

토오크 보조 방식의 일체형 스타터 발전기 제어 방식 개발

오 성 철*

한국기술교육대학교 정보기술공학부

Development of Torque Assisted Control Method for Integrated Starter/Alternator

Sung Chul Oh*

School of Information Technology, Korea University of Technology and Education, Chungnam 330-708, Korea
(Received 7 September 2009 / Accepted 15 July 2010)

Abstract : Research on ISA(Integrated Starter/Alternator) receives wide attention as system voltage is increased to 42V. Based on requirement of starter and alternator for the conventional vehicle, system requirement and specification are determined. Also to control proposed system, suitable control methods are proposed. Main control issues with ISA are whether torque assist is required and if so how much torque is needed. In this paper, vehicle performance with various control methods and capacity are simulated and simulation results are analyzed. Vehicle performance is analyzed with vehicle simulator. For the simulation, suitable ISA model is also developed.

Key words : Integrated starter/alternator(일체형 스타터/발전기), Vehicle performance simulator(차량성능시뮬레이터), Torque assist(토오크보조)

1. 서 론

전기 자동차 혹은 하이브리드 자동차의 구동 방식에 대한 연구는 활발하게 진행되고 있으나 실용화는 다소 지연되고 있는 실정이다. 가장 주된 이유는 기존 자동차에 비하여 가격 대비한 성능이 미흡한데 있다. 그러나 최근에는 전기자동차, 하이브리드 자동차의 개발 방향이 초기의 배기가스 저감 목적 보다는 연비 향상에 주안점을 두고 있다. 또한 순전기(Pure Electric) 자동차 혹은 전하이브리드자동차(Full hybrid electric vehicle) 등 전동기가 추진을 주로 담당하는 자동차는 고성능 2차 전지의 가격과 전지 전압이 150V 이상으로 높음으로서 이에 의한 안전성의 문제 등에 의해서 실용화가 늦어지고 있다. 최근에는 기존의 자동차의 연비 향상을 위한 대

책으로서 기존의 자동차의 스타터 전동기와 발전기를 일체로 한 ISA(Integrated Starter Alternator)에 대하여 활발한 연구가 이루어지고 있으며 실제 실용화가 이루어지고 있다. 특히 ISA는 기존 자동차의 전기시스템의 용량이 증대함에 따라 전기시스템의 전압을 42V로 높이는 방식과 연계되어 추진되고 있다. ISA를 이용하면 기존의 시동 전동기 및 발전기를 한 개의 전동기를 사용할 수 있으면 기능상의 이점은 다음과 같다.¹⁾

- ① 시동 시 : 기존의 시동전동기에 용량이 큰 전동기를 사용하여 엔진에 연료를 공급하는 속도를 높일 수 있다.
- ② 발전 시 : 주행 중 여유 구동력을 이용하여 ISA는 발전기로 동작하여 전기를 공급하고 전지를 충전할 수 있다.
- ③ 회생제동 시 : 감속 시 발생하는 회생에너지를

*Corresponding author, E-mail: scoh@kut.ac.kr

ISA를 이용하여 전지를 충전 할 수 있다.

- ④ 자동차 운전 방식에 의해서 차량이 정지 되었을 때는 엔진을 정지할 수 있어 연비 향상 및 배출가스 저감에 기여할 수 있다.
- ⑤ 엔진 구동력 보조 기능 : 가속 시, 저속 주행 시 또는 경사로 등판 시 엔진 구동력을 보조하여 성능을 향상시킬 수 있다.
- ⑥ 엔진진동 흡수 : ISA로 엔진에서 발생하는 진동을 흡수하여 승차감을 향상시킬 수 있다.

ISA의 최적 용량 및 제어 방식의 개발을 위해서는 자동차 성능 시뮬레이터의 활용이 필요하다. 특히, 자동차 정량적인 성능 분석(연비, 배출가스)을 위해서는 자동차 성능 시뮬레이터가 활용되고 있는데 시뮬레이터에서는 기계적인 시스템에 비하여 전기시스템의 시정수가 작으므로 전동기/제어기는 운전 점에 대한 효율로 표시되고 있어 과도 상태 분석에는 한계가 있다.

2. ISA의 요구조건 및 운전

ISA는 2상한(Quadrant) 운전이 가능한 다기능 모드를 가진 부품으로 구성되어 있다. 엔진의 운전 조건에 의해서 발전기 혹은 전동기로 동작한다. ISA는 발전 중 전 속도영역(1:10)에서 최소 4KW의 공급이 가능하여야 한다. 또한, ISA는 엔진의 시동에 필요한 충분한 속도와 토오르크를 공급해야 한다. Fig. 1은 ISA의 요구 특성을 나타낸다.^{2,3)}

현재 엔진의 크랭킹을 위한 스타터 전동기의 속도는 100-150 rpm이다. 한편, ISA는 급속 엔진 시동을 위하여 400 rpm에서의 크랭크가 가능하여야 한

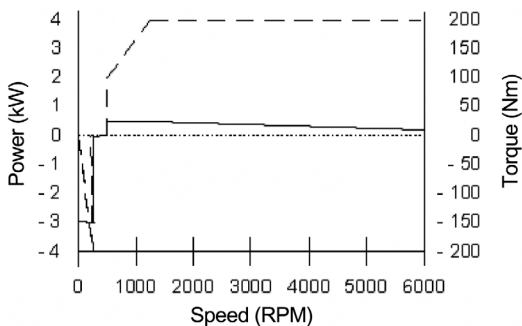


Fig. 1 Torque power characteristic of ISA

다. 이 방식에 의해서 연료의 저감 및 공해를 저감할 수 있다, 그러나, 제어회로에서 사용되는 마이크로프로세서의 지연, 전동기와 전력전자 기기의 큰 시정수 등 엔진의 크랭크를 지연시키는 요소가 있다. 전동기에서는 가속의 확립에 필요한 지연이 존재하지만 만일 크랭크 속도가 500 rpm 이상 높게 되면 시동에 시간이 지연되어 연소가 안정화 되는 이 점이 감소하게 되며 유체 역학 적인 마찰이 증가하게 된다. 또한, 전동기의 직류 출력에 진동이 발생하게 된다.

ISA는 엔진의 cold start 문제도 다루어야 한다. 예로서 매우 낮은 온도에서는 엔진 오일의 점도가 매우 높아서 유체역학적인 마찰이 매우 크게 된다. 또한 초기의 크랭크축의 위치가 불균일한 마찰의 분포로 인하여 크랭크에 영향을 미치게 된다. 다른 문제는 낮은 온도에서는 전지의 전압이 저하되어 최대 크랭크 속도가 제한되게 된다.

안전에 관련된 부하가 증가하게 되어 이에 대한 신뢰도 높은 전력원이 필요하다. 따라서 ISA는 고장에 잘 견디고 고장에 의한 최악의 경우에도 성능은 떨어지지만 필요한 전력을 공급할 필요가 있다.

ISA가 크랭크축에 장착되어 있으면 고온, 진동에 의하여 극한 조건에 노출되게 된다. 따라서 시스템은 가능한 견고해야 하며 효율적인 냉각 방식을 채용해야 한다. ISA는 낮은 소음 레벨을 특히 3000 rpm 이하에서는 유지해야 한다. 그 이후는 엔진의 소음이 커지게 된다.

ISA는 발전기로 동작할 때 고효율로 높은 전력을 공급해야한다. ISA는 다른 모드에서 운전하게 되지만 대부분 전동기 혹은 발전기로 동작하게 되므로 모드 전환 시 부드러운 전환이 필요하게 된다. 이는 ISA를 전력 시스템에서 순간적으로 분리하면 되는 데 일정한 속도 영역에서의 동작이 필요하게 된다. 예를 들면 엔진이 시동된 후 400 rpm에서 전환방식이다. 전환은 아이들링 속도에서 500 rpm 사이에서 이루어지면 된다.

ISA의 기계적인 구조는 소형 경량화, 낮은 회전자 관성, 낮은 가격이 요구된다. 특히, 낮은 회전자 관성은 벨트로 구동되는 시스템에선 특별히 요구되는 특성이다. 또한 기동 시 높은 토오르크를 공급할 수

있어야 되고 전력밀도가 높아야 한다.

ISA의 주된 목적은 시동과 전력을 발생시키는 것으로 스타터와 발전기의 기능을 각각 수행한다. 그러나 ISA를 장착하게 되면 다음 기능이 가능하게 된다. 즉 스타트-스톱 기능과 회생제동에 의해서 연비 향상과 배출 가스를 저감할 수 있었다.

스타트-스톱 기능은 차량이 정지하고 엔진이 아이들링 상태가 된 후 수초 후에 엔진을 정지하는 것이다. 가스 페달이 눌리지면 엔진을 다시 시동하는데 이는 ISA가 고속에서의 크랭킹이 가능하기 때문이다. 이로서 아이들링 중에서 소비되는 연료를 저감할 수 있다. 회생 제동은 감속중의 운동에너지를 발전에 사용함으로써 발전에 소비되는 연료를 감소시킬 수 있다. 회생 중에는 15KW까지의 전력을 회생하며 높은 속도에서는 20KW까지의 전력을 회생할 수 있다.

IAS는 장치의 크기가 크고 용량이 크므로 전 속도 영역에서 4KW까지의 전력을 생산할 수 있다. 특히, 자동차의 아이들링 속도를 낮출 수 있어서 스톱-고에서의 연료를 상당히 저감할 수 있다. 이런 ISA의 기능에 의해서 엔진의 신뢰도 높은 시동과 냉운 시동도 가능하게 된다.

현재의 스타터 전동기는 엔진을 크랭크하여 점화가 아이들링 속도보다 작을때 발생하게 된다. 이 결과 불완전 연소에 의해서 연료가 낭비되면 배출 가스도 증가하게 된다. ISA를 사용하게 되면 연료의 완전 연소에 의해서 연비 향상과 배출 가스 저감을 이룰 수 있다. 또한 ISA에 의하면 점화가 400rpm이상에서 가능하게 되어서 연소의 안정화와 유체역학 마찰을 줄일 수 있다.

ISA는 엔진을 진동을 흡수하는데 사용 될 수 있어 승차감의 향상과 구동 장치의 수명을 증대할 수 있다. 이는 실린더의 피스톤에 의한 엔진의 진동을 제거할 수 있는 토오크를 공급함으로써 가능하게 된다. 비슷하게 ISA는 타력 운전 중 엔진을 정지할 수 있게 된다. 타력 운전 중 엔진이 정지되면 차량의 저크가 발생하는데 이는 엔진의 확장 중에 생성된 진공에 의한다. 그러므로 피스톤이나 특정 크랭크 축에 토오크 펄스가 발생하는데 저크를 제거하게 되면 승차감을 향상시킬 수 있다.

ISA의 높은 일정 토오크 능력에 따라 전 스피드 영역 1:10에서 일정한 토오크를 공급할 수 있게 한다. 또한 ISA가 가속을 보조 할 수 있게 한다. 그러므로 ISA가 미리 정해진 가속 수요를 감지하게 되면 ISA는 마찰을 극복하고 엔진의 여러 부품을 가속하기 위하여 필요한 토오크를 공급하게 된다. 그러므로 ICE는 차량을 더 빨리 가속할 수 있게 한다. ISA는 가속이 0일때 ICE가 반응 할 수 없는 급격한 추진 토오크를 공급할 수 있다. 엔진이 완전 연소를 할 수 있게 해서 연료 소비를 줄일 수 있다. ISA로 가능한 큰 기계적인 토오크 보조는 엔진에 치명적인 엔진의 급격한 속도 감소를 방지 할 수 있다. ISA 시스템에서 적용할 수 있는 차량의 전기시스템은 Fig. 2와 같다.

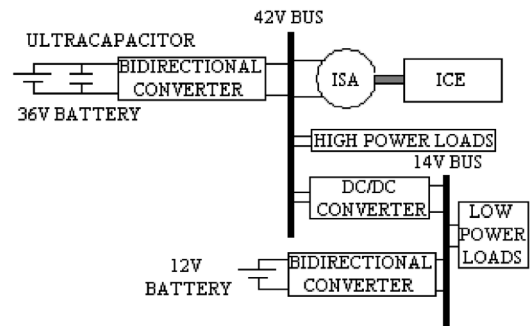


Fig. 2 Vehicle electric system with ISA

3. ISA 제어 방식

3.1 토오크 보조 없는 제어방식

이 제어 방식에서는 전동기는 stop-and-go 운전을 가능하게 하기 위해서 주로 엔진을 시동하는데 사용한다. 그러나 만일 배터리의 충전 상태가 낮거나 차량이 감속 할 때는 발전기로 동작하게 된다.

3.2 토오크 보조 제어방식

이 방식에서는 전동기는 스타터 역할 뿐 아니라 토오크를 보조 하는 역할도 같이 하게 된다. 이 경우는 다음의 5가지 운전 모드를 고려할 수 있다.

- 1) 엔진 시동
- 2) 가속 모드
- 3) 타행 운전 : 이 모드는 정상 상태 혹은 매우 작

은 가속, 감속 시를 포함한다. 이 경우는 전동기는 토오크를 보조하지 않는다.

4) 감속 모드 : 이 경우는 운전자가 브레이크 페달을 밟거나 악셀 페달을 밟지 않을 경우를 포함한다.

5) 정지 상태 : 차량이 정지한 상태 각 모드의 동작은 Table 1과 같이 구분된다.⁴⁾

3.2.1 엔진 시동

기존의 자동차는 엔진을 시동하기 위해서는 키를 start 위치에 놓아야 한다. 그러나 이 방식은 엔진을 시동하기 위한 한 방식에 불과하다. 차량이 정지되어 있을 때는 키를 off 위치에 있지 않아도 엔진은 정지된다. 이 경우는 엔진의 시동을 담당하여야 한다. 운전자는 키를 시동위치로 할 필요가 없다. 다음의 두 가지 운전자 입력에 의해서 엔진은 재 시동한다.

- 기어를 중립에 있고 악셀 페달을 밟는다.

만일 배터리의 충전상태(SOC)가 정상적인 운전 범위에 있으면 전동기는 엔진을 시동하는데 사용된다. ISA 전동기는 전통적인 스타터에 비하여 출력이 크므로 연료가 분사되기 전의 엔진속도는 더 높게 된다. 이 경우는 압축이 더 안정적으로 된다.

3.2.2 가속모드

ISA의 전동기의 용량은 전체 구동장치에 필요한 전력보다 상당히 작게 된다. 이 경우는 제어 방식에서 다음 사항을 선택하여야 한다.

- 제어 방식은 두개의 전력원에 의해서 토오크를 분담하지 않는다. 전동기는 부가적인 보조로서 가속시 과도 상태에서에서만 보조를 하게 된다.
- 운전자는 제어기로서 전동기에 의한 보조 토오크는 악셀 페달을 놓음으로서 전동기에 의한 보조를

보상한다.

- 전동기는 스스로 동작하지 않는다.

보조를 분석하기 위해서 다음의 세 가지의 경우를 정의할 수 있다.

- 높은 SOC : SOC가 58%이상이면 최대 보조가 가능하다. 그러나 SOC가 보조 여부, 보조량을 결정하는 오직 한가지 조건은 아니다.
- 낮은 SOC : 만일 SOC가 낮으면(35%<SOC<58%), 보조는 토오크 요구치가 많은 경우에만 수행된다. 스로틀을 최대로 열고 전 가속의 경우가 이 경우에 해당한다. 보조량은 요구된 토오크의 함수이다.
- 매우 낮은 SOC : 만일 SOC가 매우 낮으면(SOC<35%), 보조는 토오크 요구치가 많은 경우에만 수행된다. 스로틀을 최대로 열고 전 가속의 경우가 이 경우에 해당한다. 보조량은 요구된 토오크의 함수이다.

3.2.3 타행 모드

타행모드는 차량이 정상상태에 도달하고 속도의 작은 변동이 있을 경우이다. 가속이 끝난 후 차량은 관성에 대항할 필요가 없으며 구름 저항이나 유체역학 저항 손실에 대항하기 위해서 토오크 요구치는 감소한다. 요구치가 감소하는 조건은 보조의 종료를 의미한다. 언덕이 없는 타행 운전시 ISA는 발전기로 동작하며 충전량은 SOC에 따라 달라진다.

- 가) 높은 SOC : SOC가 높은 경우는 배터리를 충전할 필요가 없다. 만일 12V의 보조 배터리가 있다면 이를 충전하는데 사용할 수 있다.
- 나) 낮은 SOC : 낮은 SOC에서는 ISA는 배터리를 충전하는데 사용한다. 충전은 SOC가 일정 값에 도달하면 중단한다.

Table 1 Torque assist control method

운전모드	시동	가속	타행	감속	정지	
엔진모드	엔진시동	차량추진		연료컷	자동아이들 정지	
모터모드		추진보조	발전/오프	회생제동	오프	
S O C	1	ISA에 의한 엔진 시동	부분 부하 보조	회생 없음	충전없음	자동 정지 시스템 가능
	높음					
	↑		스로틀 최대시 보조	전지 충전		
	낮음		무보조			
0				발전		
연비향상	시동시 연료 저감	엔진 부하 저감 및 전동기 보조	전지 제어에 의한 불필요한 전지 충전 억제	연료소비 없이 에너지 회생	연료소비 없음	

다) 매우 낮은 SOC : 낮은 SOC에서의 동작과 유사하다, 차이는 보조량이다.

3.2.4 엔진 시동

운전자가 브레이크 페달을 밟거나 악셀 페달을 처음 위치로 놓으면 엔진은 정지 되며 전동기는 브레이크로 동작한다. 회생되는 전류는 배터리를 충전하는 사용한다. ISA에 의한 제동량은 배터리에 흐르는 전류의 제한치에 의해서 결정된다. 엔진의 마찰과 기계적인 브레이크가 나머지의 제동 역할을 담당한다. 가속의 경우와 마찬가지로 운전자는 제어기호서 회생 제동이 가능하지 않은 경우(클러치가 체결되지 않은 경우)는 운전자를 이를 보상하기 위해서 브레이크 페달을 더 밟아야 한다. 회생 제동량은 운전자의 제동 토크 요구량에 따라서 SOC가 너무 높지 않으면 항상 일정하다.

3.2.5 정지모드

엔진의 속도가 아이들 속도 보다 낮게 되면 전동기는 전동기에 대한 부의 토크 명령에 의해서 엔진의 회전을 능동적으로 멈추게 한다. 차량이 멈추게 되면 엔진은 오프 상태를 유지한다. 엔진은 운전자가 첫 번째 기어 혹은 악셀 페달을 밟게 되면 엔진은 다시 시동된다.

4. 차량 성능 시뮬레이션

제시된 차량의 구동 장치의 특성을 PSAT을 이용하여 시뮬레이션하였다.⁵⁾ 즉, ISA와 내연기관의 출력은 클러치를 통하여 차량의 트랜스미션에 연결된다.

제안된 제어 방식에 따른 차량의 성능 분석을 위하여 3절에 제시된 제어 방식에 따라 각 제어 방식별 차량 및 부품의 성능을 분석하였다. 차량의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Vehicle specification

부품 중량 (kg)	667
연료 중량 (kg)	10
차량 중량 (kg)	813
전기적 약세사리 용량	1500W
전면부 면적 (m ²)	1.9
드랙 계수	0.25
최종 드라이브 비	3.08

Table 3 Component specification

부품명	규격	최대 전력 (KW)	무게 (kg)
엔진	1000CC, SI	50	50
배터리	Lithium, 42V		5
ISA	PM	10KW	7

각 부품의 제원은 Table 3과 같다.

내연기관 및 ISA의 속도, 토크에 따른 효율 분포는 각각 Fig. 3, 4와 같다.

차량의 속도가 속도 명령을 3.2km/h이상 벗어난 시간이 0.48%로 차량의 속도가 속도 명령에 잘 일치하였다. 이때의 연비는 17.4km/h이다.

Fig. 5는 ISA의 토크 출력이다. 사용된 제어 방식은 3절에서 설명한 ISA가 토크를 보조하는 방식을 채택하였으며 ISA가 기동 시 동작하고 일부구간에서 토크 보조 모드와 발전모드로 동작하였음을 알 수 있다.

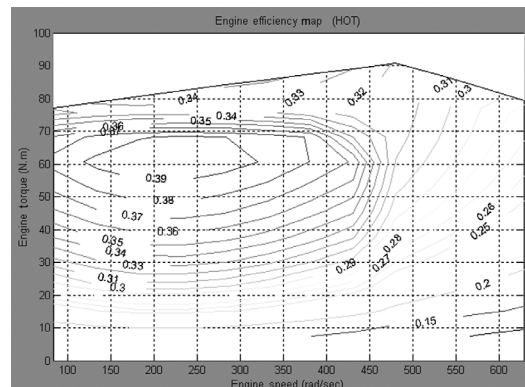


Fig. 3 Engine efficiency Map

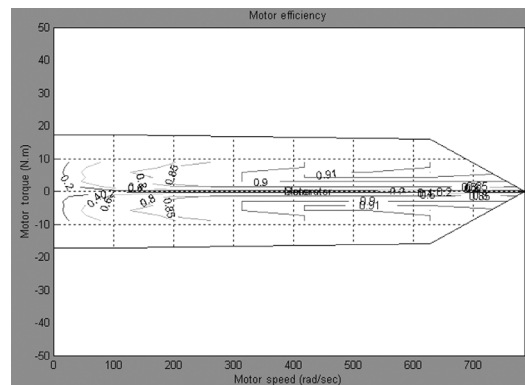


Fig. 4 ISA efficiency map

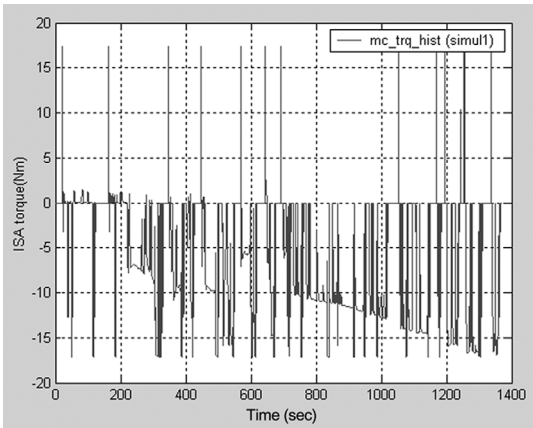


Fig. 5 ISA torque (torque assist)

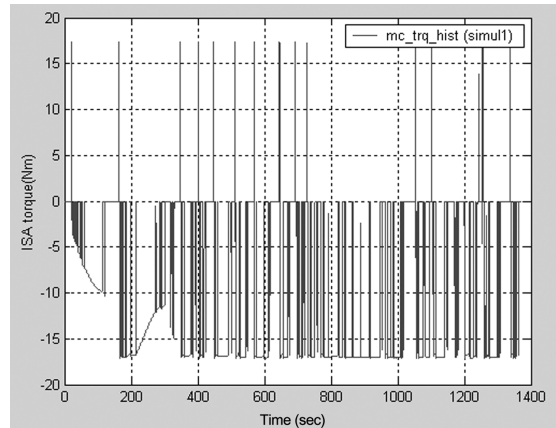


Fig. 8 ISA torque(no torque assist)

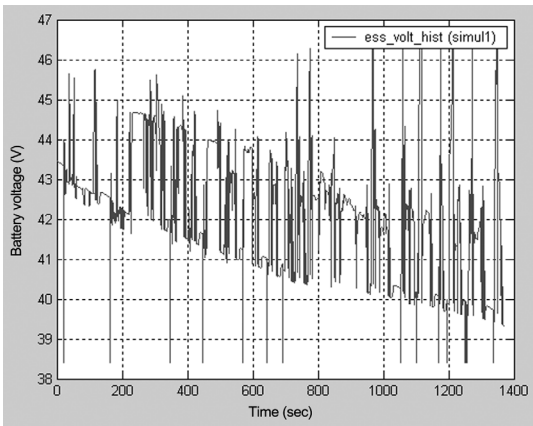


Fig. 6 Battery voltage

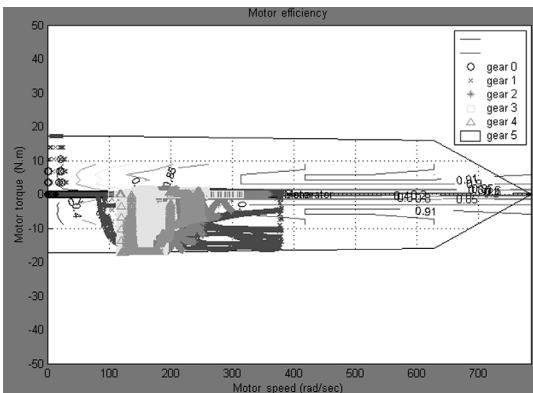


Fig. 7 ISA operating points

Fig. 6은 주행 모드 운전 중 배터리 전압의 변화를 나타낸다. Fig. 7은 FUDS 주행 모드 운전 중 ISA의 동작점을 나타낸다.

같은 사양의 차량을 토크를 보조하지 않는 제어 방식으로 구동 하였을 때의 ISA 특성을 시뮬레이션 하였다. 차량의 속도 명령에 대해 차량의 속도가 3.2km/h 벗어나는 시간이 전체 운행 시간의 1.83%로서 속도 명령에 추종함을 알 수 있다. 차량의 연비는 16.6km/l이다.

Fig. 8은 ISA의 발생 토크이다. ISA가 시동 및 발전에만 사용되었음을 알 수 있다.

토크 보조 제어 방식에 사용된 제어 변수는 Table 4와 같다.

시뮬레이션 중 ISA 장착 차량의 연비는 차량의 전기 시스템의 용량과 관계가 있음을 알 수 있다.

Table 4 Control parameters for torque assist mode

항목	제어 변수
기어체결상태에서의 엔진을 오프하는 최소 속도 (rad/s)	20.994
시동 후 엔진을 온 상태를 유지하는 최소 시간(sec)	10
전동기가 공급할 수 있는 최대 제동 토크에 대한 비율(0 → 1)	0.65
기계적 제동장치가 공급해야 할 비율(0 → 1)	0
공회전시 엔진이 온 되어야 하는 SOC(0 → 1)	0.2
회생제동을 허락하지 않는 SOC(0 → 1)	0.97
회생제동을 허락하지 않는 전동기 속도(m/s)	1
회생제동을 불가하게 하는 전동기 속도(m/s)	31
LOW SOC 모드(0 → 1)	0.58이하
Very Low SOC 모드(0 → 1)	0.35이하
정상 SOC 모드(0 → 1)	0.75이상
엔진을 오프하는 SOC(0 → 1)	0.8

토크 보조 방식의 일체형 스타터 발전기 제어 방식 개발

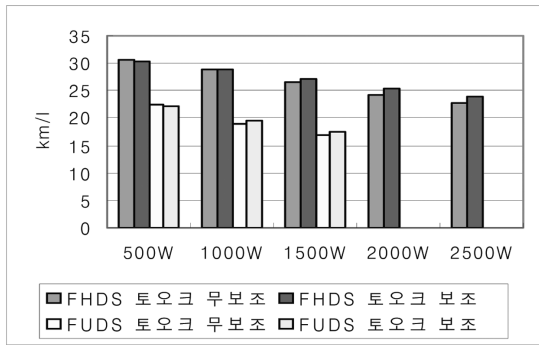


Fig. 9 Fuel economy with different electric system capacity

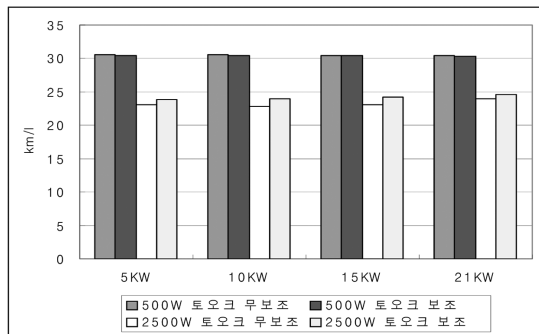


Fig. 10 Fuel economy with different ISA capacity

Fig. 9에는 전기시스템 용량별 제어 방식 별, 주행 모드 별 연비를 비교하였다. Fig. 9와 같이 전기 시스템의 용량이 커짐에 따라 연비는 감소하였으며 전기 시스템의 용량이 증가할수록, 토크 보조 방식에 의하여 연비가 향상됨을 알 수 있다.

다음은 전기시스템의 용량이 일정할 때 ISA의 용량에 따른 연비 변화를 Fig. 10에 분석하였다. 토크 보조에 의한 연비 향상이 ISA의 용량 보다는 전기 시스템의 용량에 관계있음을 알 수 있다.

ISA 제어 방식을 위하여 사용한 전동기 모델은 일본 혼다사의 Insight에 사용한 전동기 모델을 선형적으로 스케일링 하여 사용하였다. 일부 선진국에서 사용되고 있는 시스템에 대한 전동기의 모델은 실험을 통하지 않고는 확보가 불가능하였다.

실험에서 구한 효율을 바탕으로 한 전동기 모델을 사용하여서 ISA에 사용 시의 특성을 시뮬레이션 하였다. 실험에 사용된 전동기는 Axial flux type으로 정격은 Table 5와 같다.⁶⁾

Table 5 Specification of axial flux motor

최대전력 (kW)	6
정격속도 (rpm)	300
정격토크 (N-m)	102
정격전압 (V)	48
형식	DC Brushless Permanent Magnet

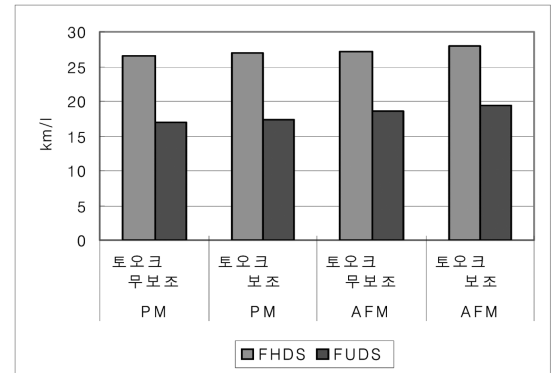


Fig. 11 Fuel economy with different motor type

Axial flux 전동기의 특성을 고려하여 벨트 드라이브를 사용하였을 때의 영구자석 전동기를 사용하였을 경우의 연비의 비교는 Fig. 11과 같다. Axial flux 전동기를 사용했을 경우, 도시 주행의 경우의 연비가 낮게 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 기존의 Full hybrid 자동차 보다 실용화에 앞서 있는 ISA 방식의 실용화를 위한 제어 방식을 제안 하였다. 특히 기존의 자동차의 발전기, 스타터 요구 조건을 분석하였으며 이를 바탕으로 ISA의 요구 조건을 도출하였다.

특히 토크 보조를 할 것인지, 할 경우에는 어느 정도 할 것인지가 ISA의 용량 산정 및 제어 방식을 결정하는데 매우 중요한 변수가 된다.

ISA가 차량에 탑재 되었을 경우에 차량 및 각 부품의 성능을 분석하기 위해서 차량 성능 시뮬레이터의 사용이 필수적이다. 본 연구에서는 순방향연산방식에 의한 차량 성능 시뮬레이터를 사용하여 ISA 장착 차량의 전동기 토크 특성을 정량적으로 분석하였다.

특히 ISA의 기본 기능인 시동 및 발전 기능 뿐만

아니라 토오크 보조 기능을 사용 하였을 경우와 아닌 경우. 사용 전동기의 종류에 따른 특성, ISA의 용량에 변화에 따른 드라이빙 패턴 별 연비를 각각 비교하였다.

실제 연비에 영향을 미치는 변수는 너무 많기 때문에 연비 최적화를 위한 제어 방식의 실제 적용을 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

특히 실제 개발 된 ISA 시스템을 시뮬레이터에 적용하기 위해서는 각 시스템 별로 모델이 필요한데 이는 시스템 확보 후 시험에 의해서 구할 수 있으며 이에 대한 시험 방법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 시뮬레이터에 시험에서 구한 영구 자석 전동기 모델과 Axial Flux Model을 적용 하였을 경우의 특성을 시뮬레이션하였다.

사용된 시뮬레이터는 더욱 다양한 구동 방식의 개발 및 차량 부품의 용량 산정에 활용 될 수 있으며 향후 과도 상태를 모의할 수 있는 모델 개발이 요구된다.

후 기

이 논문은 전력산업연구개발사업(R-2003-B-317) 및 한국기술교육대학교 교육 연구진흥비지원에 의하여 수행되었음.

References

- 1) F. Caricchi, F. Crescimbin, F. Capponi and L. Solero, "Permanent-magnet, Direct-drive, Starter/Alternator Machine with Weakened Flux Linkage for Constant-power Operation over Extremely Wide Speed Range," Proc. IEEE 36th Industry Applications Society Annual Meeting, Vol.3, pp.1626-1633, 2001.
- 2) R. Jayabalan and A. Emadi, "42V Integrated Starter/Alternator Systems," SAE 2003-01-2258, 2003; Proc. SAE 2003 Future Transportation Technology Conference, Costa Mesa, CA, 2003.
- 3) T. Denton, Automobile Electrical and Electronic Systems, SAE International, Warrendale, pp.134-178, 2000.
- 4) Ehsani, Gao, Gay and Emadi, "Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles," CRC Press, pp.277-298, 2005.
- 5) A. Rousseau, S. Pagerit, G. Monnet and A. Feng, "The New PNGV System Analysis Toolkit PSAT V. 4.1- Evolution and Improvement," Presented at Future Transportation Technology Conference, 2001.
- 6) S. Oh and A. Emadi, "Test and Simulation of Axial Flux Motor Characteristics for Hybrid Electric Vehicles," IEEE Transaction on Vehicular Technology, Vol.53, No.3, pp.912-919, 2004.