theta_2$ =상사점 전  $50^\circ$ (압축 상사점 전  $50^\circ$ ) 가 되는 타이밍이 된다.

그리고, ECU (20) 는, 상기 (7) 식을 사용하여, S28 에서 구한 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 과 S30 에서 취득한 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 으로부터, 대상이 되는 연소실 (3) 에 관해서 흡입 공기의 양 ( $M_{air}$ ) 을 산출한다 (S32). 이와 같이, 내연 기관 (1) 에서는, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ), 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 및 기관 회전수 ( $Ne(\theta_1)$ ) 와, 소정의 타이밍으로 검출된 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 를 얻음으로써, 다수의 센서를 사용하지 않고, 각 연소실 (3) 의 내부에 흡입된 공기의 양을 저비용으로 정밀도 높게 산출 가능해진다.

또한, 내연 기관 (1) 에서는, 부하가 비교적 낮고, S14 에서  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  의 값이 임계치  $\varepsilon$  이하라고 판단된 경우, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 이 밸브 오버랩 직전 또는 개시시에 통내압 센서 (15) 에 의해서 검출되는 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 으로 대응된다. 이것에 의해, 배기 가스의 압력을 실측하기 위한 센서가 불필요해지기 때문에, 각 연소실 (3) 에 흡입되는 공기량의 산출에 요하는 비용을 저감시키는 것이 가능해진다.

그리고, 배기 가스의 압력을 실측하기 위한 센서가 생략되어 있는 내연 기관 (1) 에서는, 부하가 높아져 S14 에서  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  의 값이 임계치  $\varepsilon$  를 상회하였다고 판단된 경우, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비가 소위 가이드치로서의 임계치  $\varepsilon$  (본 실시형태에서는, 0.95) 에 고정된다는 가정 하에, 밸브 오버랩 중의 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 이, 임계치  $\varepsilon$  에 기초하여 정해진다 (S18). 이와 같이, 내연 기관 (1) 의 부하가 높아졌을 때에는,

흡입 공기의 압력과 배기 가스의 압력의 차이가 작고, 또한, 잔류 가스 자체도 적어지는 점에서, S18 과 같은 처리를 실행 하더라도, 배기 가스의 압력 변화에 의한 영향을 받지 않고, 각 연소실 (3) 에 흡입되는 공기량을 정밀도 높게 산출하는 것이 가능해져, 실용상 양호한 결과를 얻을 수 있다.

또한, 복수의 연소실 (3) 과, 연소실 (3) 마다 형성된 통내압 센서 (15) 를 갖는 내연 기관 (1) 에서는, 연소실 (3) 마다 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 이 산출되고, 각 연소실 (3) 에 있어서의 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 과, 각 통내압 센서 (15) 에 의해서 검출되는 각 연소실 (3) 에 있어서의 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 에 기초하여, 각 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양이 산출되게 된다. 이것에 의해, 연소실 (3) 간의 흡입 공기량의 편차를 정밀도 높게 파악 가능하게 되어, 각 연소실 (3) 에 있어서의 공 연비 제어 등의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

한편, S10 에서 흡기 밸브 ( $V_i$ ) 의 개밸브 타이밍이 진각되어 있지 않고, 흡기 밸브 ( $V_i$ ) 와 배기 밸브 ( $V_e$ ) 의 밸브 오버랩 이 설정되어 있지 않다고 판단한 경우, ECU (20) 는, S32 에서 사용되게 되는 통내 압력의 변화량 ( $\Delta P_c$ ) 을 제로로 설정한다 (S34). 이것에 의해, 밸브 오버랩이 설정되어 있지 않은 경우, S32 에서는, S30 에서 취득된 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 에만 기초하여, 각 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}$ ) 이 산출되게 된다. 여기서, 압축 행정 중의 통내 압력은, 상대적으로 높은 값을 나타내고, 통내압 센서 (15) 의 검출 정밀도나 통내압 데이터의 분해능 등에 의하지 않고 정밀도 높게 검출될 수 있는 것이다. 따라서, 압축 행정 중의 소정의 타이밍에 있어서의 연소실 (3) 내의 통내 압력을 사용하면, 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양을 정밀도 높게 구할 수 있다.

또한, 상기 서술한 내연 기관 (1) 에서는, S14 에서 부정 판단이 이루어진 경우, 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비가 가드치로서의 임계치  $\varepsilon$  에 고정되는 것으로 가정되지만, 이것에 한정되는 것이 아니다. 즉, 도 4 에 나타낸 바와 같이, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 통내 압력 ( $P_c(\theta_0)$ ) 의 비인  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  과, 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 과 배기 가스의 압력 ( $P_e(\theta_1)$ ) 의 비  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 관계는, 복수의 함수를 사용하여 근사 되어도 된다.

도 4 의 예에서는,  $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  과  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  의 관계가 2 개의 직선을 사용하여 근사되어 있고,  $0 \leq P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0) \leq \varepsilon_1$  (단,  $\varepsilon_1$  은, 실험적, 경험적으로 정해지는 상수이다) 의 범위에서는,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$  이 되고,  $\varepsilon_1 \leq P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0) \leq 1.0$  의 범위에서는,  $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$  이 다음 (8) 식에 의해 표시된다 (단, (8) 식에 있어서  $\varepsilon_2$  는, 실험적, 경험적으로 정해지는 상수이고,  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$  이다). 이러한 근사수법이 채용된 경우에는, 도 2 의 S14 에서 부정 판단이 이루어졌을 때에, S18 에서, 다음 (9) 식에 따라서  $P_e(\theta_1)$  의 값이 설정된다.

$$P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1) = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} \cdot (P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0) - \varepsilon_1) + \varepsilon_1 \quad \dots (8)$$

$$P_e(\theta_1) = \frac{P_m(\theta_1)}{\left\{ \varepsilon_1 + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} \cdot \left( \frac{P_m(\theta_1)}{P_c(\theta_0)} - \varepsilon_1 \right) \right\}} \quad \dots (9)$$

또한, 본 실시형태에서는, 서지 탱크 (8) 에 흡입 공기의 압력을 검출하는 흡기압 센서 (16) 가 설치되어 있지만, 흡기압 센서 (16) 는 생략되어도 되며, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍 (크랭크각이  $\theta_1$  이 되는 타이밍) 에 있어서의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 은, 통내 압력에 기초하여 추정되어도 된다.

즉, 흡입 공기의 압력과 통내 압력은 흡기 하사점에 있어서 대략 동등해진다. 또한, 어느 연소실 (3) 에 있어서 밸브 오버랩 이 실행되는 타이밍은, 4 기통 엔진의 경우, 그 연소실 (3) 에 대하여 1/4 사이클 (180°) 만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실 (3) 에 있어서 흡기 하사점이 도래하는 타이밍과 대략 일치한다. 따라서, 이들에 입각하면, 어느 연소실 (3) 에 있어서의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력은, 그 연소실 (3) 에 대하여 1/4 사이클만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실 (3) 의 흡기 하사점에 있어서의 통내 압력에 기초하여 추정할 수 있다. 이것에 의해, 흡입 공기의 압력을 검출하는 흡기압 센서 (16) 가 불필요하게 되어, 각 연소실 (3) 에 흡입되는 공기량의 산출에 요하는 비용을 한층 더 저감시키는 것이 가능해진다.

도 5 는, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력을 통내 압력에 기초하여 추정하는 루틴을 설명하기 위한 플로우 차트이다. 도 5 의 루틴은, ECU (20) 에 의해서 예를 들어 도 2 의 S14 전의 소정의 타이밍에 있어서 실행되는 것이다. 이 경우, ECU (20) 는, 소정의 기억 영역으로부터, 대상이 되는 연소실 (3) 보다 1/4 사이클만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실 (선행 연소실)(3) 의 바로 근처의 흡기 하사점에 있어서의 통내압 센서 (15) 의 검출치  $P_c$  ( $\theta_{BDC}$ ) 를 판독한다 (S100). 또한, ECU (20) 는, 대상이 되는 연소실 (3) 보다 1/4 사이클만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실 (3) 의 상기 흡기 하사점 후의 압축 행정 중의 소정의 2 점에 있어서의 통내압 센서 (15) 의 검출치  $P_c(\theta_a)$ ,  $P_c(\theta_b)$  를 소정의 기억 영역으로부터 판독한다 (S102). 또한, 크랭크각 ( $\theta_a$  및  $\theta_b$ ) 은, 압축 행정 중에 포함되도록 선택되면, 각각의 값은 임의가 될 수 있다.

여기서, 흡기압 센서가 생략되어 있는 경우, 통내압 센서 (15) 의 출력(상대 압력) 을 흡기압 센서 (16) 의 검출치에 기초하여 절대압 보정할 수 없으므로, 통내압 센서 (15) 의 검출치  $P_c(\theta_a)$ ,  $P_c(\theta_b)$  는, 절대압 보정되지 않고 그대로 (상대 압력을 나타내는 상태에서) 그 기억 영역에 기억된다. 여기서, 크랭크각이  $\theta_a$  가 되었을 때의 절대압 보정 후의 통내 압력 (진값) 을  $P_a$  로 하고, 크랭크각이  $\theta_b$  가 되었을 때의 절대압 보정 후의 통내 압력 (진값) 을  $P_b$  로 하고, 통내압 센서 (15) 의 절대압 보정치를  $P_r$  로 하면,

$$P_a = P_c(\theta_a) + P_r$$

$$P_b = P_c(\theta_b) + P_r$$

이 된다. 또한, 내연 기관의 압축 행정이 단일 과정이라고 간주하고, 비열비를  $\kappa$  로 한 경우,  $P_a \cdot V^\kappa(\theta_a) = P_b \cdot V^\kappa(\theta_b)$  라는 관계가 성립하고, 이 관계는, 다음 (10) 식과 같이 나타낼 수 있다. 그리고, (10) 식을 절대압 보정치 ( $P_r$ ) 에 대하여 풀면, 절대압 보정치 ( $P_r$ ) 는, 다음 (11) 식과 같이 표시된다.

$$(P_c(\theta_a) + P_r) \cdot V^\kappa(\theta_a) = (P_c(\theta_b) + P_r) \cdot V^\kappa(\theta_b) \quad \dots (10)$$

$$P_r = \frac{P_c(\theta_b) \cdot V^\kappa(\theta_b) - P_c(\theta_a) \cdot V^\kappa(\theta_a)}{V^\kappa(\theta_a) - V^\kappa(\theta_b)} \quad \dots (11)$$

이 때문에, ECU (20) 는, S102 의 처리 이후, 선행 연소실 (3) 의 압축 행정 중의 소정의 2 점에 있어서의 통내압 센서 (15) 의 검출치  $P_c(\theta_a)$ ,  $P_c(\theta_b)$  와, 그 소정의 2 점에 있어서의 통내 용적  $V(\theta_a)$ ,  $V(\theta_b)$  을 사용하여, 상기 (11) 식으로부터, 선행 연소실 (3) 에 설치되어 있는 통내압 센서 (15) 의 절대압 보정치 ( $P_r$ ) 을 산출한다 (S104). 또한, S104 에서 사용되는 통내 용적  $V(\theta_a)$ ,  $V(\theta_b)$  의 값은, 미리 산출되어 기억 장치에 기억되어 있고, ECU (20) 는, 이들 통내 용적  $V(\theta_a)$ ,  $V(\theta_b)$  의 값을 기억 장치로부터 판독하여 S20 의 처리에 사용한다.

S104 에서 절대압 보정치 ( $P_r$ ) 를 구하면, ECU (20) 는, S100 에서 취득한 흡기 하사점에 있어서의 통내압 센서 (15) 의 검출치  $P_c(\theta_{BDC})$  와, S104 에서 구한 절대압 보정치 ( $P_r$ ) 를 사용하여, 대상이 되는 연소실 (3) 에 있어서의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 을 산출한다 (S106). 즉, 어느 연소실 (3) 에 있어서의 밸브 오버랩 중의 흡입 공기의 압력 ( $P_m(\theta_1)$ ) 은, 그 연소실 (3) 에 대하여 1/4 사이클 (N 기통 엔진에서는, 1/N 사이클) 만큼 선행하여 흡기 행정이 실행되는 연소실 (3) 의 흡기 하사점에 있어서의 통내 압력을  $P_{c-180}(\theta_{BDC})$  로 하면,

$$P_m(\theta_1) = P_r + P_{c-180}(\theta_{BDC})$$

로서 산출할 수 있다. 이와 같이, 도 5 의 루틴이 실행됨으로써, 흡입 공기의 압력을 검출하는 흡기압 센서를 사용하지 않고, 통내 압력 ( $P(\theta)$ ) 과 통내 용적  $V(\theta)$  에 기초하여, (통내 압력  $P(\theta)$  과 통내 용적  $V(\theta)$  를 비열비 (소정의 지수)  $\kappa$  로 승한 값  $V^\kappa(\theta)$  과의 적치  $P(\theta) \cdot V^\kappa(\theta)$  에 기초하여, 각 연소실 (3) 에 흡입되는 공기량을 정밀도 높게 산출 가능해진다.

그런데, 이상에서 설명한 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}$ ) 을 산출하는 수법에 있어서는, 최종적으로 상기 (7) 식을 사용하여 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 이 산출되기 때문에, 상기 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 이 필요하게 된다. 여기서, 상기 통내 압력 ( $P_c(\theta_2)$ ) 은 상기 서술한 바와 같이 압축 행정 중의 소정의 타이밍 (흡기 밸브 폐밸브 후, 연소 개시 전 (불꽃 점화 전 또는 압축 착화 전) 의 타이밍) 에 있어서 검출되는 값에 기초하여 구해지는 것이며, 따라서 이상에서 설명한 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 을 산출하는 수법에 의해서 동일 공기량 ( $M_{air}$ ) 이 산출되는 것은 그 사이클 (즉, 금회의 사이클) 에 있어서 이미 압축 행정이 개시된 후가 된다.

그리고 이러한 점에서, 통상적으로는, 이상에서 설명한 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 의 산출수법에 의해서 얻어지는 산출 결과를 금회의 사이클에 있어서의 내연 기관의 제어에 직접 이용하는 어렵다. 즉, 공연비 제어를 예로 들면, 공연비를 목표 공연비로 하기 위해서는 흡입 공기량에 따른 적절한 양의 연료를 분사할 필요가 있기 때문에, 연료 분사 전에 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 을 구하고 그에 따른 적절한 연료 분사량을 결정할 필요가 있다. 그런데, 이상에서 설명한 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 의 산출수법에서는, 상기 서술한 바와 같이 이미 압축 행정이 개시된 후에 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 이 구해지므로, 흡기관 (흡기 포트) 분사식 내연 기관의 경우에는 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 이 구해지는 것이 연료 분사 후가 되어, 상기 서술한 내연 기관 (1) 과 같은 직분식 내연 기관인 경우이더라도 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 이 빨리 구해져도 연료 분사의 직전 정도가 된다. 이 때문에, 그 산출 결과인 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 을 금회의 사이클에 있어서의 내연 기관의 공연비 제어에 직접 이용하는 것은 통상은 어려워진다.

이상과 같은 점에 입각하여, 본 발명의 다른 실시형태에 있어서는 이하에 설명하는 바와 같이 하여, 상기 서술한 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 의 산출수법으로부터 얻어지는 산출 결과를 내연 기관의 제어에 이용하도록 하고 있다. 즉, 이 실시형태에서는 상기 서술한 바와 같은 통내 압력과 통내 압력의 변화량에 기초하여 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양을 산출하는 수법 (이하, 「제 1 흡입 공기량 산출수법」이라 한다) 과는 다른 수법, 즉 제 2 흡입 공기량 산출수법에서도 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양이 구해지도록 되어 있다. 여기서, 이 제 2 흡입 공기량 산출수법은, 금회의 사이클의 압축 행정 개시 전에 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양을 구할 수 있는 것이며, 또한, 금회의 사이클의 연료 분사의 충분히 전에 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양을 구할 수 있는 것으로서, 보다 상세하게는 흡입 공기량을 사전에 추정하는 방법이다.

그리고, 본 실시형태에서는 전회의 사이클에 대하여 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법으로 산출된 흡입 공기량 (이하, 「제 1 흡입 공기량」이라 한다)( $M_{air}$ ) 과, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법으로 산출된 흡입 공기량 (이하, 「제 2 흡입 공기량」이라 한다) 의 차이가 구해지고, 그 차이에 기초하여 금회의 사이클에 대하여 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법으로 산출된 흡입 공기량, 즉 제 2 흡입 공기량의 값이 보정되도록 되어 있다. 그리고, 이 보정된 제 2 흡입 공기량에 기초하여 내연 기관의 제어가 실시되도록 되어 있다.

즉 상기 서술한 바와 같이, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의하면 금회의 사이클의 연료 분사의 충분히 전에 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양을 구할 수 있다. 또한, 상기 보정에 사용되는 값은 전회의 사이클에 대한 상기 제 1 흡입 공기량 ( $M_{air}$ ) 과 상기 제 2 흡입 공기량의 차이이므로 금회의 사이클의 개시 전에 구할 수 있다. 이 때문에, 상기의 보정된 제 2 흡입 공기량은 금회의 사이클의 연료 분사의 충분히 전에 구할 수 있고, 따라서, 금회의 사이클에 있어서의 내연 기관의 제어에 이 보정된 제 2 흡입 공기량을 사용하는 것이 가능해진다. 즉 예를 들어, 이 보정된 제 2 흡입 공기량에 기초하여 금회의 사이클에 있어서의 연료 분사량을 결정하여 공연비를 제어할 수 있다. 또한, 복수의 연소실을 갖는 경우에 있어서, 이와 같이 보정된 제 2 흡입 공기량에 기초하여 결정되는 연료 분사량의 기통간의 편차를 기초하여 발생 토크의 기통간의 편차를 추정하고, 그에 따라 기통마다 점화 시기의 지각(遲角)량을 설정하여 점화 시기 지각 제어를 실시하여, 발생 토크의 기통간 편차를 억제할 수도 있다.

그런데, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법으로서는, 에어 플로우 미터의 검출치나 흡기압 센서의 검출치 등에 기초하여 흡입 공기량을 구하는 수법 등, 여러 가지의 것이 상정되지만, 본 실시형태에서는 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법으로서 흡기계 물리 모델을 사용한 수법이 사용된다. 그래서 다음으로, 본 실시형태에 있어서 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법으로 사용되는 흡기계 물리 모델을 사용하여 흡입 공기량을 산출하는 수법에 관해서 설명한다.

이 수법은 즉, 내연 기관의 흡기계를 모델화함과 함께 이들 모델에 대하여 에너지 보존의 법칙, 질량 보존의 법칙, 상태 방정식 등을 적용하여 기관의 흡입 공기량 (연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양) 을 산출하는 것이다. 이 수법에 있어서는, 예를 들어, 내연 기관의 흡기계에 대하여, 스로틀 모델, 흡기관 모델, 흡기 밸브 모델 등이 구축되고, 이들 각 모델을 사용함으

로써 스로틀 밸브 개도, 대기압, 및 대기 온도 등으로부터 흡입 공기량이 구해진다. 또한, 본 실시형태에 있어서는 이 수법에 의해서 흡입 공기량을 구하기 위해서, 도 1 에 나타낸 구성에 있어서, 추가로 스로틀 개도 센서, 대기압 센서, 대기 온도 센서가 설치되어 있다. 또한, 이 수법과 관련된 연산은 ECU (20) 에 있어서 행해지도록 되어 있다.

도 6 은, 이 수법을 위해 내연 기관의 흡기계를 모델화한 흡입 공기량 모델 (M20) 을 나타내는 도면이다. 흡입 공기량 모델 (M20) 은, 도 6 에 나타낸 바와 같이 스로틀 모델 (M21), 흡기관 모델 (M22), 흡기 밸브 모델 (M23) 을 구비한다. 스로틀 모델 (M21) 에는, 스로틀 개도 센서에 의해서 검출된 스로틀 밸브의 개도 (스로틀 밸브 개도)( $\theta_t$ ) 와, 대기압 센서에 의해서 검출된 내연 기관 주위의 대기압 (Pa) 과, 대기온 센서에 의해서 검출된 내연 기관 주위의 대기 온도 (Ta) 와, 후술하는 흡기관 모델 (M22) 에 있어서 산출된 스로틀 밸브로부터 흡기 밸브에 이르기까지의 흡기관내의 압력 (흡기관내 압력)(Ps) 이 입력되고, 이들 입력된 각 파라미터의 값을 후술하는 스로틀 모델 (M21) 의 모델 식에 대입함으로써, 단위 시간 당 스로틀 밸브를 통과하는 공기의 유량 (스로틀 밸브 통과 공기 유량)(mt) 이 산출된다. 스로틀 모델 (M21) 에 있어서 산출된 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt) 은, 흡기관 모델 (M22) 에 입력된다.

흡기관 모델 (M22) 에는, 스로틀 모델 (M21) 에 있어서 산출된 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt) 과, 이하에 상세히 설명하는 단위 시간 당 연소실내에 흡입되는 공기의 유량 (이하, 「연소실내 흡입 공기 유량 (mc)」 이라 한다. 또한, 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 의 정의에 관해서는, 흡기 밸브 모델 (M23) 의 설명에 있어서 상세히 설명한다) 이 입력되고, 이들 입력된 각 파라미터의 값을 후술하는 흡기관 모델 (M22) 의 모델 식에 대입함으로써, 상기 흡기관내 압력 (Ps) 과 스로틀 밸브로부터 흡기 밸브에 이르기까지의 흡기관내의 온도 (흡기관내 온도)(Tm) 가 산출된다. 흡기관 모델 (M22) 에 있어서 산출된 흡기관내 압력 (Ps) 과 흡기관내 온도 (Tm) 는 모두 흡기 밸브 모델 (M23) 에 입력되고, 또한 흡기관내 압력 (Ps) 은 스로틀 모델 (M21) 에도 입력된다.

흡기 밸브 모델 (M23) 에는, 흡기관 모델 (M22) 에 있어서 산출된 흡기관내 압력 (Ps) 및 흡기관내 온도 (Tm) 외에 대기 온도 (Ta) 가 입력되고, 이들 값을 후술하는 흡기 밸브 모델 (M23) 의 모델 식에 대입함으로써, 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 이 산출된다. 그리고 이 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 에 기초하여, 즉 이 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 을 변환하여 흡입 공기량 (연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양)(Mc) 이 산출된다. 또한, 흡기 밸브 모델 (M23) 에 있어서 산출된 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 은 흡기관 모델 (M22) 에 입력된다.

도 6 으로부터 알 수 있듯이, 흡입 공기량 모델 (M20) 에서는 어느 모델에 있어서 산출된 파라미터의 값이 별도의 모델에 대한 입력치로서 이용된다. 이 때문에, 흡입 공기량 모델 (M20) 을 사용한 경우에는, 대기압 (Pa), 대기 온도 (Ta), 스로틀 밸브 개도 ( $\theta_t$ ) 및 기관 회전수로부터 상기 흡입 공기량 (Mc) 을 산출할 수 있다.

다음으로, 흡입 공기량 모델 (M20) 의 각 모델 (M21~M23) 에 관해서 설명한다.

스로틀 모델 (M21) 에서는, 대기압 (Pa(kPa)), 대기 온도 (Ta(K)), 흡기관내 압력 (Ps(kPa)), 스로틀 밸브 개도 ( $\theta_t$ ) 로부터, 하기 (12) 식에 기초하여, 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt(g/s)) 이 산출된다. 여기서, (12) 식에 있어서의  $\mu$  는 스로틀 밸브에 있어서의 유량 계수로, 스로틀 밸브 개도 ( $\theta_t$ ) 의 함수이고, 도 7 에 나타낸 바와 같은 맵으로부터 정해진다. 또한,  $A_t(m^2)$  는 스로틀 밸브의 개구 단면적 (스로틀 개구 면적) 을 나타내고, 스로틀 밸브 개도 ( $\theta_t$ ) 의 함수이다. 또한, 이들 유량 계수  $\mu$  및 스로틀 개구 면적 ( $A_t$ ) 을 결합한  $\mu \cdot A_t$  를 스로틀 밸브 개도 ( $\theta_t$ ) 로부터 하나의 맵으로 구하도록 해도 된다. 또한, R 은 기체 상수이다.

$$mt = \mu \cdot A_t \cdot \frac{Pa}{\sqrt{R \cdot Ta}} \cdot \Phi\left(\frac{Ps}{Pa}\right) \quad \dots (12)$$

$\Phi(Ps/Pa)$  는 하기 (13) 식에 나타낸 함수로서, 이 (13) 식에 있어서의  $\kappa$  는 비열비 ( $\kappa=C_p$  (등압비열)/ $C_v$ (등용비열) 로서, 일정치로 한다) 이다. 이 함수  $\Phi(Ps/Pa)$  는 도 8 에 나타낸 바와 같은 그래프로 나타낼 수 있기 때문에, 이러한 그래프를 맵으로 하여 ECU 의 ROM 에 저장하고, 실제로는 (13) 식을 사용하여 계산하는 것이 아니라 맵으로부터  $\Phi(Ps/Pa)$  의 값을 구하도록 해도 된다.

$$\Phi\left(\frac{Ps}{Pa}\right) = \begin{cases} \frac{\sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa+1)}}}{\sqrt{\left\{\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right\} \left(1-\frac{Ps}{Pa}\right) + \frac{Ps}{Pa}}} \cdot \left(1-\frac{Ps}{Pa}\right) & \dots \frac{Ps}{Pa} \leq \frac{1}{\kappa+1} \\ \frac{1}{\sqrt{\left\{\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right\} \left(1-\frac{Ps}{Pa}\right) + \frac{Ps}{Pa}}} & \dots \frac{Ps}{Pa} > \frac{1}{\kappa+1} \end{cases} \quad \dots (13)$$

이들 스로틀 모델 (M21) 의 (12) 식 및 (13) 식은, 스로틀 밸브 (10) 상류의 기체의 압력을 대기압 (Pa), 스로틀 밸브 (10) 상류의 기체의 온도를 대기 온도 (Ta), 스로틀 밸브 (10) 를 통과하는 기체의 압력을 흡기관내 압력 (Ps) 으로 하여, 도 9 에 나타난 바와 같은 스로틀 밸브 (10) 의 모델에 대하여, 질량 보존의 법칙, 에너지 보존의 법칙 및 운동량 보존의 법칙을 적용하고, 또한 기체의 상태 방정식, 비열비의 정의식, 및 마이어의 관계식을 이용함으로써 얻어진다.

흡기관 모델 (M22) 에서는, 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt(g/s)), 연소실내 흡입 공기 유량 (mc(g/s)), 및 대기 온도 (Ta (K)) 로부터, 하기 (14) 식 및 (15) 식에 기초하여 흡기관내 압력 (Ps(kPa)) 및 흡기관내 온도 (Tm(K)) 가 산출된다. 또한, (14) 식 및 (15) 식에 있어서의 Vm(m³) 은, 서지 탱크 (8) 를 포함한 스로틀 밸브 (10) 로부터 흡기 밸브 (Vi) 까지의 흡기관 등의 부분 (이하, 「흡기관 부분」 이라 칭한다)(8') 의 용적과 동등한 상수이다.

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{Ps}{Tm} \right) = \frac{R}{Vm} \cdot (mt - mc) \quad \dots (14)$$

$$\frac{dPs}{dt} = \kappa \cdot \frac{R}{Vm} \cdot (mt \cdot Ta - mc \cdot Tm) \quad \dots (15)$$

여기서, 흡기관 모델 (M22) 에 관해서 도 10 을 참조하여 설명한다. 흡기관 부분 (8') 의 총 기체량을 M 으로 하면, 총 기체량 (M) 의 시간적 변화는, 흡기관 부분 (8') 에 유입되는 기체의 유량, 즉 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt) 과, 흡기관 부분 (8') 으로부터 유출되는 기체의 유량, 즉 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 의 차이와 동등하기 때문에, 질량 보존의 법칙에 의해 하기 (16) 식이 얻어지고, 이 (16) 식 및 기체의 상태 방정식 (Ps·Vm=M·R·Tm) 으로부터, (14) 식이 얻어진다.

$$\frac{dM}{dt} = mt - mc \quad \dots (16)$$

또한, 흡기관 부분 (8') 의 기체의 에너지 (M·Cv·Tm) 의 시간적 변화량은, 흡기관 부분 (8') 에 유입되는 기체의 에너지와 흡기관 부분 (8') 으로부터 유출되는 기체의 에너지의 차이와 동등하다. 이 때문에, 흡기관 부분 (8') 에 유입되는 기체의 온도를 대기 온도 (Ta), 흡기관 부분 (8') 으로부터 유출되는 기체의 온도를 흡기관내 온도 (Tm) 로 하면, 에너지 보존의 법칙에 의해 하기 (17) 식이 얻어지고, 이 (17) 식 및 상기 기체의 상태 방정식으로부터, (15) 식이 얻어진다.

$$\frac{d(M \cdot Cv \cdot Tm)}{dt} = Cp \cdot mt \cdot Ta - Cp \cdot mc \cdot Tm \quad \dots (17)$$

흡기 밸브 모델 (M23) 에서는, 흡기관내 압력 (Ps), 흡기관내 온도 (Tm), 및 대기 온도 (Ta) 로부터, 하기 (18) 식에 기초하여, 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 이 산출된다. (18) 식에 있어서의 a, b 는, 적어도 기관 회전수 (Ne) 에 기초하여 정해지는 적합 파라미터로서, 미리 맵을 작성해 두고, 필요에 따라 맵을 검색하여 구하도록 한다. 또한, 도 1 에 나타난 구성과 같이, 흡기 밸브 (Vi) 에 대하여 가변 밸브 타이밍 기구를 포함하는 동밸브 기구 (VM) 가 설치되어 있는 경우에는, 상기 적합 파라미터 (a, b) 는, 흡기 밸브 (Vi) 의 개폐 타이밍 (즉, 기준개폐 타이밍으로부터의 진각 또는 지각량) 등에도 기초하여 정해진다.

$$mc = \frac{Ta}{Tm} (a \cdot Ps - b) \quad \dots (18)$$

상기 서술한 흡기 밸브 모델 (M23) 에 관해서 도 11 을 참조하여 설명한다. 일반적으로, 흡기 밸브 (Vi) 가 닫혔을 때에 연소실 (3) 내에 충전되어 있는 공기의 양인 흡입 공기량 (Mc) 은, 흡기 밸브 (Vi) 가 폐밸브 하였을 때 (흡기 밸브 폐밸브시) 에 확정되고, 흡기 밸브 폐밸브시의 연소실 (3) 내의 압력에 비례한다. 또한, 흡기 밸브 폐밸브시의 연소실 (3) 내의 압력은 흡기 밸브 상류의 기체의 압력, 즉 흡기관내 압력 (Ps) 과 동등하다고 간주할 수 있다. 따라서, 상기 흡입 공기량 (Mc) 은, 흡기 밸브 폐밸브시의 흡기관내 압력 (Ps)에 비례하면 근사할 수 있다.

여기서, 단위 시간 당 흡기관 부분 (8') 으로부터 유출되는 전체 공기의 양을 평균화한 것, 또는 단위 시간 당 흡기관 부분 (8') 으로부터 모든 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양을 하나의 기통의 흡기 행정에 걸쳐 평균화한 것을 연소실내 흡입 공기 유량 (mc)(이하에 상세히 설명한다) 으로 하면, 상기 흡입 공기량 (Mc) 이 흡기관내 압력 (Ps) 에 비례하는 점에서, 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 도 흡기관내 압력 (Ps) 에 비례하는 것으로 생각된다. 이 점에서, 이론 및 경험칙에 기초하여,

상기 (18) 식이 얻어진다. 또한, (18) 식에 있어서의 적합 파라미터 (a) 는 비례 계수로서, 적합 파라미터 (b) 는 배기 밸브 폐밸브시에 있어서 연소실 (3) 내에 잔존하고 있는 기연(既燃) 가스량과 관련되는 값이다. 또한, 실제의 운전에서는 과도시에 흡기관내 온도 (Tm) 가 크게 변화하는 경우가 있기 때문에, 이것에 대한 보정으로서 이론 및 경험칙에 기초하여 유도된 Ta/Tm 이 승산되어 있다.

여기서, 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 에 관해서, 도 12 를 참조하여 내연 기관이 4 기통인 경우에 관해서 설명한다. 또한, 도 12 는 횡축이 크랭크 샤프트의 회전 각도, 종축이 단위 시간 당 흡기관 부분 (8') 으로부터 연소실 (3) 에 실제로 유입되는 공기의 양이다. 도 12 에 나타난 바와 같이, 4 기통의 내연 기관에서는, 흡기 밸브 (Vi) 가 예를 들어 1 번 기통, 3 번 기통, 4 번 기통, 2 번 기통의 순서로 개밸브하고, 각 기통에 대응하는 흡기 밸브 (Vi) 의 개밸브량에 따라 흡기관 부분 (8') 으로부터 각 기통의 연소실 (3) 내로 공기가 유입된다. 흡기관 부분 (8') 으로부터 각 기통의 연소실 (3) 내에 유입되는 공기의 유량의 변위는 도 12 에 파선으로 나타난 바와 같고, 이들을 종합한 흡기관 부분 (8') 으로부터 전체 기통의 연소실 (3) 에 유입되는 공기의 유량은 도 12 에 실선으로 나타난 바와 같다. 또한, 예를 들어 1 번 기통으로의 상기 흡입 공기량 (Mc) 은 도 12 에 사선으로 나타난 부분에 상당한다.

이에 대하여, 실선으로 나타난 흡기관 부분 (8') 으로부터 모든 기통의 연소실 (3) 에 유입하는 공기의 양을 평균화한 것이 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 으로서, 도면 중에 일점쇄선으로 나타나 있다. 그리고, 이 일점쇄선으로 나타난 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 에, 4 기통의 경우에는 크랭크 샤프트가 180°(즉, 4 스트로크식 내연 기관에 있어서 1 사이클 중에 크랭크 샤프트가 회전하는 각도 720°를 기통수로 나눈 각도) 회전하는 데 걸리는 시간 ΔT<sub>180°</sub>(기관 회전수로부터 산출 가능) 를 승산한 것이 상기 흡입 공기량 (Mc) 이 된다. 따라서, 흡기 밸브 모델 (M23) 에서 산출된 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 에 ΔT<sub>180°</sub>를 승산함으로써, 상기 흡입 공기량 (Mc) 을 산출할 수 있다 (Mc=mc·ΔT<sub>180°</sub>).

다음으로, 상기 흡입 공기량 모델 (M20) 을 사용하여, 실제로 상기 흡입 공기량 (Mc) 을 산출하는 경우에 관해서 설명한다. 상기 흡입 공기량 (Mc) 은 흡입 공기량 모델 (M20) 을 사용하여, 상기 (12) 식, (14) 식, (15) 식, 및 (18) 식을 곱으로써 구해진다. 이 경우, ECU (20) 로 처리하기 때문에, 이들 식을 이산화할 필요가 있다. 시각 (t), 계산 간격 (이산 시간)(ΔT) 을 이용하여 (12) 식, (14) 식, (15) 식, 및 (18) 식을 이산화하면, 각각 하기 (19) 식, (20) 식, (21) 식, 및 (22) 식이 얻어진다. 또한, 흡기관내 온도 (Tm(t+Δt)) 는, (20) 식 및 (21) 식에 의해서 각각 산출된 Ps/Tm(t+Δ) 및 Ps(t+Δt) 로부터, (23) 식에 의해서 산출된다.

$$m_t(t) = \mu \cdot A_t(\theta t(t)) \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T_a}} \Phi\left(\frac{P_s(t)}{P_a}\right) \quad \dots (19)$$

$$\frac{P_s}{T_m}(t+\Delta t) = \frac{P_s}{T_m}(t) + \Delta t \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) - mc(t)) \quad \dots (20)$$

$$P_s(t+\Delta t) = P_s(t) + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V_m} \cdot (m_t(t) \cdot T_a - mc(t) \cdot T_m(t)) \quad \dots (21)$$

$$mc(t) = \frac{T_a}{T_m(t)} \cdot (a \cdot P_s(t) - b) \quad \dots (22)$$

$$T_m(t+\Delta t) = \frac{P_s(t+\Delta t)}{P_s/T_m(t+\Delta t)} \quad \dots (23)$$

이렇게 하여 실장된 흡입 공기량 모델 (M20) 에서는, 스로틀 모델 (M21) 의 (19) 식으로 산출된 시각 (t) 에 있어서의 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt(t)) 과, 흡기 밸브 모델 (M23) 의 (22) 식으로 산출된 시각 (t) 에 있어서의 연소실내 흡입 공기 유량 (mc)(t) 이, 흡기관 모델 (M22) 의 (20) 식 및 (21) 식에 대입되고, 이것에 의해 시각 (t+Δt) 에 있어서의 흡기관내 압력 (Ps(t+Δt)) 및 흡기관내 온도 (Tm(t+Δt)) 가 산출된다. 이어서, 산출된 Ps(t+Δt) 및 Tm(t+Δt) 는, 스로틀 모델 (M21) 및 흡기 밸브 모델 (M23) 의 (19) 식 및 (22) 식에 대입되고, 이것에 의해 시각 (t+Δt) 에 있어서의 스로틀 밸브 통과 공기 유량 (mt(t+Δt)) 및 연소실내 흡입 공기 유량 (mc(t+Δt)) 이 산출된다. 그리고, 이러한 계산을 반복함으로써, 스로틀 밸브 개도 (θt), 대기압 (Pa), 및 대기 온도 (Ta) 로부터, 임의의 시각 (t) 에 있어서의 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 이 산출되고, 산출된 연소실내 흡입 공기 유량 (mc) 에 상기 시간 (ΔT<sub>180°</sub>) 을 승산함으로써, 임의의 시각 (t) 에 있어서의 상기 흡입 공기량 (Mc) 이 산출된다. 그리고 이상의 설명으로부터도 분명하듯이, 이 수법에 의하면 앞으로 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양을 추정할 수 있다.



또한, 내연 기관의 시동시에는, 즉 시각 ( $t=0$ ) 에 있어서는, 흡기관내 압력 ( $P_s$ ) 은 대기압과 동등한 ( $P_s(0)=P_a$ ) 가 되고, 흡기관내 온도 ( $T_m$ ) 는 대기 온도와 동등한 ( $T_m(0)=T_a$ ) 가 되어, 각 모델 (M21~M23) 에 있어서의 계산이 개시된다.

또한, 상기 흡입 공기량 모델 (M20) 에서는, 대기 온도 ( $T_a$ ) 및 대기압 ( $P_a$ ) 이 일정한 것으로 하고 있지만, 시각에 따라 변화하는 값으로 해도 되고, 예를 들어, 대기 온도를 검출하기 위한 대기온 센서에 의해서 시각 ( $t$ ) 에 있어서 검출된 값을 대기 온도 ( $T_a(t)$ ), 대기압을 검출하기 위한 대기압 센서에 의해서 시각 ( $t$ ) 에 있어서 검출된 값을 대기압 ( $P_a(t)$ ) 로 하여 상기 (19) 식, (22) 식 및 (23) 식에 대입하도록 해도 된다.

다음으로 이상의 설명에 입각하여, 도 13 을 참조하면서 본 실시형태에 있어서 각 연소실 (3) 에 흡입되는 공기량을 산출하는 순서에 관해서 설명한다. 본 실시형태에서는 내연 기관 (1) 이 시동되면, ECU (20) 에 의해 도 13 에 나타낸 흡입 공기량 산출 루틴이 연소실마다 반복 실행되도록 되어 있다. 또한, 내연 기관 (1) 의 시동시에는 이 제어에서 사용하는 사이클 수를 나타내는 파라미터 ( $n$ ) 의 값이 1 ( $n=1$ ) 이 되도록 되어 있다.

이 제어 루틴이 스타트되면, 우선 S101 에 있어서, 상기 파라미터 ( $n$ ) 의 값이 1 인지 여부가 판정된다. 상기 서술한 바와 같이, 이 파라미터 ( $n$ ) 은 내연 기관 (1) 의 시동시에 1 이 되도록 되어 있기 때문에, 이 판정은 내연 기관 (1) 이 시동 직후인지 여부의 판정이라고 할 수 있다. S101 에 있어서 상기 파라미터 ( $n$ ) 가 1 인 것으로, 즉 내연 기관 (1) 이 시동 직후인 것으로 판정된 경우에는 S103 로 진행한다. 한편, S101 에 있어서 상기 파라미터 ( $n$ ) 가 1 이 아닌 것으로, 즉 내연 기관 (1) 이 시동 직후가 아닌 것으로 판정된 경우에는 S107 로 진행한다.

S103 으로 진행한 경우에는 거기서 상기 서술한 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서  $n$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양 ( $M_c(n)$ ) 이 산출된다. 그리고 계속되는 S105 에 있어서는,  $n$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양으로서 제어에 사용되는 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ ) 이 결정된다. 요컨대, 여기서 결정되는 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ ) 에 기초하여, 예를 들어 금회의 사이클에 있어서의 연료 분사량이 결정되어 공연비 제어가 실시된다.

그리고 S105 로 진행하는 경우에는, 이 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ ) 은, S103 에서 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 흡입 공기량 ( $M_c(n)$ ) 이 된다. S105 에 있어서 상기 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ ) 이 결정되면 S115 로 진행한다. S115 에 있어서는 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서  $n$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}(n)$ ) 이 산출된다.

S115 에 있어서 상기 흡입 공기량 ( $M_{air}(n)$ ) 이 산출되면 S117 로 진행하고, 거기서 상기 사이클수를 나타내는 파라미터 ( $n$ ) 의 값에 1 이 더해진다. 그리고 그 후, 본 제어 루틴은 즉시 처음부터 (즉 S101 부터) 다시 실행된다.

한편, S101 에 있어서 상기 파라미터 ( $n$ ) 가 1 이 아닌 것으로, 즉 내연 기관 (1) 이 시동 직후가 아닌 것으로 판정된 경우에는 상기 서술한 바와 같이 S107 로 진행하지만, 이 경우에도 S103 로 진행한 경우와 마찬가지로, 거기서 상기 서술한 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서  $n$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양 ( $M_c(n)$ ) 이 산출된다.

S107 에 있어서 상기 흡입 공기량 ( $M_c(n)$ ) 이 산출되면 S109 로 진행한다. S109 에서는,  $n$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입되는 공기의 양으로서 제어에 사용되는 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ ) 을 구하기 위해서 사용되는 보정량 ( $D_m(n)$ ) 이 산출된다. 여기서 이 보정량 ( $D_m(n)$ ) 은, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된  $n-1$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}(n-1)$ ) 과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해 산출된  $n-1$  사이클째의 흡입 공기량, 즉 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3) 에 흡입된 공기의 양 ( $M_c(n-1)$ ) 의 차이로서 산출된다 ( $D_m(n)=M_{air}(n-1)-M_c(n-1)$ ).

S109 에 있어서 상기 보정량 ( $D_m(n)$ ) 이 산출되면 S111 로 진행한다. S111 에서는, S109 에서 산출된 상기 보정량 ( $D_m(n)$ ) 이 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 미만인지 여부가 판정된다. 그리고 S111 에 있어서 상기 보정량 ( $D_m(n)$ ) 이 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 미만인 것으로 판정된 경우에는 S113 으로 진행한다.

S113에 있어서는, 상기 서술한 S105와 마찬가지로, n 사이클째의 흡입 공기량, 즉 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양으로서 제어에 사용되는 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )이 결정된다. 요컨대, 상기 서술한 바와 같이, 여기서 결정되는 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )에 기초하여, 예를 들어 금회의 사이클에 있어서의 연료 분사량이 결정되어 공연비 제어가 실시된다.

단, S113로 진행되는 경우에는, S105로 진행되는 경우와 달리, 이 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )은, S107에서 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출한 흡입 공기량 ( $M_c(n)$ )에 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )을 가산한 값이 된다. S113에 있어서 상기 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )이 결정되면 S115로 진행하여, 상기 서술한 바와 같은 거기부터의 제어가 실시된다.

한편, S111에 있어서 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )이 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 이상인 것으로 판정된 경우에는 상기 S105로 진행한다. 그리고 이 경우에는 상기 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )은 S107에 있어서 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출한 흡입 공기량 ( $M_c(n)$ )이 된다. 그리고 그 후, S115로 진행하여 상기 서술한 바와 같은 거기부터의 제어가 실시된다.

또한, 이상의 설명으로부터 이해할 수 있듯이, 상기 S111에 있어서의 판정은, 상기 흡입 공기량 ( $M_s(n)$ )을 구할 때, 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )에 기초한 보정을 실시하는지 여부를 결정하기 위한 판정이다. 즉, 본 실시형태에서는 상기 S111에 있어서의 판정에 의해서, 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )이 상기 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 이상인 경우에는, 상기 보정을 실시하지 않도록 되어 있다.

이것은, S109에 있어서 산출되는 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )이 상당히 큰 경우에는, 그 보정량 자체의 정밀도가 충분하지 않을 가능성이 높기 때문에, 그러한 경우에는 보정을 실시하지 않는 편이 바람직하다고 생각되기 때문이다. 특히, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에서는, 통내압 센서 (15)에 의한 검출치에 기초하여 흡입 공기량 ( $M_{air}$ )이 산출되기 때문에, 센서 출력에 노이즈가 발생한 경우 등에 산출되는 흡입 공기량 ( $M_{air}$ )의 정밀도가 일시적으로 극단적으로 저하될 우려가 있다. 그 때문에 본 실시형태에서는, 상기 보정량 ( $D_m(n)$ )이 큰 경우, 즉 상기 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 이상인 경우에는 상기 보정을 실시하지 않도록 하고, 제어에 사용되는 상기 흡입 공기량 ( $M_s$ )은 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출한 흡입 공기량 ( $M_c$ )이 되도록 되어 있다 (S105). 또한, 상기 S111의 판정에서 사용되는 값 ( $D_c$ )은, 이상과 같은 취지 및 상기 제 1 및 제 2 흡입 공기량 산출수법의 기술적 특징 등을 고려하여 미리 적절히 설정된다.

또한, 이상의 설명으로부터 분명하듯이, 도 13에 나타난 흡입 공기량 산출 루틴이 실행되는 경우에는, 내연 기관의 제어를 위해 사용하는 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_s$ )이, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}$ )과, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_c$ )에 근거하여 산출되고 있다고 할 수 있다.

상세하게는 이 경우, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_c(n)$ )이, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}(n-1)$ )에 기초하여 보정됨으로써, 보다 상세하게는 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}(n-1)$ )과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_c(n-1)$ )의 차이 ( $D_m(n)$ )에 기초하여 보정됨으로써, 내연 기관의 제어를 위해 사용하는 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_s(n)$ )이 산출되고 있다.

그리고 이렇게 하면, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법의 산출 결과인 흡입 공기량 ( $M_{air}$ )을 유효하게 이용하여, 내연 기관의 제어를 위해 사용하는 흡입 공기량 ( $M_s$ )을 보다 정밀도 높게 구하는 것이 가능해진다.

또한, 상기 서술한 바와 같이 도 13에 나타난 흡입 공기량 산출 루틴이 실행되는 경우, 상기 제 1 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_{air}(n-1)$ )과 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 전회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입된 공기의 양 ( $M_c(n-1)$ )의 차이 ( $D_m(n)$ )가 미리 정한 값 ( $D_c$ ) 이상인 경우에는, 상기 제 2 흡입 공기량 산출수법에 의해서 산출된 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_c(n)$ )을 상기 차이 ( $D_m(n)$ )에 기초하여 보정함으로써 금회의 사이클에 있어서 연소실 (3)에 흡입되는 공기의 양 ( $M_s(n)$ )을 산출하는 것이 금지되도록 되어 있다.

상기 서술한 바와 같이 상기 차이 ( $D_m(n)$ )가 상당히 큰 경우에는, 그 ( $D_m(n)$ )의 값 자체의 정밀도가 충분하지 않을 가능성이 높기 때문에, 그러한 경우에는 보정을 실시하지 않는 편이 바람직하다고 생각된다. 따라서, 상기 미리 정한 값 ( $D_c$ )

을 적절히 설정함으로써, 상기 서술한 바와 같이 상기 차이 ( $Dm(n)$ ) 가 그 값 ( $Dc$ ) 이상인 경우에 상기 흡입 공기량 ( $Mc(n)$ ) 을 상기 차이 ( $Dm(n)$ ) 에 기초하여 보정하여 상기 흡입 공기량 ( $Ms(n)$ ) 를 산출하는 것을 금지함으로써, 부적절한 보정이 행해져 상기 흡입 공기량 ( $Ms(n)$ ) 의 산출 정밀도가 오히려 저하되는 것을 방지할 수 있다.

또한, 본 발명에 관해서 특정한 실시형태에 기초하여 상세히 설명하고 있지만, 당업자라면 본 발명의 청구의 범위 및 사상으로부터 이탈하지 않고, 여러가지 변경, 수정 등이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

도 1 은, 본 발명에 의한 제어 장치가 적용된 내연 기관을 나타내는 대략 구성도이다.

도 2 는, 도 1 의 내연 기관에 있어서의 흡입 공기량 산출 루틴을 설명하기 위한 플로우 차트이다.

도 3 은, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력과 밸브 오버랩 직전 또는 개시시의 소정의 타이밍에 있어서의 통내 압력의 비와, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력과 배기 가스의 압력의 비의 관계를 예시하는 그래프이다.

도 4 는, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력과 밸브 오버랩 직전 또는 개시시의 소정의 타이밍에 있어서의 통내 압력의 비와, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력과 배기 가스의 압력의 비의 관계를 예시하는 그래프이다.

도 5 는, 밸브 오버랩 중의 소정의 타이밍에 있어서의 흡입 공기의 압력을 통내 압력에 기초하여 추정하는 루틴을 설명하기 위한 플로우 차트이다.

도 6 은, 흡입 공기량 모델을 나타내는 도면이다.

도 7 은, 스로틀 밸브 개도와 유량 계수의 관계를 나타내는 도면이다.

도 8 은, 함수  $\Phi$  ( $P_s/P_a$ ) 를 나타내는 도면이다.

도 9 는, 스로틀 모델의 기본 개념을 나타내는 도면이다.

도 10 은, 흡기관 모델의 기본 개념을 나타내는 도면이다.

도 11 은, 흡기 밸브 모델의 기본 개념을 나타내는 도면이다.

도 12 는, 흡입 공기량 ( $Mc$ ) 및 연소실내 흡입 공기 유량 ( $mc$ ) 의 정의에 관한 도면이다.

도 13 은, 본 발명의 다른 실시형태에 있어서의 흡입 공기량 산출 루틴을 설명하기 위한 플로우 차트이다.

### 부호의 설명

1: 내연 기관

3: 연소실

14: 크랭크각 센서

15: 통내압 센서

16: 흡기압 센서

20: ECU

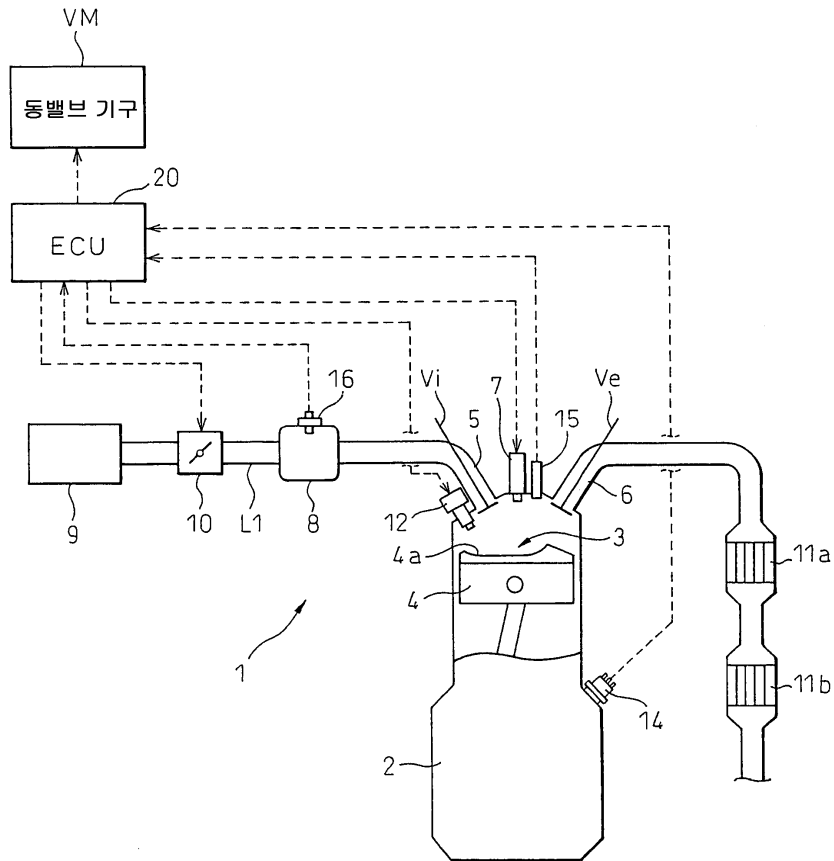
Ve: 배기 밸브

Vi: 흡기 밸브

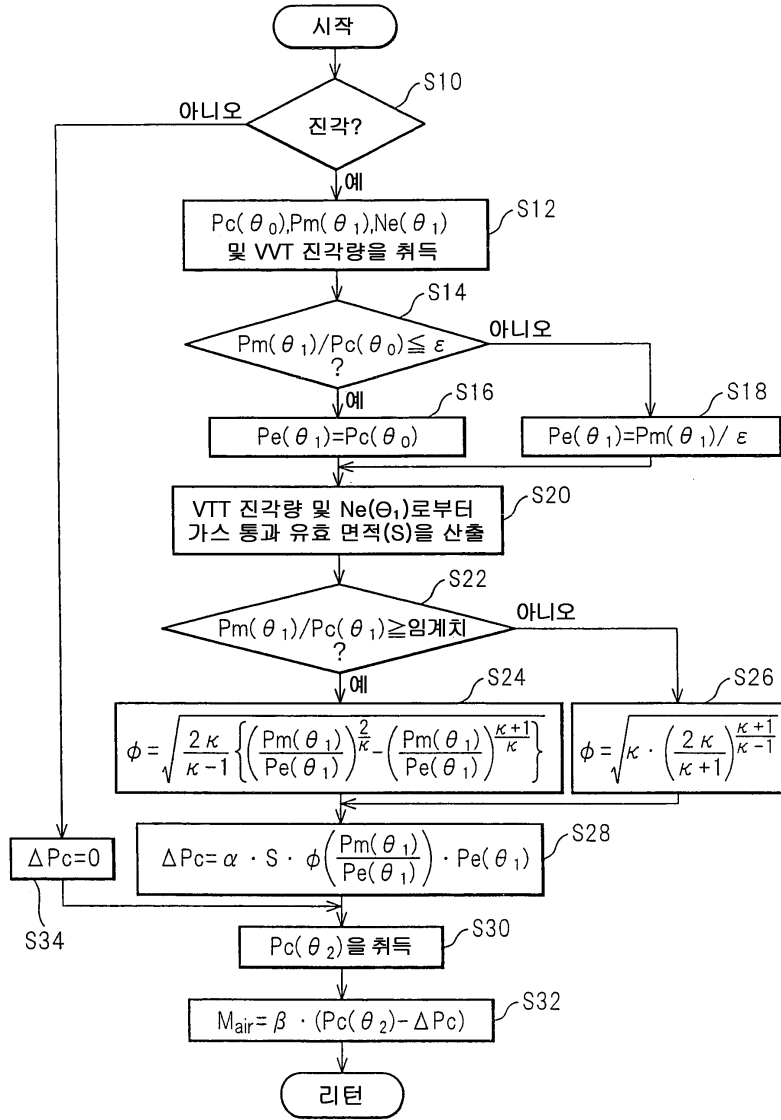
VM: 동밸브 기구

도면

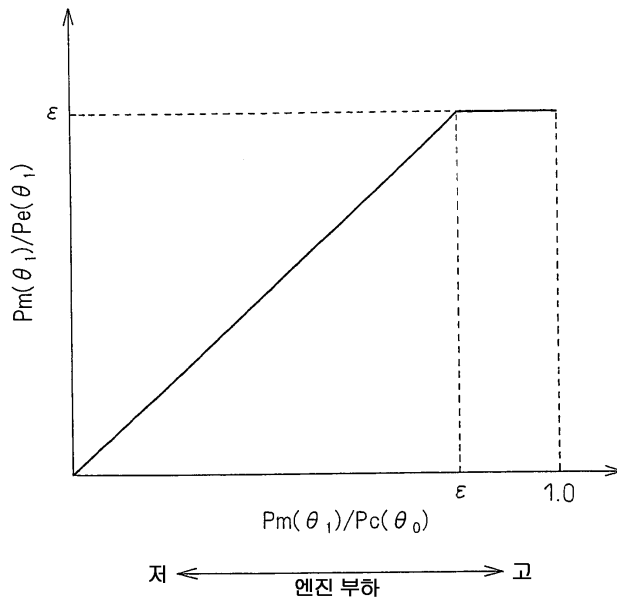
도면1



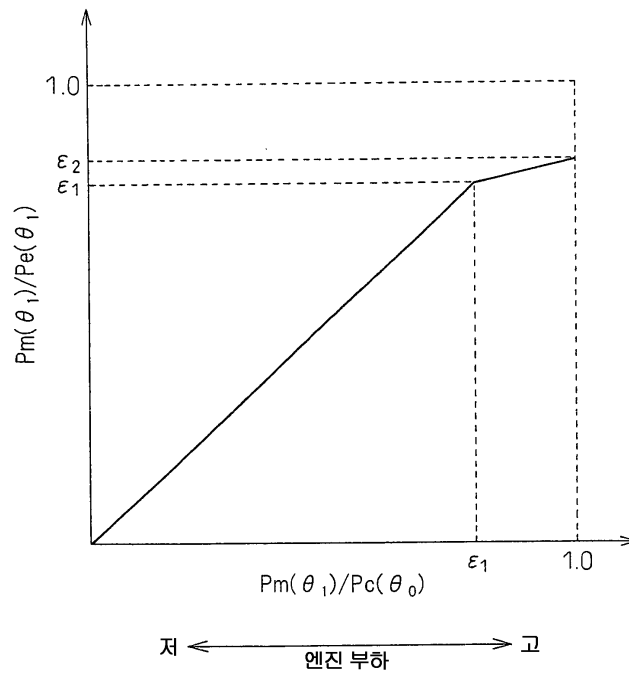
도면2



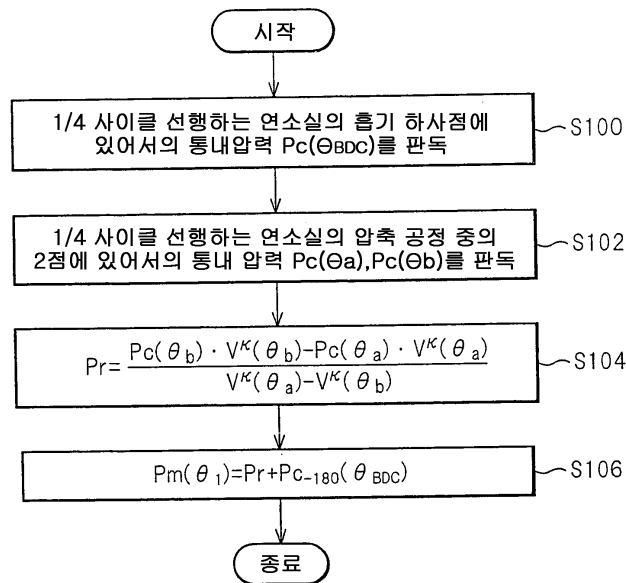
도면3



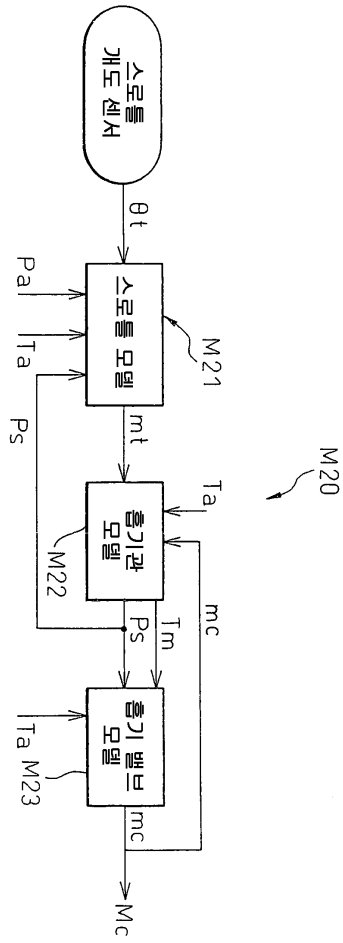
도면4



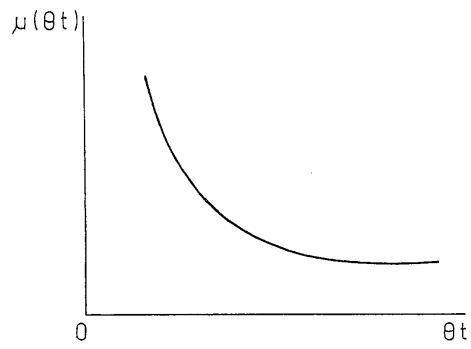
도면5



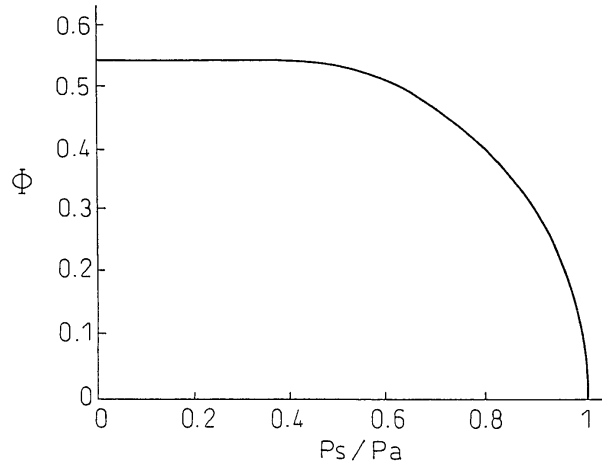
도면6



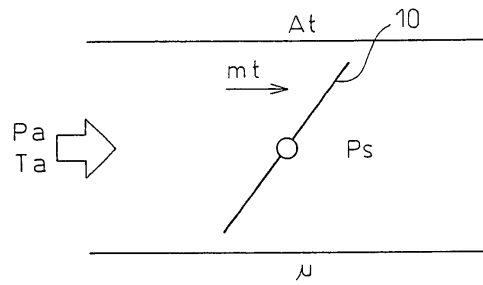
도면7



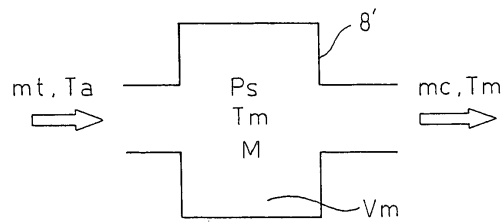
도면8



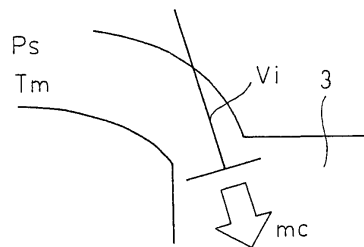
도면9



도면10

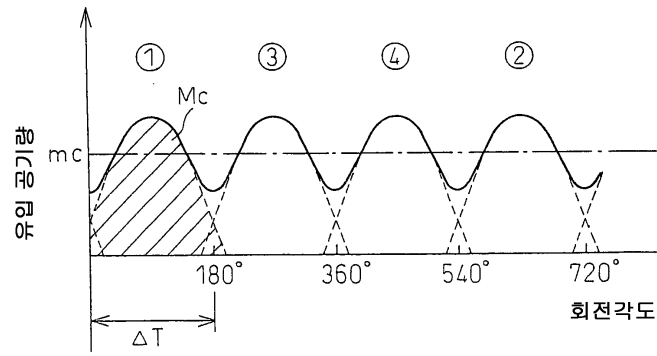


도면11





도면12



도면13

