

## 자동차 Anti-trap Power Window Lift Controller 설계

차민혁\* 김학련\*\* 이 주\*  
 한양대학교 전기공학과\* 서울산업대학교\*\*

### Design of Automotive Anti-trap Power Window Lift Controller

Min-Hyeok Cha\* Hak-Lyun Kim\*\* Ju Lee\*  
 Dep. Electrical Engineering, Han yang Univ.\* Seoul N Univ of Tech\*\*

**Abstract** - Permanent Magnet DC Motors are widely used in Automotive parts because they have cheap price, simple structure and high torque-speed ratio. But the motor in automotive parts is required high quality, complex function and lower price than before. This paper deals with design of controller for safety function that body trap on the automotive window. The algorithm of controller can adapt variety conditions with temperature, electrical, driving, etc.

항목	유럽/독일	미국
검출범위 (비검출 범위)	상단에서 4~200mm	상단에서 4~200mm
반전하중	100N 이하	100N 이하
하중 변형율 (Spring rate)	10 N/m	Ø25mm이하 65 N/mm Ø25mm이상 20 N/mm
반전거리	상단에서 200mm 이상	상단에서 200mm 이상

#### 1. 서 론

영구자석 여자형 직류 전동기가 자동차 부품의 대다수를 차지하고 있는데 그 이유는 값이 싸고 구조가 간단하면서 우수한 토크 - 속도 특성을 가지고 있기 때문이다. 그러나 자동차 부품은 갈수록 더 복잡한 기능과 높은 품질이 요구되고 가격은 지속적인 인하 압력을 받고있다. 이러한 이유로 이 분야에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 자동차 창유리 작동 시 인체가 끼일 경우 이를 감지, 역 방향으로 작동하여 인체를 보호하는 제어기의 개발 방안을 제시한다. 최근 제정된 법규에는 안전 기능 작동 범위 및 반전 하중이 수치로 규제되었으며 이 법규의 만족이 본 제어기 개발의 목표이다. 제어기는 단순히 부하를 감지하여 역 방향으로 작동하는 기능 이외에도 차량이 주행하는 도로의 조건에 의해 발생하는 인체의 끼임과 유사한 현상을 정확히 구분 검출할 수 있어야 한다. 사용 계절 및 지역에 따른 온도와 날씨 등 환경조건 변화, 그리고 기구의 내부에 의한 마모 등 기구적 조건의 변화에 의해서 생기는 부하 변화량을 실제 인체가 끼이는 현상과 구분하기 위하여 검출경로를 확대해야 하지만 가격상승 요인이 발생하므로 최소한의 경로로 얻어진 정보만으로 주변 조건을 유추하여 끼임 방지 기능을 수행할 수 있는 방안을 제시하였다. 제어기의 성능 및 관련 법규 만족 여부는 시험결과를 기재하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 규격 (FMVSS 118, STVZO)

표1의 좌측이 국내 법규와 동일한 유럽 법규이다. 여기서 반전하중이란 창유리에 끼이는 물체에 가해지는 힘이 100[N]을 넘어서는 안됨을 의미하며 하중 변형율은 물체의 단단한 정도이다. 1mm 당 누적하중이 10[N]이하인 물체를 감지할 수 있어야 한다. 반전거리는 물체 감지 시 창유리가 200mm이상 하강하여야 함을 규정한다.

표1 Anti-trap Window Lift 규제사항

##### 2.2 영구자석 직류 전동기 특성

전동기의 부하가 증가하게 되면 부하토크가 증가하며 이에 의해 전류는 증가하고 기계적 각속도는 감소하게 된다. 외부부하의 변화가 기계적 각속도와 반비례함을 알 수 있다. 그리고 외부부하의 변화를 정확히 감시하는 것 보다는 전동기의 기계적 각속도를 감시하는 편이 가격적으로도 저렴하고 구조도 간단하게 되므로 기계적 각속도를 감시하는 방안을 제시하고자 한다.

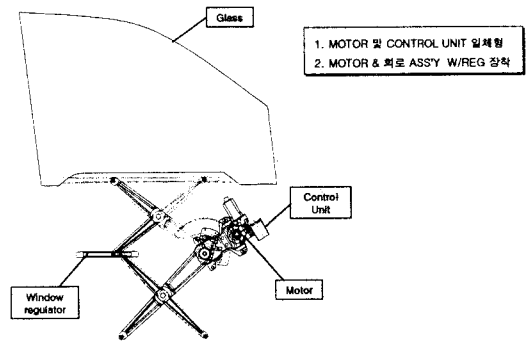


그림 1 전체 기구 구성

##### 2.2 제어기와 기구 구성

Anti-trap Window Lift의 구조는 그림1과 같으며 우측 하단의 전동기의 구동 토크로 X-ARM을 동작시켜서 상단의 차량용 창유리를 승하강 시키도록 만들어졌다. 전동기는 영구자석 여자형 직류 전동기를 사용하였고 회전속도 및 위치는 전동기 내부의 회전축에 장착된

영구자석과 전동기의 외함 내벽에 고정된 Hall-IC로 측정 하게된다.

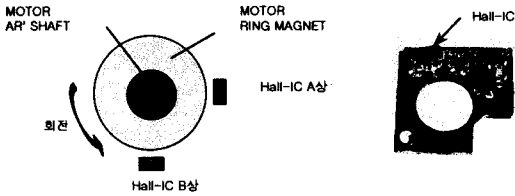


그림 2 전동기 회전축에 장착된 속도 센서

그림2에서 전동기 회전축의 회전과 동시에 영구자석이 회전하면서 Hall-IC 두 개가 90도의 위상각을 갖는 두 개의 구형파를 만드는 것이다. 그림3 에서처럼 만들어진 두 개의 구형파는 2채널 되어 주기로 속도를 계산하고 회전 방향과 구형파의 개수로 위치를 계산하여 전동기의 운전상태를 감시하는데 이용된다.

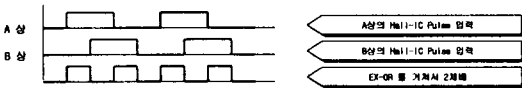


그림 3 전동기 회전시 발생된 구형파 신호

제어기는 Microchips사의 PIC16C711을 이용, 각 주기의 차를 비교하여 전동기의 속도 변화량을 감시하며 속도의 변화량으로 전동기의 가속도 즉 부하토크를 유추할 수 있다.

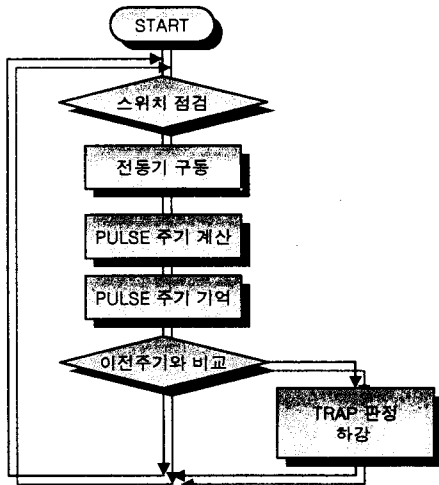
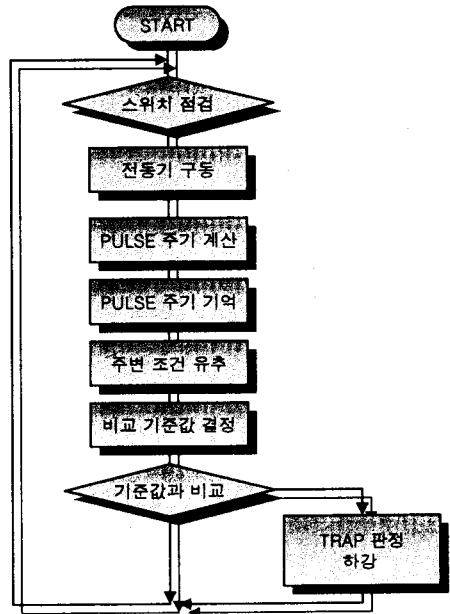


그림4 단순 비교형 알고리즘

그림4의 단순 비교형 알고리즘의 경우 전동기의 기계적 각속도가 온도 변화등과 같은 외부 영향에 의해서 전체적으로 감소하거나 증가할 경우 반전하중이 일정치 않게 나타나게 되어 100N을 초과하는 경우가 발생하게 되며 차량 주행에 의한 충격으로 인해서 발생한 속도의 변화를 인체 끼임으로 인식하는 오류가 발생한다. 그러나 그림5와 같이 주기의 변화를 지속적으로 감시하여 환경을 유추하는 기능을 추가하고 단순히 주기의 변화량이 아닌 주변 환경에 의해 정해진 기준값과 비교할 경우 단순 비교형 알고리즘에서 발생한 오류를 수정할 수 있다. 자동차의 Window Switch로부터 Up, Down, Auto/Manual 신호가 입력되면 제어기가 전동기를 운



전하고, 전동기의 회전주기가 구형파 신호로 발생되면 제어기는 주기를 계산하여 기억 시키고 주기의 변화 추이를 감시하고 이를 이용하여 전동기의 속도, 위치, 환경조건을 유추하게 되며 유추된 결과에 맞는 기준값을 입력되는 주기와 비교하여 인체의 끼임 여부를 판정하게 된다. 이때 기억된 조건들이 소거되는 것을 방지하기 위하여 자동차의 시동이 꺼져도 전원이 유지될 수 있도록 B+ 전원이 별도로 공급되도록 설계하였다.

그림 5 환경 유추형 알고리즘

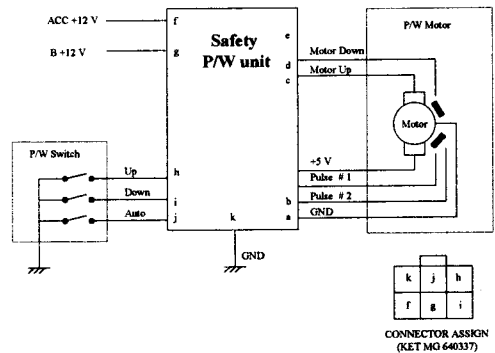


그림 6 제어기 구성도

### 2.3 시험 자료 수집 및 분석

표2는 전동기의 운전 조건별 주기 특성을 수집하기 위한 시험 항목들이다. 시험 항목별 자료수집은 별도로 제작된 시험기를 이용하였으며 그중 온도별 회전축의 회전 주기는 표3과 같이 나타난다.

표3을 통해서 알 수 있듯이 저온일수록 전동기의 회전 속도는 감소하고 특히 -30℃이하부터 속도가 매우 불규칙해짐을 발견 할 수 있었으며 표4를 관찰해보면 주행 시 차량의 진동에 의한 부하의 증감에 의해 전동기의 회전주기 폭선이 매우 불규칙하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 불규칙성으로 인해 회전기의 정상적인 운전중 물체가 끼임으로 해서 발생하는 부하와 외부 조건의 변

화에 의한 전동기의 회전주기 변화량을 구분하는 것이 어려움을 알 수 있다. 기존의 제어기들은 여러 가지 조건을 감시 할 수 있는 센서들을 장착하여 정상적인 운전과 외부조건 변화에 의한 운전조건 변화를 구별하지만 본 논문에서 제시한 제어기는 계속해서 전동기의 주기를 감시하여 주변환경 조건을 유추하며 유추된 운전조건에 의해서 물체의 끼임 여부를 판단하는 기준을 변경

조건	범위	단위
전원조건	8 ~ 16	V
온도조건	-30 ~ 80	℃
주행조건	빨래판로(대)	
	빨래판로(소)	
	표준약로	
	장파행로	
	자갈로	
벨지안로		
속도	20 ~ 120	Km/hr
내구조건	0 ~ 30000	회

한다.

표 2 시험 항목

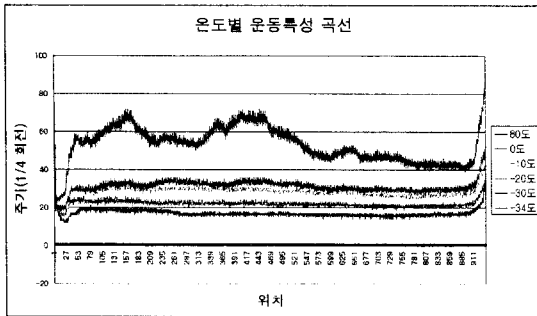


표 3 온도별 운동특성 곡선

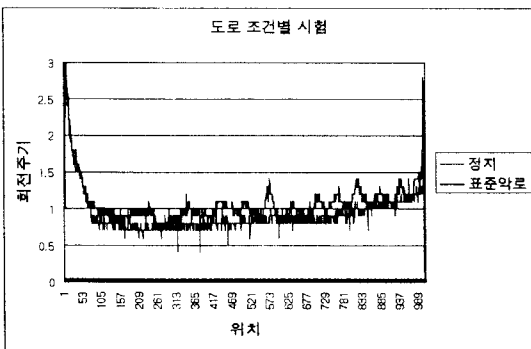


표 4 도로 조건별 시험

## 2.5 제어기의 검증

본 절에서는 2.1절의 그림1 상태로 차량에 장착된 Anti-trap Window Lift의 시험결과를 검증하도록 한다. 표5는 구동전압을 10V로 표6은 구동전압을 14V로 인위적으로 인가하여 속도를 변화시킨 경우의 결과이다. 10V의 경우 주기는 9.4msec 14V의 경우 13.8msec로 속도가 변화하였음에도 반전하중은 88~91(N), 86~89(N)로 거의 유사한 결과를 나타내었다. 이것은 제어기가 주기의 변화상태를 감시하여 기

준값을 수정하여 적용시킨 결과 이 같은 결과가 나온 것이다. 법규에 규제된 반전하중이 상온에서도 65~95N으로 100N 이하였으며 저온(-30℃)에서도 역시 규제에 만족하는 것으로 나타났다.

	Voltage	Force	감시값	주행속도	기준값
1	10V	88.5	79	54	81
2	10V	88.2	79	54	82
3	10V	91	79	54	84
4	10V	90.8	79	54	83
5	10V	90.5	78	54	83
6	10V	90.6	79	54	84
7	10V	90.8	78	54	84
8	10V	90.5	78	54	84
9	10V	90.4	78	53	84
10	10V	90.2	79	54	85

표 5 10V 인가시 반전하중

	Voltage	Force	감시값	주행속도	기준값
1	14V	81.2	45	38	45
2		86.6	45	37	47
3		86.2	45	37	46
4		89	44	37	46
5		89.2	45	38	46
6		89.3	44	37	47
7		79.8	44	37	44
8		89.4	44	37	46
9		79.7	44	37	44
10		89.4	44	37	46

표 6 14V 인가시 반전하중

## 3. 결 론

본 논문에서는 영구자석 유도형 직류 전동기를 제어하는 방안의 하나로 운전중 온도, 진동, 전압, 전류, 토크 등을 감시하기 위해 여러 가지 센서가 필요한 제어기의 경우 시험을 통해서 주변 환경조건들이 전동기의 운전에 미치는 영향을 전동기의 회전 속도의 변화량으로부터 유추하여 주변환경을 예측하는 방안을 제시하였다. 이러한 방안은 자동차 부품을 포함하여 생산원가의 규제가 극심한 분야에 제어기 개발에 적용될 수 있을 것이다. 향후 논문에서는 더 정확한 조건 감시가 가능한 제어기의 설계를 수행할 예정이다.

### (참 고 문 헌)

- [1] E S Hami "Design of Small Electrical Machines" J OHN WILEY & SONS, pp53-113, 1994
- [2] Comfile technology "PIC16C7X 테크니컬 핸드북" Comfile technology, 2000