

공기식 플러그도어 시스템 개발

Development for pneumatic plug door system

홍재성 * 김연수 ** 이호용 *** 김원경 **** 양우봉 ***** 신진호 *****
Hong, Jaisung Kim, Younsu Lee, Hoyong Kim, Wonkyong Yang, woobong Shin, Jinho

Abstract

There are many EMU lines in Korea. But only one type has been applied to passenger side door. This type is so called "Pocket sliding type". This type has some weak points. To begin with, it is not good for decreasing the noisy from the outside of carbody. And the second time, if some obstacles are put between sliding door, only driver can operate re-open door switch manually in driver's cab. This type is so dangerous for passengers.

So many people want to the new door type that have no defect. KRRRI joined forces with ANT corporation for pneumatic plug door system. This type will be good for decreasing the noisy, passenger's safe. The project was started at the last year on November and will be finished on June, this year

In this paper, we will deal with the role of cylinder, planetary gear, door control unit, dynamic mechanism, and the report of FEM, type test. This paper will contribute to the electric motor control plug door system.

1. 서 론

공기식 도어엔진을 이용한 DCU(Door Control Unit)제어방식 전동차 Door System의 기술개발은 상당히 의미가 크다고 할 수 있다. 80년과 90년 말까지의 Door System은 열림 및 닫힘 기능 외에는 특별한 안전장치 없이 운행되고 있는 실정으로 승객의 안전과는 별도로 검수 및 운영의 편리성만을 추구하여 특별한 기술개발 없이 사용되고 있는 실정이며 이로 인한 안전사고도 빈번하게 발생되고 있다.

그러나 현재의 철도차량, 특히 전동차량의 제어가 종합제어장치(TCMS, TGIS, TIS) 방식으로 전환되고 있으며 이는 차량의 각종 정보를 Monitoring을 통해 검수 운영되고있는 실정으로 승객의 안전과 직결된 출입문의 각종 정보를 인식하지 못한 상태의 종합제어 방식의 차량운행은 무의미한 상태와 같다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원 정희원

** 한국철도기술연구원 주임연구원 정희원

*** 한국철도기술연구원 주임연구원 정희원

**** 한국철도기술연구원 책임연구원 정희원

***** ANT사 사장 비회원

***** ANT사 과장 비회원

이와 같은 상황에서 DCU제어방식 플러그 Door System에 대한 제조 및 설계기술을 확보하지 못하고 각종 차량의 국제입찰이 진행될 경우 상기 기술을 확보한 해외업체에 의존할 수밖에 없는 실정으로 국내업체에 큰 타격은 물론 차량제작 기반기술 자체가 하락되는 현상을 초래할 수밖에 없는 실정이다. 따라서 한국철도기술연구원과 ANT사는 공동연구협약을 맺어 국내 최초로 공기식 DCU제어 플러그도어를 개발하여 형식시험중에 있으며 표준전동차에 장착하여 성능시험을 계속할 예정에 있다. 본 DCU제어방식의 플러그 Door System개발은 기존 시스템과 비교해 기술적 편의성 및 우수성을 가지고 있으며 국내의 기술적 경쟁력을 향상시키는 반면 관련분야의 기술 집약적산업 발전의 기본이 될 것이다.

2. 도어엔진의 구성

2.1 기존 도어엔진의 특징

기존의 도어엔진 [1]에는 복합유성기어장치가 장착되어있지 않고 단지 실린더의 행정에 의해 개·폐되는 도어 포켓 방식으로서 도어가 차체에 밀착되지 않아 소음저감 효과가 없으며, 알루미늄 차체에는 적용상 문제점이 많고 설치가 불가능한 시스템으로 되어있다.

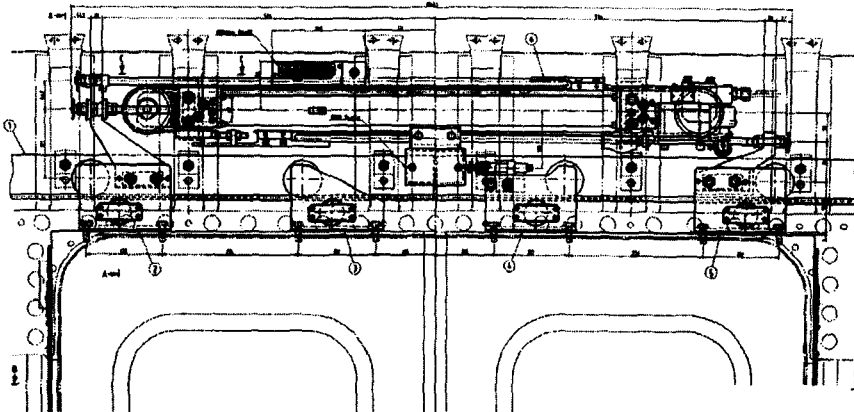


그림 1. 기존 도어엔진 시스템의 구성

또한 기존의 도어엔진은 그림 1에서와 같이 좌우로 직선 왕복운동만이 가능하여 정확한 치차제산을 이용한 플러그 in-out 이 근본적으로 불가능하다.

2.2 개발된 공기식 플러그 도어엔진의 특징

개발된 공기식 플러그 도어엔진의 동작 메커니즘을 간략히 요약하면 다음과 같다.
 공기주입 → 실린더 작동 → Rack & Pinion에 의한 선형운동의 회전운동 변환 → 베벨기어 회전 → 유니버설조인트 회전(축 불일치로 사용) → 복합유성기어장치 작동(Locking 해제) → 복합유성기어장치 작동(감속) → 복합유성기어장치 작동(증속) → 스피들 회전 → 도어 개·폐 동작 → 잠금장치 작동

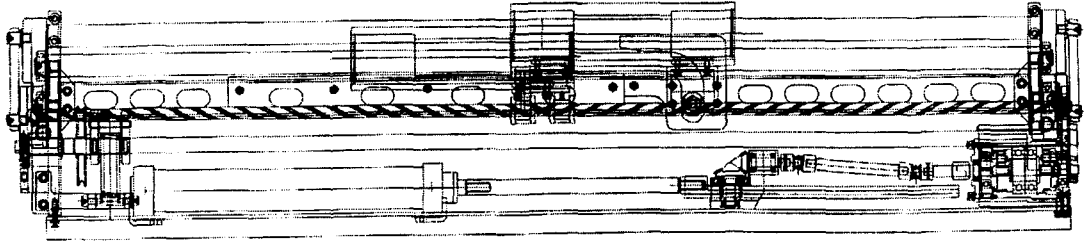


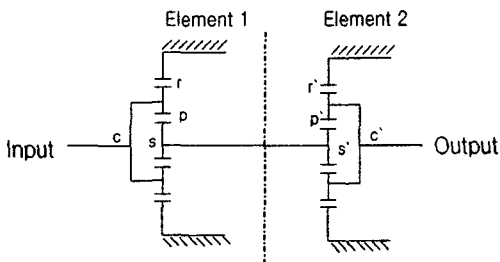
그림 2. 개발된 공기식 플러그 도어엔진 시스템의 구성

2.3 복합유성기어장치 개발

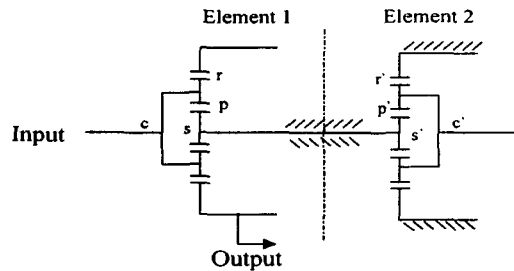
2.3.1 복합유성장치의 기능

본 복합유성기어장치의 기능은 크게 두 가지로 나눌 수 있으며 그 내용은 다음과 같다.

Mode I



Mode II



는 고정되는 component

각종 기어의 잇수 : $Z_r = Z'_r = 70$, $Z_p = Z'_p = 28$, $Z_s = Z'_s = 14$

element 1과 2의 기본 속도비 : $i_o = \frac{Z_r}{Z_s}$ 와 $i_o' = \frac{Z'_r}{Z'_s}$ 는 동일한 값

각 기어의 모듈(m)과 공구압력각(α_c) : $m=0.75$, $\alpha_c=20^\circ$

복합 유성기어장치는 Mode I 과 Mode II 의 동작모드를 가지며 크게 element 1과 element 2로 구성된다. element 1과 element 2의 유성기어장치는 2K-H형 I형식 단순 유성기어장치이다.

Mode I 에서 element 1과 element 2는 Inversion Mechanism이므로 element 2는 element 1에서 변속된 속도를 원상태로 회복(감속)시키는 역할만을 수행하며 도어엔진의 Plug-in, Plug-out의 역

할을 수행하고 이와 연계된 장치에서 Locking 기능을 수행하게 된다.

Mode II에서 element 2는 모든 component가 고정되므로 어떠한 역할도 수행하지 않고 element 1에서는 증속기능을 구현한다.

Mode I 에서는 c 가 input, c' 이 output이 되고 r 과 r' 이 고정된다. r 의 고정은 "belt drive"의 구속에 의해 이루어지고 f' 은 영구 고정요소이다.

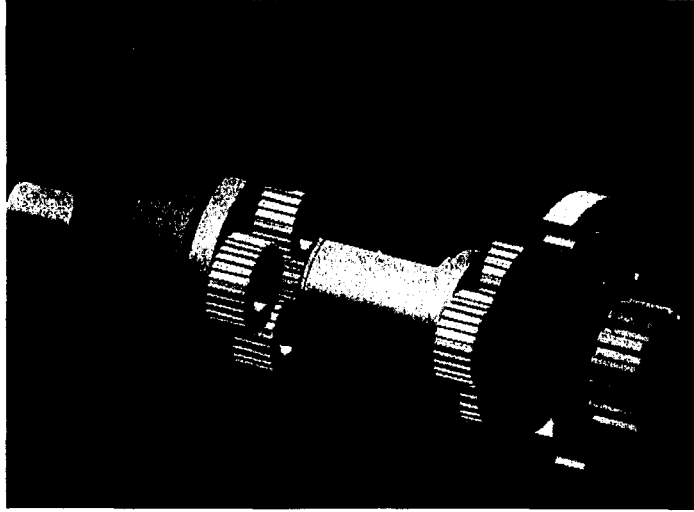


그림 3. 복합유성기어장치의 3차원 형상

유성기어장치의 잇수를 살펴보면 공구 압력각 $\alpha_c = 20^\circ$ 이므로 언더컷이 발생되지 않는 최소 잇수 $Z_c = 17$ 이다.

본 유성기어장치의 sun gear의 잇수는 14개이므로 언더컷을 방지하기 위해서는 반드시 "전위"를 시켜야 한다.

복합 유성기어열의 속도비는 Mode I 에서는

$$i_l = \frac{\omega'_c}{\omega_c} = (1 + i_o) \times \frac{1}{(1 + i'_o)} = \frac{(1 + \frac{Z_r}{Z_s})}{(1 + \frac{Z_r}{Z_s})} = 1.0$$

Mode II 에서는

$$i_l = \frac{\omega_r}{\omega_c} = \frac{(1 + i_o)}{i_o} = \frac{(1 + \frac{Z_r}{Z_s})}{\frac{Z_r}{Z_s}} = \frac{Z_s + Z_r}{Z_r} = 1.2$$

2.3.1 복합유성기어장치의 동력전달

복합유성기어장치의 동력전달은 다음과 같다(그림 4, 5 참조)
 실린더가 동작하면 ⑩번 랙이 동작하고 ⑦번 피니언을 회전시켜 ⑥, ⑤번 베벨기어를 회전시킨다.
 유니버설 조인트가 회전하여 복합유성기어장치를 동작시킨다.



그림 4. 도어엔진 핵심부위 3D 형상

Mode I에서는 ②번 유성기어, ③번 선기어, ①번 플러그기어는 회전하고 ⑧, ⑨번 링기어와 ④번 캐리어는 고정되어있다. ①번 플러그기어에 의해 도어가 플러그 되면 동력전달 메커니즘이 Mode II로 된다.

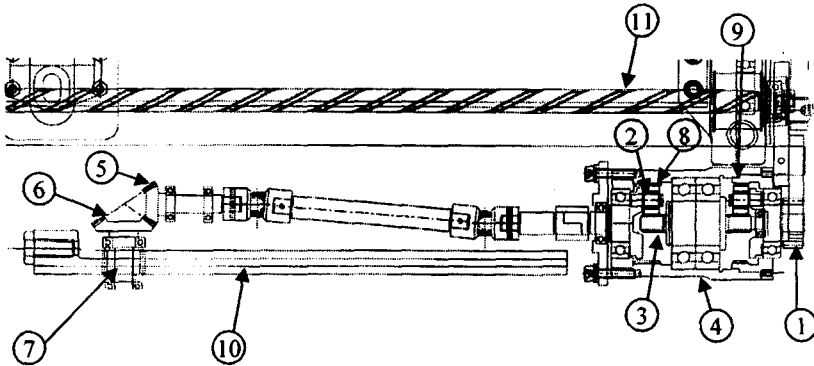


그림 5. 복합유성기어장치 관련 조립도 1

Mode II에서는 ①번 플러그기어, ③번 선기어, ⑨번 링기어가 고정되고 ②번 유성기어, ⑧번 링기어가 회전하여 ④번 캐리어가 회전하게 된다.
 ④번 캐리어에는 벨트가 풀리에 연결되어 ⑪번을 회전시키면 도어가 열리게 되는 구조로 되어있다.

3.4 DCU(Door Control Unit)장치 개발

3.4.1 DCU 장치의 특징

본 DCU 제어장치는 본 시스템에서 중요 기능을 수행하는 장치의 하나로 도어시스템의 구동을 총괄하여 제어하고 안전한 시스템 구동을 위한 장치이다.

본 장치가 운영되어야 할 주변 상황을 고려해보면, 입력전원은 100V DC이고 Micom Board의 필요전원 5V DC는 DC-DC Converter를 통하여 해결한다. 그리고 재열림 작동시 필요한 100V DC 전원은 차량측에서 제공되어지며 출입문이 닫힌 후에는 리미트 스위치를 통하여 전원이 차단되도록 한다.

본 도어시스템에서는 PIC Chip을 사용한 마이컴을 채택하였다. 마이컴에서는 도어의 개·폐 및 상태표시를 Display 되도록 하였으며 2개의 CPU를 두어서 주CPU의 작동의 확인을 위하여 보조 CPU를 두어 Door Control의 작동상태를 자체적으로 확인하도록 하였다.

DCU의 주요 구성은 CPU 및 I/O, 센서 신호처리기 및 감지센서, Display 장치, DC-DC converter I/O Relay등으로 구성된다.

만약 DCU의 이상 즉, Micom Board에 이상이 있을 경우 바이패스 스위치를 두어 도어열림 및 닫힘에 지장이 없도록 한다.

Micom의 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 자가진단기능(CPU의 동작상태를 점검)
- Display 기능(도어 작동상태를 표시)
- 감지센서 처리기능(차압센서를 통한 재열림 신호인식, 재열림 동작)
- Timer 기능(프로그램을 통한 재열림 시간설정)
- Counter 기능(프로그램을 통한 재열림 횟수 설정)
- Bypass 기능(Micom Board 문제 발생시 S/W 전환으로 도어작동)

3.4.2 동작원리

- 열림동작

운전실에서 열림신호를 주면 열림신호를 Micom Board에서 인식하여 I/O 장치를 통해서 열림신호(100V DC)를 전자변에 인가하며 Bypass S/W를 두어 작동가능하게 한다.

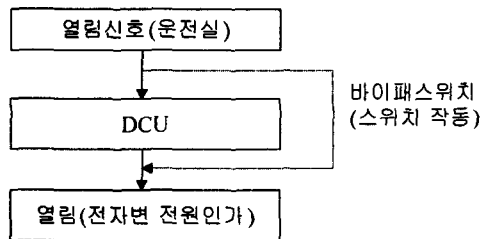


그림 6 열림동작

- 닫힘동작

운전실에서 닫힘 신호를 주면 I/O 장치를 통해 Micom Board에 전달, CPU는 이를 인식하여 작동한다.

- 재열림 동작

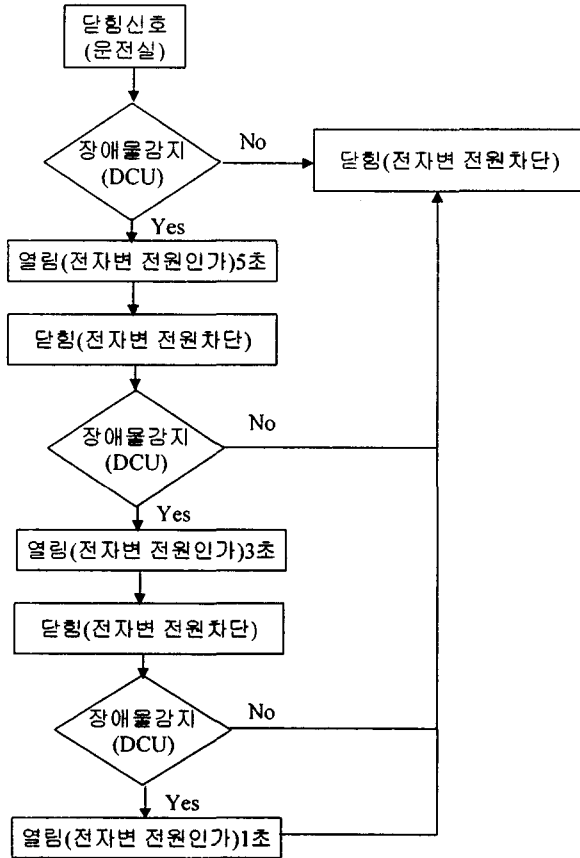


그림7 재열림 동작

운전실에서 닫힘 신호를 준 후 장애물 센서가 장애물 감지하여 I/O 장치에 신호를 주면 Micom은 장애물을 인식하여 전자변에 열림신호(100V DC)를 주어서 출입문이 재열림 되도록 동작한다. 위와 같은 동작은 3회 반복하도록 하며 작동시간(열림시간)은 최초 5초, 3초, 1초후 닫힘으로 한다. 또한, 재열림시 열림시간 및 회수는 프로그램 변경으로 가능하다. 재열림 작동시 열림신호(100V DC)를 필요로 하므로 별도의 전원 100V DC를 두도록 하고, 이는 문이 닫힌 후 리미트스위치를 통하여 전원 차단되도록 한다.

3. 결과 및 향후과제

전동차량 각 분야의 기술발전에 있어서 Door System만은 지하철 1호선부터 현재까지 공압식 엔진과 Pocket Sliding Door를 사용해 오고 있다. 이는 이미 보편화된 기술이며, 기존 노선에 다량

분포되어 A/S요원이 충분히 확보되어 있다는 장점이 있는 반면 다음과 같은 단점으로 인해 향후에는 점진적으로 사라질 것이다.

- 1) Aluminium Extrusion 차량에는 설치가 어렵다.
- 2) 외부소음에 노출되어 있다.
- 3) 장애물 검지 및 재열림이 자동으로 되지 않으며 공기압 제거시 문이 열린다
- 4) 고속화 차량에 적합치 않다.
- 5) 고속 주행시 차량면과 Door면의 불일치로 인한 부분적 압력차 발생 및 공기저항으로 제품수명 단축과 주행간 차량의 전력소모가 증가한다.

상기와 같은 문제점을 해결하는 DCU제어 공압식 Plug Door System에 대한 제어기술을 국산화함으로써 자체모델 개발 및 세계적 차량제작 기술을 확보하게 될 것으로 사료된다.

DCU제어 Plug Door System은 시스템의 유지 및 관리, 운용의 편리성으로 인한 이점 때문에 유럽 및 기타 국가에서 이미 사용되고 있으며 새로운 전동차 및 경전철에도 사용될 것이 확실시되고 있다. 또한 향후 실시하게 될 전동차 무인운전시 Door측의 각종 정보를 손쉽게 활용할 수 있어 운용효율이 극대화 될 것으로 판단되며 승객의 안전과 쾌적성 측면에서 더욱더 많이 활용될 것이다.

한편 개발품에 대해 철저한 시험 [2] 을 거쳐 그 성능을 입증하여 국내 적용을 유도하여야 한다. 추후 모터를 사용하는 전기식 DCU제어 Plug Door System도 개발이 되어 좀더 안전한 DCU제어 기술 및 도어엔진 설계기술을 확보하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] “전동차 표준사양 연구보고서 (분야 : 차체 및 설비)”, 1997.12, 건설교통부
- [2] “도시철도용품의 품질인증요령”, 2000.3.27, 건설교통부