

전동차의 추진 및 제동 신호전달 시스템에 대한 고찰

박정광\*, 윤현, 김남준  
대전대학교 전기정보시스템공학과

A Study on the Signal Transfer System of the Train Propulsion and Braking

Jung-Kwang Park, Hyun Yun, Nam-Joon Kim  
Department of Electrical Engineering, Daejin Univ.

**Abstract** - 전동차 운행시스템은 속도를 지령하는 NOTCH의 상태를 전압으로 인식하여 주파수로 변환한 후 주파수 변환신호를 출력하는 아날로그 및 디지털 인코더와 인코더의 주파수 변환신호를 입력받아 카운트하여 노치의 상태를 데이터버스(DATA BUS)에 실어 중앙처리장치(CPU)에 데이터를 출력하는 특징을 갖는다. 이러한 전동차 신호전달시스템 분석을 본 연구에서 하고자 한다.

1. 서론

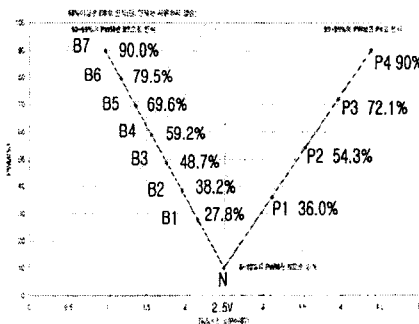
최근 국내의 대/중소 도시에서 통근형으로 적용 및 운행되고 있는 전동차는 VVVF(가변전압, 가변주파수)제어방식의 추진장치와 제동장치가 자동정지장치(ATS) / 자동운전장치(ATO) 등과 연계되어 운영되는 방식을 취하고 있다. 최초 기관실의 기관사에 의한 NOTCH신호에 의해 이 신호는 전압의 형태로 아날로그 인코더에 입력신호로 전달되어 진다. 이 신호는 전압레벨에 따라 B7(Brake) - N(Neutral) - P4(Power)의 신호를 PWM방식으로 VVVF인버터 제어부에 전달하게 된다. 이 PWM 크기에 따라 인버터 제어부는 전동차모터에 그 신호를 전압의 형태로 전달하여 전동차의 가/감속을 수행할 수 있게 된다. 본 논문에서는 서울시 2호선 전동차를 기준으로 NOTCH의 입력신호에 대한 인코더의 출력신호를 실험을 통하여 알아보고 이러한 신호가 어떠한 회로적 구성에 의하여 전달되어지는지 분석하고자 한다. 또한 현재 시험운전중인 ATO방식과 비교하여 각각의 장·단점을 비교·분석하고자 한다.

2. 본론

2.1 열차운행방법 - ATS / ATO

현재 서울시 2호선 전동차의 경우 열차운행 방법으로서 ATS(Automatic Train Stop)-자동열차정지장치 / ATO(Automatic Train Operation)-자동열차운전장치를 사용하고 있다. 이는 단순히 열차 속도만을 제어하는 것이 아니라 앞 열차와의 간격과 현재 열차의 속도감지, 지령속도로의 제어, 열차상용브레이크, 비상 브레이크제어 등을 포함하고 있다. 이 중에서도 ATO는 ATC(Automatic Train Control)의 제어 범위를 더욱 확대하여 열차의 시동이나 가속도 자동화한 운전 방식이다. 이것은 운전의 대부분이 자동화되어 보안도의 향상, 기관사의 숙련도와 부담의 경감, 정확한 운전시간의 유지, 수송 효율의 증대, 동력비의 경감 등을 목적으로 하고 있다.

2.2 ATS 방식-NOTCH신호에 의한 PWM신호



<그림 1> NOTCH전압에 따른 PWM[%].

그림 1은 NOTCH신호에 따른 PWM[%]의 전체적인 개략도를 나타낸 그래프이다. 이때의 NOTCH신호에 따른 전압을 MASCON전압이라 한다. MASCON전압은 B7-P4까지 약 0.9V~4.3[V]가 되며 이에 따른 PWM[%]은 10~95[%]의 범위에서 변화하게 된다. 이 그래프를 표로 나타내면 다음과 같이 나타난다.

<표 1> NOTCH신호에 의한 MASCON전압 측정표.

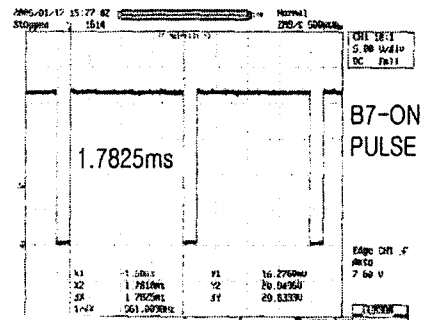
NOTCH	MASCON [V]	PWM [%]	ON PULSE 폭 [ms]
EB	0.61		
B7	0.97	90~95	1.8~1.9
B1	2.16	27.8	0.556
N	2.5	10	0.2
P1	3.11	36	0.72
P4	4.38	90~95	1.8~1.9

(표 1. 실험은 EB,B7,B1,N,P1,P4에서의 측정값을 기본으로 하였다.)

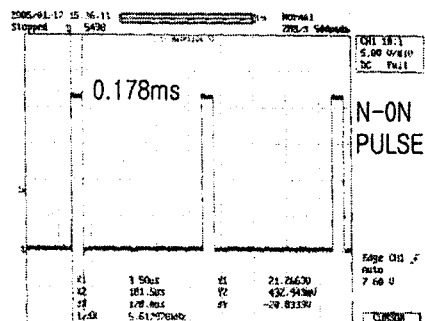
표에서 볼 수 있듯이 NOTCH신호에 의한 MASCON전압이 2.5[V]일 때 N(중립)상태가 되어 이를 기준으로 0.97[V]까지는 B(브레이크)구간이 되고 4.38[V]까지는 P(파워링)구간이 된다.

2.2.1 구간별 PWM(pulse width modulation) 파형분석

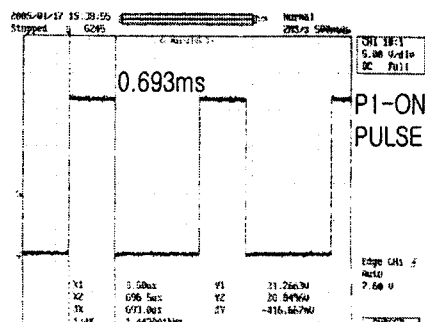
다음은 기본측정구간인 B7,B1,N,P1,P4,EB 중에서 B7,N,P1의 PWM ON\_PULSE파형이다.



<그림 2> B7-ON PULSE.

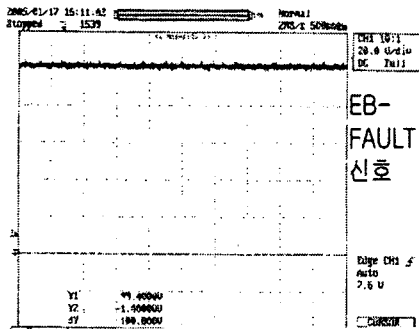


<그림 3> N-ON PULSE.



<그림 4> P1-ON PULSE.

위의 파형들은 한주기를 2[ms]를 기준으로 하여 측정된 값이며 ON PULSE폭은 오차 ±0.04[ms]를 가지고 있다. 다음 그림 5.의 경우 장치의 내부결합이나 고장으로 인하여 MASCON전압이 4.5[V] 이상 또는 0.61[V] 이하, PWM95[%]이상 일 경우 나타나는 파형을 나타낸 것이다.

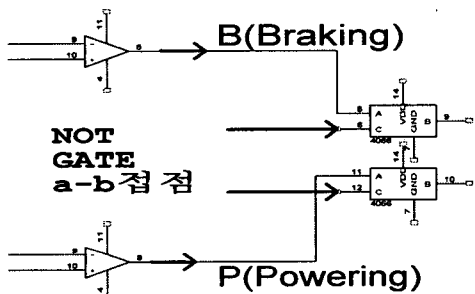


〈그림 5〉 EB-폴트신호.

### 2.2.2 회로적 특성

2.2에 의하면 전동차의 NOTCH신호와 PWM[%]과의 관계는 V자를 그리는 것을 알 수 있다. 전동차 종류에 따라 이 신호는 V자를 그리지 않고 선형적인 직선으로 나타나는 것도 있다.

필자가 논문에서 연구한 서울시2호선의 경우 2.5[V]기준으로 B(브레이킹) 신호와 P(파워링)신호를 제어할 수 있는 것을 볼 수 있다. 이는 내부 회로를 분석해 봄으로써 좀 더 쉽게 이해할 수 있다. V자형 제어를 하는데 있어서 아날로그스위치(4066)와 NOT게이트를 이용한 ULN2804를 사용한다. 아날로그 스위치의 경우 두 접점이 서로 NOT게이트에 의하여 a-b접점 관계를 이루게 되는데 최초 MASCON전압이 2.5[V]미만으로 전달시 나머지 한점은 b접점이 되어 B(브레이킹)신호만을 출력하게 된다. 반대로 MASCON전압이 2.5[V]초과시엔 B(브레이킹)신호접점이 b접점이 되고 P(파워링)신호만을 출력하게 된다. 그림 6.은 이를 개략적으로 나타낸 회로도의 일부이다.



〈그림 6〉 B(브레이킹)과 P(파워링)신호.

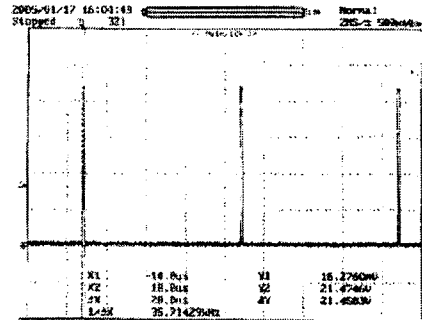
또한 이런 방식의 엔코더를 디지털이 아닌 아날로그로 사용하고 있는 이유는 현재 사용되고 있는 아날로그 엔코더의 신호정확도가 디지털 엔코더에 비해 비교적 높고 기존에 아날로그방식을 디지털방식으로 교체하는데 드는 비용이 많이 소요되기 때문이다.

### 2.3 ATO 방식

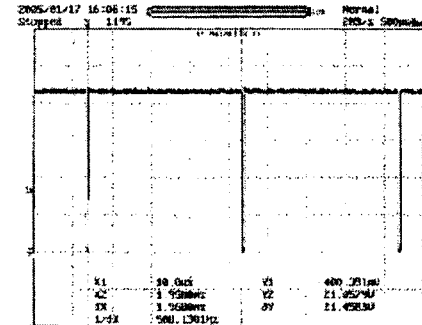
기관실의 기관사는 수동으로 속도를 가/감속할 수 있는 ATS방식과 자동으로 제어할 수 있는 ATO방식을 선택하게 된다. ATS방식으로 했을 경우 앞에서 살펴본 것과 같이 NOTCH신호에 의한 가/감속제어를 하게 된다. 그러나 ATO방식으로 할 경우 오도자동차와 같이 자동으로 가/감속을 하게 된다. 이는 역과 역사이의 구간별로 속도센서를 인식하여 전동차가 그에 맞는 속도를 내며 운행되는 방식이다.

이런 방식으로 운전할 경우 가/감속은 입력신호에 전달되는 전류에 의하여 결정된다. ATS방식에서 ATO방식으로 전환할 시 제어부는 앞에서 알아본 MASCON전압에 의한 B(브레이킹)과 P(파워링)제어회로를 차단시키고 전류에 의한 ATO방식으로 전환하게 된다. ATS방식의 경우 NOTCH신호에 의한 전압과 PWM[%]와의 관계가 V자형 제어를 하는 반면, ATO방식의 경우 전류량에 따른 전압과 PWM[%]와의 관계가 선형적인 직선 제어를 하게 된다.

이는 역구간사이의 센서들에 의해 4~20[mA]의 전류를 입력신호로 전달한다. 그림 7.의 경우 4[mA](약 1[V])의 입력신호에 의한 PWM의 크기를 나타낸 것이며 그림 8.의 경우 20[mA](약 4.5[V])의 입력신호에 의한 PWM의 크기를 나타낸 것이다.



〈그림 7〉 4[mA]-약0.028[ms].



〈그림 8〉 20[mA]-약1.9[ms].

NOTCH신호에 의한 가/감속이 아닌 역구간사이의 센서들에 의한 전류신호로써 펄스를 전달함으로써 속도를 제어하는 방식이 바로 ATO방식이다.

### 2.4 ATS/ATO 장·단점 비교

지금까지 두가지 열차운행방식을 살펴보았다. ATS방식의 경우 승무원이 직접 기관실에서 전동차를 운행함으로써 출·퇴근 시간에 발생할 수 있는 혼잡을 줄일 수 있게된다. 하지만 인력소모를 야기하며 열차고장시 대처능력이 ATO방식에 비해 떨어진다는 단점이 있다.

반면 ATO방식의 경우 ATS방식에 비해 인력소모를 줄일 수 있으며 열차고장시 대처능력이 좋아 ATS방식에 비해 고장이 날 확률이 적다는 장점이 있다. 하지만 출·퇴근시간이나 승객이 많은 시간에는 센서의 오작동이 발생하여 인명피해를 야기하고 있어 현재는 승무원이 있는 상태에서 시험적으로 운행중이다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 전동차의 추진 및 제동 SYSTEM중에서 NOTCH신호에 의해 그 신호가 인버터에 전달되는 과정을 심도있게 살펴보았다. 이를 통해 전동차 운행방식인 ATS방식과 ATO방식을 비교해보며 각각의 장,단점을 알게 되었다. 그러나 추진 장치 및 제동 장치의 상호관계에 대한 연구가 부족했다는 느낌을 갖게 되었다.

이번 논문은 평소 관심이 있는 분야였던 모터제어와 연관이 있는 연구였기에 많은 도움이 되었다. 작은 장난감에서부터 큰 전동차에 이르기까지 모터제어기술은 앞으로 현대생활에 많은 영향을 끼치게 될 것이다. 앞으로도 많은 지식습득과 분석을 통해 끊임없이 연구하는 엔지니어가 될 수 있도록 노력하겠다.

## 후 기

본 연구는 (주)VCTECH의 연구지원으로 인하여 수행 되었기에 그 후원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- [1] 백문룡, "전동차용 추진제어장치 기술개발 완료보고서", 한국생산기술연구원, 3장 4장, 2000
- [2] 김중환,강리태, "ATO 장치의 자동 열차속도 조절 알고리즘에 관한 연구", 한국철도학회, pp1 6, 1998
- [3] 한정수, "TCMS에 의한 전동차 추진/제동 제어기법", 한국철도공학회, pp1 7, 1999
- [4] Daniel W. Hart, "Introduction to power electronics", Prentice Hall, pp291 337, 1997