



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월27일  
(11) 등록번호 10-1643526  
(24) 등록일자 2016년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F02D 41/26 (2006.01) F02D 41/00 (2006.01)  
F02D 41/08 (2006.01) F02D 41/12 (2006.01)  
F02D 41/36 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
F02D 41/266 (2013.01)  
F02D 41/0087 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-7005395(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2009년07월10일  
심사청구일자 2016년02월29일  
(85) 번역문제출일자 2016년02월29일  
(65) 공개번호 10-2016-0028520  
(43) 공개일자 2016년03월11일  
(62) 원출원 특허 10-2011-7003290  
원출원일자(국제) 2009년07월10일  
심사청구일자 2014년04월24일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/050322  
(87) 국제공개번호 WO 2010/006311  
국제공개일자 2010년01월14일  
(30) 우선권주장  
61/080,192 2008년07월11일 미국(US)  
(뒷면에 계속)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP08144803 A  
JP08284727 A\*  
JP2005256664 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
톨라 테크놀로지, 인크.  
미국, 캘리포니아 95131, 새너제이, 2460 잔커 로드  
(72) 발명자  
트리파시, 아디아, 에스.  
미국, 캘리포니아 95148, 산 호세, 글렌 키즈 코트 2855  
실베스트리, 체스터, 제이.  
미국, 캘리포니아 95032, 로스 가토스, 시에라 아줄레 150  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
강명구

전체 청구항 수 : 총 38 항

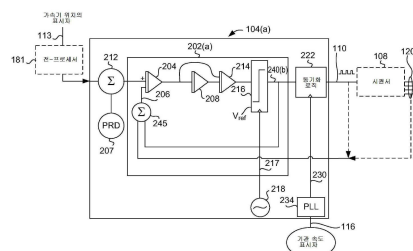
심사관 : 김길남

(54) 발명의 명칭 연료 효율 개선을 위한 내연 기관 제어

(57) 요약

내연 기관의 연료 효율을 개선하기 위한 다양한 방법과 장치가 기재된다. 일반적으로, 기관은 착화 스킵 가변 배기량 모드로 동작하도록 제어된다. 가변 배기량 모드에서, 선택된 연소 이벤트가 스킵되어, 그 밖의 다른 작업 사이클이 더 나은 열역학적 효율로 동작할 수 있다. 더 구체적으로, 선택된 “스킵” 작업 사이클 동안 착화되지  
(뒷면에 계속)

대표도



않고, 나머지 “액티브” 작업 사이클 동안 착화된다. 일반적으로, 스킵 작업 사이클 동안은 작업 챔버로 연료가 전달되지 않는 것이 일반적이다.

(52) CPC특허분류

**F02D 41/08** (2013.01)

**F02D 41/123** (2013.01)

**F02D 41/365** (2013.01)

**Y02T 10/84** (2013.01)

(30) 우선권주장

61/104,222 2008년10월09일 미국(US)

12/355,725 2009년01월16일 미국(US)

(72) 발명자

**피르자베리, 모하메드**

미국, 캘리포니아 95120, 산 호세, 마우드 코트 723

**사한디에판자니, 파르자드**

미국, 캘리포니아 94134, 산 호세, #473, 데스칸소 드라이브 130

**스위트케스, 조슈아, 피.**

미국, 캘리포니아 94025, 멘로 파크, 로블 애비뉴 965

**첸들러, 크리스토퍼, 더블유.**

미국, 캘리포니아 95008, 캠벨, 맥베인 코트 115

**핸드, 크리스**

미국, 캘리포니아 95126, 산 호세, #436, 노스롭 스트리트 746

**윌커츠, 마크**

미국, 캘리포니아 94709, 버클리, #104, 옥스퍼드 스트리트 1555

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하나 이상의 작업 챔버를 갖는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법으로서, 각각의 작업 챔버는 연계된 흡입 밸브 및 연계된 배기 밸브를 가지며, 연속되는 작업 사이클(working cycle)로 동작하도록 구성되며, 상기 방법은,

선택된 액티브 작업 사이클이 착화되고, 선택된 스킵 작업 사이클이 스킵되는 스킵 착화 방식으로 내연 기관을 작동시키는 단계 - 어떤 작업 사이클이 착화되고, 어떤 작업 사이클이 스킵되는지를 결정하는 착화 결정(firing decision)은, 지정된 착화 패턴을 사용하지 않고, 작업 사이클별로 기관의 동작 동안에 작업 사이클에 대해 이루어짐 - 와,

흡입 밸브와 배기 밸브를 폐쇄 상태로 유지함에 의해, 스킵 작업 사이클 동안에 연계된 작업 챔버를 비활성 시켜서, 스킵 작업 사이클 동안에 공기가 비착화 작업 챔버를 통해 펌프되지 않도록 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 스킵 작업 사이클 동안에 작업 챔버내에 공기 충전과 고압 연소 가스가 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 내연 기관은 적어도 네 개의 작업 챔버를 가진 네 개의 스트로크 피스톤 기관인 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서, 내연 기관이 아이들링(idling)이 아니고, 적어도 1000 RPM의 기관 속도로 동작하는 동안에, 스킵 착화 동작이 발생하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 착화 결정은 시그마 델타 제어기에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 일부의 액티브 작업 사이클은 제1 에너지 출력 레벨을 가지고, 나머지의 액티브 작업 사이클은 제1 에너지 출력 레벨 이하인 제2 에너지 출력 레벨을 가지는데, 제1 및 제2 에너지 레벨 출력은 산발적으로 착화되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 스킵 작업 사이클을 뒤 따를 때, 작업 챔버로 전달되도록 분사된 연료량이, 하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 또 다른 액티브 작업 사이클을 뒤 따를 때 작업 챔버로 전달될 연료량에 비해, 증가되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 8

하나 이상의 작업 챔버를 갖는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법으로서, 각각의 작업 챔버는 연속되는 작업 사이클로 동작하도록 구성되며, 상기 방법은

요청 기관 출력을 제공하기 위해 피드백 제어를 이용하여, 지정된 착화 패턴을 사용하지 않고, 착화 기회(firing opportunity)별로 기관의 동작 동안 착화 패턴을 동적으로 결정하는 단계와,

착화 패턴으로 하나 이상의 작업 챔버를 착화하는 단계

를 포함하며, 착화 패턴은 선택된 스킵 작업 사이클(skipped working cycle) 동안의 착화를 스킵하고 선택된 액티브 작업 사이클(active working cycle) 동안 착화하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

피드백 제어에서 사용되는 피드백은 요청된 작업 사이클 착화와 실제 작업 사이클 착화 중 한 가지 이상을 나타내는 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

각각의 개별 작업 사이클 착화에 의해 제공되는 동력을 나타내는 피드백 또는 피드포워드(feed forward)가, 스킵될 작업 사이클을 결정할 때 사용되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 11

제 8 항에 있어서, 다기관 압력, 다기관 온도, 불꽃 점화 타이밍 및 밸브 타이밍 중 한 가지 이상의 변동에 대한 보상이 이뤄지도록, 스킵될 작업 사이클을 결정할 때 사용되는 피드백 또는 피드포워드가 동적으로 조정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 12

제 8 항에 있어서, 스로틀의 위치는, 가변 배기량 모드에서의 기관의 동작 동안 변하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 13

제 8 항에 있어서, 요청 기관 출력을 제공하기 위해 예측 적응 제어를 이용하여 착화 패턴이 결정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 14

제 8 항에 있어서, 가변 배기량 모드에서의 동작 동안 모든 작업 챔버가 이따금 스킵되며, 작업 챔버로의 연료 전달 순서가, 가변 배기량 모드에서의 동작 동안 전체 시간 동안 모든 작업 챔버가 동일하게 착화되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 15

제 8 항에 있어서, 요청 기관 출력을 제공하기 위해 착화 패턴은 예측 적응 피드백 제어를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 16

제 8 항에 있어서, 시그마 델타 제어기가 스킵 작업 사이클을 결정하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 17

제 8 항에 있어서, 기관의 현재 회전 속도의 표시자가, 선택된 작업 챔버의 작업 사이클이 선택적으로 스킵되도록 하기 위해 사용되는 제어기를 위한 클럭 입력으로 사용되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 18

제 8 항에 있어서, 내연 기관의 각각의 작업 챔버는 연계된 흡입 밸브 및 연계된 배기 밸브를 가지며, 상기 방

법은, 선택된 스킵 작업 사이클 동안 흡입과 배기 밸브를 폐쇄 상태로 유지하여, 선택된 스킵 작업 사이클 동안 연계된 작업 챔버를 통해 공기가 펌프되는 것이 방지되는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 19

제 8 항에 있어서,

기관은 기관 제어 유닛과 코-프로세서를 포함하며,

코-프로세서는 착화 패턴을 결정하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 20

제 8 항에 있어서, 각각의 착화되는 작업 사이클 동안, 최적화된 양의 공기와 연료가 착화되는 작업 챔버로 전달되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 21

제 4 항에 있어서,

분사기가 액티브 작업 사이클 동안 연료를 전달하기 위해 사용되며,

하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 스킵 작업 사이클을 뒤 따를 때, 작업 챔버로 전달되도록 분사된 연료량이, 하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 또 다른 액티브 작업 사이클을 뒤 따를 때 작업 챔버로 전달될 연료량에 비해, 증가되는 것을 특징으로 하는 내연 기관의 동작을 제어하는 방법.

#### 청구항 22

기관에서의 작업 챔버 착화를 제어하기 위한 기관 제어기로서, 상기 기관 제어기는

요청 기관 출력을 나타내는 입력 신호를 수신하고, 요청 출력을 제공하기에 적절한 작업 사이클 착화를 나타내는 드라이브 펄스 신호를 출력하는 시그마 델타 제어기

를 포함하며, 드라이브 펄스 신호가, 선택된 액티브 작업 사이클 동안 착화하고 선택된 패시브 작업 사이클 동안의 착화를 스킵하는 착화 패턴을 결정하기 위해 사용되고, 착화 결정은, 지정된 착화 패턴을 사용하지 않고, 작업 사이클별로 작업 사이클에 대해 이루어지는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 23

복수의 실린더를 가진 내연 기관과 사용하기에 적합한 기관 제어기로서, 각각의 실린더는 연계된 피스톤을 가지고, 적어도 네 개의 스트로크를 갖고 연속된 작업 사이클로 동작하도록 구성되며, 상기 기관 제어기는,

선택된 액티브 작업 사이클이 착화되고, 선택된 스킵 작업 사이클이 착화되지 않도록 하는 스킵 착화 모드에서 기관의 동작을 지시하도록 구성되는 스킵 착화 제어기 - 스킵 착화 제어기는 착화 결정을 내리도록 구성되고, 착화 결정은, 지정된 착화 패턴을 사용하지 않고, 작업 사이클별로 작업 사이클에 대해 이루어짐 - 를 포함하되,

기관 제어기는 스킵 작업 사이클 동안에 스킵 작업 챔버를 비활성화 시켜서, 스킵 작업 사이클 동안에 공기가 스킵 작업 챔버를 통해 펌프되지 않도록 하는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 기관은 적어도 네 개의 작업 챔버를 가진 네 개의 스트로크 피스톤 기관이고, 스킵 착화 제어기는 기관이 아이들링이 아니고, 적어도 1000 RPM의 기관 속도로 동작하는 동안에, 스킵 착화 동작을 지시하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 25

제 23 항에 있어서, 각각의 작업 챔버는 연계된 흡입 밸브 및 연계된 배기 밸브를 가지며, 선택된 스킵 작업 사이클 동안 흡입과 배기 밸브를 폐쇄 상태로 유지하여서, 선택된 스킵 작업 사이클 동안에는 작업 챔버 내에 공

기 충전이 존재하지 않고, 고압 연소 가스가 작업 챔버 내에 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 26

제 23 항에 있어서, 스킵 착화 제어기는 착화 결정을 내리는 시그마 델타 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 27

제 23 항에 있어서, 기관 제어기는, 일부의 액티브 작업 사이클이 제1 에너지 출력 레벨을 가지고, 나머지의 액티브 작업 사이클이 제1 에너지 출력 레벨 이하인 제2 에너지 출력 레벨을 가지는데, 제1 및 제2 에너지 레벨 출력은 산발적으로 착화되도록 지시하는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 28

제 23 항에 있어서, 제어기는, 하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 스킵 작업 사이클을 뒤 따를 때, 작업 챔버로 전달되도록 분사된 연료량이, 하나의 동일한 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 또 다른 액티브 작업 사이클을 뒤 따를 때 작업 챔버로 전달될 연료량에 비해, 증가시키도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 29

하나 이상의 작업 챔버를 갖는 내연 기관과 함께 사용되는 기관 제어기로서, 각각의 작업 챔버는 연속되는 작업 사이클로 동작하도록 구성되며,

상기 기관 제어기는, 지정된 착화 패턴을 사용하지 않고, 선택된 액티브 작업 사이클은 착화되게 하고, 선택된 패시브 작업 사이클은 착화되지 않게 하는 동적으로 계산된 착화 패턴으로 하나 이상의 작업 챔버의 선택적 착화를 지시하는 착화 스킵 연속 가변 배기량 동작 모드(skip fire continuously variable displacement operational mode)를 가지며,

착화 패턴은 요청 동력 출력을 제공하기 위해 작업 사이클별로 계산되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 30

제 24 항에 있어서, 상기 제어기는, 스킵 작업 사이클 동안 발생하는 월 웨팅 손실에 대한 보상이 이뤄지도록, 하나의 동일 작업 챔버에서 스킵 작업 사이클을 바로 뒤 따르는 액티브 작업 사이클 동안 분사되는 연료의 양을, 하나의 동일 작업 챔버에서 액티브 작업 사이클이 또 하나의 액티브 작업 사이클을 바로 뒤 따를 때, 분사되는 연료의 양보다 증가시키도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 31

제 24 항에 있어서, 상기 기관 제어기는, 착화 패턴의 결정 시, 변조된 실린더의 요청된 착화와 실제 착화 중 한 가지 이상을 나타내는 피드백을 이용하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 32

제 24 항에 있어서, 제어기는 시그마 델타 제어기인 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 33

제 24 항에 있어서,

착화 작업 챔버로 최적화된 양의 공기와 연료를 전달할 것을 지시하도록 구성된 기관 제어기 로직을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

#### 청구항 34

제 24 항에 있어서, 상기 제어기는 기관 속도에 비례하여 변하는 클록 신호를 이용하는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

### 청구항 35

제 24 항에 있어서,

기관 제어기는 변속기 기어 비(gear ratio) 선택을 제어하도록 더 구성되며,

기관 제어기는, 착화 스킵 가변 배기량 모드에서 동작하는 차량의 정규 정속 주행 동작(normal cruising operation) 동안 연료 효율이 최적화되는 기관 속도의 범위 내의 기관 속도로 기관이 동작하도록, 기어 비를 선택할 것을 지시하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

### 청구항 36

제 24 항에 있어서, 상기 기관 제어기는, 제 1 동작 모드에서 기관의 동작을 제어하도록 구성되는 기관 제어 유닛과 협업하는 착화 제어 코-프로세서로서 구현되며, 상기 착화 제어 코-프로세서는 제 2 동작 모드로 동작을 제어하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

### 청구항 37

제 24 항에 있어서, 상기 기관 제어 유닛과 착화 제어 코-프로세서는 하나의 단일 집적 회로 칩으로 일체 구성되지 않는 별도의 유닛으로서 구현되는 것을 특징으로 하는 기관 제어기.

### 청구항 38

내연 기관으로서, 상기 내연 기관은

각각, 연속된 작업 사이클로 동작하도록 구성된 복수의 작업 챔버와,

작업 챔버로의 연료의 전달을 촉진하도록 구성된 연료 전달 시스템과,

청구항 제 24 항에 따르는 기관 제어기

를 포함하는 것을 특징으로 하는 내연 기관.

## 발명의 설명

## 기술 분야

### 관련 출원의 상호 참조 문헌

본 출원은 2009년01월16일자 미국 특허출원 제12/355,725호의 동시계속 출원이며, 2008년06월11일자 미국 가특허출원 제61/080,192호와 2008년10월9일자 미국 특허출원 61/104,222호를 기초로 우선권을 주장한다. 각각의 이들 우선권 출원들은 본원에서 참조로서 포함되고, 발명의 명칭은 모두 “INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL FOR IMPROVED FUEL EFFICIENCY”이다.

### 발명의 기술 분야

본 발명은 내연 기관 및 상기 내연 기관이 더 효율적으로 동작하도록 제어하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 일반적으로, 내연 기관의 동작 동안, 선택된 연소 이벤트(combustion event)가 스킵(skip)되어서, 그 밖의 다른 작업 사이클이 더 바람직한 열역학적 효율로 동작될 수 있도록 한다.

## 배경 기술

오늘날 일반적으로 사용되는 다양한 내연 기관이 존재한다. 대부분의 내연 기관은 2행정 또는 4행정 동작 사이클을 갖는 왕복 피스톤을 이용하며, 이론적 피크 효율보다 낮은 효율로 동작한다. 이러한 기관의 효율이 낮은 이유들 중 하나는 기관이 다양한 부하 하에서 동작할 수 있어야 한다는 것이다. 따라서 각각의 실린더로 전달되는 공기 및/또는 연료의 양은 원하는 토크 또는 동력 출력에 따라 달라지는 것이 일반적이다. 실린더가 실린더 크기와 동작 조건에 맞춤 구성되는 완전 압축 또는 거의 완전 압축을 가능하게 하고 최적의 연료 분사 레벨을 가능하게 하는 특정 조건 하에서 동작할 때 더 효율적임을 잘 이해할 것이다. 일반적으로, 기관의 최적의 열역학적 효율은 대부분의 공기가 실린더 내부로 유입될 때 발견되며, 이는 일반적으로 기관으로의 공기 전달을 차단하지 않는 스로틀 상태일 때(unthrottle) 발생한다. 그러나 실린더로의 공기의 흐름을 조절하기 위해 스로틀(throttle)을 이용함으로써 동력 출력을 제어하는 기관(가령, 많은 승용차에서 사용되는 오토(Otto) 사이클 기

관)에서, 차단되지 않은 상태(즉, “스로틀 완전 개방 상태(full throttle)” )에서 동작함으로써, 원하는 수준 또는 적절한 수준보다 더 높은 동력(종종 훨씬 더 높은 동력)이 전달될 것이다.

[0006] 일반적으로 실린더로의 공기의 흐름을 차단하지 않는 기관(가령, 대부분의 디젤(Diesel) 기관)에서, 실린더로 전달되는 연료량을 가감함으로써 동력이 제어된다. 일반적으로, 이러한 기관을 열역학적으로 최적의 연료 분사 레벨로 동작시킴으로써, 원하는 수준 또는 적정 수준보다 더 높은 동력이 전달될 것이다. 따라서 대부분의 경우에서, 표준 내연 기관은 대부분의 시간 동안 그들의 최적의 열역학적 효율보다 낮은 조건 하에서 동작된다.

[0007] 내연 기관이 스로틀 부분 개방 상태(partial throttle)에서 효율적으로 동작하지 않는 많은 이유가 있다. 가장 중요한 요인 중 하나는 스로틀 완전 개방 상태(full throttle)보다 스로틀 부분 개방 상태(partial throttle)에서 더 적은 공기가 실린더로 제공된다는 것이며, 이는 실린더의 효과적인 압축을 감소시키는데, 이는 또 실린더의 열역학적 효율을 감소시킨다. 또 하나의 중요한 요인으로는, 실린더가 스로틀 완전 개방 상태(full throttle)에서 동작할 때 요구되는 것보다 스로틀 부분 개방 상태(partial throttle)에서 동작할 때 실린더 내부로 또는 외부로 공기를 펌프하기 위해 소비될 에너지가 더 많이 요구된다는 것이다(일반적으로, 이러한 손실은 펌프 손실(pumping loss)이라고 불린다).

[0008] 수년 동안, 내연 기관의 열역학적 효율을 개선하기 위해 다양한 노력이 있어왔다. 대중적인 한 가지 접근법은 기관의 배기량을 변화시키는 것이다. 대부분의 상업적으로 이용 가능한 배기량 기관은 특정 저-부하 동작 상태 동안 일부 실린더를 효과적으로 “정지(shut down)” 시킨다. 실린더가 “정지” 될 때, 실린더의 피스톤은 여전히 왕복 운동하지만, 공기와 연료 모두, 실린더로 전달되지 않으며, 이로 인해서 피스톤은 자신의 동력 행정 중에 어떠한 동력도 전달하지 않는다. 정지되지 않은 실린더는 어떠한 동력도 전달하지 않기 때문에, 나머지 실린더들에 가해지는 비례 부하가 증가되고, 이에 따라 나머지 실린더들이 개선된 열역학적 효율에서 동작할 수 있다. 개선된 열역학적 효율에 의해 연료 효율이 개선된다. 나머지 실린더들이 개선된 효율에서 동작하는 경향은 있어도, 여전히 대부분의 시간 동안 최적 효율에서 동작하지 않는다. 왜냐하면 상기 나머지 실린더들은 “스로틀 완전 개방 상태(full throttle)” 로 지속적으로 동작하지 않기 때문이다. 즉, 비효율의 규모는 감소되더라도, 스로틀 부분 개방 상태(partial throttle) 동작의 단점(가령, 낮은 압축, 높은 펌프 손실)을 동일하게 가진다.

[0009] 대부분의 상업적으로 이용 가능한 배기량 기관의 또 다른 단점은, 상기 기관의 원하는 동작 상태로 변경될 때, 이들이 가변배기량 모드를 매우 빨리 벗어나는 경향이 있다는 것이다. 예를 들어, 다수의 상업적으로 이용 가능한 자동차의 가변 배기량 기관은, 운전자가 가속장치 페달을 더 누름으로써 추가적인 상당한 동력을 요청할 때면, 가변 배기량 동작 모드에서 벗어나, “전통적인” 모든 실린더 동작 모드(all cylinder operational mode)로 돌입한다. 많은 경우에서, 이 때문에, 이론적으로 기관이 가변 배기량 모드에서 사용되는 적은 개수의 실린더만을 이용하여 완벽하게 희망 동력을 전달할 수 있을지라도, 기관이 연료 절약 가변 배기량 모드로부터 전환된다. 이러한 가변 배기량 기관이 가변 배기량 모드에서 너무 빨리 벗어나는 이유는, 임의의 주어진 시간에서 사용 중인 실린더의 개수에 관계없이, 실질적으로 동일한 반응을 제공하도록 기관을 제어하는 것이 어렵기 때문이다.

[0010] 더 일반적으로, 특정 실린더로의 연료의 전달을 스킵함으로써 기관의 유효 배기량을 변화시키는 기관 제어 접근법을 종종, 기관의 “착화 스킵(skip fire)” 제어라고 일컫는다. 종래의 착화 스킵 제어에서, 임의의 지정된 제어 알고리즘을 기반으로 선택된 실린더에게 연료가 전달되지 않는다. 실린더를 효과적으로 정지시키는 가변 배기량 기관은 본질적으로 착화 스킵 기관이다. 그러나 수년간, 많은 착화 스킵 기관 제어 장치가 제안되었었다. 그러나 이들 대부분은 여전히 기관의 동력 출력을 제어하기 위해, 기관의 스로틀링 또는 실린더로 전달되는 연료량의 가감을 고려한다.

[0011] 앞서 제안된 바와 같이, 대부분의 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관은 개별 단계에서 특정 실린더를 정지시켜서 배기량을 변화시킬 수 있다. 또한 열역학적 효율의 개선을 촉진시키기 위해 기관의 배기량을 변화시키는 그 밖의 다른 접근법이 제안되었었다. 예를 들어, 일부 설계는 기관의 배기량을 변화시키기 위해 실린더의 유효 크기를 변화시키는 것을 고려한다. 이러한 설계는 열역학적 효율 및 연료 효율을 개선할 수 있지만, 기존의 가변 실린더 크기 설계는 비교적 복잡하고 생산 비용이 높은 경향을 가진다. 이 때문에 상업적 차량에서 폭 넓게 사용되기에는 실용적이지 않다.

[0012] 미국 특허 제4,509,488호는 내연 기관의 배기량을 변화시키기 위한 또 하나의 접근법을 제안한다. 상기 미국 특허는, 부하에 따라 달라지는 거의 균일한 배분으로 기관 실린더의 동작 사이클을 스킵하는 비-차단(unthrottle) 방식으로 기관을 동작시키는 것을 제안한다. 고정된 양의 연료가 스킵되지 않은 실린더에게 공급되어, 동작하는



실린더가 거의 그들의 최적 효율로 동작할 수 있으며, 전체 기관 효율이 증가될 수 있다. 그러나 상기 미국 특허에 기재된 접근법은 상업적 성공을 이룰 수 없었다. 이는 부분적으로, 스킵된 작업 행정의 분배가 부하를 바탕으로 변화함에도 불구하고, 여러 다른 개별적인 착화 패턴이 고려되었으며, 따라서 기관에 의해 출력된 동력이 희망 부하와 정확하게 일치하지 않을 것이라는 사실 때문이며, 이는 제어와 사용자 관점에서 문제가 될 것이다. 상기 미국 특허의 일부 실시예에서, 착화 패턴은 고정적이었는데, 이는 공명 진동(resonant vibration)이 기관의 크랭크 축으로 유도된다는 기관 위험 부담을 내재하고 있다. 상기 미국 특허는 이러한 위험 부담을 인지했으며, 공명 진동의 확률을 낮추기 위해 실제 실린더 주변의 무작위 분배를 이용하는 두 번째 실시예를 제안했다. 그러나 이러한 접근법은 드라이브 에너지의 더 큰 변형을 유도한다는 단점을 가진다. 상기 미국 특허는 이 문제를 인지했으며, 드라이브 에너지의 최종 동요를 보상하기 위해 보통보다 더 강건한 플라이휠(flywheel)의 사용을 제안했다. 간단히 말하자면, 이는 상기 미국 특허에 의해 제안된 접근법이 상업적 성공을 얻을 만큼 충분하게 기관 동작을 잘 제어하지 못함을 의미하는 것이다.

[0013] 기존의 가변 배기량 기관이 많은 응용 분야에서 잘 동작하지만, 비용을 들여 기관 설계를 변경할 필요 없이, 내연 기관의 열역학적 효율을 추가로 개선하기 위한 지속적인 노력이 있다.

### 발명의 내용

[0014] 내연 기관의 연료 효율을 개선하기 위한 다양한 방법과 장치가 기재된다. 일반적으로, 기관은 착화 스킵 가변 배기량 모드로 동작하도록 제어된다. 가변 배기량 모드에서, 선택된 연소 이벤트가 스킵되어, 그 밖의 다른 작업 사이클이 더 나은 열역학적 효율로 동작할 수 있다. 더 구체적으로, 선택된 “스킵” 작업 사이클 동안 착화되지 않고, 나머지 “액티브” 작업 사이클 동안 착화된다. 일반적으로, 스킵 작업 사이클 동안은 작업 챔버로 연료가 전달되지 않는 것이 일반적이다.

[0015] 본 발명의 일부 양태에서, 스킵된 작업 사이클을 결정할 때 피드백 제어가 사용된다. 다양한 구현예에서, 예측적용 제어를 이용하여 적정 착화 패턴이 결정된다. 예를 들어, 시그마 델타 제어기가 이러한 목적으로 잘 동작한다. 일부 구현예에서, 피드백은 실제 작업 사이클 착화와 요청된 작업 사이클 착화 중 한 가지 이상을 나타내는 피드백을 포함한다. 일부 구현예에서, 각각의 착화에 의해 제공되는 동력을 나타내는 피드백 또는 피드 포워드가 착화 패턴을 결정할 때 사용될 수 있다.

[0016] 본 발명의 또 하나의 양태에서, 액티브 작업 사이클 동안 최적화된 양의 공기와 연료가 전달되어, 착화된 작업 챔버가 자신의 최적 효율에 가까운 효율로 동작할 수 있다.

[0017] 본 발명의 또 하나의 양태에서, 제어기가, 요청된 기관 출력을 제공하기 위해 필요한 챔버 착화를 동적으로 결정하기 위해 사용된다. 일부 실시예에서, 적정 착화는 착화 기회별로 결정된다.

[0018] 일부 실시예에서, 착화 스킵 착화 패턴을 결정하기 위해 사용되는 제어기는 원하는 기관 출력을 나타내는 입력을 수신하고, 기관 속도와 동기화되는 드라이브 펄스 신호를 출력하도록 구성된 드라이브 펄스 발생기를 포함한다. 드라이브 펄스 신호는 액티브 작업 사이클이 원하는 기관 출력을 전달하기에 결정할 때를 가리키는 것이 일반적이다. 일부 구현예에서, 드라이브 펄스 발생기의 출력은 착화 패턴을 규정하기 위해 직접 사용될 수 있다. 그 밖의 다른 실시예에서, 시퀀서가 사용되어, 드라이브 펄스 패턴을 기초로 실제 착화 패턴을 규정할 수 있다. 작업 챔버 착화들은, 바람직하지 않은 기관 진동을 감소시키는 방식으로 정렬될 수 있다.

[0019] 적응 예측 제어기는 착화 스킵 가변 배기량 모드에서 기관 동작을 제어할 때 사용되기에 특히 적합하다. 이러한 적용예에서 잘 동작하는 한 가지 종류의 적응 예측 제어기로는 시그마 델타 제어기가 있다. 일부 실시예에서, 제어기의 클럭 신호가 기관 속도에 비례하여 변한다. 차동 신호 시그마 델타 제어기 및 혼합형 신호 시그마 델타 제어기가 사용될 수도 있다. 그 밖의 다른 구현예에서, 다양한 제어기(가령, 펄스 폭 변조(PWM), 최소 평균자승(LMS) 및 재귀 최소자승(RLS) 제어기가 바람직한 챔버 착화를 동적으로 결정하기 위해 사용될 수 있다.

[0020] 많은 동작 상태에서, 가변 배기량 모드에서의 현재 동작 상태 하에서 작업 챔버가 자신의 최적의 열역학적 효율로 동작하도록, 작업 챔버로 분사되는 연료량이 설정된다. 일부 실시예에서, 제어기는 착화되는 작업 챔버로 여러 다른 연료량의 연료의 분사가 이따금 이뤄지도록 구성된다. 여러 다른 연료량의 분사는 기관에 의해 출력되는 토크의 더 평활한(smoothed) 및/또는 더 정확한 제어의 제공, 및/또는 가변 배기량 모드에서의 동작 동안 발생하는 공진 진동의 확률의 감소, 및/또는 배출 특성의 향상을 위해 사용될 수 있다.

[0021] 본 발명의 접근법들은 다양한 내연 기관(가령, 2 행정, 4 행정 및 6 행정 피스톤 기관, 회전식 기관, 하이브리드형 기관, 성형 기관(radial engine) 등)의 연료 효율을 상당히 개선하도록 사용될 수 있다. 상기 접근법은 다

양한 여러 다른 열역학적 사이클(가령, 오토 사이클, 디젤 사이클, 밀러 사이클, 애킨스 사이클, 혼합형 사이클 등)에 따라 동작하는 기관에 적용될 수 있다.

- [0022] 본 발명의 다양한 실시예들은, (a) 기존 기관의 개조, (b) 현재 설계를 바탕으로 하는 새로운 기관, 및/또는 (c) 본 발명의 작업 사이클 최적화의 이점을 강화시키기 위해 그 밖의 다른 개발 사항을 포함하거나 최적화된 새로운 기관 설계에서 사용되기에 적합하다. 본 발명의 제어는 기관 제어 유닛(ECU)에 포함되거나, 기관 제어 유닛과 협업하는 별도의 프로세서(또는 프로세싱 유닛)로 제공될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1a는 스로틀 완전 개방 상태로 동작 중인 대표적인 4-행정 오토 사이클 기관의 열역학적 작업 사이클을 도시하는 압력-용적(PV) 도표이다.
- 도 1b는 스로틀 부분 개방 상태로 동작 중인 대표적인 4 행정 오토 사이클 기관의 열역학적 작업 사이클을 도시하는 압력-용적(PV) 도표이다.
- (도 1a와 1b는 Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Willard W. Pulkrabek 저 (2004) - ISBN 0-13-140570-5에서 발췌함.)
- 도 2a는 본 발명의 하나의 실시예에 따라 기관을 동작시키기에 적합한 제어 유닛을 도시하는 기능 블록도이다.
- 도 2b는 본 발명의 일부 실시예에서, 드라이브 펄스 발생기에 의해 사용될 수 있는 선택된 피드백을 도시하는 도 2a의 제어 유닛의 블록도이다.
- 도 2c는 본 발명의 일부 실시예에서, 시퀀서에 의해 사용될 수 있는 선택된 피드백을 도시하는 도 2a의 제어 유닛의 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일부 실시예와 함께 사용되기 적합한 시그마-델타 제어 회로 기반 드라이브 펄스 발생기의 블록도이다.
- 도 4는 시퀀서의 실시예에 의해 발생된 대표적인 드라이브 펄스 패턴 및 대응하는 실린더 착화 패턴의 세트를 도시하는 타이밍 도표이다.
- 도 5는 도 4에서 도시된 드라이브 펄스 패턴에 따라 제 2 시퀀스 실시예에 의해 생성되는 착화 패턴을 도시하는 타이밍 도표이다.
- 도 6은 본 발명의 하나의 실시예에 따라 착화 제어 코-프로세서를 포함하는 기관 제어 구조의 블록도이다.
- 도 7은 기관 속도를 기초로 하는 가변 클럭을 갖는 시그마-델타 제어 회로 실시예의 블록도이다.
- 도 8은 멀티-비트 비교기를 갖는 시그마-델타 제어 회로 실시예의 블록도이다.
- 도 9는 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 디지털 시그마-델타 제어 회로 실시예의 블록도이다.
- 도 10은 종래의 불꽃 점화 기관에서 공기/연료 혼합물에 따라 특정 오염물의 농도를 도시하는 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 또 하나의 실시예에 따라 착화 제어 코-프로세서를 포함하는 기관 제어 구조의 블록도이다.
- 도 12는 본 발명의 또 하나의 실시예에 따라 단일 실린더 변조 착화 스킵 기법을 구현하기에 적합한 기관 제어 기의 블록도이다.
- 도 13은 여러 다른 개수의 실린더를 이용하여 스로틀 위치를 기초로 하는, 대표적 가변 배기량 기관의 마력 출력을 도시하는 그래프이다.
- 도 14는 통상의 미국 승용차에 대한 대표적 기관 성능 맵이다(출처: The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice, Volume 1: Thermodynamics, Fluid Flow, Performance, 2nd Edition, Revised, Charles Fayette Taylor 저, MIT Press).
- 도 15는 본 발명의 또 하나의 실시예에 따라 착화 제어 코-프로세서 및 멀티플렉서를 포함하는 기관 제어 구조의 블록도이다.
- 도 16은 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 착화 제어 코-프로세서와 고전압 멀티플렉서를 포함하는 기관 제어 구조의 블록도이다.

도 17은 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 착화 제어 코-프로세서의 블록도이다.

도 18은 착화 패턴의 결정 시 피드백과 피드 포워드 모두를 이용하는 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 기관 제어 시스템의 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명은 내연 기관의 동작을 제어하여 그들의 열역학적 효율과 연료 효율을 개선하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 다양한 형태들은 이러한 기관 제어를 이용하는 자동차와, 이러한 제어를 구현하기에 적합한 기관 제어 유닛에 관한 것이다.
- [0025] 대부분의 내연 기관은, 사용자에게 의해 요청되는, 또는 그 밖의 다른 방식으로 임의의 특정 시간에서 요구되는 기관 출력을 바탕으로, 실린더(또는 그 밖의 다른 작업 챔버)로 전달되는 공기 및/또는 연료의 양을 변화시키도록 배열된다. 그러나 고정 크기를 갖는 실린더의 열역학적 효율은 모든 공기/연료 레벨마다 동일하지 않다. 오히려, 최대 허용되는 압축과 최적 연소 효율을 얻기 위한 공기와 연료의 최적의 양이 실린더에 전달될 때 열역학적 효율이 가장 높다. 내연 기관은 광범위한 여러 다른 부하 상태에서 동작할 수 있을 필요가 있기 때문에, 최종 결과는 기관이 최적 압축 즉 공연비보다 더 낮게 동작하는 경향을 가지며, 따라서 대부분의 시간 동안 비효율적이라는 것이다. 본 발명은 내연 기관의 작업 챔버(가령, 실린더)가, 대부분의 시간 동안, 그들의 최적 열역학적 효율에 가까운 상태에서 동작하도록 내연 기관의 동작을 제어하는 것을 기재한다.
- [0026] 이론적 관점으로는, 실린더를 최적의 효율로 착화하고, 불필요한 작업 사이클을 스킵함으로써, 내연 기관의 열역학적 효율이 개선될 수 있다. 예를 들어, 주어진 시간에서, 기관이 모든 실린더를 그들의 최대 압축 비 및 최적 공연비로 구동시킴으로써 출력될 동력의 30%를 필요로 한다면, 기관의 작업 사이클의 30%를 그들의 최적 효율로 동작시키고 가용 작업 사이클의 나머지 70%에서 실린더에 연료를 공급하지 않음으로써, 동력이 가장 효율적으로 발생될 수 있다. 이러한 접근법의 일반적인 이점은 Forster 외 다수의 미국 특허 제4,509,488호에서 나타나 있다.
- [0027] 상기 미국 특허가 일부 작업 사이클을 그들의 최대 효율로 운영하고 나머지 작업 사이클을 스킵하는 것의 일반적인 이점을 제시하였지만, 상기 미국 특허에서 기재된 접근법은 어떠한 사업적 성공도 결코 누릴 수 없음이 자명하다. 이는 부분적으로, 이러한 기관의 동작을 제어할 때의 내재된 어려움 때문이다. 본 발명은 기관의 작업 사이클들 중 일부를 스킵하는 동안 나머지 작업 사이클들이 그들의 최대 효율로 동작할 수 있도록 하여, 기관의 전체 연료 효율을 개선하는 방식으로 기관의 동작을 효과적으로 제어하기 위한 많은 기관 설계를 기재한다. 다양한 기재된 실시예는, (a) 개량된 기존의 기관, (b) 현재 설계를 바탕으로 하는 새로운 기관 및/또는 (c) 그 밖의 다른 형태를 포함하거나 앞서 설명된 작업 사이클 최적화의 이점을 보장하기에 적합한 새로운 기관에서 사용되기에 적합한 구현예를 포함한다.
- [0028] 앞서 설명된 접근법을 이용하는 기관의 열역학적 효율을 개선함으로써, 내연 기관의 연료 효율이 상당히 개선될 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 의하면, 본 발명의 기법을 구현하고, 자동차의 기존 기관 제어 유닛(ECU)과 협업하는 착화 제어 코-프로세서를 설치함으로써, 또는 상기 ECU를 본 발명의 기법을 구현하는 ECU로 대체함으로써, 현재 사용 중인(on the road today) 기존 연료 분사식 자동차 가스 기관이 20-50% 수준만큼 개선될 수 있음을 알 수 있다. 연료 분사 프로파일의 제어 및/또는 터보과급(또는 수퍼과급)된 공기 흐름의 제공(현재 운행 중인 일부 자동차의 경우 가능함)의 경우, 그리고 기관 및 기관 제어기(또는 착화 제어 코-프로세서)가 특히 본 발명의 기법을 이용하도록 설계된 경우, 더 극적인 개선도 가능할 수 있다.
- [0029] 기관의 실린더(또는 그 밖의 다른 작업 챔버) 내 동작 상태를 정밀하게 제어할 수 있음으로써, 종래의 내연 기관에서 여러 다른 연료 및/또는 연료 조성을 이용할 수 있는데, 이는 다양하게 변하는 부하 하에서 실린더를 동작시켜야 하기 때문에 지금까지는 실용적이지 않았다. 실린더를 그들의 최적 효율로 동작시키는 것은 반응 종(reactive species)(가령, 산화질소( $\text{NO}_x$ )) 및 기관의 동작 동안 발생하는 그 밖의 다른 오염물질의 배출의 전체 레벨을 감소시킨다는 잠재적인 이점을 가진다.
- [0030] 본 발명의 접근법을 이용하여 얻어질 수 있는 효율 이득을 이해하기 위해, 통상의 내연 기관의 효율을 고려하는 것이 도움이 된다. 예를 들어, (오늘날 운행 중인 대부분의 승용차에서 사용되는 기관 타입인) 오토(Otto) 사이클 기관에 대해 논의할 수 있다. 그러나 본 발명의 이점은 그 밖의 다른 다양한 내연 기관(예를 들어, 디젤(Diesel) 사이클, 듀얼(Dual) 사이클, 애킨스(Atkins) 사이클, 밀러(Miller) 사이클을 이용하는 기관, 2행정 불꽃 점화(SI) 기관 사이클, 2행정 압축 점화(CI) 기관, 하이브리드 기관, 성형 기관(radial engine), 혼합 사

이클 기관, 방켈 기관(Wankel engine) 및 그 밖의 다른 타입의 회전식 기관 등)에도 동일하게 관련되어 있다.

[0031] 도 1a 및 1b는 대표적인 4-행정 오토 사이클 기관의 열역학적 작업 사이클을 도시하는 PV(Pressure-Volume, 압력-용적) 도표이다. 도 1a는 실린더가 자신의 최대 효율로 사용 중(즉, 최적 연료량이 실린더로 전달되는 중)인 스로틀 완전 개방 상태(wide open throttle)에서의 실린더의 성능을 도시한다. 도 1b는 스로틀 부분 개방 상태(partial throttle)에서의 실린더의 성능을 도시한다. 오토 사이클은 4행정 사이클이기 때문에, 피스톤은 실린더의 각각의 작업 사이클에 대해 2번 왕복한다(크랭크축의 720도 회전). 따라서 각각의 작업 사이클은 PV 도표에서 유효하게 2개의 루프를 형성한다. 수평축은 용적을 나타낸다. 용적 축을 따르는 각각의 루프의 범위는 TDC(top dead center)로 표시되는 최소 용적에서, BDC(bottom dead center)로 표시되는 최대 용적까지 벌어 있다. 일반적으로, 상부 루프(A, A')는 실린더를 착화함으로써 발생하는 일의 양을 나타내고, 하부 루프(B, B')가 에워싸는 영역은 공기를 실린더 내부로 또는 외부로 펌프함에 따른 에너지 손실(이러한 손실은 일반적으로 펌프 손실이라고 일컬어진다)을 나타낸다. 기관에 의해 출력되는 총 일은 상부 루프의 면적과 하부 루프의 면적의 차이이다.

[0032] 실린더가 스로틀 완전 개방 상태(이하, 완전 스로틀)에서 동작할 때와 스로틀 부분 개방 상태(이하, 부분 스로틀)에서 동작할 때의 PV 도표를 비교해보면, 부분 스로틀에서 동작할 때의 실린더의 전체 효율이 완전 스로틀에서의 실린더 효율보다 낮다(중중, 훨씬 낮다)는 것을 알 수 있다. 동작 효율에 영향을 미치는 많은 요인이 있다. 그러나 가장 큰 요인 중 하나는 스로틀 자체의 위치를 바탕으로 한다. 스로틀이 부분적으로 폐쇄될 때, 실린더로 더 적은 공기가 제공된다. 따라서 흡입 밸브(intake valve)가 폐쇄될 때, 실린더 내부 압력은 대기압보다 상당히 낮을 수 있다. 실린더 내부의 시작 압력이 대기압보다 상당히 낮을 때, 기관 사이클 동안 실린더의 유효 압축은 감소되고, 이로 인해 연소 행정 동안 높아진 압력이 낮아지며, 실린더의 착화에 의해 발생한 일의 양이 감소된다. 이는, 완전 스로틀로 동작하는 실린더에 의해 발생한 일을 나타내는 루프(A)의 면적과, 부분 스로틀로 동작하는 실린더에 의해 발생한 일을 나타내는 루프(A')의 면적을 비교함으로써, 알 수 있다. 덧붙여, 스로틀이 부분적으로 폐쇄된다는 사실에 의해, 공기를 실린더로 넣는 것이 어려워지고, 따라서 펌프 손실이 증가할 수 있다. 이는, 완전 스로틀로 동작하는 실린더의 펌프 손실을 나타내는 루프(B)의 면적과, 부분 스로틀로 동작하는 실린더의 펌프 손실을 나타내는 루프(B')의 면적을 비교함으로써 알 수 있다. A에서 B를 빼고, A'에서 B'를 뺀으로써, 완전 스로틀로 동작하는 기관에 의해 발생한 순수 일(net work)이, 부분 스로틀로 동작하는 기관에 의해 발생한 순수 일보다 훨씬 크다는 것을 알 수 있으며, 이는 부분 스로틀 동작이 더 적은 연료를 사용하는 사실을 보상하기 위한 조정이 이뤄진 경우에도, 그렇다.

[0033] 앞서 언급된 비교가 오토(Otto) 사이클 기관에 대한 것이었지만, 그 밖의 다른 열역학적 사이클에 따라 동작하는 내연 기관도 그들의 최적 효율(실질적으로 차단되지 않은 상태(unthrottled)의 공기 전달과 열역학적으로 최적인 공연비에서의 연소의 조합의 경우에 대응함)보다 낮은 효율로 동작할 때, 유사한 종류의 효율 손실을 겪음을 알아야 한다.

[0034] 본 발명의 다양한 실시예에서, 작업 챔버 중 일부는 그들의 최적 열역학적 효율로 동작하고 불필요한 작업 사이클은 스킵하는 가변 배기량 모드로 내연 기관을 동작시킴으로써, 내연 기관의 열역학적 효율이 개선된다.

# [0035] 착화 제어 유닛(Firing Control Unit)

[0036] 도 2a는 본 발명의 하나의 실시예에 따르는, 기관을 동작시키기에 적합한 제어 유닛을 도시한 기능 블록도이다. 앞서 설명된 실시예에서, 제어되는 기관은 피스톤 기관이다. 그러나 앞서 언급된 제어가 그 밖의 다른 기관 설계에도 동일하게 적용될 수 있다. 도시된 실시예에서, 착화 제어 유닛(100)은 드라이브 펄스 발생기(drive pulse generator, 104)와 시퀀서(sequencer, 108)를 포함한다. 원하는 기관 출력을 나타내는 입력 신호(113)가 드라이브 펄스 발생기(104)로 제공된다. 상기 드라이브 펄스 발생기(104)는 적응 예측 제어(adaptive predictive control)를 이용하여, 일반적으로 원하는 출력을 얻기 위해 실린더 착화가 요구될 때를 가리키는 드라이브 펄스 신호(110)를 동적으로 계산할 수 있다. 이하에서 더 상세히 설명되겠지만, 발생한 드라이브 펄스 패턴이 현재의 기관 속도(기관 속도는 끊임없이 변경될 수 있다)에서 요구되는 동력을 전달하기에 알맞도록 제어기는 기관 속도(입력 신호(116))와 동기화될 수 있다. 그 후, 드라이브 펄스 신호(110)가 시퀀서에게 제공될 수 있으며, 상기 시퀀서가 최종 실린더 착화 패턴(120)을 제공하기 위해 펄스를 정렬한다. 일반적으로, 시퀀서(108)는 기관 내 과도한 또는 부적절한 진동을 방지하는 것을 보조하는 방식으로 착화 패턴을 정렬한다. 기관 설계 분야에서 잘 알려져 있는 바와 같이, 실린더가 착화되는 순서는 많은 기관 내에서 진동에 유의미한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이하에서 더 상세히 설명되겠지만, 상기 시퀀서는, 기관의 동작에 의해 발생하는 진동이 설계 허용 오차 내에 있도록 보장하는 것을 보조하도록 설계된다. 특정 기관이 불규칙적인 착화 패턴을 이용하



여 운영되는 경우(즉, 실린더가 지나친 진동을 발생시키지 않는 임의의 패턴으로 착화될 수 있는 경우), 시퀀서는 생략되고, 드라이브 펄스 신호(110)가 착화 패턴을 결정하기 위해 사용되는 것이 가능할 수 있다.

[0037] 제 1 구현예에서, 착화되는 각각의 실린더가 자신의 최적의, 또는 거의 최적의 열역학적 효율로 동작한다. 즉, 기관에 대한 그 밖의 다른 제약들(예를 들어, 배출 요구사항, 기관 수명에 미치는 연소의 영향 등)을 여전히 충족시키면서 연소되는 연료 단위 당 실린더로부터 대부분의 일이 획득될 수 있게 하는 양으로 공기와 연료가 실린더 내부로 도입된다. 대부분의 스로틀 기관에서, 이는 대부분의 공기가 실린더로 도입되도록 하는 “스로틀 완전 개방 상태(full throttle)” 위치에 대략적으로 대응한다. 많은 차량이 희망 공연비와, 각각의 실린더 착화를 위해 분사될 연료의 양을 결정하는 기관 제어 유닛(ECU: engine control unit)을 포함한다. 보통 ECU는 다양한 현재의 주변 상태(예를 들어, 공기 압력, 온도, 습도 등)를 바탕으로 하여 다수의 여러 다른 동작 조건(가령, 여러 다른 스로틀 위치, 기관 속도, 다기관 공기 흐름 등)에 대해 희망 공기 연료 비 및/또는 연료 분사량을 식별하는 룩업 테이블(lookup table)을 가진다. 이러한 차량에서, 지속적으로 변하는 배기량 모드에서 착화 제어 유닛이 각각의 실린더로 분사되도록 하는 연료의 양은, 현재의 상태 하에서 실린더를 최적의 방식으로 동작시키기 위한 연료 분사 룩업 테이블에 저장되는 값일 수 있다.

[0038] 희망 출력 신호(113)는 원하는 기관 출력을 위한 타당한 대응물이라고 여겨질 수 있는 임의의 적합한 소스로부터 올 수 있다. 예를 들면, 단순히 입력 신호는 가속장치 페달 위치 센서로부터 직접 또는 간접적으로 얻어지는 가속장치 페달의 위치를 나타내는 신호일 수 있다. 또는, 전자 가속장치 위치 센서가 아닌 스로틀을 갖는 차량에서, 희망 스로틀 위치를 나타내는 신호가 가속장치 위치 신호를 대신하여 사용될 수 있다. 크루즈 제어(cruise control) 특징을 갖는 차량에서, 크루즈 제어 특징부가 활성화될 때, 입력 신호(113)는 크루즈 제어기로부터 올 수 있다. 또 다른 실시예에서, 입력 신호(113)는 가속장치 위치에 추가로 몇 개의 변수로 구성된 함수일 수 있다. 고정된 작동 상태를 갖는 또 다른 기관에서, 입력 신호(113)는 특정 동작 설정치를 바탕으로 설정될 수 있다. 일반적으로 원하는 출력 신호는, 제어되는 차량 또는 기관에서 이용 가능한 임의의 적합한 소스로부터 올 수 있다.

[0039] 일반적으로, 드라이브 펄스 발생기(104)는 기관의 현재 동작 상태 및 동작 조건 하에서 희망 출력을 발생시키기 위해 요구되는 실린더 착화의 횟수와 일반적인 타이밍을 결정할 수 있다. 드라이브 펄스 발생기는, 희망 기관 출력을 전달하기 위해 실린더가 착화되어야 할 때를 결정하기 위해, 피드백 제어, 가령, 적응 예측 제어(adaptive predictive control)를 이용한다. 따라서 드라이브 펄스 발생기(104)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 신호(110)는 희망 기관 출력을 전달하기 위해 기관에 의해 요구되는 순간적인 배기량을 가리킨다. 기관에 의해 요구되는 배기량은 동작 조건에 따라 달라질 것이며, 과거에 발생된 값과 가까운 미래에 발생할 것으로 예측되는 값 모두를 바탕으로 할 수 있다. 다양한 실시예에서, 드라이브 펄스 발생기(104)는 희망 출력을 전달하기 위해 크랭크축의 회전 당 요구되는 실린더 착화의 횟수의 변동을 제한하도록 제약받지 않는다. 따라서 착화 기회(firing opportunity)를 기초로, 착화될 실린더와 착화되지 않을 실린더를 선택함으로써, 기관의 유효 배기량이 지속적으로 변화될 수 있다. 이는, 서로 다른 배기량 간의, 특히, 서로 다른 실린더 착화 패턴 간의 신속한 변동이 바람직하지 않은 것으로 여겨지는 종래의 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관(예를 들어 미국 특허 제5,408,974호를 참조)과 매우 다른 것이다. 본원에서는, 기관의 유효 배기량을 끊임없이 변화시키는 이러한 능력을 동작의 지속 가변 배기량 모드라고 일컫는다.

[0040] 장치 펄스 발생기(104) 내에서 다양한 여러 다른 제어 방식(control scheme)이 구현될 수 있다. 일반적으로, 제어 방식은 디지털로, 또는 알고리즘적으로, 또는 아날로그 부품을 이용하여, 또는 하이브리드 접근법을 이용하여 구현될 수 있다. 드라이브 펄스 발생기는 프로세서, 또는 프로그램될 수 있는 로직(programmable logic)(가령, FPGA), 또는 회로(가령, ASIC), 또는 디지털 신호 프로세서(DSP)로 구현되거나, 아날로그 부품을 이용하여, 또는 그 밖의 다른 임의의 적합한 하드웨어를 이용하여 구현될 수 있다.

[0041] 드라이브 펄스 발생기에서 사용되기에 적합한 제어기의 하나의 분류는 적응 예측 제어기(adaptive predictive controller)이다. 제어 이론에 익숙한 해당업계 종사자가 알다시피, 적응 예측 제어기는, 희망 출력 신호와 출력 신호 간의 변화량(variance)을 기초로 하여, 자신의 출력 신호의 속성을 적응시키거나 변경하기 위해 피드백을 이용한다는 점에서 적응적이고, 입력 신호의 과거 행동이 미래의 출력 신호에 영향을 미치도록 통합적이라는 점에서 예측적이다.

[0042] 원하는 출력을 제공하기 위해 요구되는 챔버 착화(firing)를 계산하기 위해 다양한 여러 다른 적응 예측 제어기가 사용될 수 있다. 이 경우에서 특히 잘 동작하는 적응 예측 제어기의 하나의 분류로는 시그마 델타 제어기(sigma delta controller)가 있다. 상기 시그마 델타 제어기는 샘플 데이터 시그마 델타, 연속 시간 시그마 델

타, 알고리즘 기반 시그마 델타, 차동 시그마 델타, 하이브리드 아날로그/디지털 시그마 델타 배열, 또는 그 밖의 다른 임의의 적합한 시그마 델타 구현예를 이용할 수 있다. 일부 실시예에서, 시그마 델타 제어기의 클럭 신호는 기관 속도에 비례하여 변한다. 그 밖의 다른 구현예에서, 펄스 폭 변조(PWM: pulse width modulation), 최소 평균 자승(LMS: least means square) 및 재귀 최소 자승(RLS: recursive least square) 제어기 등의 그 밖의 다른 다양한 적응 예측 제어기가 요구되는 챔버 착화를 동적으로 계산하기 위해 사용될 수 있다.

[0043] 드라이브 펄스 발생기(104)는, 드라이브 펄스가 희망 기관 출력을 전달하기에 적합할 때를 결정함에 있어 피드백 제어를 이용하는 것이 바람직하다. 도 2b에서 대략적으로 도시되어 있는 바와 같이, 피드백의 구성요소는 드라이브 펄스 신호(110)의 피드백 및/또는 실제 실린더 착화 패턴(120)의 피드백을 포함할 수 있다. 드라이브 펄스 신호(110)는 작업 챔버 착화가 적정할 때를 가리키기 때문에, 요청된 착화를 나타내는 신호라고 간주될 수 있다. 그 후, 시퀀서가 요청된 착화의 실제 타이밍을 결정한다. 바람직할 때, 실제 착화 패턴(120)으로부터 피드백된 정보는 착화 패턴 자체를 나타내는 정보, 착화의 타이밍을 나타내는 정보, 착화의 스케일을 나타내는 정보 및/또는 드라이브 펄스 발생기(104)에게 유용한 실린더 착화에 대한 그 밖의 다른 임의의 정보를 포함할 수 있다. 일반적으로, 또한 드라이브 펄스 신호(110)가 기관과 동기화될 수 있도록, 기관 속도의 지시자(indication)(116)와 함께 드라이브 펄스 발생기(104)를 제공하는 것이 바람직하다.

[0044] 또한 바람직할 때 시퀀서(108)에게 다양한 피드백이 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 2c에서 개략적으로 도시된 바와 같이, 시퀀서가 실제 실린더 착화를, 기관 진동을 감소시키는 것을 돕는 방식으로 정렬(sequence)하도록, 실제 착화 타이밍 또는 패턴(120)을 나타내는 피드백 또는 메모리가 시퀀서에게 유용할 수 있다.

#### [0046] 시그마-델타 제어 회로(Sigma-Delta Control Circuit)

[0047] 도 3을 참조하여, 시그마-델타 제어 기반 드라이브 펄스 발생기(104)의 하나의 구현예가 기재될 것이다. 상기 드라이브 펄스 발생기(104)는 시그마-델타 제어기(202)와 동기화기(synchronizer, 240)를 포함한다. 상기 시그마-델타 제어기(202)는 일종의 오버샘플링되는 변환(oversampled conversion)인 시그마-델타 변환의 원리를 이용한다. (시그마-델타 변환은 델타-시그마 변환이라고도 지칭된다) 시그마-델타 변환의 기본 이론은 H. Inose, Y. Yasuda 및 J. Murakami의 “A Telemetry System by Code Modulation:  $\Delta$ - $\Sigma$  Modulation”, IRE Transactions on Space Electronics Telemetry, Vol. SET-8, September 1962, pp.204-209. Reprinted in N. S. Jayant, Waveform Quantization and Coding, IEEE Press and John Wiley, 1976, ISBN 0-471-01970-4에 기재되어 있다.

[0048] 도시된 시그마-델타 제어 회로(202(a))는, 일반적으로 Richie 아키텍처라고 알려진 아키텍처를 기초로 하는 아날로그 3차 시그마-델타 회로이다. 시그마-델타 제어 회로(202(a))는 (희망 일 출력 또는 희망 토크일 수 있는) 희망 출력을 나타내는 아날로그 입력 신호(113)를 수신한다. 도시된 유형의 시그마-델타 제어기는 일반적으로 잘 알려져 있기 때문에, 다음의 기재에서 적합한 제어기의 일반적인 아키텍처를 제공한다. 그러나 특정 구현예에서 잘 동작하도록 구성될 수 있는 여러 다른 다양한 시그마-델타 제어기가 존재함을 이해해야 한다.

[0049] 도시된 실시예에서, 입력 신호(113)는 가속장치 페달 위치를 나타낸다(그러나 앞서 기재된 바와 같이, 희망 출력을 나타내는, 또는 희망 출력을 대신할 수 있는 그 밖의 다른 적합한 입력 신호가 역시 사용될 수 있다). 입력 신호(113)가 시그마-델타 제어 회로(202(a)), 특히 제 1 적분기(204)의 양성 입력(positive input)으로서 제공된다. 시그마 델타 제어 회로(202(a))의 동작이 적응적이도록, 상기 적분기(204)의 음성 입력(negative input)은 출력의 함수인 피드백 신호(206)를 수신하도록 설정된다. 추후 설명될 바와 같이, 피드백 신호(206)는 실제로, 둘 이상의 출력 스테이지를 기반으로 하는 복합 신호일 수 있다. 적분기(204)는 그 밖의 다른 입력(가령, 디더 신호(dither signal, 207))(추후 상세히 설명됨)을 수신할 수 있다. 다양한 구현예에서, 적분기(204)의 입력 중 일부가 적분기(204)로 전달되기에 앞서서 서로 결합되거나, 적분기(204)로 직접 복수의 입력이 이뤄질 수 있다. 도시된 실시예에서, 가산기(212)에 의해 디더 신호(207)가 입력 신호(113)와 결합되고, 이러한 결합된 신호가 양성 입력으로서 사용된다. 피드백 신호(206)는 시그마 델타 제어 회로와 제어되는 시스템의 출력으로부터의 피드백의 결합이며, 도시된 실시예에서, 이러한 결합은 드라이브 펄스 패턴(110)을 나타내는 피드백 또는 착화의 실제 타이밍을 나타내는 피드백, 또는 둘 모두로부터의 피드백의 조합으로서 나타난다.

[0050] 시그마 델타 제어 회로(202(a))는 2개의 추가적인 적분기, 즉, 적분기(208)와 적분기(214)를 포함한다. 시그마 델타 제어 회로(202(a))의 “차수(order)”는 3이며, 이는 상기 시그마 델타 제어 회로의 적분기(즉, 적분기(204), 적분기(208) 및 적분기(214))의 개수에 대응한다. 제 1 적분기(204)의 출력이 제 2 적분기(208)에게 제공되며, 제 3 적분기(214)에게 피드 포워드된다.

- [0051] 마지막 적분기(214)의 출력은, 1비트 양자화기(one-bit quantizer)로서 동작하는 비교기(216)에게 제공된다. 상기 비교기(216)는 클럭 신호(217)와 동기화되는 1-비트 출력 신호(219)를 제공한다. 일반적으로, 고품질 제어를 보장하기 위해, 클럭 신호(217)가(따라서 비교기(216)의 출력 스트림도) 최대 예상되는 착화 기회 레이트(firing opportunity rate)의 복수 배인 주파수를 갖는 것이 바람직하다. 아날로그 시그마 델타 제어 회로에 대하여, 비교기의 출력이 약 10 이상의 인수로 회당 드라이브 펄스 레이트를 오버샘플링하는 것이 바람직하며, 약 100 이상의 오버샘플링 인수가 특히 바람직하다. 즉, 비교기(216)의 출력은, 기관 착화 기회가 발생하는 레이트(rate)의 10배 이상, 종종 100배 이상의 레이트를 갖는 것이 바람직하다. 비교기(216)에 제공되는 클럭 신호(217)는 임의의 적합한 소스로부터 유래할 수 있다. 예를 들어, 도 3에서 도시된 실시예에서, 클럭 신호(217)는 수정 발진기(218)에 의해 제공된다.
- [0052] 오늘날의 디지털 전자 시스템에서 이러한 클럭 레이트(clock rate)는 실제로 비교적 낮기 때문에, 쉽게 획득될 수 있고 이용 가능하다. 예를 들어, 제어되는 기관이 4행정 작업 사이클을 이용하여 동작하는 8-실린더 기관인 경우, 예상되는 최대 착화 기회 레이트는  $8,000\text{RPM} \times 8\text{개의 실린더} \times \frac{1}{2}$ 의 수준일 수 있다.  $\frac{1}{2}$ 이라는 인수는, 일반적으로 동작하는 4-사이클 기관에서 각각의 실린더가 기관 크랭크축의 2번 회전당 단 1회의 착화 기회를 갖기 때문에, 제공된 것이다. 따라서 착화 기회의 최대 예상되는 주파수는 분당 약 32,000, 또는 초당 533이다. 이 경우, 약 50kHz에서 동작하는 클럭은 착화 기회의 예상되는 최대 레이트의 거의 100배를 가질 것이다. 따라서 이 경우, 50kHz 이상의 클럭 주파수를 갖는 고정된 클럭이 매우 바람직하게 기능할 것이다.
- [0053] 또 다른 실시예에서, 비교기를 구동시키기 위해 사용되는 클럭이 기관 속도에 비례하여 변하는 가변 클럭일 수 있다. 시그마 델타 제어기에서 가변 속도 클럭을 사용하는 것이, 종래의 시그마 델타 제어기 설계와 다른 점이다. 가변 속도 클럭을 사용함으로써, 비교기의 출력이 기관 속도와 더 잘 동기화되고, 따라서 착화 기회와 더 잘 동기화됨이 보장된다. 기관 속도의 지시자(가령, 회전속도계(tachometer)의 신호)에 의해 구동되는 위상 고정 루프를 이용함으로써 클럭이 기관 속도와 쉽게 동기화될 수 있다. 기관 속도를 기초로 하는 가변 속도 클럭을 이용하는 이점 중 일부가 도 7과 관련하여 이하에서 더 논의될 것이다.
- [0054] 적분기(214)의 출력을 기준 전압에 비교함으로써, 비교기(216)로부터 1-비트 출력 신호(240)가 출력된다. 출력은 클럭의 주파수로 출력되는 1과 0으로 구성된 스트링(string)이다. 비교기(216)의 출력(240)은 시그마 델타 제어 회로(202(a))의 출력이며 동기화기(222)로 제공된다. 상기 동기화기(222)는 드라이브 펄스 신호(110)를 발생시킨다. 도시된 실시예에서, 시그마 델타 제어 회로(202(a))와 동기화기(222)가 함께 드라이브 펄스 발생기(104)를 구성한다(도 2).
- [0055] 일반적으로 동기화기(222)는 드라이브 펄스가 출력되어야 할 때를 결정한다. 상기 드라이브 펄스는 착화 기회의 주파수들을 정합하도록 기능하여, 각각의 드라이브 펄스가 작업 챔버의 특정 작업 사이클이 실행되어야 하는지의 여부를 가리키는 것이 바람직하다. 드라이브 펄스 신호(110)를 기관 속도와 동기화시키기 위해, 도 3에서 도시된 실시예에서, 기관 속도를 기반으로 하는 가변 클럭 신호(230)를 이용하여 동기화기(222)가 동작한다. 클럭을 기관 속도와 동기화하기 위해 위상 고정 루프(234)가 제공될 수 있다. 클럭 신호(230)는 출력된 드라이브 펄스 신호(110)의 회당 주파수와 동일한 주파수를 갖는 것이 바람직하다. 즉, 착화 기회들의 레이트를 정합시키기 위해 동기화되는 것이 바람직하다.
- [0056] 시그마-델타 제어 회로의 출력 신호(240)는 시그마-델타 제어 회로(202(a))에 의해 수신된 아날로그 입력 신호(113)의 디지털 표현인 것이 일반적이다. (a) 실질적으로 입력 신호가 회당 출력으로 취급되기 때문에, 또는 (b) 각각의 기관 착화에 의해 일반적으로 알려진 비교적 일정한 일의 양이 생산되도록 작업 챔버 내 연소가 제어되기 때문에, 시그마 델타 제어 회로(202(a))로부터의 디지털 출력 신호(240)가 특정 개수의 “하이(high)” 심볼을 포함할 때, 양성(positive) 드라이브 펄스를 발생시키는 것(즉, 작업 챔버의 착화를 정렬하는 것)이 적합하다. 따라서 개념적으로, 동기화기(222)의 목적은 출력 신호에서 하이 심볼의 개수를 세고, 충분한 심볼이 세어질 때, 기관 속도와 동기화된 드라이브 펄스를 전송하는 것이라고 생각할 수 있다. 구현 시에는, 정말로 세는 것이 실제로 요구되지 않는다(그러나 일부 구현예에서는 행해질 수 있다).
- [0057] 높은 오버샘플링 레이트를 이용하는 본 발명의 시그마-델타 제어 회로의 출력의 또 다른 특징은, 이러한 기관 제어 경우에서 사용될 때, 제어기가 하이 신호들로 구성된 긴 블록을 배출하고, 이에 뒤 따라 로우 신호들로 구성된 블록을 배출하는 경향이 있다는 것이다. 이러한 출력 신호(240)의 특징이 사용되어, 동기화기(222)의 설계가 단순화될 수 있다. 하나의 구현예에서, 동기화기는 출력 신호(240)에서 배출되는 하이 신호들로 구성된 블록의 길이(즉, 시간, 또는 주기)를 측정하기만 한다. 하이 신호들로 구성된 블록의 길이가 지정 임계값을 초과하는 경우, 드라이브 펄스가 발생된다. 하이 신호들로 구성된 블록의 길이가 상기 임계값을 초과하지 않는 경우,



하이 신호들로 구성된 상기 블록을 기초로 하여 어떠한 드라이브 펄스도 발생하지 않는다. 사용되는 실제 임계값은 특정 설계의 요구에 충족되도록 폭 넓게 변화할 수 있다. 예를 들어, 일부 설계에서, 임계값은 클럭 신호(230)의 주기일 수 있으며, 이때, (클럭은 기관 속도와 동기화되기 때문에) 상기 클럭 신호(230)의 주기는 드라이브 펄스 패턴(110)의 듀티 사이클 및 작업 챔버 착화 기회들 간의 평균 딜레이에 대응한다. 이러한 배열을 이용하여, 하이 신호들로 구성된 블록의 길이가 1 듀티 사이클보다 작다면, 상기 블록에 대응하여 어떠한 드라이브 펄스도 발생하지 않고, 블록의 길이가 1 듀티 사이클을 초과하고 2 듀티 사이클보다 작다면, 하나의 드라이브 펄스가 발생된다. 상기 블록의 길이가 2 듀티 사이클을 초과하지만 3 듀티 사이클보다 작다면, 2개의 순차적인 드라이브 펄스가 발생된다. 그 이상의 경우도 마찬가지이다.

[0058] 이러한 배열을 이용하여, 기관 속도가 낮을 때 드라이브 펄스를 트리거하기 위해 필요한 시그마-델타 제어 회로로부터의 하이 출력들의 버스트의 “길이” 즉 지속시간(time duration)은, 기관 속도가 높을 때 드라이브 펄스를 트리거하기 위해 필요할 버스트의 길이보다, 더 길어야 할 것이다. 왜냐하면 기관 속도가 낮을수록 드라이브 펄스 신호의 듀티 사이클은 높기 때문이다.

[0059] 또 다른 구현예에서, 임계값이 또 다르게 설정될 수 있다. 예를 들어, 드라이브 펄스 신호의 듀티 사이클의 임의의 지정된 퍼센트(가령, 80 또는 90퍼센트)를 초과하는 길이를 갖는 하이 신호 출력들로 구성된 임의의 블록이 드라이브 펄스를 발생하게 하면서 더 짧은 펄스 길이가 효과적으로 잘리도록 임계값이 설정될 수 있다.

[0060] 첫 번째 검토에서, 앞서 제안된 방식으로 펄스의 일부분을 무시하는 것이 제어 시스템의 성능을 허용될 수 없는 수준까지 저하시킬 수 있는 것으로 나타난다. 그러나 많은 기관에서, 착화 기회의 높은 주파수(빈도)와 전반적인 제어 시스템의 높은 반응성에 의해, 이러한 단순한 동기화기를 이용하는 것이 완벽하게 허용될 수 있다. 물론, 다양한 그 밖의 다른 동기화 방식이 또한 사용될 수 있다.

[0061] 앞서 언급된 바와 같이, 시그마-델타 제어 회로는 제 1 적분기에게 피드백을 제공하도록 기능한다. 도시된 실시예에서, 피드백 신호(206)는, (a) 비교기(216)의 출력(240)으로부터의 피드백, (b) 동기화기(222)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 패턴(110), (c) 실제 착화 패턴(120) 중 하나 이상으로 구성된다. 결합기(combiner, 245)가 상기 피드백 신호들을 회합 비(ratio)로 결합하도록 기능한다. 제 1 적분기(204)에게 피드백으로서 제공되는 다양한 피드백 신호들에게 주어지는 상대적 비, 즉, 가중치는 원하는 제어를 제공하도록 변환할 수 있다.

[0062] 비교기 출력과, 드라이브 펄스 신호와, 실제 착화 패턴이 모두 서로 관련되어 있을지라도, 이들의 타이밍이 서로 다르고 비교기 출력의 전체적인 크기가 나머지 것들과 다를 수 있음을 알아야 한다. 실제 기관의 동작을 반영하는 측면에서 가장 정확한 피드백은 착화 패턴이지만, (시그마-델타 제어 회로(202)의 관점에서 보면) 비교기의 출력과 작업 챔버의 실제 착화 사이에는 상당한 시간 딜레이가 있을 수 있다. 실제 기관의 동작을 반영하는 측면에서 그 다음으로 좋은 피드백은 드라이브 펄스 신호이다. 따라서 많은 구현예에서, 드라이브 펄스 신호 및/또는 착화 패턴과 관련된 피드백에 가중치를 높게 두는 것이 바람직할 것이다. 그러나 실제 구현에서, 시그마 델타 제어기의 성능은 종종, 비교기 출력 신호(240)의 일부분을 피드백함으로써, 보강될 수 있다. 예를 들어, 일부 구현예에서, 비교기 출력 신호(240)의 피드백에 전체 피드백 신호(206)의 15 내지 25%의 가중치를 두고, 나머지는 드라이브 펄스 신호 또는 착화 패턴, 또는 둘의 조합을 반영하도록 하는 것이 바람직하게 작용할 것이다. 물론, 이러한 비는 단지 예에 불과하며, 착화 제어 유닛(110) 및 이와 연계된 기관의 특정 구현예에 따라, 적합하며, 바람직하고, 최적인 피드백 퍼센트가 달라질 것이다.

[0063] 일부 실시예에서, 입력 신호(113)와 피드백 신호(206)를 안티-앨리어싱 필터링(anti-aliasing filter)하는 것이 바람직할 수 있다. 안티-앨리어싱 기능은 시그마-델타 제어 회로(202)의 일부분으로서 제공되거나, 시그마 델타 제어 회로에 선행하는 안티-앨리어싱 필터로서 제공될 수 있다. 또는 상기 안티-앨리어싱 기능이 그 밖의 다른 임의의 적합한 형태로 제공될 수 있다. 도 3에서 도시된 3차 아날로그 연속 시간 시그마-델타 제어 회로(202(a))에서, 제 1 적분기(204)는 안티앨리어싱 기능을 제공한다. 즉, 상기 제 1 적분기(204)가 실질적으로로우 패스 필터로서 동작한다.

[0064] 시그마 델타 제어기의 또 하나의 알려진 특징은, 가끔씩 시그마 델타 제어기가 입력 신호에 대한 출력 신호에서의 사이클 변동인 “톤(tone)”을 발생시킨다는 것이다. 아날로그 입력 신호(113)가 천천히 변할 때(이는 운전 중일 때 또는 그 밖의 다른 다수의 기관 제어 경우에서 종종 발생한다), 이러한 톤은 특히 눈에 띈다. 비교기 출력 신호(240) 내 이러한 톤의 존재가 기관 착화 패턴에서 반영될 수 있다. 일부 경우, 드라이브 패턴에서 이러한 사이클 변동이 기관 내 바람직하지 않은 공진을 발생시킬 수 있고, 이러한 공진은 바람직하지 않은 진동 패턴을 발생시킬 수 있다는 위험부담이 존재한다. 극단적인 경우에, 상기 톤이 드라이브 에너지의 눈에 띄는 변동의 증거가 될 수 있다. 따라서 이러한 톤의 방지 및/또는 끊기(break up)에 도움이 되는 다양한 배열이 제공



될 수 있다.

[0065] 시그마 델타 제어기의 출력에서 톤의 방지 및/또는 끊기를 보조할 수 있는 한 가지 선택사항으로는, 상기 제어기로 노이즈 신호를 도입하는 것이 있다. 이때, 상기 노이즈 신호는 시간에 걸쳐 0으로 평균 내어지지만, 상기 노이즈 신호의 국부적인 변동은 시그마 델타 제어기의 출력 신호에서 톤을 끊는(break up) 경향을 가진다. 신호 프로세싱 적용예에서, 이러한 노이즈 신호는 종종 “디더(dither)” 라고 지칭된다. 상기 디더 신호는 제어 루프 내 사실상 아무 위치에서나 유도될 수 있다. 도 3에서 도시된 실시예에서, 가산기(212)는 입력 신호(113)와 이러한 디더 신호(246)를 결합한다. 그러나 디더 신호는 그 밖의 다른 종래의 위치에서도 도입될 수 있다. 예를 들어, 시그마 델타 제어기에서, 디더는 종종 양자화기 전 마지막 스테이지로 도입된다(가령, 도 3에서 도시된 실시예에서, 적분기(214)로 도입된다).

[0066] 도시된 실시예에서, 의사랜덤 디더 발생기(PRD: pseudo-random dither generator)(226)가 디더 신호를 발생시키기 위해 사용되지만, 그 밖의 다른 접근법을 이용해서도 디더가 도입될 수 있음을 알아야 한다. 상기 디더는 소프트웨어를 이용하여 알고리즘적으로 발생하거나, 이산 디더 로직 블록 또는 그 밖의 다른 적합한 수단에 의해 발생될 수 있다. 또는 상기 디더는 제어기에게 이용 가능한 그 밖의 다른 임의의 적합한 소스로부터 취해질 수 있다.

[0067] 동기화기(222)의 출력은 도 2에 대하여 앞서 설명된 드라이브 펄스 신호(110)이다. 앞서 설명된 바와 같이, 드라이브 펄스 신호(110)는 희망 기관 출력을 제공하기 위해 필요한 실린더 착화(또는 순간적인 유효 기관 배기량)를 효과적으로 식별한다. 즉, 드라이브 펄스 신호(110)는, 원하는, 또는 요구되는 기관 출력을 제공하기에 실린더 착화가 적정할 때를 가리키는 펄스의 패턴을 제공한다. 이론적으로, 동기화기(222)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 신호(110)의 타이밍을 이용하여 직접 실린더가 착화될 수 있다. 그러나 많은 경우에서, 펄스 패턴(110)과 정확히 동일한 타이밍을 이용하여 실린더를 착화하는 것은, 기관 내에 바람직하지 않은 진동을 발생시킬 수 있기 때문에, 현명하지 않은 일일 것이다. 따라서 드라이브 펄스 신호(110)가 시퀀서(108)로 제공될 수 있으며, 상기 시퀀서(108)가 적절한 착화 패턴을 결정한다. 시퀀서(108)는, 기관이 과도한 진동을 발생시키지 않고 매끄럽게(smoothly) 운영되도록 하는 방식으로, 실린더 착화를 분배하도록 기능한다. 시퀀서(108)에 의해 실린더 착화를 정렬하기 위해 사용되는 제어 로직은 다양할 수 있으며, 시퀀서의 복잡한 정도는 특정 적용예의 요구사항에 따라 크게 달라질 것이다.

[0068] **시퀀서(Sequencer)**

[0069] 도 4를 참조하면서, 많은 적용예에서 적합한 시퀀서(108)의 비교적 단순한 실시예의 동작이 기재될 것이다. 오늘날 사용되는 피스톤 기관은 자신의 실린더들을 정해진 시퀀스로 동작시킨다. 설명을 목적으로, 표준 4-실린더 기관이 고려된다. 4개의 실린더는 기관의 “정규(normal)” 동작(즉, 기관의 작업 사이클의 스킵하는 제어가 없는 동작)에서 착화될 순서대로, “1”, “2”, “3” 및 “4” 로 표시된다. 이러한 순서는 기관 내 실린더의 물리적 위치와 일치하지 않을 수 있음을 알 것이다. 단순한 시퀀서(108(a))는 정규 동작의 착화 순서와 정확하게 동일한 순서로 실린더를 착화하도록 구성될 수 있다. 즉, 실린더 #1이 착화되면, 그 후, 다음 번 착화될 실린더는 #2가 되고, 그 다음번은 #3이며, 그 후, #4, #1, #2, #3, #4, #1 등일 것이다.

[0070] 도 4는 시퀀서(108)로 입력되는 가능한 드라이브 펄스 신호(110(a))를 도시하는 타이밍 도표이며, 각각의 실린더에 대해 이에 대응하는 착화 패턴(120(a)(1), 120(a)(2), 120(a)(3) 및 120(a)(4))이 시퀀서에 의해 출력되고, 복합 착화 패턴(120(a))이 시퀀서에 의해 출력된다. 신호는 모두, 실린더 착화 기회의 레이트로 클록킹되며, 상기 실린더 착화 기회 레이트는 4실린더, 4행정 기관의 RPM의 2배이다. 도 4에서 도시된 패턴에서, 입력된 드라이브 펄스 신호는 제 1 실린더 착화 D1을 요청하고, 그 후, 2회 스킵(skip)(S1, S2)을 요청하며, 제 2 착화 D2, 1회 스킵(S3), 제 3 착화 D3, 2회 더 스킵(S4, S5), 제 4 착화 D4 및 3회 더 스킵(S6-S8)을 요청한다. 제 1 착화 D1이 요청될 때 실린더 #1이 이용 가능하기 때문에, 패턴(120(a)(1))의 F1이 가리키는 바와 같이 실린더 #1이 착화된다. 입력 펄스 패턴(110(a))에서의 스킵(S1 및 S2)에 따라, 다음 번 2개의 착화 기회(실린더 #2 및 #3)가 스킵된다. 실린더 #4만 이용 가능한 시점에서 제 2 착화 D2가 요청된다. 그러나 시퀀서(108(a))가 지정된 순서(가령, 정규 동작 순서 또는 종래의 동작 순서)로 실린더를 착화하도록 설계되었다고 가정하면, 패턴 120(a)(2)에서 나타나는 바와 같이 실린더 #2가 이용가능해지는 다음번(전체 착화 기회 #6에 해당)에 실린더 #2가 착화된다. 따라서 D2는 실린더 #2가 이용 가능해질 때까지 실질적으로 지연되며, 패턴 120(a)(2)의 착화 F2에서 나타나는 바와 같이 추가적인 착화가 요청되느냐의 여부에 관계없이, 실린더 #2 차례가 돌아오기 전까지는 어떠한 다른 실린더도 착화되지 않는다.

[0071] 드라이브 펄스 입력 신호(110(a))가 6번째 착화 기회에서 제 3 착화 D3를 요청했다. 시퀀서(108)는 이 착화를,

아직 이용 가능한 상태가 아닌 실린더 #3(실린더 #2만 이용 가능한 상태임)에게 할당하면, F3은 실린더 #3이 이용 가능해질 때(도시된 예에서 이는 다음 번 착화 기회임)까지 지연된다. 시퀀서(108(a))는 이러한 방법을 이용하여 가변 배기량 모드의 전체 동작 동안 계속 동작한다. 시퀀서(108(a))에 의해 지시되는 착화 F의 개수가 수신되는 드라이브 펄스 D의 개수와 동일함을 알 것이다(기관의 균형을 조정하고, 각각의 실린더를 균일하게 이용하기 위해 타이밍만 약간 변한다). 본 발명의 시그마 델타 제어 회로(202)를 이용하는 많은 구현예에서, 시그마 델타 제어기에 의해 발생하는 드라이브 펄스 신호(110)의 의사-랜덤 성질 때문에, 이러한 매우 단순한 시퀀서 로직이지만 기관의 균형을 적절하게 조정하기에 충분할 것으로 생각되며, 이는 적절한 디더(dither)가 결합기(212)에 제공될 때 특히 그렇다. 착화 패턴(120)이 드라이브 펄스 발생기(104)에 의해 발생된 드라이브 펄스 신호(110)와 정확히 동일하지는 않다는 사실에 의해, 드라이브 펄스 발생기(104)에 의해 발생될 수 있는 임의의 톤을 끊는 것이 도움이 받을 수 있다.

[0072] 이론적으로, 드라이브 펄스에 비해 실린더 착화를 지연시킴으로써, 드라이브 펄스가 실린더 착화를 직접 제어하도록 사용되는 경우보다, 기관이 가속장치 페달 위치의 변화에 덜 반응하게 된다. 그러나 실제 구현에서, 이러한 지연은 중요하지 않을 수 있다. 예를 들어, 3000RPM으로 동작하는 4 실린더 기관에서, 분당 6000번, 초당 100번의 착화 기회가 존재한다. 따라서 최대 딜레이(3번의 착화 사이클)는 약 300분의 1초일 것이다. 실린더 착화 레이트와 한 번의 착화에 의해 제공되는 에너지에 대한 자동차의 전체 질량을 가정하면, 이러한 범위의 딜레이는 자동차 적용예에서 극히 미세할 것이다.

[0073] 앞서 언급된 시퀀서의 첫 번째 실시예에 대한 제약은, 착화 기회가 스킵될 때조차도, 정해진 순서로 착화된다는 것이다. 그러나 이는 모든 기관 설계에서의 필요사항이 아니다. 많은 적용예에서, 가변적인 착화 시퀀스를 갖는 것을 완벽하게 허용할 수 있다. 예를 들어, 일부 구현예에서, 시퀀서를 특정 “뒤따름 패턴(follow pattern)”으로 제한하는 것이 적합할 수 있다. 즉, 특정 실린더가 착화된 후, 지정된 실린더의 세트만 다음에 착화될 수 있다. 예를 들어, 8-실린더 기관에서, 실린더 2 또는 실린더 6이 실린더 1을 뒤 따르는 것, 그리고 실린더 3이나 실린더 7이 실린더 2를 뒤 따르는 것이 완벽하게 허용될 수 있다. (실제 구현에서, 훨씬 더 다양한 뒤따름 패턴이 효과적으로 작용할 수 있다.) 이러한 유형의 정해진 착화 시퀀스 제약을 허용하도록 시퀀서 로직은 쉽게 설정될 수 있다. 예를 들어, 도 5는 시퀀서의 제 2 실시예에 의해 발생하는 착화 패턴(120(b))을 도시하는데, 상기 착화 패턴(120(b))은 실린더 2 또는 실린더 4가 실린더 1 또는 실린더 3을 뒤 따르게 하고, 그 반대의 경우를 가능하게 한다. 착화 패턴(120(b))은 도 4에서 도시된 것과 동일한 드라이브 펄스 신호(110(a))로부터 발생된다. 2개의 실시예에서 동일한 개수의 실린더 착화가 발생하더라도, 시퀀서 로직의 차이 때문에, 각각의 타이밍은 상이할 수 있다. 특정 기관에 대해 적합한 실제 뒤따름 패턴은 기관 설계의 속성(가령, V-블록인지 인라인(in-line)인지, 실린더 개수, 피스톤의 회전 오프셋 등)에 크게 좌우될 것이다. 이러한 결정을 하기 위해 필요한 진동 분석은 잘 알려져 있다.

[0074] 물론, 시퀀서(108)가 더 정교한 뒤따름 패턴을 통합하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 어느 실린더가 다음 번 착화에 대해 이용 가능한지를 결정하기 위해 마지막 2개, 또는 3개 이상의 착화가 고려될 수 있다. 그 밖의 다른 실시예에서, 뒤따름 패턴이 기관 속도 및/또는 그 밖의 다른 인수의 함수일 수 있다.

[0075] 또 다른 실시예에서, 시퀀서(108)가 특정 뒤따름 패턴으로 제약될 필요는 없다. 오히려, 착화 패턴은 제어되는 기관에 적합한 임의의 기준을 이용하여 결정되거나 계산될 수 있다. 시퀀서(108)는 더 정교한 분석을 촉진시키기 위해 메모리를 포함하거나 및/또는 기관 동작에 바람직하지 않은 진동을 유도한다고 알려져 있는(또는 유도할 확률이 높다고 알려져 있는) 바람직하지 않은 착화 패턴을 인식하고 차단(interrupt)하도록 적응되거나 프로그램될 수 있다. 이를 대체하여, 또는 이에 추가하여, 시퀀서는 적합한 것으로 여겨질 수 있는 다양한 인수(가령, 기관의 회전 속도, 스킵된(또는 부분적인) 에너지 작업 사이클의 존재 여부 및/또는 그 효과 등)를 고려하는 실시간 진동 분석을 이용하여, 필요한 실린더 착화를 정렬할 수 있다.

[0076] 또한 시퀀서는 특정 기관에 대해 중요하다고, 또는 바람직하다고 추정되는 그 밖의 다른 임의의 설계 기준을 해결하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 기관의 수명을 연장하는 것을 보조하기 위해, 가변 배기량 모드에서의 동작 중 모든 작업 챔버가 실질적으로 동일한 만큼 착화되도록 시퀀서를 설계하는 것이 바람직할 수 있다.

[0077] 전자 제어에 익숙한 해당 업계 종사자라면 알다시피, 본 발명의 시퀀서의 로직은 디지털 로직으로, 또는 알고리즘적으로, 또는 아날로그 부품을 이용하여, 또는 이들 방법의 다양한 조합으로 매우 쉽게 구현될 수 있다. 단 몇 개의 시퀀서 로직만이 설명되었지만, 시퀀서(108)의 로직은 임의의 특정 구현예의 요구사항을 맞추기 위해 다양하게 변할 수 있다.

[0078] **최적화된 착화 및 공연비(Optimized Firings and Air/Fuel Ratio)**

- [0079] 많은 기관들이 기관 성능 맵(engine performance map)에 의해 특징지워진다. 기관 성능 맵은 여러 다른 기관 속도, 부하 및 그 밖의 다른 동작 조건에서 기관의 특징을 모델링한다. 본 발명의 제어의 특징은, 각각의 챔버 착화 동안 전달되는 연료의 양이 기관 성능 맵 상의 임의의 원하는 포인트와 일치하도록 기능할 수 있다는 것이다. 어떤 환경에서는, 희박한 공연비를 제공하는 것이 바람직할 수 있고, 또 다른 환경에서는 농후한 공연비를 제공하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0080] 대부분의 종래 기관에서, 작업 챔버로 전달되는 실제 공기량과 연료량은 기관의 현재 동작 상태의 함수이다. 특정 작업 사이클 동안 작업 챔버로 전달되는 연료량은, 상기 작업 챔버로 전달되는 공기량에 크게 좌우될 것이다. 또한 희망하는 공연비에 따라 부분적으로 달라질 것이다. 특정 작업 사이클 동안 챔버로 전달되는 실제 공기량은 동작 및 환경 요인(가령, 스로틀 위치에 의해 영향 받는 다기관 공기압, 현재 기관 속도, 밸브 타이밍, 주입구 온도 등)에 따라 달라질 것이다. 일반적으로, 특정 스로틀 위치에서 실린더로 전달되는 공기량은, 낮은 기관 속도에서보다 높은 기관 속도에서 더 적을 것인데, 이는 부분적으로, 기관이 고속 RPM으로 동작할수록 흡입 밸브가 더 짧은 시간 동안 개방되어 있는 경향이 있기 때문이다.
- [0081] 오늘날의 기관 제어 유닛은 복수의 센서로부터의 입력을 수신하며, 이러한 입력에 의해, 기관 제어 유닛(ECU)이 기관의 동작 상태를 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 센서는 질량 공기 유량 센서(MAF 센서), 대기 공기 온도 센서, 기관 냉각 온도 센서, 다기관 공기 압력(MAP) 센서, 기관 속도 센서, 스로틀 위치 센서, 배출 기체 산소 센서 등을 포함할 수 있다. ECU는 센서 입력을 해석하여, 분사될 적절한 연료량을 계산하고, 연료 및/또는 공기 흐름을 조작함으로써, 기관 동작을 제어할 수 있다. 분사되는 실제 연료량은 기관의 동작 상태 및 주변 상태(가령, 기관 및 대기 온도, 기관 속도 및 작업부하, 다기관 압력, 스로틀 위치, 배출 기체 조성물 등의 변수)에 따라 다르다. 일반적으로 여러 다른 작업 상태 하에서 실린더로 제공될 최적의(또는 바람직한) 연료량을 규정하기 위해서는 많은 노력과 분석이 필요하다. 종종, 이러한 노력에 의해, 특정 동작 상태에 대해, 분사될 적절한 연료량을 규정하는 다차원 맵이 개발됐다. 종종, 연료 분사 맵은 ECU에 저장되는 룩업 테이블에 반영된다. 그 후, 상기 ECU는 룩업 테이블을 이용하여, 기관의 현재 동작 상태를 바탕으로, 작업 챔버로 분사될 적정 연료량을 결정할 수 있다.
- [0082] 연료 분사 맵을 개발할 때, 실린더로 도입되는 특정 공기량에 대하여 전달되는 최적의(또는 바람직한) 연료량을 결정할 때 다양한 요인들이 고려될 수 있다. 이러한 요인들로는, 연료 효율, 동력 출력, 배출 제어, 연료 점화 등에 미치는 영향들이 있다. 이러한 분석 시, 정확하게 알려져 있지 않거나 제어될 수 없는 관련 요인들(가령, 연료의 옥탄가 또는 에너지 함유량 등의 연료의 속성)에 관한 약간의 추정 및/또는 가정이 필요하다. 따라서 주어진 공기량에 대해 전달되는 “최적화된” 연료량 및/또는 공연비는 고정된 값이 아니다. 오히려, 이들 값은 기관 별로, 및/또는 동일 기관의 동작 상태 별로, 상기 기관이나 동작 상태에 있어서 중요하다고 여겨지는 성능 매개변수에 따라 달라질 수 있다. 통상, 설계 선택은 ECU에 의해 사용되는 연료 분사 맵에 반영된다. 덧붙이자면 다수의 ECU는 다양한 센서들(가령, 배출 기체 램다(산소) 센서)로부터 수신된 피드백을 바탕으로 공연비를 동적으로 조정하도록 설계되어 있다.
- [0083] 연속 가변 배기량 모드에서 동작할 때도, 동일하게 고려될 수 있다. 일부 구현예에서, 연속 가변 배기량 모드에서의 스로틀 위치는 실질적으로 고정되어 있을 것이다(가령, 스로틀 완전 개방 상태이거나 폐쇄 상태). 그러나 항상 그런 것은 아니고, 공기 전달이 차단되지 않을 때조차, 기관의 동작 상태와 주변 상태의 차이로 인해, 작업 챔버로 도입되는 실제 공기 질량이 항상 동일한 것은 아니다. 예를 들어, 특정 작업 사이클 동안 기관 속도가 높아질수록, 기관 속도가 낮을 때 실린더로 들어가는 공기보다 더 적은 공기가 실린더로 들어갈 수 있다. 마찬가지로, 동일한 기관 속도의 더 높은 고도에서보다 해수면에서 더 많은 공기가 실린더로 들어갈 것이다. 밸브 타이밍 및 그 밖의 다른 요인이 역시, 실린더로 도입되는 공기량에 영향을 줄 것이다. 임의의 특정 작업 사이클 동안 전달된 연료량을 결정할 때, 이들 요인들이 고려되는 것이 바람직하다. 덧붙이자면, 전달된 연료량을 결정할 때 바람직한 공연비 등의 요인들이 고려될 수 있다. 또한 바람직한 공연비가 기관의 동작 상태를 기초로 동적으로 달라질 수 있다. 어떤 환경에서는, 희박한 공기/연료 혼합물을 이용하는 것이 바람직하고, 다른 동작 상태에서는 더 농후한 공기/연료 혼합물을 이용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0084] 임의의 특정 최적화된 착화 동안 전달될 연료량을 결정하는 것은, 현재 사용되고 있는 연료 분사 맵과 동일한 종류의 것(또는 더 간소화된 것)을 이용하여 쉽게 이뤄질 수 있다. 스로틀 기관에 대한 차이가 단 하나(또는 적은 개수)의 스로틀 위치인 것이 고려될 필요가 있을 것이다. 기존의 기관을 개조할 때, 통상적으로, 기존의 연료 분사 맵이 이러한 목적으로 사용될 수 있다. 물론, 기술이 발전함에 따라, 연속 가변 배기량 모드에서의 동작에 구체적으로 맞춤 구성된 연료 분사 맵을 개발하는 것이나, 전달될 적정 연료량을 결정하도록 분석적(또는



연산적) 방법을 이용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0085] 따라서 각각의 작업 사이클 동안 분사되는 실제 연료량은 정해진 절대적인 숫자가 아닌 것이 일반적이다(그러나 일부 구현예에서, 정해진 절대적인 값인 것이 가능하고 바람직할 수 있다). 오히려, 기관의 현재 동작 상태에 최적화된 양인 것이 바람직하다. 앞서 언급된 바와 같이, “최적화된” 연료량을 일컬을 때, 이는 반드시, 상기 연료량이 임의의 특정 변수(가령, 연료 효율, 동력, 열역학적 효율, 환경적 관심)에 최적화된 값을 의미하는 것은 아니다. 오히려, 최적화된 연료량은 특정 동작 상태에 적합하다고 추정된 연료량일 수 있다. 최적화된 연료량은 록업 테이블에 제공되거나, 동적으로 계산되거나, 그 밖의 다른 임의의 적합한 방식으로 결정될 수 있다. 록업 테이블이 제공될 때, 배출량이나 ECU에 의해 수신된 그 밖의 다른 피드백을 기초로 하여, 전달되는 실제 연료량이 상기 록업 테이블에 의해 제공되는 값에 대하여 조정될 수 있다.

[0086] 일부 구현예에서, 또한 실린더로 도입되는 공기량을 더 확정적으로 제어하는 것이 바람직할 것이다. 실린더로 전달되는 공기량을 제어하는 것의 이점을 설명하기 위해, 도 14에서 도시된 통상적인 종래의 승용차를 위한 성능 맵을 참조한다. 도 14는 제동 연료 소비율(BSPC: Brake Specific Fuel Consumption)과, 제동 평균 유효 압력(BMEP: Brake Mean Effective Pressure)과 피스톤 속도(기관 속도에 직접 대응하는 값)의 함수로서의 기관 출력을 모두 도시한다. 연료 소비율(BSFC)이 낮을수록, 기관의 연비(fuel economy)가 좋아진다. 그래프에서 나타나는 바와 같이, 도 14에서 도시된 기관에 대한 최적 연료 효율이 그래프에서 50으로 표시된 동작 범위에서 발견된다. 이는 스로틀 완전 개방 상태보다 약간 덜 개방된 스로틀 상태임을 알 수 있으며, 이때 기관은 비교적 좁은 기관 속도 범위 내에서 동작한다. 따라서 특정 기관에 대한 최적의 동작 상태는 스로틀 완전 개방 상태에서 서가 아닐 수 있으며, 따라서, 스로틀 기관에서, 더 나은 연료 효율(또는 그 밖의 다른 원하는 성능 특성)을 얻기 위해, 스로틀 설정을 스로틀 완전 개방보다 덜 개방된 상태로 조정하는 것이 바람직할 수 있다.

[0087] 도 14는 통상의 자동차용 기관에 대한 제동 연료 소비율(BSFC)을 도시한다. BSFC는 종래의 방식으로 동작하는 스로틀 기관에 대한 연료 효율의 전통적인 측정치이다. 기관이 착화 스킵 모드에서 동작할 때, BSFC와 달리, 도시 연료 소비율(ISFC: Indicated Specific Fuel Consumption)에 대해 최적화되는 것이 바람직할 것이다. 도시 연료 소비율은 열역학적 효율과 반비례 관계를 가진다. 따라서 최대 열역학적 효율에 대해 최적화시키는 것은 최소 도시 연료 소비율에 대해 최적화시키는 것과 동일한 것으로 이해된다. BSFC와 대비하여 ISFC를 도시하는 성능 맵은 BSFC 성능 도표와 꽤 유사하게 보일 수 있지만, 최적 영역이 다소 다를 수 있다.

[0088] 해당분야 종사자에게 잘 알려져 있다시피, 복수의 요인이 기관의 전체 효율과 성능에 영향을 미칠 것이다. 한 가지 중요한 요인은 실제로 실린더로 전달되는 공기량이다. 스로틀 기관에서, 실린더로 전달되는 공기량은 스로틀을 이용해 변조될 수 있다. 일부 기관은 밸브의 동적 조절도 가능하게 하며, 이로써, 액티브 작업 사이클(active working cycle) 동안 실린더로 전달되는 공기량에 대해 추가적인 제어가 제공된다. 또 다른 기관이 특정 작업 사이클 동안 실린더로 전달되는 공기량을 추가로 증가시키거나 그 밖의 다른 방식으로 변경시키기 위한 터보과급기, 슈퍼과급기, 또는 그 밖의 다른 수단을 포함한다. 요구되고, 이용 가능한 경우, 스로틀, 밸브 타이밍(valve timing) 및 그 밖의 다른 실린더로의 공기 전달에 영향을 미치는 장치 중 하나 이상의 조합이 설정, 최적화, 또는 제어되어, 실린더 착화의 최적화를 보조할 수 있다. 스로틀, 밸브 타이밍 등의 최대 연료 효율(또는 그 밖의 다른 방식으로 최적화된) 설정치는 기관의 동작 조건을 바탕으로 변화할 수 있다. 따라서 기관 성능을 추가로 개선하기 위해, 기관의 동작 동안의 설정(가령, 스로틀 설정)을 조정하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 일부 기관에서, 최대 효율 스로틀 위치는 기관의 회전 속도와 그 밖의 다른 요인에 따라 약간 달라질 수 있다. 이러한 기관에서, 기관 속도 또는 그 밖의 다른 적정 요인의 함수로서, 스로틀 위치를 약간씩 조절하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 흡입 다기관 압력이 임의의 특정 실린더 착화의 효율에 상당한 영향을 미친다는 것이 잘 알려져 있다. 따라서 흡입 다기관 압력을 실질적으로 일정하게 유지하는 방식으로 스로틀을 제어하는 것이 바람직할 수 있다.

[0089] 이러한 유형의 스로틀 조정은, 종래의 스로틀 기관의 동작 동안 사용되는 스로틀 변조와 꽤 다르다. 종래의 동작에서, 스로틀은 기관의 출력을 조정하기 위해 사용되는 주요 수단이다. 상기 스로틀은 추가적인 동력을 제공하기 위해서는 더 개방되고, 기관 출력을 감소시키기 위해서는 더 폐쇄된다. 이와 달리, 본 발명의 스로틀 위치 조절은 착화 최적화를 보조하기 위해 사용된다. 기관의 동력 출력은 본원에서 기재된 착화 스킵 기법을 이용하여 주로 제어된다.

[0090] 공기와 연료 전달을 최적화하는 것에 추가로, 기관의 성능에 영향을 미치는 또 다른 변수가 있다. 예를 들어, 불꽃 점화 기관에서, 점화 플러그 착화의 타이밍이 실린더 착화의 열역학적 효율 및 이에 대응하는 배출 프로파일 모두에 영향을 미칠 수 있다는 것이 잘 알려져 있다. 다수의 자동차 기관은 기관의 동작 동안 점화 플러그 착화

의 타이밍을 조절할 수 있다. 이러한 제어가 이용 가능한 경우, 점화 플러그 착화의 타이밍은 착화 최적화를 보조하도록 조절될 수 있다. 해당업체 종사자에게 알려져 있다시피, 기관이 차가워질 때는 불꽃 점화를 진각(advance)시키고, 기관이 따뜻해질 때는 불꽃 점화를 지각(retard)시키는 것이 일반적으로 바람직하다. 또한 불꽃 점화 타이밍(spark timing)은 기관의 회전 속도 및/또는 그 밖의 다른 요인에 따라 달라질 수 있다.

[0091] 본원에서 기재되었지만, 기관이 착화 스킵 모드로 동작 중일 때, 각각의 특정 실린더의 착화 히스토리(firing history) 등의 요인으로 인해, 여러 다른 실린더 간 상당한 온도 차이가 존재할 수 있다. 다양한 이유로, 임의의 특정 작업 사이클 동안 전달되는 (또는 전달될 것으로 예측되는) 실제 연료 공급량(fuel charge)의 차이도 존재할 수 있다. 바람직한 경우, 특정 실린더의 착화 히스토리 및 그 밖의 다른 불꽃 점화 타이밍과 관련이 있다고 여겨지는 인자를 바탕으로 하여, 각각의 작업 챔버 착화의 불꽃 점화 타이밍 최적화를 착화 단위로 시도하기 위한 불꽃 점화 타이밍 제어기 또는 제어 알고리즘이 설계될 수 있다.

[0092] 또 다른 예에서, 일부 기관은 캠 페이저(cam phaser), 전자 밸브(electronic valve) 제어기 또는 그 밖의 다른 밸브 타이밍을 변경하기 위해 사용될 수 있는 수단을 가질 수 있다. 일부 수단(가령, 전자 밸브)에 의해, 실린더/작업 사이클 단위의 실린더 제어가 촉진될 수 있다. 또 다른 수단(가령, 기계적 캠 페이저)이 기관의 동작 동안 밸브 타이밍의 동적 제어를 촉진시킬 수 있지만, 개별 실린더 단위로 제어가 이뤄지지는 않는다. 제어기는 밸브 타이밍을 변경하도록 이용 가능한 수단을 바탕으로 임의의 적정한 레벨로 밸브 타이밍을 제어하도록 설계될 수 있다.

[0093] 몇 개의 동작 변수(가령, 공기, 연료 및 불꽃 점화 타이밍)의 최적화만 기재되었지만, 기관의 동작에 영향을 미치는 기관의 동작 동안 제어 가능한 임의의 변수가, 실린더 착화 최적화를 보조하는 데 바람직하다면, 선택적으로 조정될 수 있다. 동시에, 복수의 변수를 최적화하는 것이 가능할 수 있지만, 반드시 모든 가능한 변수를 최적화시킬 필요는 없으며, 임의의 변수를 그들의 최대 열역학적 효율, 또는 임의의 특정 배출 특성까지로 최적화할 필요도 없다. 오히려, 일반적으로 최적화된 공기 및 연료 공급량을 이용하는 본 발명의 착화 스킵 유형 동작의 이점은, 실린더 착화의 열역학적 효율에 영향을 미치는 수단(가령, 연료 분사기, 밸브 리프터, 스로틀, 불꽃 점화 타이밍 등)의 여러 다른 구체적 설정의 범위에 걸쳐, 얻어질 수 있다.

[0094] 기관의 동작 중 임의의 특정 시점에서 사용되는 구체적 설정치는 임의의 적합한 방식으로 이뤄질 수 있다. 예를 들어, 설정치는, 기관의 동작 동안 실시간으로 기관의 현재 동작 상태를 바탕으로 하여, 동적으로 계산될 수 있다. 또는, 지정된 기관 성능 맵을 바탕으로, 룩업 테이블에 적정 설정치가 저장될 수 있다. 또 다른 구현예에서, 계산되거나, 불러와지는 값은 현재 동작 매개변수(가령, 배출 프로파일, 또는 촉매 변환 장치의 현재 상태)를 기초로 조정될 수 있다. 물론, 최적화된 착화를 위한 특정 매개변수를 결정하기 위해 그 밖의 다른 다양한 공지된, 또는 공지된 바 없는 접근법이 사용될 수 있다.

#### [0095] 연료 농후 드라이브 펄스(Fuel Rich Drive Pulse)

[0096] 원하는 배출 프로필을 제공하기 위해(가령, 기관의 배출 출력을 촉매 변환기에 더 잘 정합시키기 위해), 또는 그 밖의 다른 이유로, 정규/완전 드라이브 펄스(normal/full drive pulse)보다 작업 챔버에 더 농후한 공기/연료 혼합물을 제공하는 것이 바람직할 때가 많이 있다. 사실 상, 이는 최적이라고 여겨지는 연료량보다 더 많은, 그리고 화학양론적 연료량보다 더 많은 양의 연료를 실린더로 전달할 것을 요청한다. 배경 지식으로서, 많은 구현예에서, 특정 동작 상태를 위해 사용되는 “최적” 연료량은 약간 희박한 혼합물에 대응할 것이다. 즉, 화학양론적 연료량보다 약간 희박한 연료량이 각각의 착화되는 작업 챔버로 도입된다. 기관을 희박 상태에서 동작시킬 때 가끔 발생될 수 있는 문제는, 실린더의 배출 프로필이 항상, 촉매 변환기의 용량 내 범위에 포함되는 것은 아닐 수 있다는 것이다. 유사한 유형의 문제가 종래 모드로 기관이 동작할 때 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 일부 종래의 기관은 주기적으로, 짧은 시간 동안 연료 농후 모드(fuel rich mode)(즉, 화학양론적 연료량보다 약간 더 많은 연료가 제공되는 모드)에서 동작되어, 촉매 변환기의 바람직한 동작을 촉진하는 방식으로 배출 프로필을 조절할 수 있다.

[0097] 여러 다른 공연비에서의 대표적인 오토 사이클 기관의 선택된 배출 특성을 나타내는 도 10을 참조하여 문제의 본질이 이해될 수 있다. 본원에서 나타나는 바와 같이, 혼합물이 농후해지고, 화학양론적 양보다 더 농후한 혼합물에서 증가할수록, 배출물에서의 일산화탄소(CO)의 양이 증가하는 경향이 있다. 준 화학양론적 혼합비(near stoichiometric mixture ratio)에서 일산화질소(NO)의 양이 가장 높으며, 공연비가 희박해지거나 농후해질수록 비교적 빠르게 낮아지는 경향이 있다. 혼합비가 화학양론적 상태 이상으로 증가할수록 배기물에서의 탄화수소(HC)가 비교적 빨리 증가하는 경향을 가진다. 많은 촉매 변환기가 효율적으로 동작하기 위해, 일정한 양의 일산화탄소의 존재를 필요로 한다. 기관이 희박 상태에서 운용되는 경우, 촉매 변환기가 고갈(depleted)될 것이며,

일산화탄소의 결핍으로 인해 효율적으로 동작하지 않을 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 일부 기존의 ECU는 주기적으로, 짧은 시간 동안 기관을 농후 연료 혼합물을 이용해 동작시켜, 촉매 변환기를 보충(replenish)하도록 설계된다.

[0098] 촉매 변환기 고갈 문제는, 본 발명의 착화 스킵 가변 배기량 모드에서 연료 농후 착화를 주기적으로 이용함으로써, 쉽게 해결될 수 있다. 바람직한 경우, 드라이브 펄스 발생기가, 최적의 연료량 이상의 연료를 전달할 것을 요청하는 “연료 농후” 드라이브 펄스를 출력하거나, 시퀀서가 적정하게 과도한 연료량을 선택된 실린더로 제공하도록 배열될 수 있다. 또는 시퀀서, 또는 그 밖의 다른 연료 프로세서나 기관 제어 유닛 내 로직은 원하는 효과를 얻기 위해 연료 분사 드라이버에게 하나의 특정 착화, 또는 착화의 세트 중에 전달되는 연료량을 증가시키라고 지시하도록 구성될 수 있다.

[0099] 연료 농후 펄스의 타이밍을 결정할 때 부분적으로, 또는 전적으로 시그마-델타 제어기(202)를 이용하는 구현에서, 멀티비트 비교기(multi-bit comparator)(가령, 도 8을 참조하여 추후 설명될 멀티비트 비교기)의 상태들 중 하나가 연료 농후 펄스를 지정하도록 사용될 수 있다. 시그마-델타 제어기(202)가 연료 농후 펄스의 타이밍을 지정하도록 사용될 수 있지만, 이것이 필수인 것은 아니다. 오히려, 연료 농후 착화의 타이밍과 발생은, 다양한 구성요소에 의해, 배출 가스 모니터링 센서 및/또는 ECU로부터 수신된 신호에 따라 결정될 수 있다. 예를 들면, 다양한 구현예에서, 원하는 효과를 얻기 위해, 연료 농후 펄스, 또는 연료 농후 펄스의 세트를 도입하기 위한 결정이 동기화기(222), 시퀀서(108), ECU 또는 그 밖의 다른 연료 프로세서 내 로직에 의해 독립적으로 이뤄질 수 있다. 연료 농후 착화는, 착화에 의해 발생하는 동력에 실질적인 영향을 미치지 않을 것이다. 즉, 연료 농후 착화로부터 얻어지는 에너지량은 정규/최적화 착화로부터 얻어지는 에너지량과 비교적 유사한 것이 통상적이다. 따라서 제어 관점에서, 연료 농후 착화 동안 전달되는 추가적인 연료를 기초로 시그마 델타 제어 회로로의 피드백을 변경할 필요는 없다.

[0100] **부분 드라이브 펄스(Partial Drive Pulse)**

[0101] 앞서 설명된 대부분의 실시예에서, 가령, 스로틀이 차단되지 않은 동작 상태(가령, 스로틀 기관의 “스로틀 완전 개방 상태”, 또는 이에 가까운 상태)에서, 연료 공급이 일정하게, 또는 거의 일정하게 이뤄질 때 실제로 착화되는 모든 실린더는 거의 자신의 최적 효율에서 동작한다. 그러나 이는 필수사항이 아니다. 일부 환경에서, 특정한 짧은 기간 요구(가령, 더 정교한 제어 및/또는 기관의 출력의 평활화(smoothing))를 충족시키기 위해, 또는 배출 문제점을 해결하기 위해, 작업 사이클 중 일부를 그들의 최적 효율보다 낮은 효율로 동작시키는 것이 바람직할 수 있다. 본 발명의 드라이브 펄스 발생기(104)는 스킵되지 않은 작업 사이클 중 일부(또는 전부)가 그들의 최적 효율보다 낮은 효율로 동작하는 것이 바람직한 경우, 그렇게 하게 할 수 있다. 더 구체적으로, 드라이브 펄스 발생기는 발생된 드라이브 펄스 중 일부가, 감소된 에너지 출력 실린더 착화를 요구하는 부분 드라이브 펄스(partial drive pulse)이도록 설정될 수 있다. 부분 드라이브 펄스는 모두, 동일한 에너지 출력 레벨(가령,  $\frac{1}{2}$  에너지)을 갖거나, 복수의 개별적인 에너지 출력 레벨(가령,  $\frac{1}{2}$  및  $\frac{1}{4}$  에너지)을 가질 수 있다. 물론, 임의의 특정 구현예에서 사용되는 여러 다른 복수의 에너지 출력 레벨뿐 아니라, 그들의 상대적 크기까지 다양하게 변할 수 있다.

[0102] 부분 드라이브 펄스는 시퀀서(108)에 의해 수신될 때, 상기 부분 드라이브 펄스에 따라 착화될 실린더로 더 적은 양의 연료가 분사될 수 있도록 한다. 기관에서 사용되는 연료가 희박 분위기에서 점화될 수 있는 경우, 실린더로 전달되는 공기량이 부분 드라이브 펄스에 의해 영향 받지 않도록 부분 드라이브 펄스에 대해 스로틀을 조정하지 않고, 특정 착화를 위해 전달되는 연료량을 감소시키는 것이 가능하다. 그러나 대부분의 가솔린 기관은 매우 희박한 환경에서 가솔린 연료를 지속적이고 신뢰할 수 있을 수준으로 점화할 수 없다. 따라서 이러한 기관에서, 부분 드라이브 펄스로서 착화되도록 지정된 실린더에 도입되는 공기량이 감소될 필요가 있다. 대부분의 스로틀의 응답 시간은 비교적 느리다는 것을 이해해야 한다. 따라서 부분 드라이브 펄스(partial drive pulse) 사이사이에 완전 드라이브 펄스(full drive pulse)가 존재하는 상황에서, 스로틀 기관에서, 스로틀 위치를 완전 드라이브 펄스에서 부분 드라이브 펄스로, 또는 부분 드라이브 펄스에서 완전 드라이브 펄스로 토글(toggle)하는 것이 어려울 수 있다. 이러한 기관에서, 특정 기관에서 제어 가능한 그 밖의 다른 임의의 기법을 이용하여, 예를 들어, 일반적으로 전자 밸브처럼 밸브 타이밍을 제어하는 것이 가능한 경우, 밸브 개방 타이밍을 변경시킴으로써, 실린더로 제공되는 공기를 감소시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0103] 부분 드라이브 펄스가 사용될 때, 실린더로 전달되는 공기량과 연료량이 측정되어, 드라이브 에너지의 비례량을 공급할 수 있는 것이 바람직하다. 이러한 비례량은 부분 드라이브 펄스에 반영된다. 예를 들어, 부분 드라이브 펄스가 총 에너지의 2분의 1을 요청한 경우, 공급되는 연료량은, 총 드라이브 에너지의 2분의 1을 전달할 것으



로 예측되는 연료량일 것이며, 이는 일반적으로 최적 효율에서 동작하기 위해 요구되는 연료량의  $\frac{1}{2}$  보다 클 것인데, 왜냐하면, 실린더의 열역학적 효율은, 최적이지 아닌 조건(sub-optimal condition) 하에서 동작할 때 더 낮을 것이기 때문이다.

[0104] 부분 에너지 작업 사이클에 의해 전달되는 순 에너지와, 부분 드라이브 펄스에 의해 요청되는 기관 출력을 비교적 정확하게 상관시키는 것이 바람직할 수 있지만, 이것이 항상 요구되는 것은 아니다. 특히, 총 드라이브 펄스의 개수 중 부분 드라이브 펄스가 비교적 낮은 퍼센트 비율(가령, 약 10 또는 15퍼센트 이하)을 차지할 때, 기관에 의해 전달되는 총 드라이브 에너지에 미치는 이들의 누적 영향이 특히 크지 않아서, 근사치도 적합하게 기능할 수 있다. 예를 들어,  $\frac{1}{2}$  드라이브 펄스가 완전 드라이브 펄스로 전달되는 연료의 2분의 1(또는 그 밖의 다른 고정 퍼센트를 - 가령, 65%)을 전달하는 것과 상관될 수 있다.

[0105] 부분 드라이브 펄스는 여러 가지 방식으로 사용될 수 있다. 앞서 제안된 바와 같이, 부분 드라이브 펄스는 기관 출력을 평활화(smoothing)하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 평활화는 어떠한 기관 속도에서도 유용할 수 있으며, 낮은 기관 속도(저 RPM)에서 특히 눈에 띈다. 부분 드라이브 펄스가 바람직한 또 하나의 이유는 기관 진동을 추가로 감소시키는 것에 도움이 된다는 것이다. 앞서 지적한 바와 같이, 많은 제어기(가령, 앞서 언급된 시그마-델타 제어 회로(202))는, 일부 환경에서 공진 진동 또는 그 밖의 다른 바람직하지 않은 진동 패턴을 초래할 수 있는 톤을 발생시키기 쉽다. 디더(dither)가 제어기로 유도되고, 시퀀서가 이들 패턴 중 일부를 깨도록 설계될 수 있다. 그러나 많은 경우에서, 패턴을 깨거나, 기관 진동을 더 적극적으로 제어하기 위한 그 밖의 다른 수단을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 부분 드라이브 펄스는, 본원에서 논의된 그 밖의 다른 패턴 제어 수단과 함께, 또는 이를 대체하여, 사용될 수 있다.

[0106] 부분 드라이브 펄스를 제공하기 위한 또 다른 이유는 기관의 배출 프로필을 변경하는 것이다. 예를 들어, 일부 차량의 일부 동작 조건에서, 촉매 변환기가 최적화된 완전 드라이브 펄스만으로 구성된 배출 프로필을 취급하기에 적합하지 않을 수 있다. 이러한 경우, 착화되는 실린더들 중 일부로 전달되는 연료량은 변화하여, 기관의 배출 출력과 촉매 변환기를 더 잘 정합할 수 있다.

[0107] 앞서 설명된 단순한 동기화(222)는 부분 드라이브 펄스를 취급하도록 구성될 수 있다. 하나의 구현예에서, 동기화기는, 시그마 델타 제어 회로로부터의 하이 출력들의 버스트의 길이가 지정된 범위 내에 있을 때라면 언제나,  $\frac{1}{2}$  에너지 펄스를 발생시키도록 구성된다. 예를 들어, 하이 출력들의 버스트의 길이가 드라이브 펄스의 주기의 2분의 1 이상이지만, 완전 드라이브 펄스 주기보다는 작은 경우,  $\frac{1}{2}$  펄스가 발생될 수 있다. 물론, 실제 트리거 포인트(trigger point)는 특정 경우의 요구사항을 맞추기 위해 달라질 수 있다(가령, 드라이브 펄스 주기의 45 내지 90퍼센트인 버스트 길이, 또는 그 밖의 다른 적합한 범위가 부분 드라이브 펄스의 발생을 트리거하기 위해 설정될 수 있다).

[0108] 복수의 부분 드라이브 펄스 레벨이 제공되는 경우, 상기 레벨들 각각은 관련 범위를 갖는 버스트 길이를 트리거하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 드라이브 펄스 주기의 25-49%인 버스트 길이에 의해,  $\frac{1}{4}$  드라이브 펄스가 발생하고, 드라이브 펄스 주기의 50-99%인 버스트 길이에 의해,  $\frac{1}{2}$  드라이브 펄스가 발생될 수 있다. 다시 말하지만, 이는 예에 불과하고, 부분 드라이브 펄스를 트리거하는 실제 범위와 조건은 크게 달라질 수 있음을 알아야 한다.

[0109] 바람직하다면, 버스트 길이가 드라이브 펄스 주기보다 상당히 더 긴 경우(그러나 또 다른 완전 드라이브 펄스를 트리거할 정도로 길지는 않은 경우)에서 부분 드라이브 펄스가 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나의 버스트의 나머지 부분(즉, 드라이브 펄스의 정수 개수를 초과하는 버스트의 길이)이 지정 범위 내에 속한다면, 부분 드라이브 펄스가 트리거될 수 있다.

[0110] 기관이 허용 가능한 배출 레벨 내에서 효율적으로 동작함을 보장하기 위해, 많은 경우에서, 드라이브 펄스 발생기(104)에 의해 출력되는 부분 드라이브 펄스의 개수를 제한하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 드라이브 펄스 발생기에 의해 발생하는 부분 드라이브 펄스를 일정 퍼센트율(가령, 최대 10 또는 20 퍼센트)로 제한하는 것이 바람직할 수 있다. 허용되는 드라이브 펄스의 퍼센트율은 기관 속도의 함수일 수 있다. 예를 들어, 기관이 매우 느리게 동작 중일 때(가령, 아이들(idle) 상태일 때), 더 많은(또는 전부의) 드라이브 펄스가 부분 드라이브 펄스이도록 하는 것이 바람직할 수 있다.

[0111] 드라이브 펄스 발생기가 부분 드라이브 펄스를 제공하고, 부분 드라이브 펄스의 이용가능성, 개수 및/또는 타이밍에 대한 특정 조건이나 한계를 설정할 수 있다. 예를 들어, 복수 레벨의 드라이브 펄스를 발생시키기에 적합한 시그마 델타 제어기 및 이에 대응하는 드라이브 펄스 발생기가 도 8을 참조하여 이하에서 설명된다.

[0112] **스로틀 부분 개방 상태 동작(Partial Throttle Operation)**

[0113] 스로틀 기관의 또 다른 실시예에서, 기관은 완전 개방보다 덜 개방된 스로틀 위치(즉, 스로틀 부분 개방 상태)에서 착화 스킵형 가변 배기량 모드로 동작할 수 있다. 이들 실시예에서, 연속 가변 배기량 모드가 작업 사이클을 최적화시키지 않을지라도, 기관은 이 모드를 유지한다. 즉, 각각의 실린더/작업 챔버로 전달되는 공기량과 연료량이 최적화된 착화에 비해 감소된다는 것이다. 그러나 실제로 실린더로 전달되는 연료량이 실제로 실린더로 전달되는 공기량에 최적화(가령, 화학양론적 비율로)될 수 있다. 최적화가 아닌 작업 사이클로 스로틀 부분 개방 상태에서 동작하는 기관의 연료 효율이, 스로틀 완전 개방 상태에서의 연료 효율만큼 좋은 것은 아닐 것이지만, 부분 개방 상태 스로틀 착화 스킵 동작 모드는 특정 기관 속도/동력 출력에서, 종래의 기관의 스로틀 동작보다 더 나은 연료 효율을 제공할 것이다. 이는, 액티브 작업 사이클이, 모든 실린더가 착화되는 경우의 작업 사이클보다 더 효율적이기 때문이다.

[0114] 이러한 부분 스로틀 착화 스킵 동작은 다양한 경우에서 유용할 수 있다. 예를 들어, 비교적 낮은 동력 출력 및/또는 낮은 기관 속도가 요구되는 경우, 가령, 기관이 아이들(idle) 상태일 때, 차량이 제동 중일 때 등에서 유용할 수 있다. 특히, 부분 스로틀 착화 스킵 동작은 기관 동작의 평활화 및/또는 낮은 기관 속도에서의 제어를 촉진시키는 경향이 있다. 또한, 부분 스로틀 동작은, 더 나은 기관 제동을 제공하고, 배출 특성을 개선하기 위해 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 제어기는, 기관이 미리 정해진 동작 상태일 때, 착화 스킵형 가변 배기량 모드에서 계속 동작하면서, 더 낮은 스로틀 설정치까지로 자동적으로 조절하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제동 중에 및/또는 기관이 완전히 준비되기 전에, 기관 속도가 지정된 임계치 이하(가령, 2000RPM, 1500RPM 등)로 떨어지는 경우, 스로틀 유닛이 스로틀 설정치를 감소시킬 수 있다.

[0115] 바람직한 경우, 특정 적용예의 요구사항을 충족시키기 위해, 복수의 여러 다른 부분 스로틀 설정치가 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나의 구현예가 개별적인 4개의 상태를 이용할 수 있다. 일반적으로, 제 1 상태는 완전 스로틀 위치에 대응하고, 제 2 상태는  $\frac{1}{2}$  스로틀 위치에 대응하며, 제 3 상태는  $\frac{1}{4}$  스로틀 위치에 대응하며, 제 4 상태는 아이들(idle) 및/또는 제동 스로틀 위치에 대응한다. 동작 상태들 간의 전환을 트리거하기 위해 사용되는 조건은 특정 적용예의 필요사항에 따라 크게 변할 수 있다.

[0116] 스로틀 위치는 여러 다른 부분 스로틀 동작 상태에 완전히 고정될 필요는 없다. 오히려, 두 번째 고려사항이, 임의의 특정 동작 상태의 임의의 특정 시점에서 사용되는 특정 스로틀 설정치에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들면, 아이들 상태에 대한 실제 스로틀 위치가 기관이 얼마나 따뜻한지, 또는 차가운지를 바탕으로 다소 달라질 수 있다. 또 하나의 예에서, “완전 스로틀” 상태를 위한 실제 스로틀 위치는, 앞서 언급된 바와 같이, 연료 효율을 최적화하도록 달라질 수 있다. 물론, 그 밖의 다른 고려사항이 특정 스로틀 설정치에 영향을 미칠 수 있다.

[0117] **가변 배기량 동작 모드(Variable Displacement Operating Mode)**

[0118] 기관 동작 동안, 본 발명의 연속 가변 배기량 동작 모드로 기관을 동작시키는 것이 바람직하지 않을 수 있는 때가 있다. 이러한 때에는, 기관은 종래 기술에서 동작하는 것과 동일한 방식으로(즉, 보통의 종래 동작 모드로) 동작하거나, 적절하다고 여겨지는 그 밖의 다른 임의의 방식으로 동작할 수 있다. 예를 들어, 기관이 냉시동(cold start)될 때, 일부 실린더들은 그들의 최적 효율로, 또는 심지어 부분 스로틀 착화 스킵 모드에서도 즉시 동작시키는 것이 바람직하지 않을 수 있다. 또 하나의 예는 기관이 아이들 상태이거나, 기관 속도가 낮거나 기관에 걸리는 부하가 낮을 때이다. 이러한 조건에서, 실린더를 최적의 효율로, 또는 부분 스로틀 착화 스킵을 이용할지라도, 실린더를 동작시키는 것이 바람직하지 않을 수 있다. 왜냐하면, 기관 및/또는 제어 진동의 평활한 동작을 보장하기 어렵기 때문일 수 있다. 문제점을 설명하기 위해, 600RPM에서 아이들 상태인 4 실린더 기관을 가정하자. 이때 어떠한 유의미한 외부 부하도 없다(가령, 차량은 중립 상태). 이러한 상태에서, 총 1200번의 착화 기회(즉, 실린더 당 300개의 착화 기회)가 매 분마다, 또는 20번의 착화 기회가 매 초마다 발생할 것이다. 그러나 중립 상태에서, 기관이 보는 부하는 주로, 크랭크축이 회전하도록 유지하는 것과 관련된 마찰 손실일 것이다. 순차적인 최적화 착화들 사이에 2초 이상이 흐르기에, 이러한 부하가 충분히 낮을 수 있다. 많은 기관에서, 이러한 착화 간 지연(delay)은 매끄럽지 못한 동작과 바람직하지 못한 진동을 초래할 수 있다. 마찬가지로, 운전자가 제동 중이거나 기관의 부하가 매우 낮은 그 밖의 다른 상황에서, 작업 사이클 최적화를 계속하는 것이 바람직하지 않을 수 있다.

[0119] 이러한 유형의 상황을 다루기 위해, 착화 스킵 동작이 바람직하지 않은 때라면 언제든지, 기관은 종래의 모드로 동작될 수 있다. 동작 모드를 변경하는 것이 적합할 때를 결정하기 위해 다양한 트리거가 사용될 수 있다. 예를 들어, 본원에서 설명된 최적화된 제어를 포함하는 기관 제어 유닛은, 시동 후마다 지정된 시간 동안 종래의 모



드로 동작하거나, 기관이 바람직한 동작 온도에 도달할 때까지 종래 모드로 동작하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 기관 제어 유닛은, 기관이 지정된 범위를 벗어난 속도로 동작할 때(가령, 기관이 아이들 상태이거나, 임계 기관 속도(가령, 1000 또는 2000 RPM) 이하로 동작할 때)면 종래 모드로 동작하도록 구성될 수 있다. 기관이 낮은 기관 속도로 동작할 때 우려가 제일 크겠지만, 바람직한 경우, 지정 임계 속도 이상의 기관 속도(가령 6000RPM 이상)에서 가변 배기량 모드의 최적화 제어가 해제될 수 있다. 높은 기관 속도에서, 또는 최대 기관 출력이 희망되는 경우, 추가적인 동력을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 또 하나의 예에서, 기관이 특정 기관 속도 범위(가령, 2000-4000 RPM) 내에서 동작될 때에만 기관이 가변 배기량 모드에서 동작될 수 있다. 또 다른 예에서, 가변 배기량 모드의 시작과 종료를 위한 트리거 임계치는 이력 현상(hysteresis)을 보여줄 수 있다. 예를 들어, 가변 배기량 모드의 시작을 트리거하기 위한 제 1 임계치(가령, 2500 RPM 이상으로 동작)를 제공하고, 가변 배기량 모드의 종료를 위한 제 2 임계치(가령, 2000 RPM 이하로 동작)를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 임계치를 어긋나게 정함으로써, 여러 다른 동작 모드의 빈번한 시작 및 종료 전환의 확률이 감소될 수 있다.

[0120] 그 밖의 다른 특정 예시에서, 가변 배기량 모드는, (a) 차량이 제동 중일 때, (b) 바람직하지 않은 진동이나 그 밖의 다른 인지된 문제가 기관에서 검출될 때, (c) 기관의 부하가 지정 임계치 이하일 때 및/또는 (d) 가속기 페달 위치가 지정 임계치보다 낮거나 높을 때, 해제될 수 있다. 또 다른 예에서, 순차적인 착화들 사이에 지정된 시간(가령, 0.2초)보다 긴 지연 시간이 있거나 순차적인 착화들 사이에 지정된 개수의 착화 기회보다 더 큰 간격이 있을 때, 가변 배기량 모드가 해제될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 모드 간 전환 시 약간의 이력 현상 또는 지연 시간을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 기관 속도가 2000 RPM 이하로 떨어질 때 기관이 가변 배기량 모드에서 종래의 동작 모드로 전환하도록 임계치가 설정되는 경우, 모드 전환이 이뤄지기 전에 기관이 약간의 시간(가령, 3초 이상) 동안 2000 RPM 이하로 동작할 것을 요구하는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 대기 시간은 매우 일시적인 이벤트(가령, 기어 변속)가 모드 변경을 트리거할 확률을 낮출 수 있다.

[0121] 이들은, 연속 가변 배기량 모드에서 벗어나는 것이 바람직할 수 있는 상황의 예에 불과하며, 해제 및/또는 상기 해제를 개시하기 위해 사용될 수 있는 트리거를 보증할 수 있는 그 밖의 다른 다양한 상황들이 존재할 수 있음을 알아야 한다. 앞서 언급된 상황과 트리거는, 개별적으로, 또는 임의의 바람직한 조합의 형태로 사용될 수 있으며, 전혀 사용되지 않을 수도 있는 예에 불과하다. 기관 제어 유닛, 착화 제어 유닛, 착화 제어 코-프로세서 및 그 밖의 다른 본 발명의 최적화를 이용하는 장치의 다양한 실시예가, 연속 가변 배기량 모드의 해제가 적정하다고 여겨질 때, 및/또는 연속 가변 배기량 모드가 부적정하다고 여겨질 때, 상기 연속 가변 배기량 모드를 해제하도록 구성될 수 있다.

#### [0122] 피드백 제어(Feedback Control)

[0123] 본원에서 주로 바람직한 출력을 제공하도록 기관을 제어하는 것을 언급한다. 단순한 아날로그 접근법에서, 착화를 나타내는 피드백 또는 드라이브 펄스는, 착화 기회들 사이의 시간에 대응하는 시간 동안, 일반적으로 일정한 레벨(“높이”)로 제공될 수 있다. 이러한 유형의 피드백이 제공될 때, 기관이, 가속기 페달 위치(또는 그 밖의 다른 입력 신호)를 바탕으로 하는 희망 출력을 제공하도록 제어되며, 상기 페달 위치는 지정 토크(torque)나 동력 값에 대응하지 않는다. 따라서 임의의 바람직한 출력 레벨에서 기관에 의해 전달되는 실제 동력은, 현재 대부분의 차량 제어 시스템에서처럼, 기관의 현재 동작 상태 및 현재 환경적 조건의 함수일 것이다. 더 구체적으로는, 각각의 작업 챔버 착화로부터 얻어지는 실제 드라이브 에너지 또는 동력의 크기는 복수의 변수의 함수로서 달라질 것이다. 예를 들어, 높은 고도 및 고속 RPM에서 동작하는 기관의 최적화된 착화는 저속 RPM에서의 최적화된 착화보다 동력을 덜 제공할 가능성이 높을 것이다. 마찬가지로, 배출 고려사항(emissions consideration)에 대해 조율된 최적화된 착화는, 연료 효율에 대해 우선적으로 조율된 최적화된 착화와는 약간 다른 크기의 동력을 제공할 수 있다.

[0124] 앞서 언급된 제어기는 어떠한 조건 하에서도 잘 동작하며, 오늘날 많은 차량에서 발견되는 반응의 유형을 모방하는 경향을 가진다. 그러나 특정 스로틀 위치에 대한 기관에 의해 전달되는 동력의 실제 크기가 환경 및/또는 동작 조건의 함수로서 약간 달라질 수 있다. 제어기는 여러 다른 제어 행동을 제공하도록 쉽게 설정될 수 있다. 예를 들어, 기관으로부터 출력되는 지정된 크기의 동력에 대한 요청으로서 희망 출력 신호를 처리하도록 제어기가 설정될 수 있다. 하나의 실시예에서, 단순히 생각하면, 실린더의 각각의 착화는 특정 크기의 일을 제공하는 것으로 생각될 수 있으며, 피드백은 이러한 개념을 기초로 할 수 있다. 즉, 각각의 피드백 되는 착화 기회가 시그마 델타 제어기로 동일한 크기의 음의 피드백을 전달한다.

[0125] 실제 기관에서, 특정 실린더의 착화로부터 얻어지는 일, 동력 및/또는 토크의 양은 항상 동일하지는 않을 것이다. 여러 인수들이 특정 착화로부터 이용 가능한 열역학적 에너지에 영향을 미친다. 이러한 인수들은 실린더로

도입되는 공기의 질량, 온도 및 압력, 연료량, 공연비 및 연료의 에너지 함유량, 기관 속도 등을 포함한다. 다양한 실시예에서, 피드백이 조정되거나 및/또는 피드 포워드(feed forward)가 사용되어, 제어기 내에서 사용된 피드백이 각각의 착화로부터 기대되는 실제 일(또는 토크 또는 동력)의 크기를 더 정확하게 반영할 수 있다. 특정 실시예에서, 피드백은, 기관의 동작 조건의 변화에 따라 조정되거나, 및/또는 적합한 정보가 이용 가능할 때 착화 간 차이를 고려하도록 조정될 수 있다. 착화 간 차이는, 제어 인수(controlled factor)(가령, 실린더로 전달되는 연료 공급량(가령, 희박, 풍부 및 보통 연료 공급 간 차이); 내재적 인수(inherent factor)(가령, 여러 다른 실린더로 유입되는 여러 다른 공기량을 도출할 수 있는 흡입 다기관 러너(intake manifold runner)); 동작 인수(operational factor)(가령, 현재 기관 속도, 착화 히스토리 등); 환경적 인수(environmental factor)(가령, 대기 온도와 대기압 등) 때문에 발생할 수 있다.

[0126] 오늘날 대부분의 자동차의 기관은, 기관 제어 유닛이 임의의 특정 착화에 의해 얻어지는 실제 에너지량을 추정할 때 사용될 수 있는 다양한 센서를 가진다. 예를 들면, 다기관 압력(MAP), 질량 공기 유량(mass air flow), 공기 공급 온도(air charge temperature), 캠 타이밍(cam timing), 기관 속도(RPM), 분사 타이밍, 불꽃 점화 타이밍, 배기 산소 레벨, 배기 배압(특히, 터보과급 기관에서의 배기 배압), 배출 가스 환원 및 그 밖의 다른 특정 기공에서 이용 가능할 수 있는 임의의 입력 등의 입력 변수는 모두, 현재 착화 및 제어 회로로의 피드백 조절로부터 기대되는 유용한 일의 양을 추정하기 위해 사용될 수 있다. 따라서 제어기로 제공되는 피드백은 이들 인수들의 하나 이상의 조합의 함수로서 달라지도록 구성될 수 있다. 일부 경우에서 이러한 피드백의 정밀한 조율이 바람직할 수 있지만, 모든 경우에서 반드시 필수인 것은 아니다.

[0127] 실제 구현에서, 임의의 특정 착화로부터 얻어지는 실제 일은 특정 기관에서 이용 가능한 제한된 개수의 입력을 기초로 추정될 수 있다(가령, 제공되는 연료량만을 기초로, 또는 제공되는 공기 및 연료량과 기관 속도만을 기초로 추정될 수 있다). 물론 출력을 추정하기 위한 그 밖의 다른 접근법도 사용될 수 있다. 이러한 추정치는 동작 중에 동적으로 계산되거나, 제어기에 의해 액세스 가능한 록업 테이블에 제공되거나, 그 밖의 다른 다양한 접근법을 이용하여 결정될 수 있다.

[0128] 덧붙이자면, 기관이 자신이 출력하는 동력이나 토크가 일정해지거나 낮아지기 시작하는 범위에서 동작하기 시작하는 경우, 드라이브 펄스 발생기는 동작 상태를 인식하고 적절하게 반응하도록 설계될 수 있다. 일부 실시예에서, 이는 단순히 연속 가변 배기량 모드를 해제하고 종래의 제어를 이용하여 동작함으로써, 이뤄질 수 있다. 그 밖의 다른 일부 실시예에서, 드라이브 펄스 발생기는 출력되는 드라이브 펄스를 조절하기에 적합해 질 수 있다. 물론, 이러한 상황을 다루기 위한 다양한 그 밖의 다른 접근법이 사용될 수 있다. 부분 드라이브 펄스/스로틀 착화가 이뤄지는 경우에서, 적은 수의 연료 착화에 의해 발생하는 감소된 에너지를 더 정확하게 반영하도록 피드백은 스케일링될 수 있다.

[0129] 입력 신호를 희망 동력 출력의 지시자(indication)로서 취급하도록 설계된 제어기에서, 각각의 착화와 연계되는 피드백의 할당량(quantum)은 각각의 착화로부터 얻어지는 에너지의 크기를 반영하도록 스케일링될 수 있다. 몇 개의 위치(가령, 도 3에서 도시된 것과 같은 위치)로부터의 피드백을 취하는 제어기에서, 각각의 소스로부터의 피드백은 적정 비율로 스케일링되어, 전체 피드백이 특정 착화에 의해 제공되는 동력을 비교적 정확하게 반영할 수 있다. 디지털 시스템에서, 제공되는 피드백의 할당량은 특정 착화로부터 기대되는 동력을 적절하게 반영하도록 설정될 수 있다. 아날로그 시그마 델타 시스템에서, 피드백 펄스의 “너비(width)”은 기관 속도를 나타내고, 피드백 펄스의 “높이(height)”는, 피드백의 총 할당량이 관련 착화로부터 얻어지는 에너지에 대응하도록 스케일링된다.

[0130] 앞서 기재된 대부분의 실시예에서, 구동되는 시스템으로부터의 피드백(가령, 동기화기(222) 및/또는 실제 착화 패턴(120)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 패턴(110))은 명시적인 피드백 신호를 기초로 할 수 있다. 그러나 일부 실시예에서 필요한 정보가, 제어기에 이용 가능할 수 있는 그 밖의 다른 신호로부터 얻어질 수 있다. 예를 들어, 작업 챔버의 각각의 실제 착화가 기관 속도에 약간의 영향을 미칠 것이다(즉, 기관 속도를 증가시킬 것이다). 변화는 구동되는 기계적 시스템에 미치는 영향 측면에서, 꽤 사소할 수 있지만, 이러한 변화는 현대의 전자 신호 처리 기술을 이용하여 쉽게 검출될 수 있다. 따라서 타코미터 신호가 충분히 정확한 경우, 실제 착화 패턴 피드백이 타코미터 신호(기관 속도 신호)로부터 얻어질 수 있다. 일반적으로, 착화 패턴을 나타내는 정보를 가질 제어기가 이용 가능한 임의의 신호 소스로부터 피드백이 얻어질 수 있다.

[0131] 도 18을 참조하여, 착화 패턴을 결정할 때, 피드백과 피드 포워드를 모두 이용하는 본 발명의 또 하나의 실시예가 기재된다. 이 실시예에서, 제어기(600)는 각각의 착화에 의해 제공되는 드라이브 에너지의 차이를 보상하도록 구성된다. 또한 도 18은 기재된 기관 제어기들 중 일부에 의해 제어될 수 있는 착화 외의 그 밖의 다른 기관

제어 중 일부를 도시한다. 상기 실시예에서, 가속기 페달 위치의 지시자(indication)가 전-프로세서(preprocessor, 181)로 제공된다. 상기 전-프로세서(181)는 페달 위치 신호를 전-프로세싱(pre-processing)하도록 구성된다. 앞서 언급된 바와 같이, 페달 위치 신호가 기관의 희망 출력의 지시자로서 취급된다. 전-프로세서(181)의 목적은 추후 전-프로세서(pre-processor) 표제 단락에서 더 구체적으로 설명하겠다. 전-프로세싱된 페달 신호가 곱셈기(multiplier, 601)로 제공되며, 상기 곱셈기(601)는 상기 페달 신호에, 착화에 의해 제공되는 드라이브 에너지들 간 차이를 보상하기 위한 인수를 곱한다. 이는 동작 동안 발생하는 변동에 대해 제어기를 조정하기 위해 피드 포워드를 이용하는 예이다. 인수가 곱해진 희망 출력 신호가 드라이브 펄스 발생기(104)로 제공되며, 상기 드라이브 펄스 발생기(104)는 드라이브 펄스 신호(110)를 생성한다. 상기 드라이브 펄스 신호(110)는 시퀀서(108)로 제공되며, 상기 시퀀서(108)는, 앞서 언급된 바와 같이, 실제 착화 패턴(120)을 결정한다. 상기 착화 패턴(120)의 기관(604)의 실린더 착화를 제어하기 위해 사용된다.

[0132] 기관 제어기(600)가 그 밖의 다른 기관 변수(가령, 스로틀 위치, 불꽃 점화 타이밍, 분사기)를 제어하도록 사용된다. 도시된 실시예에서, 기관 제어 블록(620)이 구성요소 제어기에게 관련 구성요소를 기관의 동작의 효율화 또는 최적화를 보조하는 방식으로 제어하라고 지시한다. 기관 제어 블록(620)은 다양한 제어 가능한 구성요소들 중 임의의 구성요소에 대해, 기관이 효율적으로 동작하기 위한 바람직한 설정을 결정한다. 일반적으로, 적절한 특정 테이블에서 적정 설정이 발견될 것이다. 그러나 적정 설정은 현재 동작 조건 및/또는 환경적 조건을 기초로 동적으로 계산될 수 있다.

[0133] 도시된 실시예에서, 기관 제어 블록(620)은 스로틀 제어기(621)와, 불꽃 점화 타이밍 제어기(624)와, 분사 제어기(627)를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 기관 제어 블록은 특정 기관 또는 차량의 또 다른 제어 가능한 구성요소를 제어하기에 적합한 추가적인 장치 드라이버를 포함할 수 있다. 하나의 예로는 자동차 변속기를 제어하기 위한 변속기 제어기가 있다. 또 다른 실시예에서, 기관 제어 블록의 이들 기능을 취급하기 위해 표준 ECU가 사용될 수 있다.

[0134] 기관 제어 블록(620)은 현재 기관 속도(RPM), 흡입 다기관 압력(MAP), 마퀴 속도, 이용 가능한 환경적 센서 등의 복수의 센서 입력을 수신한다. 또한 기관 제어 블록(620)은 현재 상태를 기초로 바람직한(가령, 최적의) 착화를 제공하기 위한 바람직한 설정이 저장되어 있는 일련의 특정 테이블을 가진다. 단순한 시스템에서, 이들 변수는 바람직한 연료 공급량, 불꽃 점화 타이밍 및 다기관 압력을 포함할 수 있다. 테이블은 인수(가령, 기관의 회전 속도, 현재 환경적 조건 및/또는 기관의 동작 상태의 또 다른 형태)를 기초로 하는 다차원 맵일 수 있다. 그 후, 특정 제어기가 바람직한 착화를 얻기 위해 자신과 관련된 구성요소를 제어한다. 기존 기관 제어기의 기법은 이들 구성요소의 제어를 다루기에 아주 적합하며, 따라서, 이러한 기능성이 기관 제어 블록에 포함될 수 있다. 또한 이들 제어기는 그 밖의 다른 관심사(가령, 배출 제어 등)를 적응시키기 위해 실제 설정치 중 일부(가령, 연료 공급량)를 변화시킬 수 있다. 또한 이들 제어기는 다양한 구성요소 제어기에서 사용되는 특정 제어 방식, 알고리즘 및 우선순위가 임의의 특정 적용예의 요구사항을 충족하기 위해 다양하게 변경될 수 있음이 자명하다. 예를 들어, 앞서 설명된 바와 같이, 어떤 상황에서는, 비교적 일정한 다기관 압력을 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 특정 작동 조건을 위한 바람직한 다기관 압력이 분사 맵의 특정 테이블의 일부로서 저장될 수 있다. 이 정보는 스로틀 제어기로 전달될 수 있다. 상기 스로틀 제어기는 적절한 이용 가능한 센서 입력(가령, 현재 다기관 압력, 현재 기관 속도(가령, RPM) 등)를 수신한다. 이들 입력을 기초로, 스로틀 제어기는 바람직한 다기관 압력을 제공하는 방식으로 스로틀을 제어할 수 있다.

[0135] 기관의 설정 및 현재 동작 조건을 기초로, 기관 제어 블록(620)은 표준 착화가 명목 드라이브 에너지(nominal drive energy)에 비해 제공할 드라이브 에너지의 양을 결정할 수 있다. 그 후, 착화의 기대 드라이브 에너지와 명목 드라이브 에너지 간 차이를 보상하기 위해 곱셈기(601)로 제공되기 위한 적합한 곱셈기의 인수가 계산될 수 있다. 예를 들어, 착화로부터 기대되는 드라이브 에너지가 명목 드라이브 에너지의 95%인 경우, 곱셈기가 페달 입력에 95%의 역수를 곱할 수 있다. 이러한 방식으로 최적화된 착화 동안 곱셈기를 이용함으로써, 제어기가 가속기 페달 위치를 바람직한 동력의 요청으로서 효과적으로 처리할 수 있다.

[0136] 앞서 설명된 바와 같이, 착화 스킵 가변 배기량 모드는 유지하면서 부분 스로틀에서 동작하는 것이 바람직할 때가 있다. 곱셈기가 이러한 부분 스로틀 동작을 촉진시키기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 1/2에너지 착화를 이용하기 위한 결정이 이뤄진 경우, 각각의 착화가 드라이브 에너지의 약 2분의 1을 제공하도록 기관 제어 블록(620)이 스로틀과 연료 공급량을 적절하게 설정할 수 있다. 이와 동시에, 곱셈기에 공급되는 인수가 “2”로 설정될 수 있다. 이는, 원하는 출력을 제공하기 위해서는 2배의 착화가 필요함을 드라이브 펄스 발생기(104)에게 효과적으로 알려준다. 부분 스로틀의 사실상 어떠한 바람직한 레벨에서도 동작을 촉진시키는 이러한 방식으로



급셈기가 사용될 수 있다.

- [0137] 도 18에서 나타난 기관 제어기의 구조는 단 한 가지의 적합한 구현예를 도시하며 기관 제어기의 구조는 바람직한 기능을 수행하고 제어 가능한 기관 구성요소를 적절하게 가리키도록 다양할 수 있음을 알아야 한다. 임의의 특정 구현예에서, 본 발명에 따르는 급셈기는 바람직한 동력 기반 제어와 부분 스로틀 동작을 모두 촉진시키거나 이들 기능 중 단 하나만 촉진시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0138] 일부 구현예에서, 정속 주행 제어(cruise control)와 함께 본 발명에 따르는 착화 스킵 모드를 이용하는 것이 바람직할 것이다. 일반적으로, 앞서 언급한 바와 같이, 동일한 착화 제어 유닛이 정속 주행 제어와 함께 사용될 수 있으며, 이때 정속 주행 제어기가, 오늘날의 정속 주행 제어기가 동작한 것처럼, 입력 신호(113)를 제공한다.
- [0139] 또 다른 실시예에서, 입력 신호(113)의 해석 및 제어기로의 피드백이 적절하게 변경될 필요는 있지만, 정속 주행 기능이 드라이브 펄스 발생기에 내장될 수도 있다. 정속 주행 제어는 일정한 동력 출력과 대조적으로, 일정한 차량 속도를 유지하는 것을 목표로 하는 것이 일반적이다. 정속 주행 제어기로서 기능하기 위해, 가속도기 페달 위치의 지시자(indication)를 대신하여, 바람직한 속도의 지시자가 입력 신호(113)로서 사용될 수 있다. 바람직한 속도 입력 신호는 정속 주행 제어 유닛, 또는 그 밖의 다른 임의의 적합한 공급원으로부터 직접, 또는 간접적으로 제공될 수 있다. 이러한 구현예에서, 드라이브 펄스 발생기로 제공되는 피드백은, 특정 착화와 대비되는, 차량의 현재 속도를 나타낸다. 지시자는 임의의 적합한 공급원, 예를 들어, 하나 이상의 바퀴 속도 센서, 속도계 또는 그 밖의 다른 적정 공급원으로부터 제공될 수 있다. 차량이 정속 주행 제어를 벗어나 전환될 때, 입력 신호와 피드백은 각각, 바람직한 출력 신호와 착화를 나타내는 피드백으로 되돌아 갈 수 있다. 또는, 차량이 정속 주행 제어를 벗어나 전환될 때의 조건이 착화 스킵 동작에 적합하지 않은 경우, 차량은 모든 실린더가 항상 착화되는 종래의 동작 모드로 전환될 수 있다.
- [0140] 본원에서, 여러 가지 피드백 및 피드 포워드 방식이 기재된다. 이들 방식 중 임의의 것이 특정 적용예에서 적절하게 동작하도록 만들어질 수 있다. 사용될 접근법의 선택은 기관의 성능과 효율에 영향일 미칠 것이고, 특정 피드백 방식의 선택은 기관에 대한 바람직한 성능 특성을 기초로 할 수 있다.
- [0141] **기존 기관의 개조(Retrofitting current engine)**
- [0142] 현재 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관에서, 선택된 실린더가 (종종, 빈 상태로) 정지(shut down)되며, 나머지 실린더들이 그들의 정규 동작 모드로 사용된다. 일부 실린더가 정지될 때 더 적은 개수의 실린더가 작업 중이기 때문에, 나머지 실린더들은, 모든 실린더가 동작 중일 때보다 더 효율적인 조건 하에서 동작한다. 그러나 이들은 여전히 그들 최적의 효율에서 동작하지 않는다.
- [0143] 종래의 가변 배기량 기관의 선택된 실린더가 정지될 때, 이들 실린더와 연계된 밸브들이 폐쇄되고, 기관의 전체 동작 동안 폐쇄를 유지하는 것이 일반적이다. 전자 밸브를 갖지 않는 기관은 더 복잡한 기계적 구조를 필요로 하며, 캠축(camshaft)로부터 밸브를 선택적으로 개방시키기 위한 일원화된 노력을 필요로 한다. 따라서 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관은 여러 다른 배기량 간에 신속하게 전환되도록 설계되지 않는다.
- [0144] 종래의 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관에서 정지된 실린더에서 밸브가 폐쇄 상태로 유지되는 한 가지 이유는, 스킵된 실린더의 밸브가 그들의 정규 시점에서 개방되고 폐쇄된다면, 정지된 실린더에서 내재적으로 발생할 펌프 손실을 감소하기 위해서이다. 본 발명의 연속 가변 배기량 모드에서 동작하는 경우, 밸브가 그들의 정규 시점에서 개방되고 폐쇄될 때 동일한 유형의 펌프 손실이 발생할 것이다. 따라서 밸브의 개방과 폐쇄에 대해 선택적 제어를 갖는 기관에서 사용될 때, 스킵되는 실린더의 흡입과 배출 밸브를 폐쇄하는 것이 바람직할 수 있다. 그러나 스킵된 실린더의 밸브가 그들의 정규 시점에서 개방되고 폐쇄될지라도, 기관의 연료와 열역학적 효율은 실질적으로 개선될 것이다.
- [0145] 정지된 실린더와 연계된 밸브를 폐쇄하기 위한 필요성으로 인해, 기존의 고정 배기량 내연기관을 가변 배기량 기관으로 변환시키는 것이 실용적이지 못하다는 인상이 있을 수 있다. 본 발명의 매우 중요한 한 가지 이점은, 적합한 제어기가 다수의 기존 기관에 설치되어, 상기 기존의 기관의 연료 효율이 상당히 개선되도록 상기 기존의 기관이 개조될 수 있다는 것이다. 이는 스킵되는 실린더의 밸브를 폐쇄하는 것이 불가능하거나 실용적이지 못한 경우(대부분의 기존 기관에서 이러한 경우에 해당함)에서도 가능할 수 있다. 기관 제어 유닛(종종 기관 제어 모듈이라고도 일컬어 짐)을, 본 발명의 제어를 수행하는 개선된 기관 제어 유닛으로 대체함으로써; 또는 본 발명의 제어를 수행하는 착화 제어 코-프로세서 또는 코-프로세싱 유닛과 기존의 기관 제어 유닛을 연결(interface)함으로써; 또는 그 밖의 다른 방식으로 본 발명의 제어를 기존 기관 제어 유닛이 활용하게

함으로써, 개조가 이뤄질 수 있다.

[0146] 종래의 가변 배기량 기관에서 정지된 실린더가 폐쇄 위치로 유지되는 것과 관련된 또 다른 이유는, 배출 제어 유닛이 연료가 공급되지 않는 스킵된 실린더와 연계된 밸브가 정기적으로 개방되고 폐쇄된다면 배출 가스 스트림에 존재할 많은 양의 산소 때문에 기관의 동작을 변경하려 하지 않음을 보장하기 때문이다. 특히, 실린더로 공기가 흡입되고, 실린더로부터 방출되기 전에는 연소되지 않는다면, 방출된 가스에는, 연료가 실린더로 분사되고 연소(존재하는 산소의 대부분을 소모하는 효과를 발생시킴)되는 경우보다 상당히 더 많은 산소가 존재할 것이다. 많은 기관들이 배출 가스 스트림에 존재하는 산소량을 검출하기 위한 배출 가스 산소 센서를 가진다. 산소 센서는 배출 제어 유닛으로 정보를 제공하며, 상기 배출 제어 유닛은 상기 정보를 이용하여, 배출 가스 배출을 최소화하며, 환경적 규정에 부합시키도록 기관 동작을 유지 관리할 수 있다. 스킵된 실린더의 밸브가 연속 가변 배기량 모드에서 동작하면서 종래의 방식으로 개방되고 폐쇄되는 것이 가능하다면, 배출 가스는 배출 제어 유닛이 기대하는 산소보다 더 많은 산소를 가질 것이다. 따라서 배출 가스 산소 센서를 갖는 기관이 스킵된 실린더의 밸브가 보통의 방식으로 개방되고 폐쇄되도록 하는 방식으로 동작할 때, 산소 센서 신호를 조정하거나 무효화하는 것, 또는 배출 가스에서 기대되는 과량의 산소를 고려하기 위해 배출 가스에서의 산소의 레벨을 기초로 임의의 제어를 조정하는 것이 바람직할 것이다. 그 밖의 다른 적용예에서, 산소 센서를, 기관 제어 유닛 또는 착화 제어 코-프로세서와 함께 동작하는 광대역 램다 센서로 대체하는 것이 바람직하거나 필수일 수 있다. 덧붙이자면, 앞서 언급된 바와 같이, 각각의 착화에서 제공되는 연료량을 최적화하는 것 및/또는 부분 또는 연료 농후 연료 공급을 주기적으로 제공하여, 배기 배출이 촉매 변환기의 바람직한 동작에 적합하도록 하는 것이 바람직할 수 있다.

[0147] 기존의 기관을 개조할 때, 개조 후 기관 동작의 “느낌”(가령, 제어되는 기관을 포함하는 차량 운전 시 느낌)이 너무 많이 변하지 않도록 하는 것을 고려하는 것이 바람직할 수 있다. 즉, 기관의 느낌이 개조가 이뤄지기 전과 후에 유사한 것이 바람직할 수 있다. 이를 위한 한 가지 방법은, 기관의 동작에 대한 느낌이 상당히 달라질 수 있다고 지각되는 때 언제든지, 기관을 연속 가변 배기량 모드에서, 스로틀을 조정하고 실린더를 스킵하지 않는 “정규” 동작 모드로 전환시키는 것이다. 그 밖의 다른 구현예에서, 보통의 동작 동안 느끼는 것과 유사한 느낌을 제공하도록, 특정 상황에서 가변 배기량 모드의 제어가 변경될 수 있다.

[0148] 예를 들어, 가속기 페달이 해제될 때, 다수의 차량(예를 들어, 트럭, 자동차 등)이 두드러진 “기관 제동(engine braking)”을 경험한다. 연속 가변 배기량 모드에서, 스로틀은, 작업 챔버로 최대 공기가 공급되게 하고, 이에 따라서 기관의 열역학적 효율을 최적화하는 완전 개방에 가까운 상태를 유지한다. 그러나 스로틀이 완전 개방될 때, 기관이 겪는 펌프 손실이 감소되고, 따라서, 사용자가 느낄 기관 제동의 크기도 두드러지는 크기만큼 감소될 수 있다. 일부 상황에서, 개조 작업 동안 인지될 기관 제동의 느낌을 더 유사하게 모방하도록 하는 것이 바람직할 수 있다. 다시 말하자면, 이는 가속기 페달이 해제되는 때, 또는 제동이 적용될 때, 기관을 연속 가변 작동 모드에서 보통의 작동 모드로 전환시키므로써 이뤄질 수 있다. 또는, 연속 가변 배기량 모드에서 선택된 착화를 여전히 스킵하면서, 스로틀이 부분적으로 또는 완전히 폐쇄(가령, 보통의 동작 동안에 폐쇄됐을 영역까지 폐쇄)될 수 있다. 이러한 접근법이 기관 제동을 촉진시키도록 사용된 경우, 착화 작업 챔버로 도입되는 연료량이, 스로틀의 폐쇄(또는 부분 폐쇄)로 인해 실린더로 제공됐을 감소된 공기량에 대응하도록 조정될 것이다.

[0149] 기관 제동의 개념이 기존 기관의 개조에 대한 기재와 연계되어 설명되지만, 특정 기관의 설계 목표가, 완전 개방 스로틀 상태에서 제공됐을 것보다 더 효과적인 기관을 필요로 할 수 있다. 따라서 착화 제어 유닛(100)은 원하는 기관 제동을 제공하도록 스로틀 위치를 조정하도록 구성될 수 있다. 이 대신, 또는 이에 추가로, 밸브의 개방 및 폐쇄의 선택적 제어를 촉진시키는 기관(가령, 전자 밸브를 갖는 기관)에서, 스킵된 실린더의 밸브의 개방 및/또는 폐쇄를 조절하여 강화된 기관 제동을 제공하는 것이 가능할 수 있다.

[0150] 기관 제동은 가변 배기량 모드에서 동작하는 동안 복제되는 것이 바람직할 기관의 “보통의” 느낌에 대한 단 하나의 형태에 불과하다. 착화 제어 유닛(100)은 기관의 동작 느낌에 대한 그 밖의 다른 바람직한 양태를 복제하도록 설계될 수 있다.

#### [0151] 배기 및 배출 시스템(Exhaust and Emission System)

[0152] 차량 기관 설계에 친숙한 해당업계 종사자라면, 기존의 많은 기관의 배기 시스템은 배출 가스의 기대되는 화학 물질 및 온도에 맞춰 구성됨을 알 것이다. 연속 가변 배기량 모드에서 동작하면서 스킵된 실린더의 밸브가 종래의 방식으로 개방되고 폐쇄되도록 허용될 때, 효과적으로, 착화되지 않은 실린더를 통해 공기가 펌프된다. 이는 기관의 보통의 동작 동안 기대되는 배출 가스와 상이한 배출 가스를 갖는 착화 스킵 동작 하에서 출력되는 배출

가스를 도출한다. 공기가 착화되지 않는 실린더를 통해 펌프될 때, 배출 가스는 기관의 보통의 동작 동안 존재할 산소보다 더 많은 산소를 가질 것이다. 스킵된 실린더를 통해 펌프된, 연소되지 않은 공기가 또한, 착화된 실린더로부터 방출된 배출 가스보다 훨씬 더 차갑다. 종래의 많은 배출 시스템이, 공기가 착화되지 않는 실린더를 통해 펌프될 때 당연한 차갑거나 과량의 공기를 다룰 수 없었다. 따라서 많은 경우(특히 착화되지 않는 실린더를 통해 공기를 펌프하는 경우)에서 배기 및 배출 시스템은 착화 스킵 방식을 이용하여 출력된 배출 가스를 다룰 수 있는 것이 중요할 것이다.

[0153] 문제의 본질은 특히, 높은 배출 표준을 충족시키는 것이 요구되며 작업 챔버로의 공기의 전달을 스로틀-제어하여 동력을 조절하는 기관(가령, 대부분의 비-디젤 자동차 기관)에서 심하다. 이러한 기관에서 사용되는 배출 시스템은 종종, (공기가 스킵된 실린더를 통해 펌프될 때 내재적으로 존재하는) 많은 양의 산소, 또는 비교적 차가운 공기를 다루도록 설계되지 않은 촉매 변환기를 가진다.

[0154] 대부분의 오토(Otto) 사이클 기관과 달리, 대부분의 상업적으로 이용가능한 디젤 기관은 비-차단 스로틀 상태(unthrottled)로 동작하고, 실린더로 전달되는 연료량을 조절하여 기관 출력을 제어할 수 있다. 따라서 디젤 기관의 배출 시스템이, 많은 오토 사이클 기관에서 사용되는 배출 시스템보다 훨씬 더 다양한 배출 화학물질을 다루도록 구성되는 것이 일반적이다. 예를 들어, 일부 자동차 디젤 기관은 배출 가스를 정화하기 위해 세정 시스템(scrubbing system)을 사용한다. 이러한 세정 시스템은 (공기가 스킵된 실린더를 통해 펌프될 때 내재적인) 산소 농후 펄스를 가지며 변하는 온도를 갖는 배출 가스를 다루기에 적합하다. 물론, 착화 스킵 동작 동안 출력되는 배출 가스를 다룰 수 있는 그 밖의 다른 다양한 배출 시스템이 사용될 수 있다.

[0155] 새로운 기관을 설계할 때, 배기 및 배출 시스템은 임의의 특정 설계의 요구사항을 충족하도록 설계될 수 있다. 그러나 본 발명의 가변 배기량 모드로 동작하도록 기존 기관을 개조할 때, 배출 및 배기 문제가 종종 고려될 필요가 있을 것이다. 기관이 착화되지 않는 실린더의 밸브를 폐쇄할 수 있을 때, 기존 배출 및 배기 시스템은 가변 배기량 모드에서의 동작 동안의 배기를 다룰 수 있는 것이 일반적이다. 배기 프로필에 대한 임의의 요구되는 미세 조율은, 연료 프로세서 또는 기관 제어기 내 펌웨어 또는 소프트웨어가, 앞서 언급된 바와 같이 착화 기회 동안 전달되는 연료 공급량을 설정 및/또는 가끔씩 변경시킴으로써, 이뤄질 수 있는 것이 일반적이다.

[0156] 많은 기존의 기관은 복잡한 배기 시스템을 갖지 않으며, 따라서 기존 기관의 배기 시스템은, 공기가 사용되지 않는 실린더를 통해 펌프될 때 배기 시스템에 존재하는 과량의 산소에 의해 부정적인 영향을 받지 않는다. 일반적으로 이들 기관에서, 가변 배기량 모드에서의 동작에 의해, 배출이 개선될 것인데, 이는, 연소 챔버의 더 일관된 상태에서, 기관이 더 효과적으로 동작하고, 따라서 연료 공급량이 더 바람직한 배출 프로필을 제공하도록 맞춰질 수 있기 때문이다.

[0157] 그 밖의 다른 많은 기존의 기관은, 착화되지 않는 시스템을 통해 펌프되는 과량의 산소를 다룰 수 없는 배출 시스템을 이용한다. 이러한 기관에서, 배기 및/또는 배출 시스템이 과량의 산소와 배기부를 통과하는 비교적 차가운 공기를 다룰 수 있도록 수정하는 것이 필요할 수 있다. 일부 경우에서, 이는 배기 및 배출 시스템을, 배기 스트림을 다룰 수 있는 시스템으로 교체하는 것을 필요로 할 수 있다.

[0158] 또 다른 실시예에서, 2개의 병렬적인 배기 경로를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 하나는 착화된 작업 챔버로부터 방출된 배출 가스를 위한 배기 경로이고, 다른 하나는 착화되지 않는 실린더를 통해 펌프되는 공기를 위한 배기 경로이다. 이론적으로, 이는, 두 가지 위치(정규 배기 및 배출 시스템으로 배출 가스를 향하게 하는 제 1 위치와, 정규 배출 설비는 우회하지만 착화되지 않는 실린더를 통해 펌프되는 공기를 다룰 임의의 배출 설비를 포함하는 또 다른 배기 경로로, 배출 가스를 향하게 하는 제 2 위치)로 토글될 수 있는 배기 경로에(가령, 배기 다기관에) 흐름 디렉터(flow director)를 삽입함으로써, 이뤄질 수 있다. 이러한 배열을 이용하여, 연료 프로세서가 위치들 간에 토글하여, 배출 가스를 적정한 경로로 향하게 함으로써, 배기 흐름 디렉터(도면상 도시되지 않음)를 제어할 수 있다. 이러한 제어는 구현하기 꽤 쉬운데, 왜냐하면 연료 프로세서가 각각의 착화가 발생하는 때를 알고, 착화와 이에 대응하는 배출 가스가 흐름 디렉터에 도달하는 때 사이의 지연 시간이, 기관의 기하학적 형태(geometry)와 현재 회전 속도를 기초로, 비교적 쉽게 판단되기 때문이다.

[0159] 또 다른 구현예에서, 이론적으로, 하나 이상의 고속 밸브가 흡입 다기관(또는 흡입 공기 흐름 경로 내 또 다른 적정 위치)에 삽입될 수 있으며, 상기 고속 밸브는 공기가 스킵된 실린더로 전달되는 것을 막도록(즉, 공기가 실린더의 흡입 밸브에 도달하기 전에 막도록) 제어될 수 있다. 이는 착화되지 않는 실린더를 통한 공기의 펌프를 실질적으로 감소시키거나 제거할 것이며, 이에 따라, 기존 배기 및/또는 배출 시스템을 변경할 필요성이 제거될 수 있다. 물론, 그 밖의 다른 실시예에서, (1) 사용되지 않는 실린더를 통해 공기가 펌프되지 않음을 보장

하거나, (2) 배기 및 배출 시스템이 사용되지 않는 실린더를 통해 펌프된 어떠한 공기도 다룰 수 있음을 보장하기 위해, 기관을 그 밖의 다른 방식으로 적합하게 수정할 수 있다.

#### [0160] 월 웨팅 현상 문제(Wall Wetting Issues)

[0161] 종래의 내연기관에서 사용되는 다양한 연료 분사 방식이 존재한다. 한 가지 일반적인 기법(포트 분사식이라고 일컬어짐)은 연료를 연료 흡입 다기관 내 흡입 포트에 분사하는 것을 고려한다. 그 후, 실린더의 흡입 밸브의 개구부에 의해 공기/연료 혼합기가 실린더로 제공되기 전에 흡입 다기관에서 연료가 공기와 혼합된다. 대부분의 포트 분사식 시스템에서, 기관 배출을 감소, 성능을 증가 및/또는 연료 경제성을 개선하기 위해, 연료 분사 특성(가령, 분사기 표적, 분사 타이밍, 분사 분무 포락선 및 분사 연료 방울의 크기)을 최적화하기 위한 상당한 노력이 이뤄진다. 그러나 이러한 기관을 착화 스킵 모드에서 운영할 때, 서로 다른 분사 특성들이 바람직할 수 있다.

[0162] 포트 분사식 시스템의 알려진 문제로는 월 웨팅 현상(wall wetting)이 있다. 구체적으로, 월 웨팅 현상은 연료가 흡입 다기관으로 분사되고, 연료의 일부가 흡입 다기관의 벽에 부딪쳐, 흡입 다기관 벽에 연료의 얇은 막이 형성될 때, 발생한다. 다기관의 벽을 코팅하는 연료의 양은, 여러 가지 인수(가령, (a) 흡입 밸브에 대한 분사기로부터의 연료 분무의 방향을 포함하는 분사기 표적, (b) 분사기로부터의 연료 분무의 폭을 포함하는 분무 포락선, (c) 연료 방울 크기, (d) 밸브가 개방되고 폐쇄되는 시간에 대한 연료 분사 시작과 종료 시간을 포함하는 분사 타이밍)에 따라 달라진다. (흡입 밸브가 폐쇄된 이후에 분사가 계속되는 경우, 연료가 폐쇄 밸브에 충돌하며, 흡입 다기관의 벽으로 다시 분무될 것이다.)

[0163] 기관이 착화 스킵 모드에서 운영되고 착화되지 않은 실린더를 통해 공기가 펌프될 때 월 웨팅 현상은 몇 가지 시사점을 가진다. 가장 주목할 것은, 특정 실린더가 착화된 후, 상기 특정 실린더와 인접한 흡입 다기관의 벽이 연료로 코팅되고, 다음 번 착화 기회에서 상기 특정 실린더가 착화되지 않는다면, 흡입 다기관의 젖은(wet) 부분을 통과하는 공기가 상기 실린더의 벽을 적시는 연료 막 중 일부를 증발시킬 것이다. 이러한 흡입 다기관의 벽을 적시는 연료의 증발은 몇 가지 잠재적 영향을 미친다. 한 가지 잠재적 영향으로는 증발된 연료가 착화되지 않는 실린더를 통해 펌프되고, 배기물(exhaust)을 배출한다는 것이다. 이는 배기물에서 탄화수소의 레벨을 증가시키고 연료 효율을 감소시킨다. 배기물에 연소되지 않은 탄화수소가 존재할 때, 촉매 변환기에 의해 소모될 가능성이 높을 것이다. 시간이 흐름에 따라, 배기물에 존재하는 너무 많은 탄화수소는 촉매 변환기의 수명을 감소시킬 수 있다. 월 웨팅 현상의 또 다른 효과는, 스킵된 실린더가 착화될 다음번에, 더 적은 연료가 실린더에게 이용 가능할 수 있다는 것이다. 왜냐하면, 실린더용 연료 중 일부가 흡입 다기관의 벽(wall)을 “리웨팅(rewetting)”할 수 있기 때문이다.

[0164] 월 웨팅 손실의 영향을 감소시키기 위해, 가령, 분사 타이밍 또는 그 밖의 다른 분사 특성을 변경함으로써, 분사 프로필을 월 웨팅에 덜 영향 받도록 변경하는 것이 바람직할 수 있다. 또한 스킵된 실린더가 착화될 때 발생할 것으로 예상되는 증발성 월 웨팅 손실을 보상하기 위해, 임의의 특정 실린더 착화로 전달되는 연료량을 조절하는 것이 바람직할 수 있다. 물론, 임의의 특정 착화에 적합한 추가적인 실제 연료량은 기관의 동작 상태에 따라 크게 달라질 것이며, 임의의 적합한 보상이 사용될 수 있다.

[0165] 월 웨팅 현상에 친숙한 해당업계 종사자에게 잘 알려져 있다시피, 일부 기존 기관 설계에서, 흡입 다기관의 벽에 존재하는 연료량은, 거의 임의의 하나의 실린더 착화 동안 분사되는 연료량만큼, 또는 훨씬 많은 양일 수 있다. 몇 번의 스킵된 사이클 후 보통의 연료 공급량이 분사되면, 거의 모든 분사되는 연료가 흡입 다기관의 벽을 “리웨팅”할 수 있고, 바람직하지 못하게도, 실린더가 적절하게 착화되기에 충분한 연료를 수용할 수 없다는 위험부담이 존재한다. 이러한 유형의 상황에서 분사되는 연료량을 조절하는 것이 특히 바람직하다.

[0166] 앞서 언급된 일부 실시예에서, 실린더의 착화는 무작위로 이뤄지는 것이 효과적이다. 월 웨팅 손실 또는 이와 유사한 유형의 손실에 영향 받기 쉬운 연료 전달 기법을 이용하는 기관에서, 이러한 실린더 착화의 무작위화는 월 웨팅 손실로 인한 연료 효율의 감소를 내재적으로 겪을 것이다. 따라서 적절할 때, 최근 사용된 실린더를 선호하는 방식으로 착화를 정렬(sequence)하는 것이 바람직할 수 있다. 이는 시퀀서의 적정한 실린더 착화 우선순위 알고리즘을 이용하여 쉽게 구현될 수 있다.

[0167] 예를 들어, 다중 실린더 기관에서 사용되도록 설계된 단순한 시퀀서가, 둘 이상의 지정된 개수의 요청된 착화(가령, 둘, 또는 셋 이상의 요청된 착화)가 시퀀서에서 대기(queue)하지 않는 한, 이전 착화 기회 동안 착화됐던 하나의 실린더만 착화하도록, 프로그래밍될 수 있다. 또는, 이전 라운드에서 착화됐던 실린더를 착화시킴으로써, 만족될 수 있는 경우, 요청된 착화를 최대 지정된 개수의 착화 기회 동안(가령, 최대 2 또는 3번의 착화



기회 동안) 지연시키도록 시퀀서가 프로그래밍될 수 있다. 이들 실시예는 시퀀싱 로직을 개발할 수 있는 유형의 고려사항의 예에 불과하다. 적합한 로직은 여러 가지 기관에 따라 다르며, 여러 가지 설계 우선순위에 따라 달라질 수 있다. 물론, 더 정교한 로직이 정렬 알고리즘(sequencing algorithm)에 포함될 수 있고, 일반적으로 포함될 것이다. 일반적인 법칙으로, 월 웨팅 손실을 감소시키기 위한 실시예에서, 거의 대부분의 실제 착화가 이전 작업 사이클 동안 착화됐었던 작업 챔버에서 발생하도록 보장하는 방식으로 시퀀서를 설계하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 작업 챔버의 50% 이하가 실제 착화될 때라도, 75% 이상의 착화가 이전 작업 사이클 동안 착화됐었던 작업 챔버에서 발생함을 보장하는 것이 바람직할 수 있다.

[0168] 월 웨팅 손실을 감소시키고, 이에 대응하는 배출 증가를 감소시키는 또 하나의 착화 제어 방식이 지금부터 기재될 것이다. 이 실시예에서, 모든 실린더를 무작위화하는 것 대신, 단 하나의 실린더(또는 실린더들의 작은 부분 집합)가 임의의 특정 시점에서 무작위화된다. 나머지 실린더들은 내내 착화되거나, 전혀 착화되지 않는다. 설명을 위해, 6개의 실린더 기관이 최적화된 효율로(가령, 최대 압축 및 최적화된 공연비로) 동작하는 2와 2분의 1(2½) 실린더의 출력을 요구하는 방식으로 동작 중인 하나의 시나리오를 가정하겠다. 이론적으로, 실린더들 중 2개의 실린더를 내내 착화하고, 제 3의 실린더를 절반의 시간 동안 착화함으로써, 적정 크기의 동력이 전달될 수 있다. 비교적 적정한 크기의 추가 동력이 요구될 경우, 상기 제 3의 실린더가 더 높은 퍼센트 비율의 시간 동안 착화되도록 제어되어, 기관의 동력 출력이 요구사항을 충족시킬 수 있다. 동력이 아주 약간 덜 요구되는 경우, 상기 제 3의 실린더가 더 낮은 퍼센트 비율의 시간 동안 착화되어, 기관의 감소된 출력 요구치를 충족시킬 수 있다. 3개의 실린더가 내내 착화됨으로써 전달될 수 있는 동력보다 더 많은 동력에 대한 요청이 이뤄진 경우, 3개의 실린더는 내내 착화되고, 또 하나의 실린더(가령, 제 4의 실린더)가 필요한 추가 동력을 전달하도록 제어될 수 있다. 더 많은 동력이 요구할 때, 추가적인 실린더가 착화되는 실린더들의 집합에 추가될 수 있다. 동력이 덜 요구될 때, 상기 착화되는 실린더들의 집합에서 실린더가 제거될 수 있다. 본원에서 이러한 시퀀싱 방식을 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식(single cylinder modulation skip fire approach)이라고 일컫는다.

[0169] 상기 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식의 한 가지 이점은 이러한 방식이 월 웨팅 손실을 감소시키고, 이에 따라 연료 효율 저하를 감소시키고, 특정 유형의 기관(가령, 포트 분사식 기관)에서 발생하는 증가 배출 문제를 감소시키는 경향이 있다는 것이다. 부수적인 이점으로는, 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식이 바람직한 진동 특성을 갖는 경향이 있다는 것이다(즉, 그 밖의 다른 많은 착화 패턴보다 진동을 덜 발생시키는 경향이 있다). 이는 착화 패턴 내 변동의 빈도가 감소(가령, 기관이 갖는 실린더의 개수와 동일한 인수만큼 감소)된다는 사실 때문인 것으로 판단된다.

[0170] 본 발명의 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식은 다양한 배열을 이용하여 구현될 수 있다. 예를 들어, 앞서 설명된 시퀀서(108)는 이러한 착화 패턴을 전달하도록 구성될 수 있다. 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식은, 본 발명의 그 밖의 다른 실시예 중 일부에 따라 드라이브 펄스 발생기를 이용하면서, 알고리즘에 의해 구현되거나, 시퀀서 내 로직으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 단일 실린더 변조 착화 스킵을 제공하기에 특히 적합한 대안적 제어기 구조가 도 12를 참조하여 이하에서 설명된다.

[0171] 월 웨팅 문제와 친숙한 해당업계 종사자라면 잘 알다시피, 직접 분사식 기관(direct injection engine)은 포트 분사식 기관이 겪는 대부분의 월 웨팅 문제를 피하는 경향이 있다(그러나 직접 분사식 기관은 작은 연료 막이 실린더 벽에 형성되는 것을 겪을 수 있다). 따라서 본 발명의 착화 스킵 가변 배기량 기관의 이점들 중 일부는, 포트 분사식 기관의 경우보다 직접 분사식 기관의 경우에 더 두드러진다. 그러나 월 웨팅 문제의 바람직한 유지 관리와 함께라면, 포트 분사식 시스템은 직접 분사식 시스템에서 이용 가능한 효율에 거의 근접한 효율을 얻을 수 있다.

#### [0172] 연료 제어 프로세서(Fuel Control Processor)

[0173] 본 발명의 제어는 여러 가지 방식으로 구현될 수 있다. 디지털 로직, 아날로그 로직, 알고리즘 또는 그 밖의 다른 방식을 이용하여 이뤄질 수 있다. 일부 실시예에서, 연속 가변 제어 로직이 기관 제어 유닛(ECU)(때때로 ECM(Engine Control Module, 기관 제어 모듈)이라고도 지칭됨)에 내장될 것이다. 또 다른 실시예에서, 연속 가변 배기량 모드 제어 로직이, 기존 기관 제어 유닛과 함께 동작하도록 구성된 착화 제어 코-프로세서, 또는 코-프로세싱 유닛에 내장될 수 있다.

[0174] 기술이 발전함에 따라, 연속 가변 배기량 모드 제어 로직이, 새로운 차량 또는 기관에 제공되는 기관 제어 유닛과 일체로 구성될 것이다. 이는 특히 이로운데, 왜냐하면 ECU가 연속 가변 배기량 모드를 이용하여 기관 성능을 개선하기 위해 이용 가능한 기관의 모든 특징을 이용할 수 있기 때문이다.



- [0175] 현재 구동 중인 차량을 위한(그리고 그 밖의 다른 기존 기관 및/또는 기관 설계를 위한), 연속 가변 배기량 모드를 이용하는 새로운 ECU도 개발될 수 있다. 이러한 ECU가 개발될 때 기존의 기관은, 간단하게 기존의 ECU를, 가변 배기량 모드를 이용하는 개선된 ECU로 대체함으로써, 쉽게 개조될 수 있다.
- [0176] 또는, 현재의 자동차 기관 제어 설계에 친숙한 해당업체 종사자라면 알다시피, 최신 모델의 자동차에서 기관 제어 유닛은, 제 3 자 장치가 상기 기관 제어 유닛과 인터페이스할 수 있도록 구성된다. 이들 인터페이스는 종종, 기관 진단(engine diagnostic)을 촉진시키도록 제공된다. 그러나 다양한 제 3 자 제품들(가령, 터보과급기, 수퍼과급기 등)은, 제조업체의 보증 기간(warranty)을 무효로 하지 않으면서, 기관과 함께 작업하도록 이러한 인터페이스를 이용하도록 설계된 코-프로세서를 포함한다. 바람직하게도, 이들 인터페이스가 사용되어, 연속 가변 제어 로직을 포함하는 저비용 착화 제어 코-프로세서가, 현재 사용 중인 자동차의 연료 효율을 크게 개선시키기 위한 개조로서 설치될 수 있다는 것이다.
- [0177] **착화 제어 코-프로세서(Firing Control Co-Processor)**
- [0178] 도 6을 참조하여, 본 발명의 하나의 실시예에 따르면, 착화 제어 코-프로세서(때때로, 연료 코-프로세서라고 지칭됨)를 포함하는 기관 제어 구조가 기재될 것이다. 기관 제어 시스템(300)은 종래의 기관 제어 유닛(ECU)(305)과 착화 제어 코-프로세서(320)를 포함하며, 상기 착화 제어 코-프로세서(320)는 연속 가변 배기량 모드 제어 로직(가령, 도 2에서 도시된 로직)을 포함한다. 이 설계는, 연속 가변 배기량 동작 모드를 이용하도록 기존 기관을 개조하기에 특히 적합하다.
- [0179] 해당업체 종사자라면 알다시피, 기존 ECU들 및 이들의 각각의 인터페이스의 설계는 상당히 다양할 수 있으며, 따라서 착화 제어 코-프로세서가 기관용으로 제공되는 특정 ECU와 함께 동작하도록 적응되고 설계될 수 있어야 한다. 개념적으로, ECU는, ECU에 의해 요구되는 신호와 센서 입력을 전달하는 복수의 입력 라인을 갖는 입력 케이블(325)과, ECU에 의해 제공되는 제어와 그 밖의 다른 출력을 다른 장치로 전달하는 복수의 출력 라인을 포함하는 출력 케이블(327)을 포함하는 것이 일반적이다. 실제 구현에서, 입력과 출력 케이블은, 입력 라인과 출력 라인을 혼합하는 하나 이상의 케이블 묶음으로 일체 구성되거나, 및/또는 임의의 이중화된(duplexed) I/O 라인을 포함할 수 있다.
- [0180] 최신 모델형 자동차 기관 제어 유닛(ECU)은 제 3 자 장치가 ECU와 인터페이스하는 것을 가능하게 해주는 외부 인터페이스를 갖는다. 종종, 이 인터페이스는 진단 인터페이스의 형태를 갖는다. 도 6에서 도시된 실시예에서 ECU(300)는 외부 진단 인터페이스(310)를 포함하고, 착화 제어 코-프로세서(320)는 진단 인터페이스를 통해 ECU와 통신한다. 특히, ECU 버스 케이블(331)은 착화 제어 코-프로세서(320)를 진단 인터페이스(310)로 연결한다. 입력 케이블(325)은 스플리터(splitter, 333)로 연결되고, 상기 스플리터(333)는 입력 신호를 ECU(305)와 착화 제어 코-프로세서(320)로 전달한다. 따라서 코-프로세서는 자신이 이용 가능한, 즉, ECU가 이용 가능한 모든 정보를 갖는다. 연속 가변 배기량 모드에서 동작할 때, 착화 제어 코-프로세서는 ECU 버스 케이블(331)을 통해 ECU와 통신하고, ECU에 의해 연산된 스로틀 및 연료 분사 레벨 명령을 무효화하며, 대신, 자신이 적합하다고 판단한 착화 및 스로틀 위치를 명령한다. 또한 상기 코-프로세서는 그 밖의 다른 입력(가령, 산소 센서 입력)을 무효화하여 기관의 시스템의 나머지 부분이 올바르게 동작함을 보장할 수 있다.
- [0181] 또 하나의 착화 제어 코-프로세서 실시예가 도 11에서 도시된다. 상기 도시된 실시예에서, 기관 제어 시스템(300(a))은 종래의 기관 제어 유닛(ECU)(305)과, 연속 가변 배기량 모드 제어 로직을 포함하는 착화 제어 코-프로세서(320(a)) 및 멀티플렉서(342)를 포함한다. 이 실시예에서, 착화 제어 코-프로세서(320(a))는 (ECU(305)에 추가로) 분사기 드라이버(injector driver)들로 구성된 세트(각각의 연료 분사기에 대해 하나씩의 분사기 드라이버)를 포함하여, 착화 제어 코-프로세서 자체가 연료 분사기를 구동시킬 수 있다. 이러한 배열에서, ECU(305)와 착화 제어 코-프로세서(320(a))는 동시에 동작하는데, 이때, 각각은 입력 케이블(325)로부터 입력을 수신하고, 둘 모두 적정 기관 제어를 결정하여 이러한 제어가 멀티플렉서(342)로 제공된다. 기관이 연속 가변 배기량 모드로 동작할 때, 멀티플렉서(342)는 착화 제어 코-프로세서(320(a))로부터 수신된 신호를 연료 분사기(및 착화 제어 코-프로세서에 의해 제어되는 그 밖의 다른 임의의 구성요소)로 전달하기 위해서만 연결된다. 기관이 가변 배기량 모드를 벗어날 때마다, 멀티플렉서(342)가 ECU로부터 수신된 신호를 연료 분사기(및 그 밖의 다른 구성요소)로 전달하도록 연결된다. 보통의 배기량 동작 모드와 가변 배기량 동작 모드 모두에서 ECU에 의해 제어되는 임의의 구성요소는 항상 ECU에 의해 직접 제어된다.
- [0182] 연료 분사기 드라이버의 제조 비용이 비교적 높을 수 있는데, 왜냐하면 상기 연료 분사기 드라이버는 (기관 제어기의 맥락에서) 비교적 고전력 장치이기 때문이다. 따라서 본 발명의 분사기 드라이버에 앞서 이뤄지는 멀티플렉싱은 바람직한 특징이다. 실제로, (고전압 또는 고전력 신호를 이용하는) 로직 레벨에서의 멀티플렉싱이 특

히 바람직하다.

- [0183] 도 11의 실시예에서, 착화 제어 코-프로세서(320(a))는 ECU 버스 케이블(331)에 의해 진단 인터페이스(310)를 통해 ECU와 통신하고, 기관이 가변 배기량 모드에서 동작할 때를 위해 정정될 필요가 있는 임의의 입력 신호(가령, 산소 센서 신호)를 무효화하도록 구성된다.
- [0184] 도 15를 참조하여, 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 착화 제어 코-프로세서를 포함하는 또 하나의 기관 제어 구조가 기재될 것이다. 앞선 실시예에서와 같이, ECU(305)가 도착지인 센서 및 그 밖의 다른 입력이 스플리터(splitter, 337)에 의해 쪼개지고, 동시에 연료 코-프로세서(449)에게로 제공된다. 그 후, ECU(305)와 연료 코-프로세서(449) 모두로부터의 출력 제어 신호가 멀티플렉서(454)로 제공된다.
- [0185] 하나의 실시예에서, 연료 코프로세서(449)가 연료 모드 제어 모듈(450)을 포함한다. 상기 연료 모드 제어 모듈(450)이 기관이 연속 가변 배기량(착화 스킵) 모드로 동작해야 하는지의 여부를 결정한다. 연료 모드 제어 모듈(450)의 출력은 멀티플렉서(454)를 제어하는 선택 라인(select line, 452)일 수 있다.
- [0186] 도 15를 참조하여 기재된 실시예에서, 상기 멀티플렉서(454)는 로직 레벨에서 구현된다. 즉, 저전압 디지털 시그널링 라인이 ECU와 연료 코-프로세서(449)에서 멀티플렉서(454)까지 직접 제공된다. 선택 라인(452)은 멀티플렉서(454)에 의해 어느 출력 신호들의 세트가 통과되도록 허용할지를 제어한다. 이러한 디지털 로직 라인의 전압은 일반적으로 6V 이하인 것이 일반적이다.
- [0187] 멀티플렉서(454)에 의해 멀티플렉싱될 신호의 개수는 구현예에 따라 달라질 수 있다. 도 15에서 도시된 예에서, 점화 및 연료 분사에 대한 출력만 도시되어 있고, 이들 라인의 개수도 특정 기관의 실린더의 개수에 따라 달라질 것이다. 선택 라인(452)의 폭은, 멀티플렉싱되는 제어 로직 라인의 개수에 따라 달라질 것이다.
- [0188] 멀티플렉서(454)의 출력이 점화 플러그 드라이버(460)와 연료 분사기 드라이버(456)로 제공된다. 상기 점화 플러그 드라이버(460)는 그들의 입력 제어 신호가 연료 코-프로세서(449)로부터인지, 또는 ECU(305)로부터인지 알 필요가 없다. 점화 플러그 드라이버(460)는 입력 제어 신호를 이용하고, 착화될 점화 플러그에 대해 적정 전기적 임펄스를 발생시킬 것이다. 마찬가지로, 연료 분사기 드라이버(456)는 입력 제어 신호가 연료 코-프로세서(449)로부터인지 ECU(305)로부터인지 알 필요가 없다. 연료 분사기 드라이버(456)는 입력 제어 신호를 이용하고 적정한 전기적 임펄스를 발생시켜, 사용될 하나 이상의 분사기를 동작시킬 수 있다.
- [0189] 연료 코-프로세서(449)에 대한 또 하나의 구성이 지금부터 도 16을 참조하여 설명된다. 이 실시예에서, 연료 코-프로세서(449)와 ECU(305)의 출력 신호는 먼저, 이들 신호에 의해 제어되는 드라이버로 제공된다. 예를 들어, ECU(305)로부터의 연료 분사 제어 신호가 연료 분사 드라이버(470)로 제공되며, 연료 코-프로세서(449)로부터의 연료 분사 제어 신호는 연료 분사 드라이버(472)로 제공된다. 마찬가지로, ECU(305)로부터의 점화 플러그 제어 신호가 점화 플러그 드라이버(476)로 제공되며, 연료 코-프로세서(449)로부터의 점화 플러그 제어 신호가 점화 플러그 드라이버(478)로 제공된다.
- [0190] 그 후, 더 높은 전압 드라이버 제어 신호가 멀티플렉서(474)로 제공되며, 이는 앞서 설명된 바와 같이 선택 라인(452)을 이용하여 연료 모드 제어 모듈(450)에 의해 제어된다.
- [0191] 도 17은 예시적 연료 코-프로세서(449)의 가능한 입력 및 출력 신호 중 일부를 도시한다. 입력 신호 중 일부는 착화-스킵형 착화 패턴의 결정을 위해서만 사용될 수 있고, 일부 입력 신호는 (예를 들어, 연료 모드 제어 모듈(450)에 의해) 연속 가변 배기량 모드에서 동작할지의 여부를 결정하기 위해서만 사용될 수 있으며, 일부 입력 신호는 두 가지 목적 모두를 위해서 사용될 수 있다. 또 다른 입력 신호가 연료 코-프로세서(449)로 제공되어, 기관 제어 유닛으로 전달되기에 앞서서, 조정되거나 무효화될 수 있다.
- [0192] 연료 코-프로세서(449)의 드라이브 펄스 발생기의 입력으로서 가속기를 이용하는 것이 앞서 설명된 바 있다. 가속기 입력 신호가 페달, 레버 또는 그 밖의 다른 가속기 위치 센서로 제공될 수 있다. 일부 경우에서, 가속기는 일반적으로 스로틀이라고 지칭될 수 있다. 그러나 실제 스로틀 위치 센서는 연료 코-프로세서(449)로의 별도의 입력이다.
- [0193] 연료 코-프로세서(449)를 위한 그 밖의 다른 입력으로는, 하나 이상의 램다 센서(또한 산소( $O_2$ ) 센서라고도 지칭됨), 크랭크축 및 캠축 각도 센서, 냉각제, 흡입 및 배출 가스 온도 센서, 버터플라이 밸브의 위치를 감지하는 스로틀 위치 센서, 질량 공기 유량 센서, 흡입 및 배출 다기관 압력 센서가 있다. 추가적인 입력 신호는 클러치, 브레이크 및 정속 주행 제어 센서가 있다. 일반적으로 클러치와 브레이크 센서는 차량 제어를 위한 2원 상태(체결/해제(engaged/disengaged))를 보고한다. 일반적으로, 대부분의 센서는 시간에 따라 감지되는 매개변

수를 나타내는 아날로그 신호를 출력하지만, 대부분의 센서의 디지털 구현도 가능하다.

- [0194] 하나의 실시예에서, 연료 코-프로세서(449)는 연료 분사 드라이버 및 불꽃 점화 플러그 드라이버로 제어 신호를 출력한다. 연속 가변 배기량 모드가 이들 제어 신호를 이용하여 구현되어, 작업 사이클 별로 어느 분사기 및 불꽃 점화 플러그가 활성화될지를 식별할 수 있다.
- [0195] 연료 코-프로세서(449)의 그 밖의 다른 출력은 복제되고 무효화된 센서 신호를 포함할 수 있다. 예를 들어, 연료 코-프로세서(449)가 ECU(305)에 따르는 경우, 입력 센서 신호가 ECU(305)로 제공될 수 있다. 덧붙이자면, 앞서 언급된 바와 같이, ECU(305)가 연료 코-프로세서(449)에 의해 고의적으로 생성된 조건에 반응하는 것을 막기 위해, 일부 센서 판독치는 ECU(305)로 제공되기에 앞서서 무효화(overwritten), 즉, 위조될 필요가 있을 수 있다.
- [0196] 연료 코-프로세서(449)의 또 하나의 출력은, 연속 가변 배기량 모드에서 동작할지의 여부를 가리키는 연료 모드 제어 신호이다. 도 15 및 16에서 도시된 바와 같이, 이 신호가 사용되어, ECU(305) 및 연료 코-프로세서(449)로부터의 다양한 제어 라인들 중에서 선택하는 멀티플렉서(454)를 제어할 수 있다.
- [0197] 덧붙여, 연료 코-프로세서(449)는 복수의 입력/출력 인터페이스를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 연료 코-프로세서(449)의 진단, 데이터 분석, 설정과 구성을 수행하기 위한 사용자 인터페이스, FPGA(field programmable gate array)를 이용하여 구현되는 경우 연료 코-프로세서(449)의 저레벨 설정을 가능하게 하기 위한 FPGA 프로그래밍 인터페이스를 포함할 수 있다. 또한 연료 코-프로세서(449)는 추가적인 주변 차량 제어 또는 분석 장치의 연결을 가능하게 해주는 확장 버스(expansion bus)도 포함할 수 있다.
- [0198] 착화 제어 코-프로세서는 단일 칩 솔루션(single chip solution), 또는 칩 셋(chip set), 또는 보드 레벨 솔루션(board level solution)으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나의 실시예에서, 착화 제어 코-프로세서는 마더보드 및 상기 마더보드와 인터페이싱하는 도터보드(daughterboard)를 포함할 수 있다. 개념적으로, 마더보드는 다양한 여러 다른 기관과 함께 사용될 수 있는 비교적 일반적인 기관 제어기이도록 의도된다. 도터보드는 특정 기관과 함께 사용되기 위해 맞춤 구성된 유닛이도록 의도되며, 특정 기관과 마더보드 간 적정 인터페이스를 제공하도록 설계된다. 바람직하게는, 마더보드와 도터보드 각각이 하나의 단일 칩 솔루션으로 구현될 수 있다. 그러나 이러한 집적 수준이 달성되지 않는 경우, 둘 중 하나, 또는 둘 모두가 칩 셋으로 구현되거나, 회로 기판 수준으로 구현될 수 있다. 마더보드/도터보드 구조는, 여러 다른 기관에 대한 연료 프로세서의 더 빠른 개발을 촉진한다. 왜냐하면, 핵심 기능을 제공하는 마더보드는 여러 다른 기관과 사용되지 위해 재-설계될 필요가 없기 때문이다. 오히려, 도터보드만 특정 기관 또는 차량 등과 함께 사용되게 적응될 필요가 있다.
- [0199] 착화 제어 코-프로세서의 특정 배선이 도 6 및 11에서 도시되었지만, 그 밖의 다른 다양한 배선이 사용될 수 있음이 자명하다. 예를 들어, 입력 신호 중 일부는 착화 제어 코-프로세서의 동작과 무관할 수 있기 때문에, 스플리터(333)는 입력 신호 중 일부를 착화 제어 코-프로세서(320)로 전달하는 것만 하도록 설계될 수 있다. 이 대신, 또는 이에 추가하여, 착화 제어 코-프로세서에 의해 수정되도록 의도된 입력 신호가 코-프로세서로의 입력이 되도록 연결되고, 그 후, (잠재적으로) 수정된 신호가 착화 제어 코-프로세서에서 ECU로 제공될 수 있다. 즉, 착화 제어 코-프로세서는 입력 신호의 일부, 또는 전부를 가로채서(intercept), 이들 신호의 일부를, ECU로 전달되기 전에 적절하게 수정할 수 있다는 것이다.
- [0200] 또 다른 실시예에서, 출력 라인의 일부 또는 전부가 ECU가 아닌, 연료 코-프로세서로 연결될 수 있다. 이는 착화 제어 코-프로세서가 기관의 모든 동작에서 착화 패턴을 결정하도록 설계된 구현예에서 특히 적합하다.
- [0201] 앞서 설명된 대부분의 착화 제어 코-프로세서 실시예에서, 착화 제어 코-프로세서는 기관 제어 유닛과는 별도의 장치로서 생성된다. 이러한 장치 배열은 많은 경우에서 적합하다. 그러나 장기적으로는, 본 발명의 착화 스킵 가변 배기량 제어를 ECU 칩에 이식하는 것이 바람직할 것이다. 본 발명의 착화 스킵 가변 배기량 방식을 구현하기 위해 필요한 로직은 비교적 특수하지만, 착화 제어 코-프로세서 블록이, 그 밖의 다른 ECU 기능도 포함하고 있는 단일 집적 회로 다이로 일체 구성되는 것이 바람직할 수 있는 많은 경우에서 여러 다른 기관을 제어하기 위해 동일한 로직 블록이 사용될 수 있다. 이는 일부 마이크로프로세서 칩이 산술(math) 코-프로세서를 동일한 다이에 집적하는 것으로부터 유추될 수 있다. 집적된 ECU/착화 제어 코-프로세서 구조는 본 발명의 착화 스킵 기관 제어를 구현하기 위한 비용을 n개로 감소시키는 데 기여할 수 있다.
- [0202] **전자 밸브 - 그리고 2분의1 사이클로 동작하기**
- [0203] 종래의 4-행정 왕복 운동 피스톤 기관에서, 각각의 피스톤의 작업 사이클은 피스톤의 두 번째 왕복 운동 후(가령, 피스톤의 0, 2, 4, 6, 8...번째 왕복 운동 후)마다 시작할 수 있다. 밸브를 개방하고 폐쇄하기 위해 종래의

캠축을 이용하는 기관의 경우, 연속 가변 배기량 모드에서도 그렇다. 즉, 하나 이상의 작업 사이클이 스킵될 때조차, 흡입 밸브가 크랭크축의 왕복 운동 하나 걸러마다 개방될 수 있다. 그러나 일부 더 최근의 기관 설계는 구성요소로서 전자 밸브(기계적이 아닌 전자적으로 개방되고 폐쇄되는 밸브)를 갖는다. 이러한 기관에서, 임의의 희망 시점에서 밸브를 개방하는 것이 가능하다. 전자 밸브를 갖는 기관이 기관의 작업 사이클을 스킵하는 가변 배기량 모드로 동작할 때, 본질적으로 작업 사이클의 개시를, 기관의 하나 걸러 왕복 운동으로 제한할 필요가 없다. 즉, 정수 개의 작업 사이클(가령, 1, 2, 3 ... 개의 작업 사이클)을 스킵하는 것으로 제어기를 제한하는 것보다, 제어기가 2분의1 작업 사이클(가령,  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3 ... 개의 작업 사이클)까지도 스킵하도록 구성될 수 있다는 것이다. 이는 기관의 동작을 매끄럽게 하고, 기관의 정교함과 반응성을 개선한다. 또한 2분의1 사이클에서 시작할 수 있음으로써, 드라이브 펄스 신호에서 형성될 수 있는 패턴을 끊는 데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 도 4를 참조하여 앞서 설명된 단순한 순차 시퀀서가 착화 패턴을 발생시키도록 사용되는 경우, 시퀀서에 의해, 하나의 작업 사이클의 중간 점이라고 여겨질 곳에서 “다음 번” 작업 사이클이 시작될 수 있다. 4-행정 피스톤 기관에서, 이는 어떠한 횟수의 피스톤 왕복 운동 후라도(가령, 홀수 번째 피스톤 왕복 운동 후라도) 작업 사이클이 개시될 수 있음을 의미한다. 이와 달리, 전통적인 4-행정 피스톤 기관의 작업 사이클은 홀수 번째 피스톤 왕복 운동 후에만 개시될 수 있다. 물론, 더 긴(가령, 6 행정) 작업 사이클을 갖는 피스톤 기관에도 동일한 원리가 적용된다.

[0204] 작업 사이클의 2분의1 사이클(또는 부분 사이클) 개시 방식은, 임의의 때에 밸브를 선택적으로 개방하고 폐쇄할 수 있는 임의의 기관에서 사용될 수 있다. 전자적으로 제어되는 밸브를 갖는 기관이 현재 이를 할 수 있는 유일한 상업적으로 이용 가능한 기관이다. 그러나 자기, 전자기, 기계, 또는 밸브의 개방과 폐쇄를 제어할 수 있는 그 밖의 다른 적합한 기법을 이용하는 그 밖의 다른 밸브 제어 기술이 개발되는 경우, 이들 역시 쉽게 이용될 수 있다.

[0205] 밸브의 개방 및 폐쇄의 타이밍에 대한 제어가 제공될 때, 상기 밸브는 스킵된 작업 사이클 동안은 폐쇄 상태로 유지될 수 있다. 왜냐하면, 이들은 현재 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관이기 때문이다. 또는 펌프 손실(pumping loss)을 감소시키는 데 기여하고자, 정규 착화되는 실린더와는 다른 시퀀스로 밸브를 개방하고 폐쇄하는 것이 바람직할 수 있다.

[0206] 기관의 어떠한 왕복 운동 동안에도 작업 사이클을 시작할 수 있는 것은 종래의 기관 설계에서 가능한 동작과는 현저히 차이 나는 것이다.

[0207] **가변 클록을 이용하는 시그마 델타 제어기(Sigma Delta Controller with Variable Clock)**

[0208] 앞서 설명된 바와 같이, 다양한 적응 예측 제어기(가령, 다양한 여러 가지 시그마 델타 제어기)가 드라이브 펄스 발생기(104)에서 사용될 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 시그마 델타 제어 회로(202)에서 가변 클록이 사용될 수 있다. 비교기(comparator)를 위해 기관 속도를 기초로 하는 가변 클록을 이용하는 것은 시그마 델타 제어 회로의 출력을 기관의 동작과 더 잘 동기화시킨다는 이점을 갖는다. 이는, 드라이브 펄스 발생기의 동기화부의 전체 설계를 단순화시키는 데 기여할 수 있다.

[0209] 도 7을 참조하여, 가변 클록 시그마 델타 제어기(202(b))를 구성요소로서 포함하는 드라이브 펄스 발생기의 대안적 실시예가 기재될 것이다. 드라이브 펄스 발생기(104(b))는 도 3을 참조하여 앞서 언급된 바 있는 드라이브 펄스 발생기(104(a))와 매우 유사한 구조를 가진다. 그러나 이 실시예에서, 비교기(216)로 제공되는 클록 신호(217(b))는 기관 속도를 기반으로 하는 가변 클록 신호이다. 기관 속도의 지시자(indication)(가령, 회전속도계의 신호)에 의해 구동되는 위상 고정 루프(234)를 이용하여, 상기 클록 신호가 기관 속도와 동기화되는 것이 일반적이다. 앞서 언급된 바와 같이, 시그마 델타 제어기가 샘플링 레이트를 갖고, 따라서 동기화기(222)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 패턴의 희망 주파수보다 실질적으로 더 높은 출력 신호(240(b))의 주파수를 갖는 것이 바람직하다. 다시 말하자면, 오버샘플링의 정도는 다양할 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 희망 드라이브 펄스 주파수의 100배 정도의 오버샘플링 레이트가 적당하며, 따라서, 본 실시예에서, 분주기(divider, 252)가 동기화기 로직으로 제공되는 클록 신호(230)를, 100의 인수로 나누도록 구성되며, 분주기(252)의 출력은 비교기(216)를 위한 클록으로서 사용된다. 이러한 배열에 의해, 비교기(216)의 출력은 동기화기(222)에 의해 출력되는 드라이브 펄스 패턴의 주파수의 100배의 주파수를 가질 수 있다. 물론, 그 밖의 다른 실시예에서, 분주기는 신호를, 충분히 오버샘플링을 제공하는 임의의 정수로 나누도록 구성될 수 있다. 또 다른 형태에서, 시그마 델타 제어기(202)의 다른 구성요소가 도 3과 관련하여 앞서 설명된 바와 동일할 수 있다. 또한, 앞서 설명된 동기화기(222) 및/또는 시퀀서(108)의 설계, 도는 그 밖의 다른 다양한 동기화기 및 시퀀서의 설계가 가변 클록 시그마 델타 제어기(202(b))와 함께 사용될 수 있다. 시그마 델타 제어기(202)의 출력을 기관 속도와 동기화하는 것의 한 가



지 이점은 더 단순한 동기화기 설계를 가능하게 한다는 것이다.

#### [0210] 멀티-비트 비교기 출력을 이용하는 시그마 델타 제어기

[0211] 앞서 설명된 바와 같이, 일부 실시예에서, 감소된 에너지 실린더 착화를 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 감소된 에너지 착화는 다양한 목적으로 사용될 수 있는데, 가령, 바람직하지 않은 진동의 확률을 감소시키는 데 기여하기 위해, 또는 제어를 미세 조정하는 데 기여하기 위해, 또는 아이들 상태 동안(또는 저 기관 속도 동안)의 동작을 촉진시키기 위해 사용될 수 있다. 감소된 에너지 착화를 촉진시키기 위해, 드라이브 펄스 발생기(104)는 드라이브 펄스 패턴으로 일부 부분 드라이브 펄스를 생성하여 감소된 에너지 착화가 바람직할 때를 가리킬 수 있다.

[0212] 도 8을 참조하여, 멀티-비트 시그마를 출력하는 시그마 델타 제어기의 변형예가 기재될 것이다. 도시된 실시예에서, 시그마 델타 제어기의 멀티 비트 출력은 동기화기(222)에 의해 사용되어, 부분 드라이브 펄스를 발생시킬 수 있다. 이 실시예에서, 시그마 델타 제어기(202(c))는 앞서 언급된 임의의 실시예와 유사한 설계를 가질 수 있다. 그러나 비교기(216(c))는 멀티-비트 신호(240(C))를 출력하도록 구성된다. 앞서 기재된 실시예에서, 비교기(216(c))는 2비트 비교기이며, 따라서 출력 신호(240(c))는 2비트 신호이다. 그러나 그 밖의 다른 실시예에서, 더 높은 비트 출력 신호(240(c))를 도출할 더 높은 비트 비교기가 제공될 수 있다. 사용되는 실제 비트 수는 임의의 특정 적용예의 필요사항에 따라 달라질 수 있다.

[0213] 멀티-비트 출력 신호의 다양한 상태는 각각, 연계된 의미를 갖도록 설정될 수 있다. 예를 들어, 2비트 비교기에서, 0,0 출력 신호는 0 출력을 반영할 수 있으며, 1,1 출력 신호는 완전 신호 출력(full signal output)(가령, 1)일 수 있으며, 0,1은  $\frac{1}{4}$  신호를 나타내고, 1,0은  $\frac{1}{2}$  신호를 나타내도록 구성될 수 있다. 물론, 2-비트 비교기는, 다양한 상태가 앞서 언급된 0,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  및 1의 레벨 외의 다른 레벨을 나타내도록 할 수 있다. 더 높은 차수의 비교기에서, 훨씬 더 많은 상태가 이용 가능할 것이다. 예를 들어, 3-비트 비교기의 경우, 8개의 상태가 이용 가능할 것이며, 4-비트 비교기(16)의 경우 16개의 상태가 이용 가능할 것이다.

[0214] 멀티-비트 비교기 시그마 델타 설계에 친숙한 해당업계 종사자라면 알다시피, 비교기(216(c))는 non-zero 샘플의 임의의 퍼센트율을 중간 레벨 신호로서 출력하도록 구성될 수 있다. 부분 에너지 드라이브 펄스 및 감소된 에너지 착화에 대한 요청에 대응함에 따라 이들 중간 신호는 동기화기(222)와 시퀀서(208)에 의해 처리될 수 있다. 예를 들어, 시그마 델타 제어기(202(c))가 동기화기(222(c))가 드라이브 펄스를 발생시킬 정도로 충분히 긴 2분의1( $\frac{1}{2}$ ) 레벨 출력 신호들의 스트링(string)을 출력하는 경우, 출력된 드라이브 펄스는 2분의1 드라이브 펄스일 수 있다. 그 후, 시퀀서(108(c))에 의해 2분의1 에너지 드라이브 펄스가 사용되어, 2분의1 에너지 착화가 지시될 수 있다. 그 밖의 다른(가령, 4분의1) 레벨의 출력 신호를 위해 동일한 유형의 로직이 사용될 수 있다. 비교기 출력이 멀티-비트 출력일 때, 동기화기 및 시퀀서는 대응하는 멀티-비트 신호를 취급하고 출력하도록 구성될 수 있다.

[0215] 멀티-비트 비교기 시그마 델타 제어기는 동일한 상태를 갖는 심볼들의 확장된 스트링을 발생하도록 구성되는 것이 일반적이다. 따라서 앞서 언급된 임의의 일반적인 시퀀서 로직이 동기화기(222(c))로 제공되는 신호(240(c))와 동일한 상태를 갖는 드라이브 펄스를 출력하도록 사용될 수 있다. 즉, 동기화기에 의해 출력되는 드라이브 펄스는, 드라이브 펄스의 발생을 야기할 동기화기로 입력되는 신호(240(c))의 레벨과 정합되도록 구성될 수 있다.

[0216] 다시 말하자면, 동기화기(222(c))의 로직은 임의의 특정 적용예의 필요사항을 충족시키도록 최적화 및/또는 변형될 수 있다. 일부 적용예에서, 바람직한 방식으로 특정 상황을 해결하기 위해 더 정교한 동기화기 로직을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 동기화기로 입력되는 신호(240)가 높은 레벨에서 낮은 non-zero 레벨로 변이하고, 이 낮은 non-zero 레벨은 드라이브 펄스 주기의 끝에서 유지되는 경우, 여러 다른 로직이 제공될 수 있다. 일부 구현예에서, 이러한 상황에서는 낮은 레벨의 드라이브 펄스 출력을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 마찬가지로, 신호가 낮은 non-zero 레벨에서 높은 non-zero 레벨로 변이할 때, 이러한 상황에서 발생한 것을 가리키기 위한 특정 로직을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0217] 기관의 열역학적 효율(그리고 연료 효율)은 작업 챔버가 그들의 최적 효율로 동작할 때 최고일 것임이 자명하다. 따라서 특정 요구사항이 없는 한, 너무 많이 감소된 에너지 착화를 갖는 것은 일반적으로 바람직하지 않다. 그러나 제어 관점에서 볼 때 감소된 에너지 착화가 바람직할 수 있는 경우가 있다. 기관이 더 높은 기관 속도로 동작 중일 때 일반적으로 감소된 에너지 착화의 수는 비교적 낮은 것이 바람직하다(가령, 20% 이하, 더 바람직하게는 10% 이하). 감소된 에너지 착화의 최종 개수가 희망 범위 내에 있음을 보장하기 위한 노력으로,

비교기(216(c))는 이러한 퍼센트율의 중간 신호를 출력하도록 쉽게 설계될 수 있다.

[0218] 또한, 중간 비교기 출력 신호 및/또는 출력될 부분 드라이브 펄스의 퍼센트율을 결정할 때, 비교기 및/또는 동기화기 로직이 기관 속도 및/또는 기관의 동작 상태(가령, 냉시동 등)를 고려하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 기관이 아이들 상태이거나 냉시동 중일 때, 비교기로부터 중간 신호만 출력하여, 이 상황에서는 부분 드라이브 펄스만 발생되도록 하는 것이 바람직할 수 있다. 비교기 및/또는 동기화기 로직이 여러 다른 희망 동작 규칙에 순응하도록 구성될 수 있다.

[0219] **차동 시그마 델타 제어기**

[0220] 또 다른 실시예에서, 차동 시그마 델타 제어기가 사용될 수 있다. 이러한 실시예에서, 동기화기는 시그마 델타 제어기에 의해 출력되는 차동 신호를 바탕으로 드라이브 펄스 패턴을 발생시키도록 구성될 수 있다. 다양한 차동 시그마 델타 제어기가 사용될 수 있으며, 일반적으로 이들은 가변 클럭 및/또는 멀티-비트 비교기 출력 특성을 포함할 수 있다. 차동 시그마 델타 제어기의 한 가지 이점은 이들이 비-차동 시그마 델타 제어기보다 훨씬 더 매끄러운 성능을 제공하도록 구성될 수 있다는 것이다.

[0221] 일부 환경에서, 묵시적 차동 시그마 델타라고 일컬어지는 모드로 동작하는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 모드에서, 동기화기 또는 시퀀서(또는 둘 모두)는 한 번에 하나의 드라이브 펄스 및/또는 챔버 착화로 제한된다. 즉, 이 모드에서, 각각의 착화된 작업 챔버 후에, 스킵된 착화 기회가 뒤 따르는 것으로 제한(및/또는 각각의 드라이브 펄스 후에 널 펄스가 뒤 따르는 것으로 제한)된다. 이러한 묵시적 차동 시그마 델타는, 희망 기관 출력을 전달하기 위해 기관이 착화 기회의 50%보다 상당히 낮은 레벨로 동작할 때 특히 유용한데, 왜냐하면, 요구되는 출력이 비교적 낮을 때 2번의 착화가 잇달아 발생하지 않음을 보장함으로써, 기관 출력이 더 매끄러워질 수 있기 때문이다.

[0222] 자동차 기관은 종종, 기관이 전달할 수 있는 파워의 비교적 작은 비율(가령, 10-25%)을 요구하는 상태 하에서 동작된다. 이러한 유형의 동작 상태에서 묵시적 차동 시그마 델타 접근법은 특히 유용하다. 일부 구현예에서, 일부 동작 상태 동안은 묵시적 차동 시그마 델타 모드로 기관을 동작시키고, 또 다른 동작 상태 동안은 다른 유형의 연속 가변 배기량 모드로 동작시키며, 또 다른 동작 상태 동안은 종래의 동작 모드로 동작시키는 것이 바람직할 수 있다. 물론 다양한 동작 모드의 개수와 속성은 다양하게 변형될 수 있다. 따라서 기관 제어기는 여러 다른 동작 상태 동안 다양한 동작 모드로 동작하도록 구성될 수 있는 것이 일반적이다.

[0223] 또한 묵시적 차동 시그마 델타에 의해 제공되는 제약사항이 다양하게 변형될 수 있다. 예를 들어, 낮은 기관 출력이 요구될 때, 각각의 착화 후 둘 이상의 착화 기회를 스킵하는 것으로 착화 패턴을 제한하는 것이 바람직할 때가 있을 수 있다. 다른 경우, 2번의 착화가 잇달아 발생하는 것(그러나 3번의 착화는 아니다)이 바람직할 수 있다. 또 다른 경우, 착화와 임의의 지정된 개수의 스킵이 잇달아 발생할 필요가 있는 것이 바람직할 수 있다. 일반적으로, 희망 기관 출력을 제공하기 위해 바람직하다고 판단된 다양한 방식으로, 시퀀서 또는 동기화기에 의해 특정 기관에 대한 착화 패턴이 제한될 수 있으며, 이러한 제한은 기관에 가해지는 하중, 스킵에 대한 착화의 전체 비, 또는 특정 기관의 제어를 위해 적정한 그 밖의 다른 임의의 인자에 따라 달라지도록 구성될 수 있다.

[0224] **디지털 시그마 델타 제어기**

[0225] 앞서 언급된 바와 같이, 디지털 시그마 델타 제어기도 사용될 수 있다. 이러한 하나의 실시예가 도 9에 도시되어 있으며, 디지털 3차 시그마 델타 제어 회로(202(c))가 도시되어 있다. 이 실시예에서, 가속기 페달 위치 표시자 신호가 제 1 디지털 적분기(304)로 입력된다. 제 1 디지털 적분기(304)의 출력이 제 2 디지털 적분기(308)로 제공되며, 제 2 디지털 적분기(312)의 출력이 제 3 디지털 적분기(314)로 제공된다. 제 3 디지털 적분기(314)의 출력이 비교기(116)로 제공되며, 상기 비교기(116)는 앞서 아날로그 시그마 델타 회로와 관련하여 언급된 단일 비트 또는 멀티-비트 비교기와 동일한 방식으로 동작하도록 구성될 수 있다. 도 9에서 도시된 실시예에서, 제 1 디지털 적분기(304)는 안티-앨리어싱 필터(anti-aliasing filter)로서 효과적으로 기능할 수 있다.

[0226] 음성 피드백(negative feedback)이 3개의 디지털 적분기 스테이지(304, 308 및 314) 각각으로 제공된다. 상기 피드백은 비교기(116)의 출력, 동기화기 로직(222)의 출력 및 시퀀서(126)의 출력 중 하나, 또는 둘 이상의 임의의 조합으로부터 시작할 수 있다. 각각의 스테이지 피드백은 L, M 및 N의 곱셈 인수를 갖는다.

[0227] 앞서 설명된 아날로그 시그마 델타 제어 회로와 마찬가지로, 디지털 시그마 델타 제어 회로의 주 입력은 가속기 위치(113)의 표시자, 또는 원하는 출력을 위한 그 밖의 다른 임의의 적합한 프록시일 수 있다. 본 실시예에서 바람직하지 않은 톤의 발생 가능성을 낮추기 위해, 앞서 설명된 바와 같이, 원하는 출력 신호(113)는 의사

랜덤 디터 신호(246)와 조합된다.

[0228] 아날로그 동작과 디지털 동작의 주요한 차이는 아날로그 시그마 델타의 적분기가 계속 활성 상태인 것에 비해, 일반적으로 디지털 적분기는 각각의 클록 사이클의 도입부에서만 활성 상태라는 것이다. 일부 구현예에서, 클록을, 앞서 다양한 아날로그 시그마 델타 설계와 관련하여 설명된 고정 및 가변 클록과 매우 흡사하게 매우 고속으로 구동시키는 것이 바람직할 수 있다. 그러나 이는 필수사항이 아니다. 궁극적으로 바람직한 출력은 제어되는 착화 기회와 동일한 주파수를 갖기 때문에, 클록은 착화 기회와 동기화될 수 있으며, 이로 인해 동기화 및/또는 시퀀서가 필요하지 않을 수 있다(또는 동기화 및/또는 시퀀서의 기능을 단순화시킬 수 있다). 따라서 디지털 제어가 사용될 때, 클록을 착화 기회가 제어되는 주파수로 구동시킴으로써, 제어기 설계가 단순화될 수 있다.

[0229] 아날로그 제어기와 디지털 제어기가 설명되었지만, 그 밖의 다른 구현예에서, 하이브리드형 아날로그/디지털 시그마 델타 제어기가 제공되는 것이 바람직할 수 있다. 하이브리드형 아날로그/디지털 제어기에서, 시그마 델타 제어기의 스테이지들 중 일부가 아날로그 구성요소로 형성되고, 나머지는 디지털 구성요소로 형성될 수 있다. 하이브리드형 아날로그/디지털 시그마 델타 제어기의 한 가지 예에서, 제 1 디지털 적분기(304)를 대신하여, 아날로그 적분기(204)가 제 1 스테이지로서 사용된다. 그 후, 제 2 및 제 3 적분기가 디지털 구성요소로 형성된다. 물론, 그 밖의 다른 실시예에서, 여러 다른 개수의 스테이지가 사용될 수 있고, 디지털 적분기에 대한 아날로그 적분기의 상대적 개수가 달라질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 디지털 또는 하이브리드 차동 시그마 델타 제어기가 사용될 수 있다.

[0230] **단일 실린더 변조 착화 스킵(Single Cylinder Modulation Skip Fire)**

[0231] 도 12를 참조하여, 본 발명의 또 하나의 실시예에 따르는 기관 제어 유닛(400)이 기재될 것이다. 이 실시예는 앞서 기재된 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식 및 상기 방식의 다양한 변형을 구현할 때 사용되기에 특히 적합하다. 도시된 실시예에서, 가속기 페달 위치의 표시자(113)(또는 희망 출력의 그 밖의 다른 적정 표시자)가 선택적 저역 통과 필터(low pass filter, 402)로 제공된다. (본 발명의 임의의 다른 실시예와 함께 사용될 수도 있는) 저역 통과 필터는 원하는 출력 신호에서의 초단(가령, 고주파수) 변동(variation)을 매끄럽게 하기 위한 것이다. 이러한 유형의 변동은, 예를 들어, 도로의 진동이나 그 밖의 다른 요인으로 인한 운전자의 발 위치의 떨림(jitter)에 의해 유발될 수 있다. 저역 통과 필터가 사용되어, 이러한 떨림이나 입력 신호(113)에서의 그 밖의 다른 의도되지 않은 고주파수 변동을 감소, 또는 제거할 수 있다.

[0232] 그 후, 원하는 출력의 필터링된 표시자가 나머지 계산기(residual calculator, 404)로 제공되며, 상기 나머지 계산기가 입력 신호를 이용 가능한 실린더의 개수로 효과적으로 나눈다. 예를 들어, 기관이 6개의 실린더를 갖는 경우, 입력 신호는 6으로 나뉜다. 나머지 계산기는, 결과가 정수와 나머지를 포함하도록, 스케일링될 수 있다. 일반적으로, 정수 출력(406)은 내내 착화될 실린더의 개수에 대한 표시자로서 제어기에 의해 사용될 수 있고, 나머지 출력(407)은 변조된 실린더를 제어하기 위해 사용될 수 있다. 분주기는, 출력이 기관에 대한 바람직한 동력 출력 범위를 제공하도록, 적절하게 스케일링되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 최대 동력이 희망될 때(가령, 가속기 페달이 완전히 눌렸을 때), 분주기는 기관 내 실린더의 개수와 동일한 정수를 출력하고 나머지는 출력하지 않도록 스케일링될 수 있다. 물론, 그 밖의 다른 구현예에서, 스케일링은 서로 다를 수 있으며, 바람직한 경우 비선형 분주기(non-linear divider)가 사용되거나, 그 밖의 다른 구성요소가 스케일링 또는 그 밖의 다른 변동에 대해 보상하도록 조정될 수 있다.

[0233] 도시된 실시예에서, 나머지 계산기의 정수 출력(406)이 분사 제어기(440)로 제공되고, 나머지 출력(407)이 변조된 작업 챔버 제어기(405)로 제공된다. 더 구체적으로, 나머지는 작업 챔버 제어기(405)에 포함되어 있는 곱셈기(410)로 제공된다. 상기 곱셈기(410)는 나머지 신호에, 기관에서 이용 가능한 실린더의 개수와 동일한 인수를 곱한다. 예를 들어, 통상의 6 실린더 기관의 경우, 곱셈기는 나머지에 6이라는 인수를 곱할 수 있다. 그 후 곱셈기(410)의 출력이 드라이브 펄스 발생기를 위한 제어 입력으로서 사용된다. 드라이브 펄스 발생기는 임의의 적합한 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 본 실시예에서, 드라이브 펄스 발생기는 앞서 기재된 것과 같지만 다른 클록 신호를 사용하는 디지털 3차 시그마 델타 제어기의 형태를 갖는 적응 예측 제어기(420)를 포함한다. 물론, 다른 실시예에서, 곱셈기는 생략될 수 있으며, 시그마 델타 제어기(420)는 원하는 출력을 제공하도록 적절하게 스케일링될 수 있다.

[0234] 이 실시예에서, 곱셈기(410)의 출력이 제 1 디지털 적분기(304)로 입력된다. 바람직한 경우, 제 1 디지털 적분기(304)에 앞서서, 선택적 의사 랜덤 디터가 곱셈기의 출력과 조합될 수 있다. 제 1 디지털 적분기(304)의 출력이 제 2 디지털 적분기(308)로 제공되며, 제 2 디지털 적분기(308)의 출력이 제 3 디지털 적분기(314)로 제공된

다. 앞서 도 9를 참조하여 언급된 바와 마찬가지로, 제 3 디지털 적분기(314)의 출력이 비교기(116)로 제공된다. 유사한 특징에 대한 설명이 항상 반복되는 것은 아니다. 비교기(116)의 출력이 래치(latch, 430)로 제공되며, 상기 래치(430)는 드라이브 신호를 분사 제어기(440)로 전달한다. 또한 비교기 출력이 음성 입력(negative input)으로서 제 1 디지털 적분기(304)로 제공된다. 시그마 델타 제어기(420) 및 래치(430)로 제공된 클록 신호는 변조된 실린더의 착화 기회와 동기화된다. 이러한 구성을 이용하여, 래치(430)의 출력이 변조된 실린더에 대한 드라이브 펄스 패턴(442)으로서 사용될 수 있다. 래치를 포함하지 않는 실시예에서, 비교기(116)의 출력이 직접 드라이브 펄스 패턴으로서 사용될 수 있다. 이는 도 9의 실시예에서 사용된 것과 같이, 동기화기의 필요성을 제거한다.

[0235] 앞서 기재된 대부분의 실시예에서, 고주파수 클록이 사용된다. 이와 달리, 도 12의 실시예는 제어되는 실린더의 착화 기회의 주파수와 동기화되는 초저주파수 클록을 이용한다. 따라서 임의의 주어진 때에서, 시그마 델타 제어기(420)가 단 하나의 실린더를 제어하는 중이라면, 제어되는 실린더의 각각의 착화 기회마다 단 하나의 클록 사이클이 발생하도록, 클록은 제어 중인 상기 단일 실린더의 착화 기회와 동기화되는 주파수를 가질 것이다. 또 다른 실시예에서, 제어기(420)가 둘 이상의 실린더(가령, 2개의 실린더, 3개의 실린더, 모든 실린더 등)의 착화를 제어하고 있을 때, 클록 주파수는 제어되는 모든 실린더의 착화 기회의 주파수와 정합될 수 있다.

[0236] 본 실시예에서, 나머지 계산기(404)의 정수 출력(406)과 드라이브 펄스 패턴(442)의 신호는 모두 분사 제어기(440)로 제공된다. 분사 제어기(440)는 간단한 시퀀서로서 기능하며, 연료 분사 드라이버(444)를 제어한다. 분사 제어기의 로직이 분사 제어기의 정수 출력에 의해 식별된 실린더의 개수와 동일한 수의 실린더의 세트를 항상 착화하도록 구성된다. 덧붙이자면, 드라이브 펄스 패턴(442)에 의해 지시된 패턴에서 하나의 사이클이 착화된다. 실린더 세트의 나머지는 착화되지 않는다. 착화되는 실린더 세트의 특정 실린더는 바람직한 기관 진동과 열 관리 특성을 제공하는 방식으로 선택되는 것이 바람직하다. 다수의 구현예에서, 시간에 걸쳐 착화된 실린더 세트의 실린더를 주기적으로 변경하도록 분사 제어기(440)를 구성하는 것이 바람직할 것이다. 착화되는 실린더 세트 내 특정 실린더를 주기적으로 변경하는 것에 대한 몇 가지 잠재적 이점이 존재한다. 일부 기관 설계 시 중요할 한 가지 고려사항은 기관의 열 관리(thermal management)이다. 내내 착화되는 실린더와 내내 스킵되는 실린더 간에 상당한 온도 차이가 존재할 것이다. 비교적 차가운 공기가 스킵된 실린더를 통해 펌프되는 경우 이러한 차이는 더 증폭된다. 또한 온도 차이는 배출에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기관이 허용될 수준의 열적 균형(thermal balance)을 유지함을 보장하기 위해, 스킵되는 실린더 세트와 항상 착화되는 실린더 세트 내 특정 실린더들을 때때로 변경하는 것이 바람직할 수 있다.

[0237] 착화 실린더 세트 내 실린더를 주기적으로 변경하기 위한 또 다른 이유가 있다. 예를 들어, 시간에 따라 모든 실린더가 거의 동일한 정도로 착화됨을 보장하는 것이 바람직할 수 있다. 이는 기관의 고른 마모 특성을 보장하고, 미사용 실린더의 세정도 보조할 수 있다. 다양한 실린더 세트의 특정 실린더가 비교적 자주 변경되거나(가령, 몇 분마다, 또는 그 보다 자주), 비교적 덜 빈번하게(가령, 기관이 꺼질 때마다, 기관 동작 시간마다 등) 변경되거나, 그 중간 정도로 변경될 수 있다.

[0238] 본 발명의 방식을 이용하여, 비교적 적은 크기의 추가적인 동력에 대한 요구가, 하나의 단일 변조된 실린더를 더 자주 착화함으로써, 수용될 수 있다. 마찬가지로, 비교적 적은 동력의 감소에 대한 요구도, 단일 변조된 실린더를 덜 빈번하게 착화함으로써, 수용될 수 있다. 그러나 일부 경우에서, 추가 동력 또는 감소되는 동력에 대한 요구는 나머지 계산기(404)에 의해 계산된 정수 값을 변경하는 효과를 가질 것이다. 이 경우, 항상 착화되는 실린더들의 세트에 추가 실린더가 추가되거나, 제거될 수 있다. 일부 구현예에서, 항상 착화하는 실린더들의 세트에 하나의 실린더를 추가하거나 빼는 전환이 이뤄질 때, 시그마 델타 제어기(420)가 기관의 “느낌(feel)”에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 대기시간(latency)을 가질 수 있다. 하나의 실린더가 내내 동작 중이고, 추가적인 변조된 실린더가 시간의 95% 동안 동작 중인(즉, 나머지 계산기(404)의 정수 출력(406)은 “1” 이고, 나머지 계산기(404)의 나머지 출력(407)은 0.95인) 가상 상황(hypothetical situation)을 고려하면, 발생할 수 있는 문제의 본질이 인지될 수 있다. 운전 중에, 운전자는 필요한 동력을 레벨 “2.05” (나머지 계산기(404)의 정수 출력(406)이 “2” 까지 증가되도록 하고, 나머지 계산기(404)의 나머지 출력(407)은 5%로 떨어지게 하는 레벨)까지로 증가시키도록 가속도 페달에 약간의 조정을 가할 수 있다. 저절로, 시그마 델타 제어기는 결국 새로운 필요 동력 레벨에 적응할 것이다. 그러나 제어기가 대기 시간을 갖기 때문에 짧은 시간 동안 너무 많은 동력이 전달되는 과도적 효과(transient effect)가 있을 수 있다. 이는 제어기가 짧은 시간 동안 95%의 착화 주파수로 계속 동작하려 하고 5%의 착화 주파수로 동작하려는 의도만 갖는 것으로 상상될 수 있다.

[0239] 항상 착화되는 실린더 세트 내 실린더의 개수를 증가 또는 감소시킬 때, 제어기의 과도적 반응을 개선하기 위해, 변조된 실린더의 착화 기회들 사이의 시간 동안 더 고속의 클록 신호들로 구성된 짧은 버스트를 시그마



델타 제어기(420)에게 제공함으로써, 시그마 델타 제어기가 “재설정” 될 수 있다. 이로 인해서 적분기가 변조된 실린더에 대해 요청된 동력의 새로운 레벨로 조정될 수 있다. 시그마 델타 제어기(420)의 재설정은 다양한 방식으로 이뤄질 수 있다는 것을 알아야 한다. 예를 들어, 이러한 방식을 구현하기 위한 한 가지 방법은 클록 멀티플렉서(425)를 제공하는 것이며, 상기 클록 멀티플렉서(425)는, 변조된 실린더의 착화 기회 클록 신호(423)를, 나머지 계산기의 정수 카운트가 증가하거나 감소될 때마다 나머지 계산기(404)로부터 전송된 재설정 신호(429)에 의해 활성화되는 고주파수 클록 신호(427)로 멀티플렉싱한다. 버스트는 착화 기회 클록 신호(423)의 주기보다 상당히 더 짧을 수 있으며, 시그마 델타 제어기(420)가 새로 요청된 동력 레벨로 완전히 조정될 수 있도록 하기 위해 충분한 사이클을 갖는 것이 바람직하다. 일반적으로 단일 실린더의 착화 기회가 100Hz 이하의 주파수인 반면에 디지털 전자소자는 쉽게 고속으로 동작할 수 있기 때문에, 착화 기회들 사이에서 제어기(420)를 재설정하기 위한 충분한 시간이 있다.

[0240] 이 실시예에서, 래치에 의해 이용되는 비교기의 출력만이, 변조된 실린더 착화 기회 클록 신호(423)가 상기 래치를 트리거할 때 활성 상태인 비교기 출력이다. 바람직하다면, 버스트는 순차적인 착화 기회들 사이에서만 발생할 수 있도록, 버스트의 타이밍이 정해질 수 있다. 이러한 구성에서, 재설정 버스트의 모든 신호가 래치에 의해 무시되어, 버스트는 착화에 영향을 전혀 미치지 못하게 된다. 그러나 이는 필수사항은 아니다.

[0241] 본 발명의 실시예에서, 임의의 주어진 때에, 단 하나의 실린더만 변조되고, 그 동안, 나머지 실린더는 항상 스킵되거나, 항상 착화된다. 그러나 또 다른 구현예에서, 기관 제어기(400)가 하나보다 많은 실린더(가령, 2개의 실린더)의 착화를 변조하고, 나머지 실린더 각각은 스킵되거나 항상 착화되도록 하도록 변형될 수 있다.

[0242] 나머지 계산기(404)는 더 많은, 또는 더 적은 실린더가 “항상 착화되는” 세트에 속해야 한다고 결정할 때, 적정 신호가 분사 제어기(440)로 전송되며, 이로 인해 적절한 조정이 이뤄진다. 어느 실린더가 항상 착화되는 세트에 추가되는지(또는 항상 착화되는 세트에서 제거되는지)에 대한 세부사항은, 다양한 설계 고려사항 및 임의의 특정 시스템의 요구사항에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 일부 구현 또는 상황에서, 항상 착화되는 세트에 실린더를 추가할 때, 현재 변조된 실린더를 다음 번 “항상 착화되는” 실린더로 지정하고, 스킵된 실린더 세트의 실린더들 중 하나를 “새로운” 변조되는 실린더로 지정하는 것이 바람직할 수 있다. 또 다른 구현예에서, 스킵되는 실린더 세트의 실린더들 중 하나를 다음 번 “항상 착화되는” 실린더로 지정하고, 동일한 실린더를 계속 변조하는 것이 바람직할 수 있다. 또 다른 구현예에서, 이전 지정과 관련된 어떠한 특이사항도 없이, 항상 착화되는 실린더의 새로운 세트와 새로운 변조되는 실린더를 단순히 선택하는 것이 바람직할 수 있다. 물론 그 밖의 다른 다양한 인수가, “항상 착화되는” 실린더 세트, 또는 “스킵되는” 실린더 세트, 또는 “변조된” 실린더 세트에 실린더를 할당하는 데 고려될 수 있다.

[0243] 동작 동안, 나머지 계산기(404)는 희망 출력 신호(113)를 계속 모니터하고 신호를 계속 나눈다. 실제로 희망 출력 신호(113)의 임의의 변화가, 변조된 작업 챔버 제어기(405)로 제공되는 나머지 출력 신호(407)의 변화를 야기할 것이다. 그 후, 제어기(405)는 나머지 출력 신호(407)에 의해 지정된 출력을 전달하는 드라이브 펄스 패턴을 생성한다. 나머지 계산기의 정수 값이 변할 때마다, 재설정 신호가 클록 멀티플렉서(425)로 전송되며, 짧은 시간 주기 동안, 상기 클록 멀티플렉서(425)가 고주파수 클록(427)을 시그마 델타 제어기(420)로 제공하고, 이로 인해, 시그마 델타 제어기가 재설정되고, 새로운 나머지 레벨로의 적응이 가능해진다. 재설정 신호는 정수 출력이 증가하거나 감소할 때마다 트리거될 수 있다.

[0244] 앞서 언급된 바와 같이, 착화 스킵 모드에서 동작할 때 발생하는 하나의 잠재적 문제는 스킵된 실린더의 동작과 관련된다. 스킵된 작업 사이클 동안 밸브가 개방되고 폐쇄된다면, 공기가 실린더를 통해 배기부로 펌프될 수 있으며, 배기/배출 시스템은 배출 가스 내 과도한 산소를 처리하도록 설계되어야 한다. 일부 기관(가령, 전자 밸브를 갖는 기관)에서, 밸브의 개방과 폐쇄는 작업 사이클 단위로 제어될 수 있으며, 이것이 이상적인데, 스킵된 실린더는 폐쇄 상태로 유지될 수 있기 때문이다. 그러나 실제로, 오늘날 이용 가능한 차량 중 전자적으로 제어되는 밸브를 갖는 차량은 거의 없다(또는 작업 사이클 별로 밸브의 개방과 폐쇄를 제어할 수 있는 차량도 거의 없다).

[0245] 앞서 설명된 바와 같이, 대부분의 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관은 선택된 실린더를 정지(shut down)시켜, 기관의 배기량을 변화시키도록 설계된다. 하나의 실린더가 정지될 때, 기관의 흡입 또는 배출 행정 동안 상기 실린더의 밸브는 개방되지 않는 것이 일반적이다. 선택된 실린더가 정지될 수 있지만, 해제 메커니즘의 반응 시간이, 실린더가 작업 사이클별로 활성화되고 비활성화되는 것을 막을 수 있다. 종래의 가변 배기량 기관이 보통의 기관보다는 개선된 효율을 보여주지만, 기관 출력은 여전히, 활성 실린더로 전달되는 공기량 및/또는 연료량을 변화시킴으로써 제어된다. 따라서 본 발명에 따르는 최적화된 착화 스킵 기법을 이용함으로써,

기관의 효율이 더 개선될 수 있다. 도 12를 참조하여 기재된 기관 제어 유닛(400)은 이러한 유형의 가변 배기량 기관과 사용되기에 적합하다. 예를 들어, 특정 기관이 특정 실린더 또는 실린더들의 특정 뱅크를 정지시킬 수 있다면, 단일 실린더 변조 착화 스킵 모드에서의 동작 동안 미사용 실린더가 정지될 수 있다. 이는 제어되는 기관의 배출 특성을 더 개선시킬 수 있는데, 이는 부분적으로, 배출 가수에서의 과도한 산소의 양이 감소되기 때문이다. 또한 스킵된 실린더를 정지시킴으로써, 어떠한 실린더도 정지시킬 수 없는 기관에 대한 펌프 손실이 감소될 수 있으며, 이에 따라, 열역학적 효율의 개선이 촉진될 수 있다.

[0246] 해당업계 종사자라면 알다시피, 기존의 특정 가변 배기량 기관이 선택된 실린더를 개별적으로, 또는 뱅크 단위로 정지시킬 수 있다. 예를 들어, Honda는 현재, 2개, 또는 3개, 또는 다소 변형하여 4개의 실린더를 정지시킬 수 있는 6 실린더 가변 실린더 관리 기관을 생산한다. 단일 실린더 변조 착화 스킵 제어기(400)는 이러한 기관과 함께 사용되기에 적합한데, 왜냐하면, 미사용 실린더의 일부 또는 아마도 전부가 정지될 수 있고, 이에 따라서 배출 가스에서의 과량의 산소와 펌프 손실 모두 감소될 수 있기 때문이다. 이러한 구성에서, 기관 설계에 따라 바람직할 경우, 분사 제어기(440)는 기관의 동작 상태를 전환하도록 더 구성될 수 있다.

[0248] **가변 배기량 기관의 동작 상태의 급속 변조(Rapid Modulation of Operating State in Variable Displacement Engines)**

[0249] 본 발명의 발명자가 상업적으로 이용 가능한 가변 배기량 기관의 동작에서 관찰한 문제는, 기관의 상태의 상당한 변화가 이뤄질 때(가령, 더 많은, 또는 더 적은 동력에 대한 요구가 있을 경우, 또는 하중에 상당한 변화가 있을 경우 등)마다 이러한 기관의 제어기가 가변 배기량 모드로부터 해제하도록 설계된 것으로 보인다는 것이다. 결과적으로, 정규 운전 조건 하에서, 기관은 거의 대부분의 시간 동안 더 효율적이고 감소된 배기량 모드로 동작(또는 유지)하려는 경향을 보이지 않는다. 이는 사용되는 실린더의 개수에 관계없이, 기관을 가속기 페달의 움직임에 반응하여 동일한 “느낌”을 제공하는 방식으로 제어하는 데 어려움이 있기 때문이다. 따라서 대부분의 종래의 가변 배기량 기관 제어기는, 기관의 느낌을 변경하는 위험부담보다, 가변 배기량 모드를 거부하는 것이다.

[0250] 도 12와 관련하여 기재된 피드백 제어 시스템은 임의의 특정 때에 동작 중인 실린더의 개수에 관계없이, 희망 동력을 제공하는 것에 적합하다. 결과적으로, 기관은, 임의의 특정 시간에서 사용 중인 실린더의 개수에 관계없이 더 많은 동력(또는 더 적은 동력)에 대한 요구에 반응하여 실질적으로 동일한 느낌을 제공할 수 있다. 따라서 본 발명의 제어기는 종래의 가변 배기량 기관에서 사용되기에 적합하며, 더 효율적인(가령, 최적화된) 착화를 이용하고, 더 높은 퍼센트율의 시간 동안 감소된 실린더 카운트로의 동작을 촉진할 수 있기 때문에, 상기 기관의 연료 효율을 개선시킬 수도 있다. 더 낮은 실린더 카운트로 기관을 효과적으로 제어할 수 있기 때문에, 착화가 최적화되지 않을 경우조차(가령, 기관이 차단된 스로틀 상태인 경우조차), 본 발명의 피드백 제어 시스템은 종래의 가변 배기량 기관의 효율을 개선시킬 수 있다.

[0251] 앞서 기재된 바와 같이, 순수 단일 실린더 변조 착화 스킵 방식을 이용할 때 직면할 수 있는 하나의 잠재적 문제는, 착화되지 않은 실린더의 밸브가 계속 폐쇄 상태를 유지할 수 없을 경우, 공기가 기관으로 펌프된다는 것이다. 이러한 단점은 일부 기관의 비용 효율적인 개조를 방해하기에 충분할 수 있는데, 왜냐하면, 기관의 기존 배출 시스템은 스킵되는 실린더를 통해 펌프되는 연소되지 않은 공기를 다룰 수 없기 때문이다.

[0252] 가변 배기량 기관이 여러 다른 실린더 뱅크를 정지시켜, 몇 가지 여러 다른 배기량을 제공할 수 있는 경우(가령, 2, 3, 4, 또는 6개의 실린더를 동작시킬 수 있는 기관), 착화되지 않은 실린더를 통해 공기를 펌프함으로써 발생하는 문제점이, 기관을 여러 다른 동작 모드로 급속히 전환함으로써, 없어질 수 있다. 예를 들어, 2개의 실린더를 항상, 제 3의 실린더를 절반의 시간 동안 최적으로 착화함으로써 기관의 희망 출력이 제공될 수 있는 경우, 2 실린더 동작 상태와 3 실린더 동작 상태로 번갈아 가며 전환하여, 기관의 각각의 완전한 사이클 동안 평균적으로 2와 2분의1개의 실린더가 착화될 수 있도록 함으로써, 희망 출력이 얻어질 수 있다. 이러한 일이 효과적으로 이뤄지면, 어떠한 착화되지 않은 실린더로는 공기는 전달되지 않을 것(따라서 착화되지 않은 실린더를 통해 공기가 펌프되지 않을 것)이다. 이러한 유형의 적용예에 대한 제한 요인은 여러 다른 동작 상태 간 변화가 이뤄질 수 있는 속도이다.

[0253] 가변 배기량 기관이 새로운 동작 상태로 비교적 빨리 전환될 수 있다면, 기관을 제어하기 위해, 도 12와 관련하여 앞서 기재된 제어기와 유사한 제어기를 이용하는 것이 가능할 수 있다. 이러한 실시예에서, 필요에 따라, 분사 제어기(440)는 동작 상태를 전환할 것을 기관에게 지시하도록 추가로 구성될 것이다. 도 13을 다시 참조하여, 이러한 기관을 동작시키기에 적합한 제어 방식이 기재될 것이다. 도 13은 종래의 가변 배기량 기관에서 이용 가능한 동력을 스로틀 위치의 함수로서 도시하는 그래프이다. 도시된 실시예에서, 기관은 2, 3, 4, 또

는 6개의 실린더를 이용하여 동작할 수 있는 오토(Otto) 사이클 기관이다. 희망 기관 출력이, 2개의 실린더를 그들의 최적의 상태로 동작시킴으로써 제공될 수 있는 동력의 크기보다 작을 때, 기관을, 동력을 변조하도록 2개의 동작 실린더의 스로틀 제어를 이용하는 스로틀 2 실린더 동작 모드로 동작시킴으로써 요청된 동력이 전달될 수 있다. 이는 일반적으로, 종래의 가변 배기량 기관이 현재 동작하는 방식과 유사하며, 기관 성능은 도 13에서 2개의 스로틀 제어된 실린더의 동력 출력을 도시하는 곡선(470)에 의해 나타난다. 요청된 동력은 각자의 최적 레벨로 동작하는 2개의 실린더에 의해 전달될 수 있는 동력의 크기와 동일하거나 클 때, 기관은 요청된 동력을 전달하기 위해, 도 12에서 도시된 제어기와 유사한 제어기를 이용하는 최적화된(가령, 실질적으로 차단하지 않은 스로틀 상태) 동작 모드로 전환될 수 있다. 도 14 및 그 외 다른 부분을 참조하여 앞서 설명된 바와 같이, 실제로, “최적화된” 동작 상태가 완전 개방된 스로틀 상태에 대응하지 않을 수 있다. 따라서 본원에서, 용어 “비-차단 스로틀 상태(unthrottled)” 또는 “실질적으로 비-차단 스로틀 상태(substantially unthrottled)”를 사용할 때, 이러한 용어가 스로틀이 완전 개방된 상태만으로 한정하기 위한 의도를 갖는 것은 아니다. 오히려, 비교적 완전히 공기가 실린더로 과급되도록 스로틀이 충분히 개방되어 있고, 상기 스로틀은 기관의 출력을 변조하기 위한 주요 수단으로서 사용되는 중이 아닌 상태를 나타내기 위한 의도를 갖는다.

[0254] 요청된 동력이 2개개의 실린더가 내내 그들의 최적의 레벨로 동작함으로써 전달될 수 있는 동력과, 3개의 실린더가 항상 그들의 최적의 레벨로 동작함으로써 전달될 수 있는 동력 사이의 크기를 가질 때, 분사 제어기(440)는, 드라이브 펄스 신호(442)에 의해 지시되는 바에 따라, 2 실린더 모드와 3 실린더 모드를 번갈아 전환할 것을 기관에게 지시한다. 즉, 드라이브 펄스 신호(442)가 로우일 때, 분사 제어기(440)는 기관을 2 실린더 모드로 두고, 드라이브 펄스 신호(442)가 하이일 때, 분사 제어기(440)는 3 실린더 모드로 기관을 둔다. 이러한 동작 상태에서, 기관은 실질적으로 비-차단 스로틀 상태로 동작하고, 실린더 착화는 앞서 기재된 바와 같이 최적화된다. 따라서 드라이브 펄스 신호(442)는 기관이 2 실린더 모드여야 할 때와 3 실린더 모드여야 할 때에 대한 표시자로서 기능한다. 마찬가지로, 요청된 동력이 3개의 실린더가 그들의 최적의 레벨에서 동작함으로써 전달될 수 있는 동력과 4개의 실린더가 그들의 최적의 레벨에서 동작함으로써 전달될 수 있는 동력 사이의 크기일 때, 분사 제어기는, 드라이브 펄스 신호(442)에 의해 지시되는 바에 따라, 3 실린더 모드와 4 실린더 모드를 번갈아 전환할 것을 기관에게 지시한다.

[0255] 도 13에서, 2 실린더 모드와 3 실린더 모드 간 전환 시의 기관 출력이 선(475)에 의해 나타나며, 3 실린더 모드와 4 실린더 모드 간 전환 시의 기관 출력이 선(476)에 의해 나타난다. 이들 선은, 종래의 스로틀 제어 방식에서 각각 3, 4 및 6개의 실린더를 이용하는 기관 출력을 도시하는 선(471, 472 및 473)과 대비된다. 2개의 실린더만으로 전달되는 동력보다 더 많은 동력을 전달할 때, 기관이 실질적으로 비-차단 스로틀 상태로 동작하도록 함으로써, 기관의 연료 효율이 상당히 개선될 수 있다.

[0256] 요청된 동력이, 4개의 실린더가 내내 그들의 최적의 레벨로 동작함으로써 전달될 수 있는 동력과 6개의 실린더가 내내 그들의 최적의 레벨로 동작함으로써 전달될 수 있는 동력 사이의 크기일 때, 분사 제어기는 드라이브 펄스 신호(442)에 따라, 4 실린더 모드와 6 실린더 모드를 번갈아 전환할 것을 기관에게 지시한다. 기관 제어기(400)는 기관이 4 실린더 동작 상태에서 6 실린더 동작 상태로 전환할 때 2개의 추가 실린더가 착화되는 사실을 설명해야만 한다. 이 차이는 여러 가지 방법으로 처리될 수 있다. 설명을 위해, 각각의 기관의 완전한 동작 사이클마다 한 번씩만 기관의 동작 상태가 전화될 수 있는 하나의 구현예를 가정한다. 즉, 기관이 동작 상태를 전환할 때, 각각의 동작 실린더는 한 번 착화되어야 한다. 추가 실린더에 대한 보상을 위한 한 가지 적합한 방식은, 4 실린더 상태와 6 실린더 상태를 전환할 때를 결정하기 위한 분사 제어기 로직을 이용하는 것일 것이다. 예를 들어, 나머지 계산기의 정수 출력(407)이 “4” 인 경우, 기관의 하나의 동작 사이클에 대해 6 실린더 모드로 전환되기 전에, 분사 제어기는 2개의 “하이” 드라이브 펄스의 누적을 필요로 할 것이며, 그 후, 분사 제어기는, 추가로 2개의 “하이” 드라이브 펄스가 누적될 때까지, 4개의 실린더 동작 상태로 기관을 다시 전환시킬 것이다.

[0257] 나머지 계산기의 정수 출력(407)이 “5” 일 때, 기관의 각각의 전체 작업 사이클마다 분사 제어기는 누산기에 1을 추가할 것이며, 이는 기관이 더 많은 시간 동안 6 실린더 상태로 동작하게 하는 바람직한 효과를 가질 것이며, 이로 인해, 희망 동력이 전달될 수 있다.

[0258] 추가적인 실린더에 대해 보상하기 위한 두 번째 적합한 방식은, 4 실린더 상태 및 6 실린더 상태가 적합할 때를 지시하기 위해 시그마 델타 제어기 로직을 이용하는 것일 것이다. 이러한 하나의 구현예에서, 시그마 델타 제어기로의 입력은, 2개의 실린더가, 단 하나의 실린더를 대신하여 제어된다는 사실을 적절하게 설명하도록 조정될 수 있다. 이는 나머지 계산기를, 희망 출력 신호가 “4” 실린더를 초과하는 크기를 기초로 하는 “나머지(remainder)” 신호를 출력하는 로직으로 변경하고, “하이” 드라이브 펄스 신호에 의해 2개의 추가 실린더가



착화된다는 사실에 대해 보상하기 위해, 값을 2라는 인수로 나누는 과정을 포함한다.

[0259] 또 하나의 구현예에서, 기관의 모드 전환 반응 시간이, “5번째” 및 “6번째” 실린더의 착화 기회 사이에 모드 전환이 이뤄질 수 있을 정도로 충분히 짧다면, 기관 제어기는, 앞서 기재된 단일 실린더 변조 착화 스킵 기관 제어기처럼 동작하도록 구성될 수 있으며, 이때, 모드 전환은 적정하게 실린더를 정지시키도록 사용된다.

[0260] 앞서 언급된 예시들은 단지 예에 불과하며, 임의의 특정 구현예의 세부사항은, 특정 가변 배기량 기관이 제어되는 능력에 대해 보상하도록 조정될 필요가 없을 것이다. 허용될 수 있는 동작 상태의 실제 개수와, 각각의 상태에서 이용 가능한 실린더의 실제 개수는 기관별로 달라질 것이다. 제어기는 이용 가능한 상태를 이용하도록 조정될 필요가 있을 것이다. 덧붙이자면, 여러 다른 동작 상태 간 전환을 위한 반응 시간은 기관별로 달라질 것이다. 일부 기관은 동작 모드를 전환하기 위해 기관의 둘 이상의 완전 동작 사이클을 취할 수 있으며, 반면에 또 다른 기관은 실린더의 착화 기회 단위로 모드를 번갈아 전환하는 것을 촉진시키기에 충분히 빠를 수 있다. 이러한 변형예의 관점에서, 기관 제어기의 로직은 기관의 능력에 맞춤 구성될 필요가 있을 것이다. 모든 기존의 가변 배기량 기관이, 본 발명에 따르는 모드 전환 방식으로 기관을 매끄럽게 운영하기에 필요할 속도로 모드를 전환하기에 충분히 강건하고 빠른 것은 아님을 알아야 한다. 그러나 이러한 유형의 모드 전환 방식으로 종래 방식으로 구성된 가변 배기량 모드를 동작하는 것은 공기 펌프 문제가 해결될 수 있는 한 가지 방법이다.

[0261] **전-프로세서 스테이지(Pre-Processor Stage)**

[0262] 앞서 기재된 실시예들 중 일부에서, 가속기 페달 위치로부터의 신호는 희망 기관 출력의 표시자로서 취급되며, 이러한 표시자는 제어 시스템(가령, 드라이브 펄스 발생기(104), 기관 제어 유닛(400) 등)으로의 입력으로서 사용된다. 이러한 실시예에서, 희망 기관 출력 신호(113)가 차량의 페달 위치 센서로부터 직접 취해지거나, 적정 방식으로 증폭될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 페달 위치 센서 신호는, 드라이브 펄스 발생기(104)로 제공되기 전에, 다른 입력(가령, 앞서 기재된 바 있는 디터 신호(207))과 결합될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 가속도계 페달 위치 센서 신호는 전-프로세서(181)(가령, 도 3에서 점선 상자로 나타남)로 제공될 수 있으며, 상기 전-프로세서(181)는 자신의 고유 신호를 발생하거나 페달 센서 신호에 대한 어느 정도의 처리를 수행한다. 그 후, 특정 설계에 대해 적합할 수 있다면 추가적인 디터 신호를 이용하여, 또는 추가적인 디터 신호를 이용하지 않고, 전-프로세서(181)의 출력은 드라이브 펄스 발생기로의 입력으로서 사용될 것이다.

[0263] 상기 전-프로세서(181)는 가속기 페달 위치 센서 신호의 임의의 원하는 유형의 전-프로세싱을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 자동차가, 가속기 페달 위치 신호 신호가 가장 연료 효율적인 방식으로 기관을 동작시키도록 하는 방식으로 전-프로세싱되는 연료 절약 모드를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 또 하나의 예에서, 일부 운전자는 페달 위치를 빠르게 변동시키는 경향을 가질 수 있다. 이러한 운전자에 대해, 자동차는, 전-프로세서가 특정 페달 위치 변동들을 평균내거나 평활화(smooth)하는 매끄러운 운전 모드를 제공하는 것이 바람직할 수 있다(가령, 전-프로세서는 도 12와 관련하여 앞서 기재된 로우 패스 필터(402)의 형태를 취하거나, 로우 패스 필터(402)를 포함할 수 있다). 또 다른 구현예에서, 차량은 정속 주행 제어기(cruise controller)를 포함할 수 있다. 이러한 차량에서, 상기 정속 주행 제어기는 전-프로세서에 포함되거나, 차량이 정속 주행 모드일 때 드라이브 펄스 발생기의 입력 신호(113)의 공급원으로서 기능할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 페달 위치의 안티-앨리어싱 필터링은 전-프로세서(181)에서 제공될 수 있다. 물론, 전-프로세서는 제어되는 기관 및/또는 차량에 대해 적합하다고 추정되는 그 밖의 다른 임의의 유형의 전-프로세싱을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0264] **변속기 제어 및 무단 변속기(Transmission Control and Continuously Variable Transmission)**

[0265] 기관 속도는 기관의 연료 효율에 영향을 미친다는 것이 잘 알려져 있다. 이 효과는 도 14에 도시된 성능 맵(performance map)에 그래프로 나타날 수 있다. 도 14에서 나타나고, 앞서 기재된 바와 같이, 기관은 비교적 좁은 범위의 기관 속도, 대기압 압력 등에서 동작할 때 가장 효율적인 경향이 있다. 이러한 이유로, 전체 연료 효율을 개선하기 위한 노력으로, 자동 변속기를 갖는 많은 차량에서 사용되는 기관 제어 유닛(ECU)은, 기관 속도를 적어도 부분적으로 바탕으로 하여 변속기의 기어의 변속을 제어하도록 구성된다. 연료 프로세서(fuel processor)는, 착화 스킵형 가변 배기량 모드에서 동작할 때와 유사한 방식으로 기어 선택을 제어하거나, 기어 선택에 영향을 미치도록 구성될 수 있다.

[0266] 일부 기존의 차량은 무단 변속기를 이용한다. 무단 변속기의 알려진 장점은, 무단 변속기에 의해, 기관은 표준 변속기보다 차량 속도의 범위에 걸쳐 자신의 최대 효율에 더 가깝게 동작할 수 있는 것이다. 본 발명의 착화 스킵 기반 가변 배기량 기관과 결합하여 무단 변속기를 사용함으로써, 기관은 대부분의 시간 동안 자신의 최적 열



역학적 효율에 매우 가깝게 동작할 수 있다. 즉, 본 발명의 착화 스킵 방식에 의해, 각각의 착화가 열역학적 효율(또는 그 밖의 다른 바람직한 매개변수)에 대해 최적화될 수 있으며, 무단 변속기를 사용함으로써, 기관이 최적 기관 속도(RPM)로 동작할 수 있고, 이에 따라서, 대부분의 시간 동안 최적 영역(가령, 도 14의 영역(50))에서의 기관의 동작이 가능해진다.

[0267] 기존 기관 제어기는 종종 효율을 개선하기 위한 목적으로 변속기를 제어하지만, 본 발명의 발명자는 착화된 작업 챔버가 연료 효율(또는 그 밖의 다른 바람직한 기준)에 대해 최적화된 비교적 뾰족한 영역에서 동작함을 보장하는 방식으로 변속기, 다기관 압력 및 작업 챔버 착화를 제어할 수 있는 어떠한 기존 기관 제어기도 본 적이 없다.

#### [0268] 디젤 기관(Diesel Engine)

[0269] 앞서 제공된 많은 예시들이 본 발명에 따르는 착화 스킵 기반 가변 배기량 방식을, 작업 챔버로의 공기 전달을 스로틀-제어함으로써 동력을 변조하는 오토(Otto) 사이클 또는 그 밖의 다른 열역학적 사이클을 기반으로 하는 기관에 적용하는 것에 대해 논의하지만, 본 발명은 디젤 기관에서 사용되기에 적합함을 알아야 한다. 실제로, 많은 기존의 디젤 기관 설계가 본 발명의 착화 스킵 방식을 이용하여 동작되기에 특히 적합하다. 예를 들어, 많은 기존의 디젤 기관에서 사용되는 배기 및 배출 시스템은, 기관의 개조와 새로운 기관 설계 모두를 간소화할 수 있는 고 산소 함유 배출 스트림을 갖고 사용되기에 적합하다. 또한, 대부분의 디젤 기관은 앞서 설명된 월 웨팅(wall wetting) 문제가 없는 직접 분사를 이용한다. 덧붙여, 현재 많은 디젤 기관은 분사 프로파일링(injection profiling)을 이용한다. 즉, 실린더 착화의 열역학적 효율을 개선하도록, 실린더로의 연료의 분사가 계획되고 타이밍이 정해진다. 이러한 프로파일링은 최적화된 착화를 이용할 때 기관의 효율을 추가로 개선할 수 있다. 따라서 앞서 설명된 임의의 기관 제어 실시예가 디젤 기관과 함께 사용될 수 있음이 자명하다.

#### [0270] 기타 특징들

[0271] 본 발명의 단 몇 개의 실시예가 상세히 기재되었지만, 본 발명은 본 발명의 사상과 범위 내에서 그 밖의 다른 많은 형태로 구현될 수 있음을 알아야 한다. 앞서 설명된 많은 예시들은, 자동차에서 사용되기에 적합한 4-행정 피스톤 기관과 관련된다. 그러나 본 발명의 연속 가변 배기량 방식은 다양한 내연 기관에서 사용되기에 적합하다. 상기 다양한 내연 기관에는 사실상 모든 유형의 차량(예를 들어, 자동차, 트럭, 보트, 항공기, 오토바이, 스쿠터 등)용 기관, 비-차량(가령, 발전기, 잔디 깎는 기계, 나뭇잎 치워주는 기계(leaf blower), 모델 등)용 기관, 그 밖의 다른 내연 기관을 이용하는 임의의 적용예를 위한 기관이 포함된다. 다양한 열역학적 사이클 하에서 동작하는 기관과 함께 다양한 본 발명에 따르는 접근법이 사용되며, 상기 기관의 예로는, 가령, 임의의 유형의 2-행정 피스톤 기관, 디젤 기관, 오토(Otto) 사이클 기관, 듀얼(Dual) 사이클 기관, 밀러(Miller) 사이클 기관, 애킨스(Atkins) 사이클 기관, 방켈(Wankel) 기관 및 그 밖의 다른 유형의 회전식 기관, 혼합형 사이클 기관(가령, 듀얼 오토 및 디젤 기관), 하이브리드형 기관, 성형 기관(radial engine) 등이 있다. 또한 본 발명에 따르는 접근법은, 현재 알려진 또는 나중에 개발될 열역학적 사이클을 이용하여 동작하는지의 여부에 관계없이, 새롭게 개발된 내연 기관과 함께 동작할 것이다.

[0272] 앞서 제시된 예시들 중 일부는, 일반적으로 스로틀 제어되어 종종 최대 압축에서 동작하지 않는 오토 사이클 기관을 바탕으로 하였다. 그러나 원리는 스로틀 제어되지 않는 기관, 가령, 디젤 사이클 기관, 듀얼 사이클 기관, 밀러 사이클 기관 등에도 동일하게 적용된다.

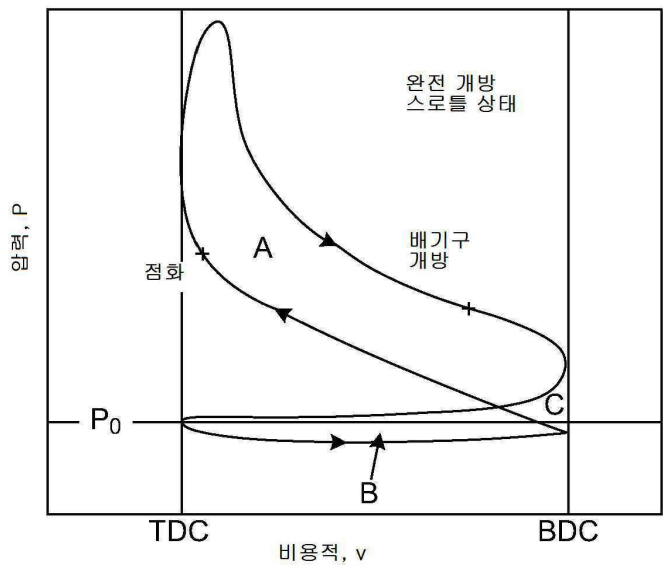
[0273] 앞서 명시적으로 언급된 일부 실시예에서, 모든 실린더는 사용되거나, 그렇지 않다면 연속 가변 배기량 모드로 동작한다고 가정되었다. 그러나 이는 필수사항이 아니다. 특정 적용예에 대해 바람직하다면, 착화 제어 유닛은, 요청된 배기량이 임의의 지정 임계치 이하인 경우 임의의 지정 실린더(작업 챔버)를 항상 스킵하거나 특정한 요청된 배기량 레벨에서 선택된 실린더를 항상 착화하도록 구성될 수 있다. 또 다른 구현예에서, 본 발명의 작업 사이클 스킵 방식을 중 어느 것이라도 전통적인 가변 배기량 기관에 적용될 수 있으며, 이때, 상기 기관의 실린더들 중 일부는 정지되는 모드로 동작한다.

[0274] 본 발명에 따르는 연속 가변 배기량 모드 동작은, 그 밖의 다른 다양한 연비 및/또는 성능 향상 기법(가령, 희박 연소 기법, 연료 분사 프로파일링 기법, 터보과급, 수퍼과급 등)과 함께 쉽게 사용될 수 있다. 착화된 실린더에서는 실린더의 내부 상태가 비교적 고정적이라는 사실이 일반적으로 알려져 있지만 널리 사용되는 것(가령, 자동차 기관에서 분사가 다중 스테이지로 이뤄지는 연료 분사 프로파일링의 사용)은 아닌 기법을 구현하는 것들 더 용이하게 만든다. 덧붙이자면, 실린더 내부 제어된 조건이 또한 종래의 기관에서는 실용적이지 않았던 그 밖의 다른 다양한 향상을 가능하게 할 수 있다.

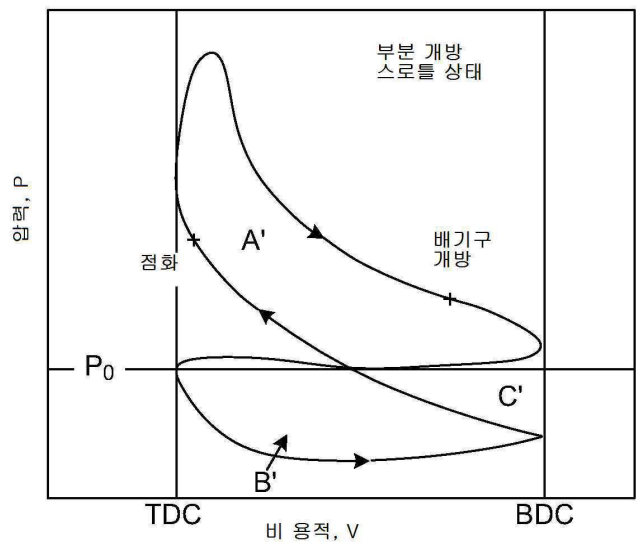
- [0275] 앞서 상세히 기재된 대부분의 드라이브 펄스 발생기 실시예는 시그마 델타 제어를 이용했다. 시그마 델타 제어기가 기관을 제어할 때 사용되기 적합하지만, 그 밖의 다른 다양한 제어기, 특히 적응적(즉, 피드백) 제어기가 시그마 델타 제어를 대신하여 사용되거나, 사용되도록 개발될 수 있다. 예를 들어, 입력된 희망 기관 출력 신호(113)를, 기관을 직접 또는 간접적으로 구동시키기 위해 사용될 수 있는 드라이브 펄스의 스트림으로 변환하기 위해, 그 밖의 다른 피드백 제어 방식이 사용될 수 있다.
- [0276] 몇 가지 본 발명의 실시예에서, 시그마 델타 제어기는 입력된 희망 기관 신호를, 드라이브 펄스를 발생시키기 위해 사용될 수 있는 신호로 변환하도록 구성되는 것이 일반적이다. 시그마 델타는 입력 신호를 나타내도록 사용될 수 있는 한 가지 유형의 변환기이다. 본 발명의 시그마 델타 변환기 중 일부는 오버샘플링된 변환을 보여주며, 다양한 대안적 실시예에서, 또 다른 오버샘플링된 변환기가 시그마 델타 변환기를 대신하여 사용될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 또 다른 유형의 변환기가 사용될 수도 있다. 변환기는 다양한 변조 방식을 채용할 수 있으며, 예를 들어, 드라이브 펄스 발생기의 동기화기 구성요소가 변조 방식에 따라 조정되는 한, 다양한 펄스 폭 변조 방식, 펄스 높이 변조, CDMA 중심 변조, 또는 그 밖의 다른 변조 방식이 입력 신호를 표현하기 위해 사용될 수 있다.
- [0277] 본 발명의 연속 가변 배기량 방식이 기존 기관 설계와 함께 잘 동작함이 앞의 기재로부터 명백할 것이다. 그러나 본 발명의 스킵된 작업 사이클 제어 방식은, 기관의 열역학적 효율을 추가로 향상시키기 위해 사용될 수 있는 그 밖의 다른 다양한 기법을 가능하게 할 것이다. 예를 들어, 본 발명의 연속 가변 배기량 방식과 조합되는 수퍼과급기 또는 터보과급기의 사용이 기관의 효율을 더 개선할 수 있다. 컴퓨터 시뮬레이션 모델이 본 발명의 연속 가변 배기량 제어 방식과 수퍼과급기의 조합이 많은 기존의 오토 사이클 기관의 연료 효율을 100% 이상 향상시킬 수 있다.
- [0278] 자동차 기관에서 이러한 상당한 향상이 가능한 이유들 중 하나는 대부분의 자동차 기관이 대부분의 시간 동안 자신의 잠재적 마력의 비교적 작은 퍼센트율로 동작하기 때문이다. 예를 들어, 200-300 마력 수준의 최대 동력 출력을 전달하도록 설계된 기관은, 예를 들어 차량이 100킬로미터/시로 정속 주행 중이라면, 대부분의 시간 동안 20-30 마력만 필요로 할 수 있다.
- [0279] 앞서 기재된 바와 같이, 다양한 착화 스킵 기반 제어 기법이 기재되었고, 다양한 향상점이 기재되었다. 많은 상황에서, 향상점은 특정 제어기의 맥락에서 기재되었다. 그러나 많은 향상점이 많은 제어기와 조합되어 사용될 수 있다. 예를 들어, 본원에 기재된 연료 펄스 변형예(가령, 연료 분사량의 최적화, 농후 연료 펄스, 희박 펄스 등)가 다양한 기재된 제어기 중 임의의 것과 조합되어 사용될 수 있다. 임의의 본 발명의 제어 방법 및 제어기가 코-프로세서로서 구현되거나, 기관 제어 유닛 자체에 포함될 수 있다.
- [0280] 일부 구현예에서, 예비 제어기(redundant controller)(예를 들어, 예비 시그마 델타 제어기)를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 상기 예비 제어기들은, 하나의 제어기가 고장나면, 다른 제어기가 대체하도록 동시에 구동될 수 있다. 디지털 시그마 델타 제어기는 아날로그 시그마 델타 제어기보다 더 정교하게 조율될 수 있다. 동시에, 디지털 시그마 델타 제어기는 아날로그 시그마 델타 제어기보다 고장에 약간 더 민감하다. 따라서 일부 구현예에서, 예비 시그마 델타 제어기를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 이때, 주 제어기는 디지털 제어기이고, 보조(또는 백업) 제어기는 아날로그 시그마 델타 제어기이다.
- [0281] 수년간, 특정 기관을 “착화 스킵” 모드로 동작시키는 것에 대해 많은 제안이 있어왔다. 그러나 출원인은 이러한 제안들 중 어느 것도 유의미한 상업적 성공을 누린 적이 없다고 알고 있다. 종래의 방식은, 상업적 실행 가능성을 누리기 위해 요청되는 기관 평활도(smoothness), 성능 및 운전원활성(drivability) 특성을 전달하는 방식으로, 기관을 제어할 수 없었다는 것이 그 이유이다. 이와 달리, 본 발명의 기관 제어 및 동작 방식은 다양한 많은 적용예에서 사용되기에 적합하다.
- [0282] 따라서 본 발명의 실시예들은 예시에 불과하고, 한정하는 것이 아니며, 본 발명은 본원에서 제시된 세부사항에 국한되지 않고, 첨부된 청구범위의 범위 내에서 변형될 수 있다.

도면

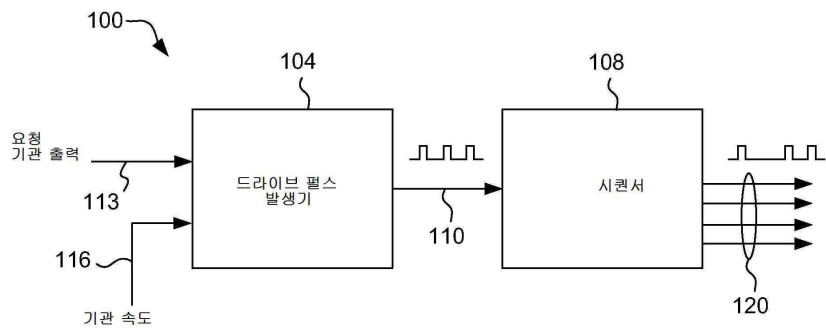
도면1a



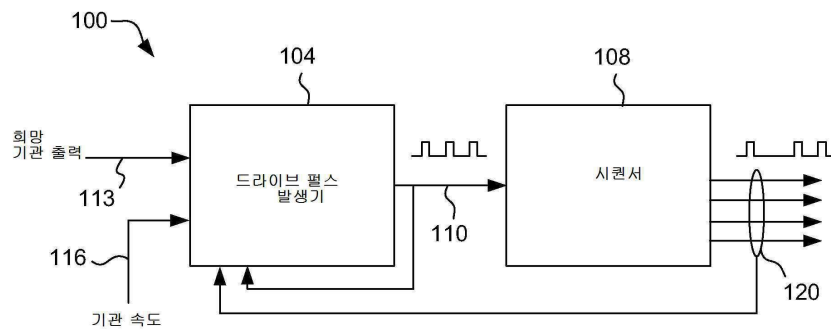
도면1b



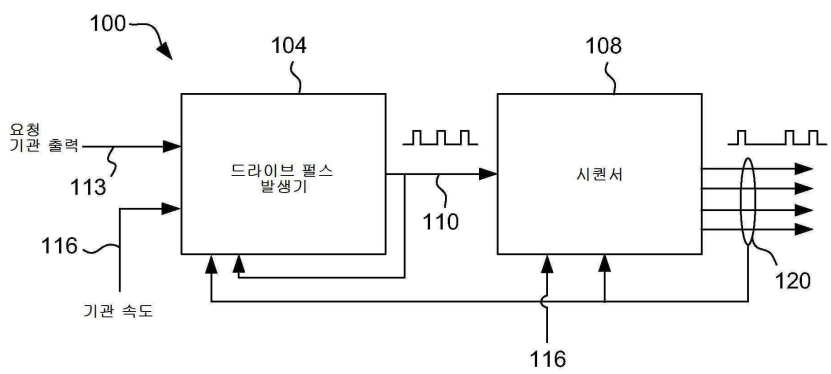
도면2a



도면2b

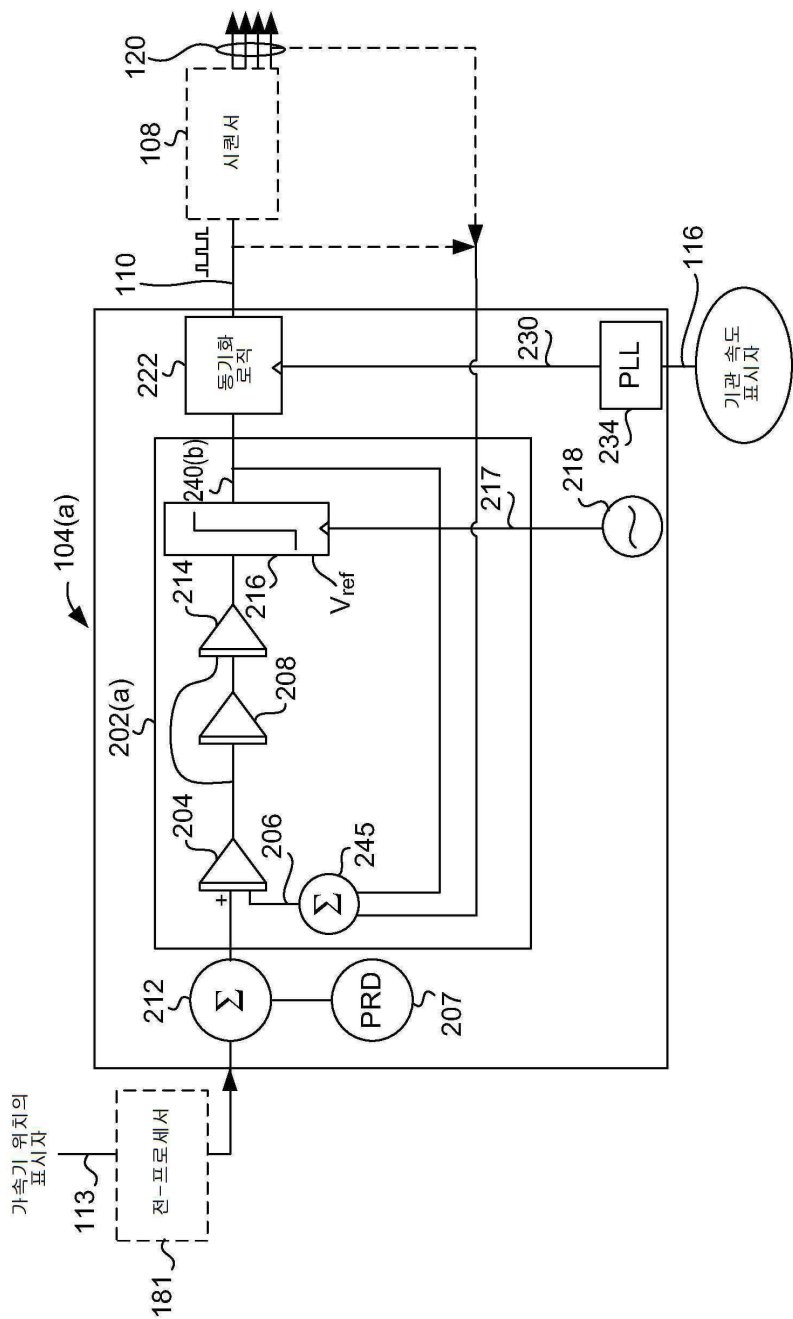


도면2c

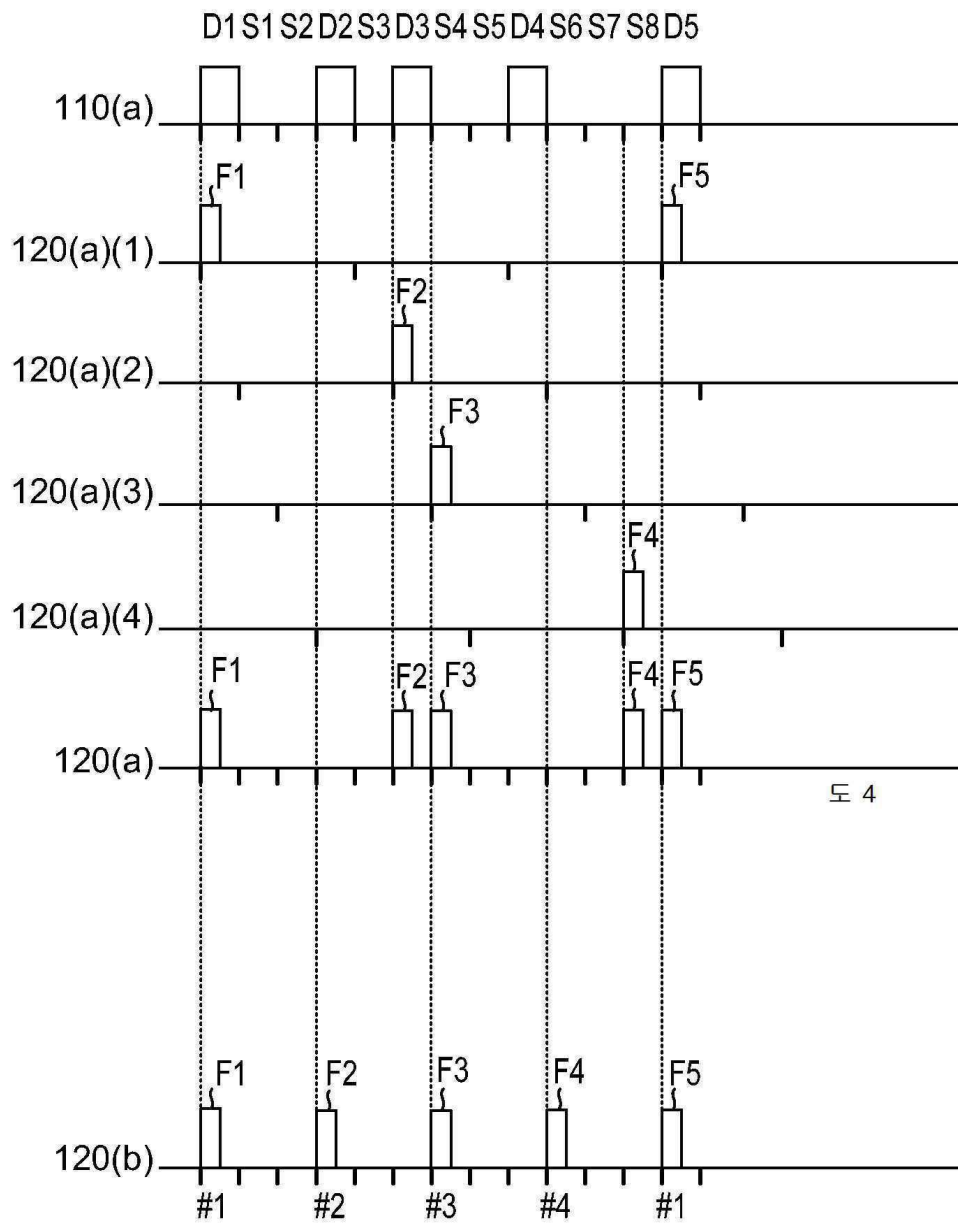




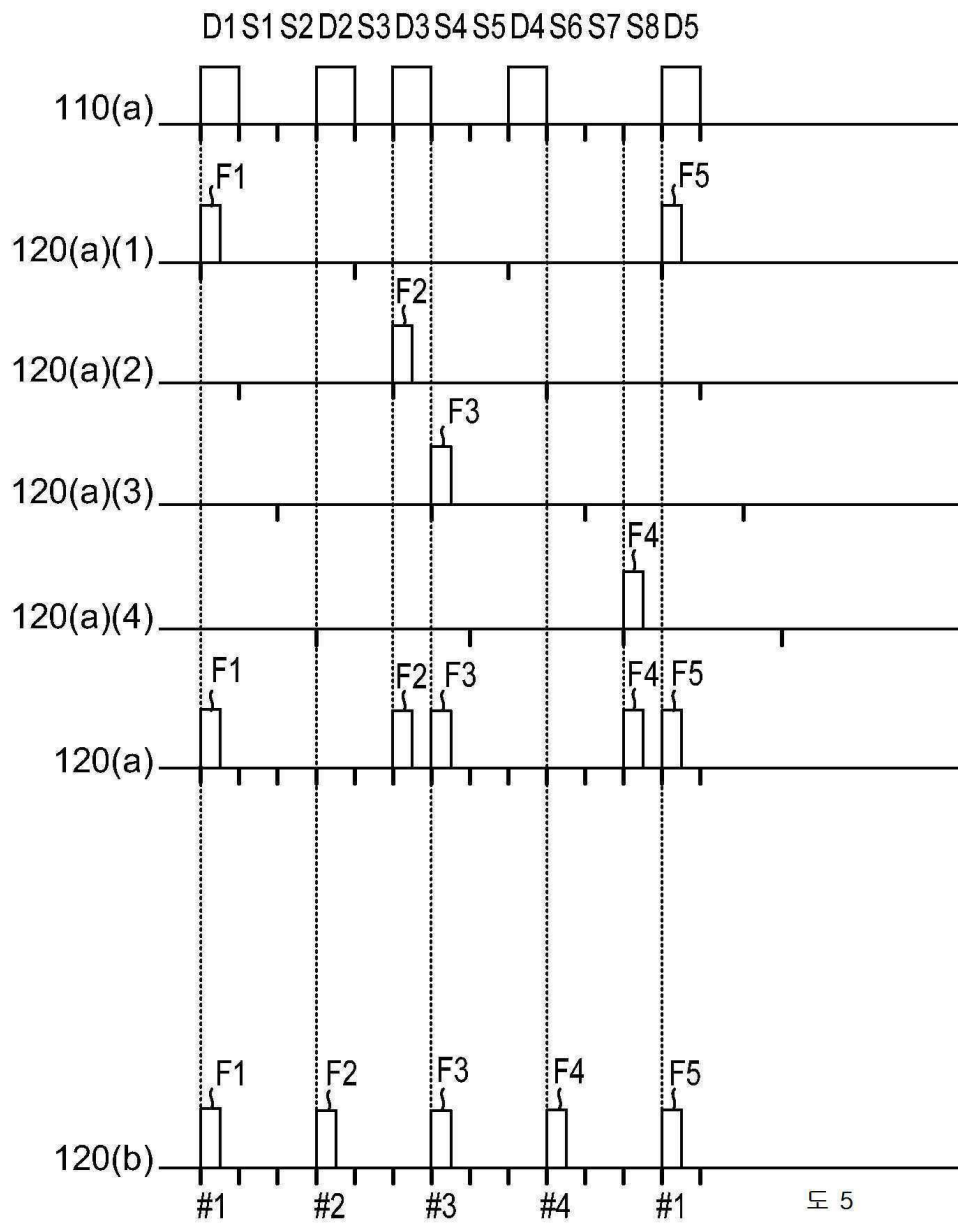
도면3



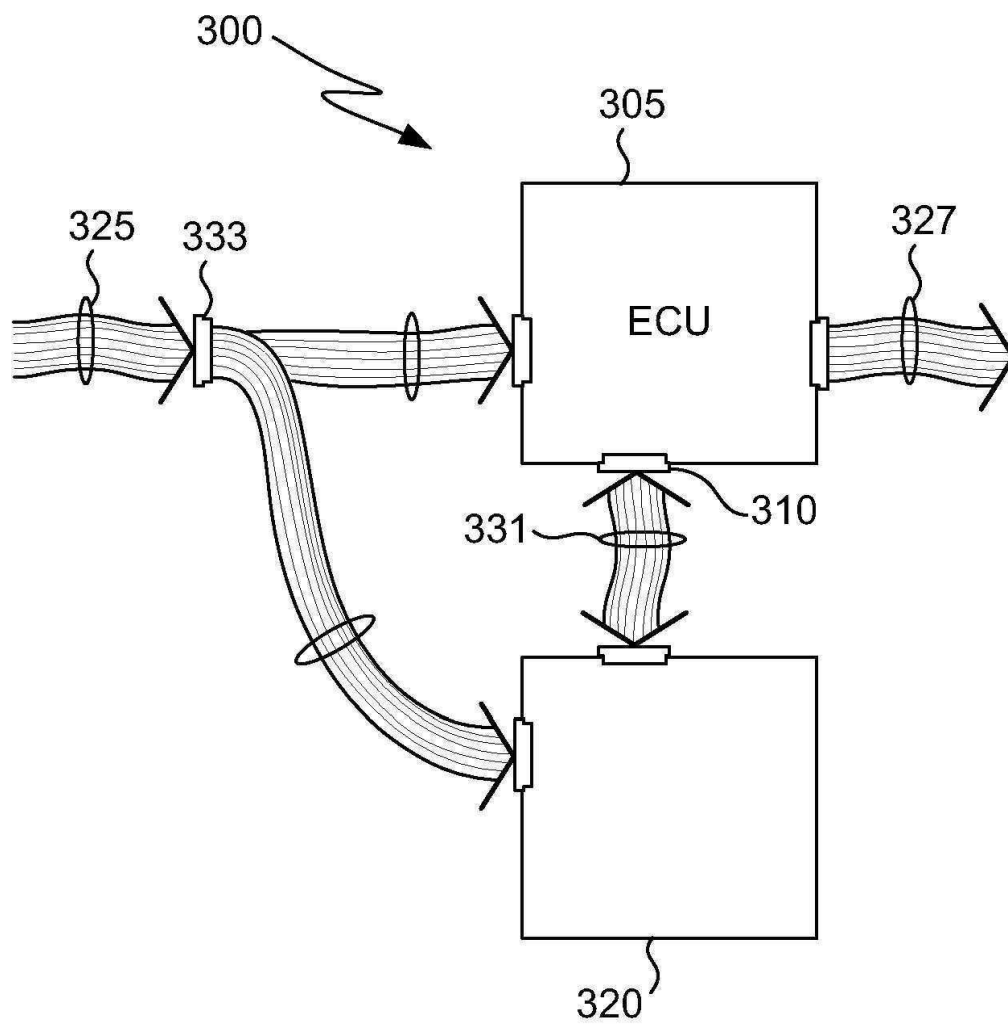
도면4



도면5

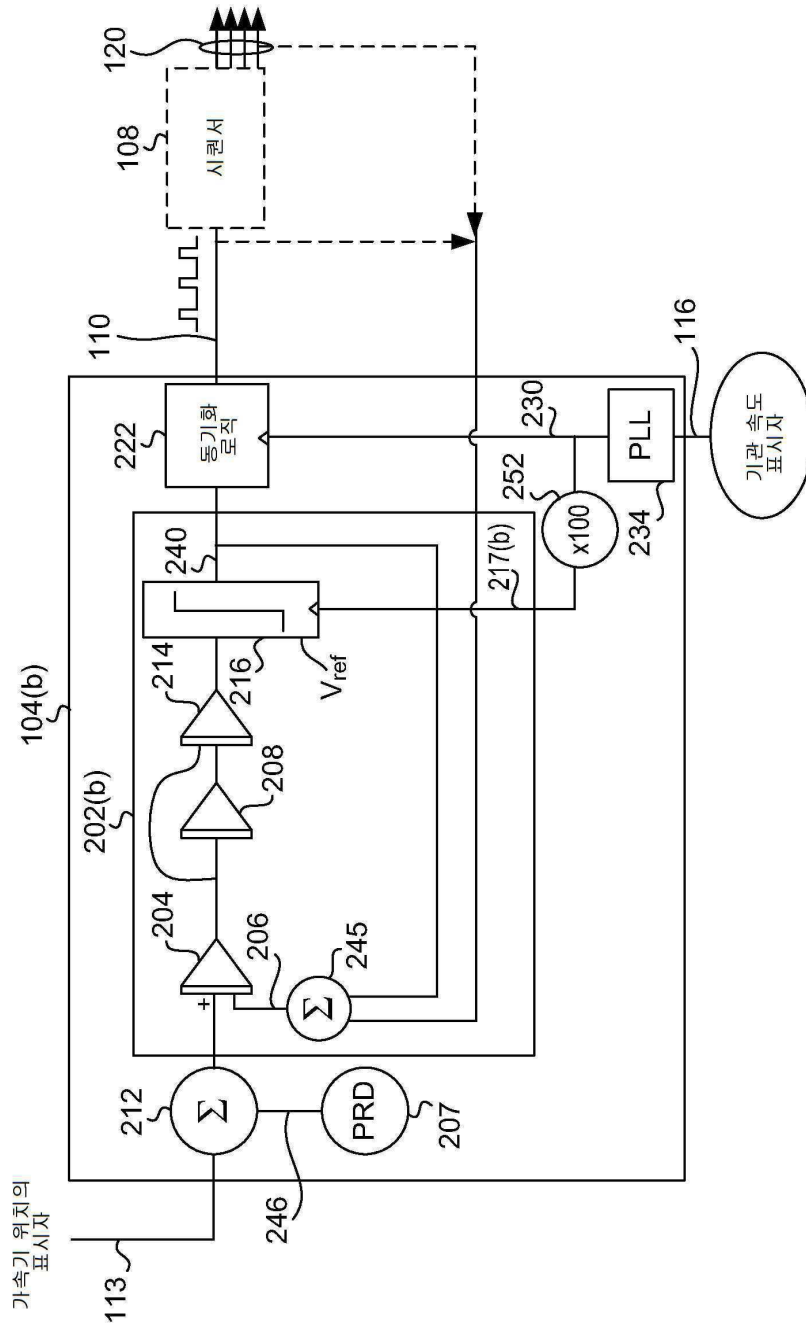


도면6

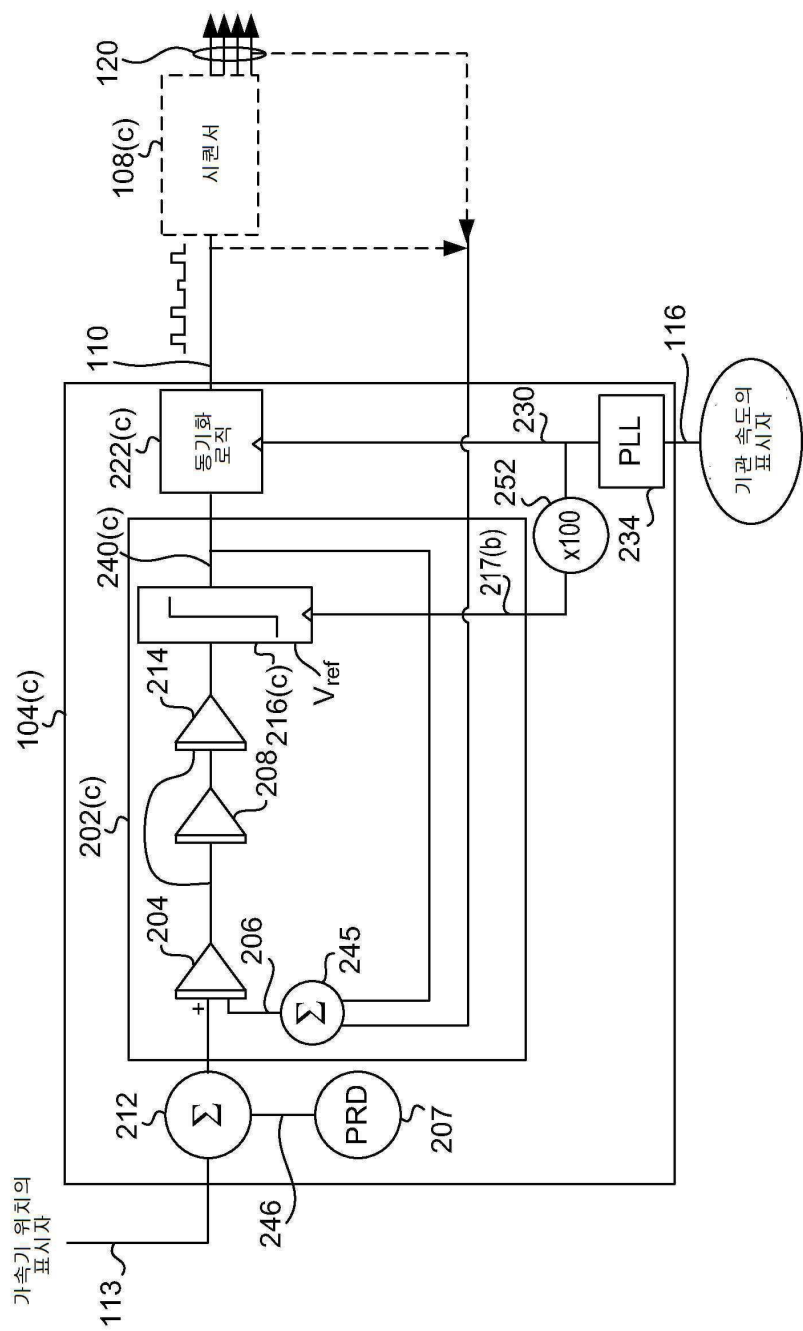




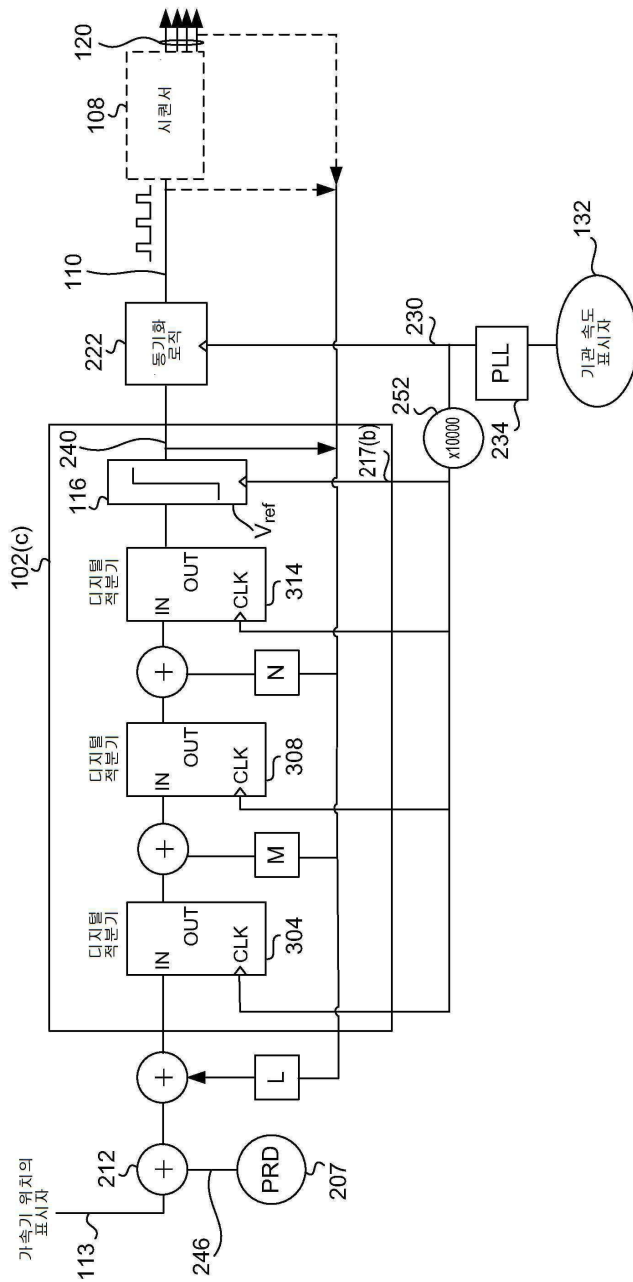
도면7



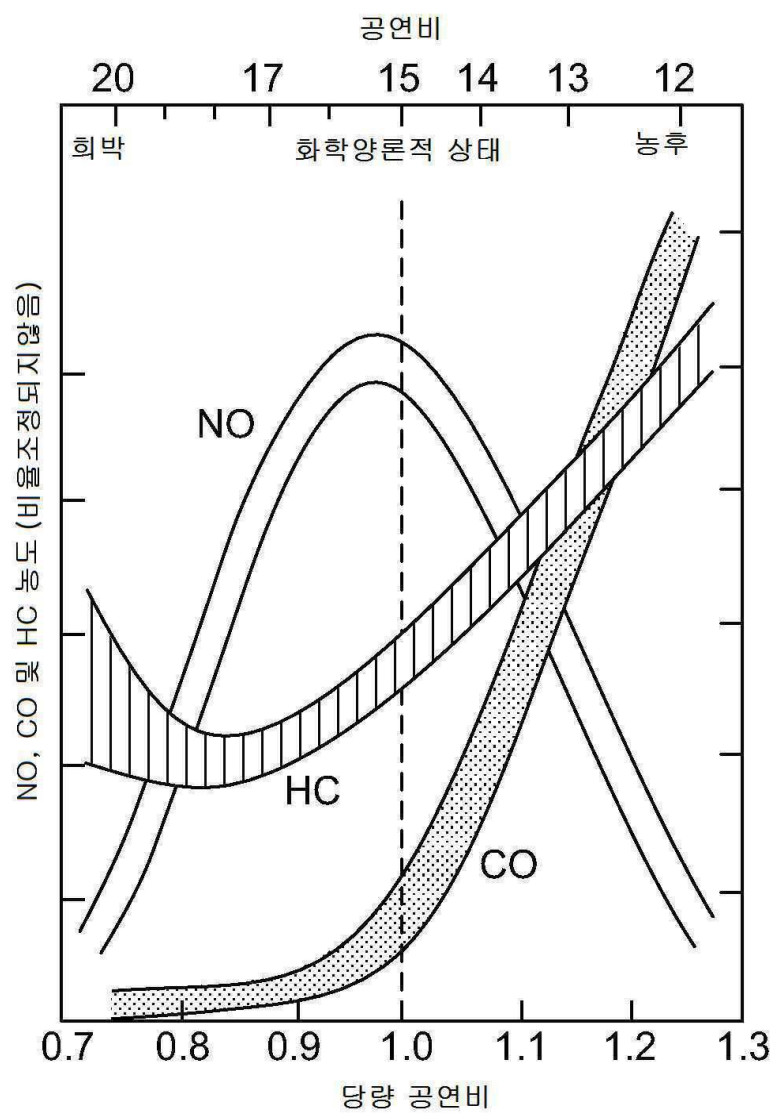
도면8



도면9

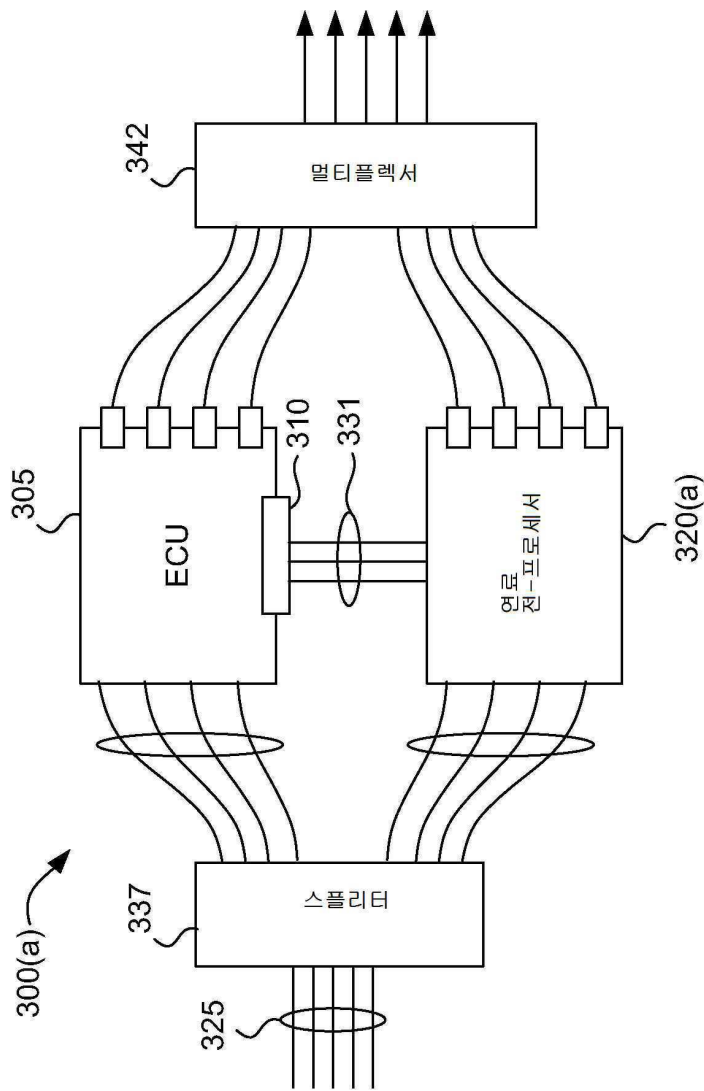


도면10

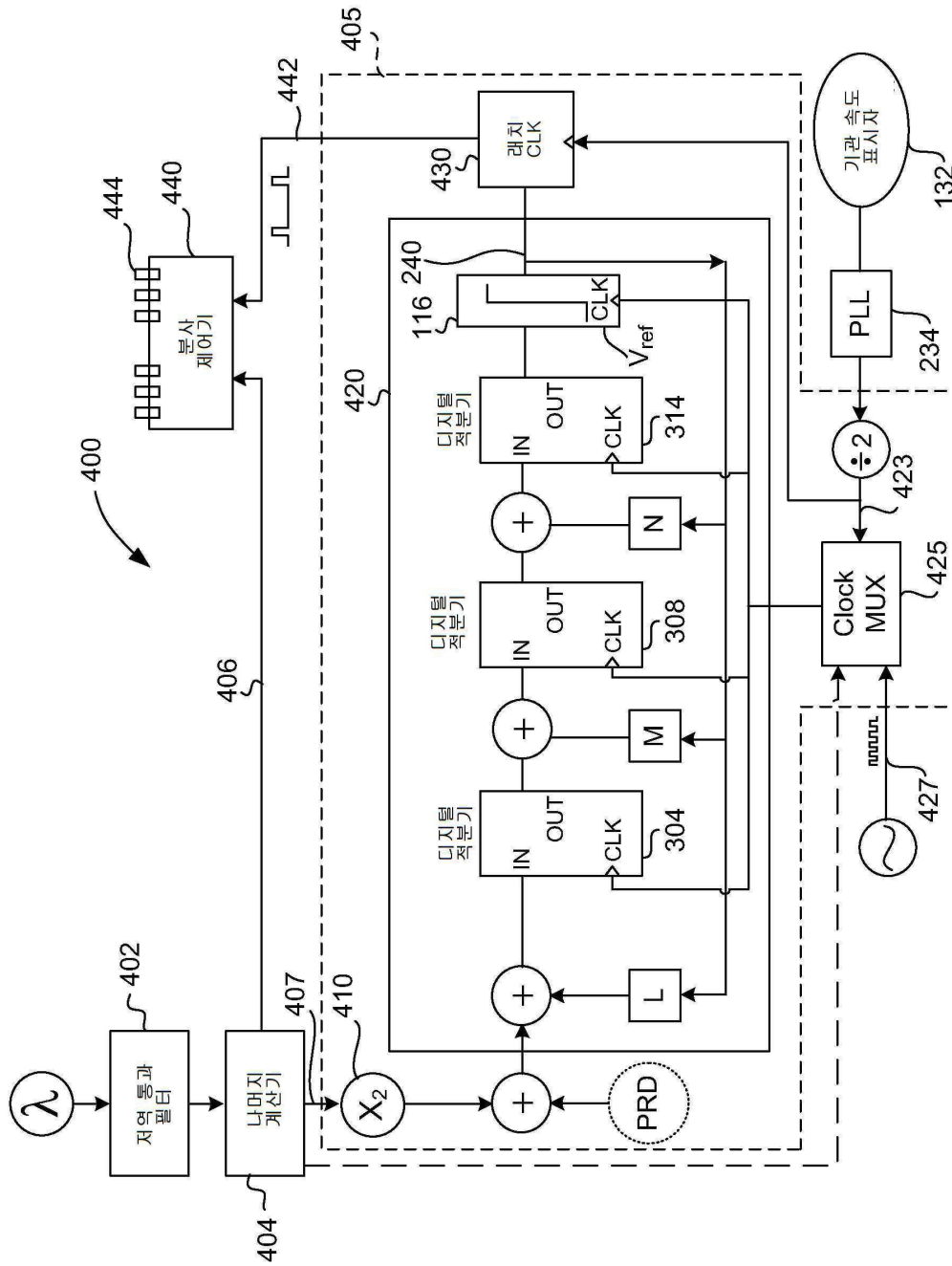




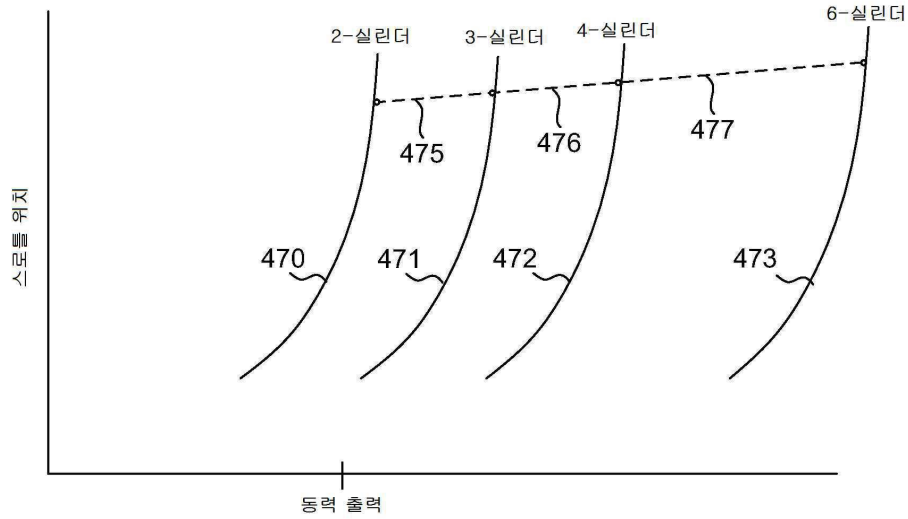
도면11



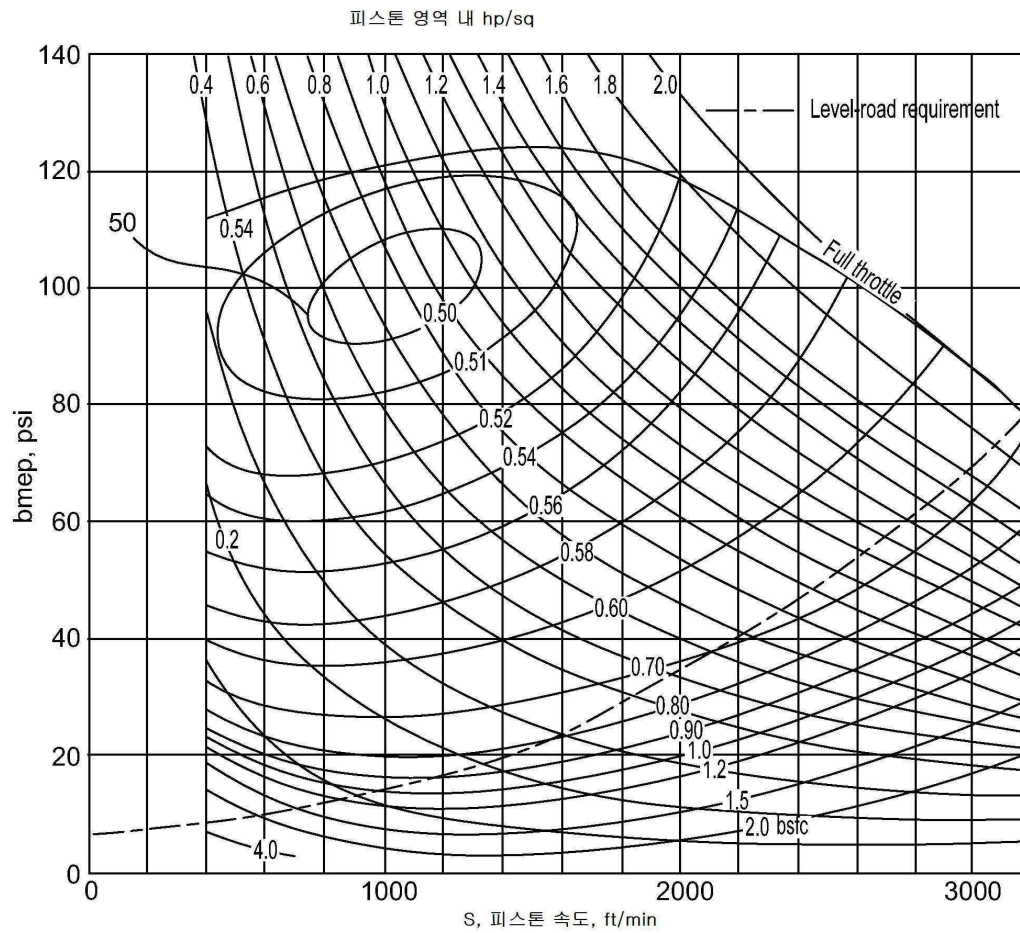
도면12



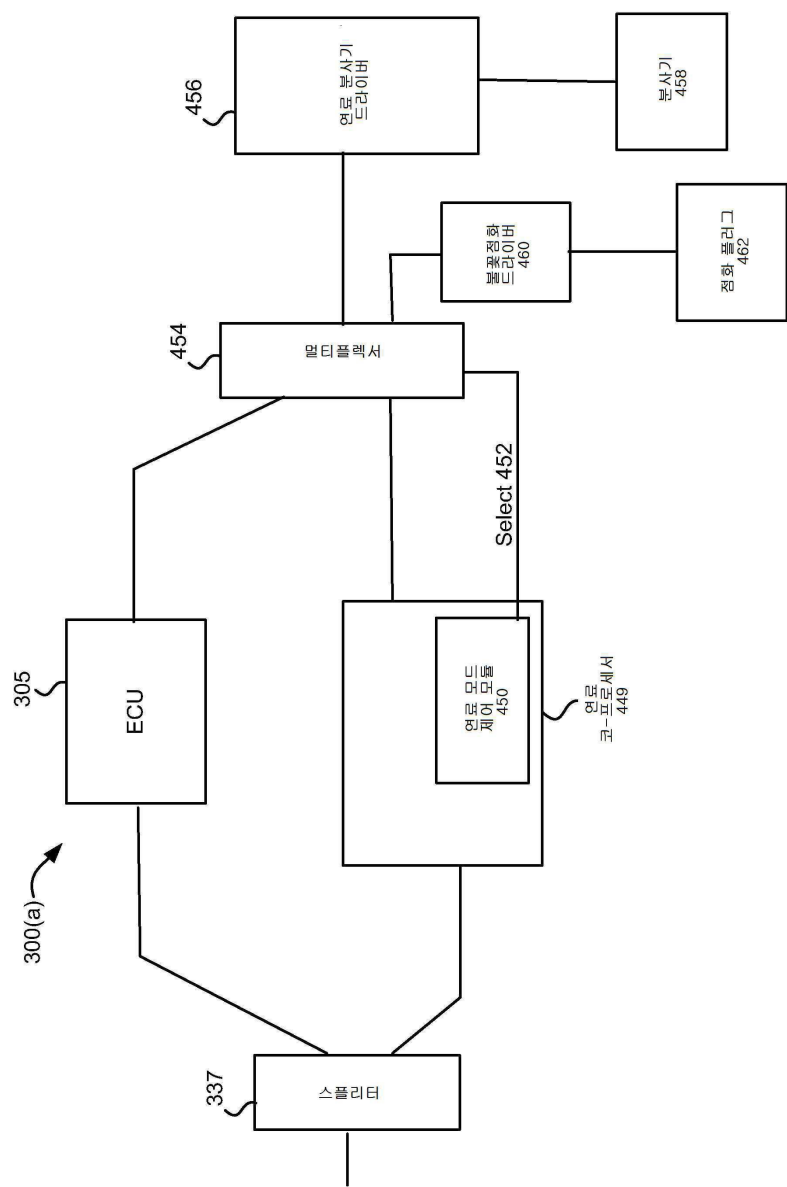
도면13



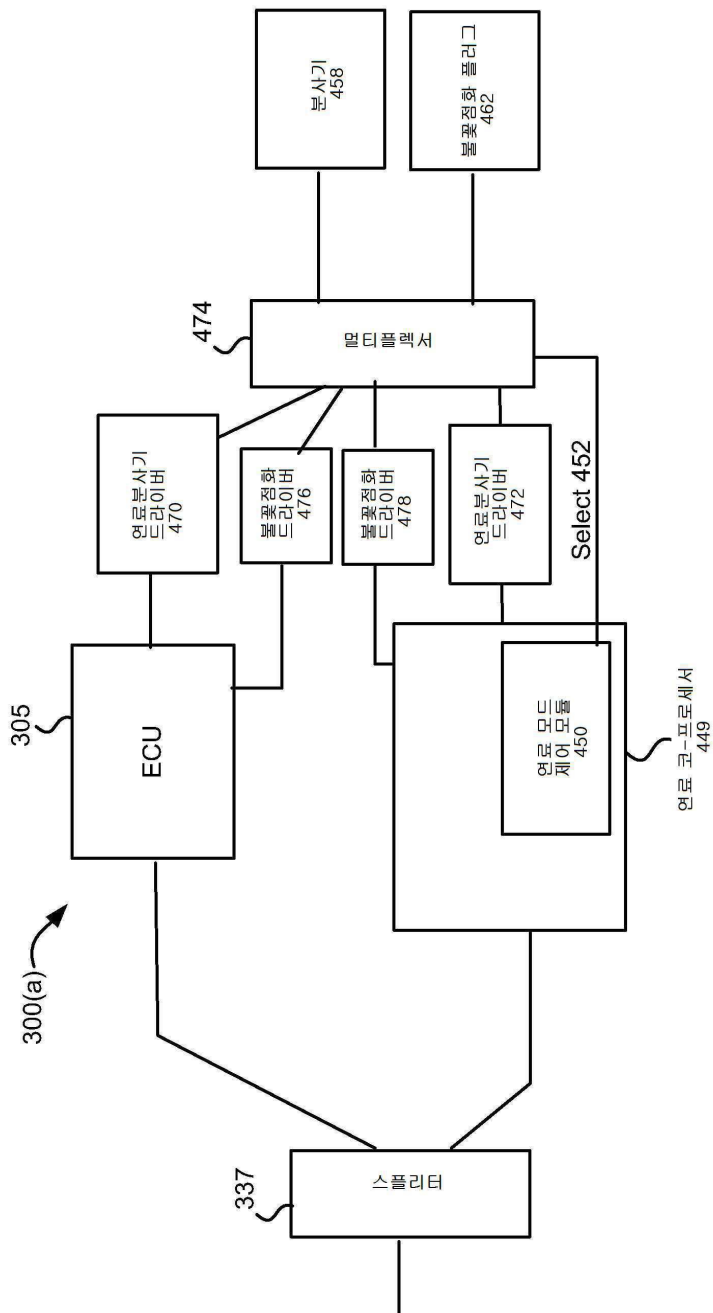
도면14



도면15



도면16





도면17

가속기	연료 코-프로세서 449	불꽃 점화 드라이버
람다(O2) 센서		분사 드라이버
크랭크축 각도		복제 센서
캠축 각도		무효화 센서
냉각제 온도		연료 모드 제어
흡입 공기 온도		사용자 인터페이스
스로틀 위치		
질량 공기 흐름		FPGA 프로그래밍 인터페이스
다기관 압력		팽창 베스
클러치		
브레이크		
정속주행 제어		

도면18

