

마이크로스위치 서포트 변경에 관한 연구

A Study on the Microswitch Support Modification

이수영* 최진수**
Lee. Soo Young Choi. Jin Soo

ABSTRACT

Before the Flap type GATE is introduced until, the Turnstile type GATE was plentifully used. The Turnstile type GATE is used plentifully from the Seoul metro, Busan Transportation Corporation and Korea Railroad Corporation. From the Turnstile type GATE, the micro switch breakdown is occurred by the contact of the micro switch which perceives a Turnstile rotation and the cam. The breakdown is cause of the passenger inconveniently. In order to prevent the breakdown which is caused by Micro switch contact, Microswitch support used the sensor in Turnstile rotation perception. The sensor which is used in test is Photo Sensor and Reed Sensor two type. The test result Reed Sensor was suitable in underground environment. When using the RF card, RF card processing came to be quick

keyword : Turnstile, Microswitch support, Economizer Module, Damper Spring, DEV, CPT, Locking Control

1. 서 론

턴스타일형 개집표기는 서울메트로, 부산지하철, 철도공사에서 도입하여 사용하고 있는 장비로서 플랩형 개집표기가 도입되기 전까지 많이 사용되다가 플랩형 개집표기 도입이후 신규설치가 이루어지지 않고 있다. 플랩형 개집표기는 개방형으로 운용되어 이용자의 거부감이 없으며 기계적인 장애가 턴스타일형 개집표기보다 적고, 승객처리량에서 장점을 보이고 있으나 가격이 비싼 단점이 있다. 반면 턴스타일형 개집표기는 설치공간이 적게 차지하고 제어가 단순하여 저렴한 유지비용을 가지고 운용할 수 있는 장점이 있다.

수도권 지하철에는 2004년 7월 1일부터 신교통카드시스템 구축으로 RF카드를 사용할 경우 버스과 환승이 가능하고 환승시 추가운임을 지불하지 않아 RF카드 사용량이 79.5%(서울메트로 '05.12월 기준)에 이르고 있어 개집표기 장애의 대부분을 차지하는 승차권이송기의 장애는 줄어들고 있다. 그러나 턴스타일 메커니즘부 장애는 RF카드 사용량의 증가로 인한 승차권사용량 감소에도 장애율이 줄어들지 않고 있다. 그 이유는 승차권 종류에 관계없이 개집표기를 통과하기 위해서는 반드시 턴스타일을 회전시켜야 하기 때문이다. 턴스타일을 회전시키면 회전감지를 위해 마이크로스위치 서포트에 부착된 스위치와 스위치 레버가 작동하게 된다. 개집표기를 통과하는 승객의 수는 역별, 설비별 큰 차이를 보이고 있지만 일일 평균 2,250명(서울메트로 '05년 기준)이 통과하며 많은 곳은 10,000명 이상이 통과하기도 한다. 이처럼 많은 승객이 개집표기를 이용하면서 마이크로 스위치와 레버의 작동으로 인한 레버의 마모, 스위치의 고장이 마이크로스위치 서포트의 주요 고장이다.

* 책임저자, 회원, 서울메트로, 기술연구센터

E-mail : lsy@seoulmetro.co.kr

TEL : (02)520-5976 FAX : (02)520-5969

** 서울메트로, 전자팀

본 연구는 턴스타일 메커니즘부 장애중 회전감지 및 회전제어와 관련된 마이크로스위치를 비접촉으로 감지하는 센서로 변경하여 장애를 예방하고 설비의 가동률을 높여 승객 서비스 향상을 목적으로 진행하였다.

2. 턴스타일 메커니즘

2.1 자동개집표기

일반적으로 개집표기는 3종류로 분류할 수 있으며 각각의 특성은 표 1과 같다.

표 1. Door 방식별 비교

구분		Turnstile형	Flap형	Biparting-Leaf형
승객처리속도	최대	30명/분	60명/분	60명/분
	평균	24명/분	35명/분	35명/분
Door 방식		Tripod Arm	Flap	Biparting-Leaf
Door 개폐		수동회전(인력)	자동개방(모터)	자동개방(모터)
승객통과감시		Microswitch	광센서	광센서
운용형태		폐쇄형(고정형)	개방형/폐쇄형(가변형)	개방형/폐쇄형(가변형)

개집표기 형식별 가장 큰 특징은 Door방식과 개폐 및 운용형태이다. 이번 연구는 턴스타일형 개집표기의 승객통과감시를 담당하는 마이크로스위치가 장착되어 있는 마이크로스위치 서포트에 관한 것이다.

2.2 턴스타일 메커니즘의 구성

턴스타일은 승차권이송기나 RF단말기에서 출력된 회전허용신호(DEV)로 Relay NC단자를 제어해서 승객의 통과를 허용하고 턴스타일 회전시 회전신호(CPT)를 전송해 통과인원을 계수하도록 하는 기능을 담당하고 있다. 정상적으로 승차권(RF카드)이 처리된 경우 마이크로스위치 서포트는 회전허용신호(DEV)를 전송받아 릴레이 NC단자를 열어 턴스타일 회전을 허용하지만 회전허용신호(DEV) 없이 턴스타일을 회전시키면 Upper Cam이 스위치를 작동시켜 릴레이의 Com과 NC단자를 통해 솔레노이드에 전원을 공급하여 턴스타일 회전을 막는다. 턴스타일이 회전하면 턴스타일과 연동하는 Lower Cam에 의해 마이크로스위치가 작동하여 회전신호(CPT)를 승차권이송기나 단말기로 전송한다. 회전신호(CPT)를 받은 승차권이송기는 DEV신호를 차단한다. CPT신호를 입력받지 않으면 회전허용신호(DEV)를 차단하지 않기 때문에 부정승차가 이루어지기도 한다.

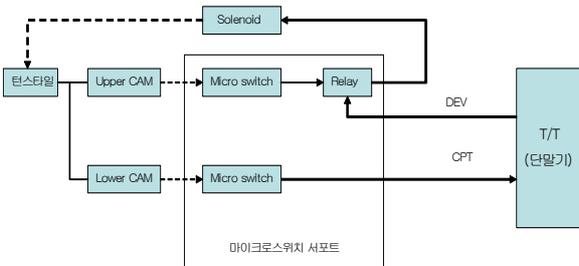


그림 1. 마이크로스위치 서포트 블록도

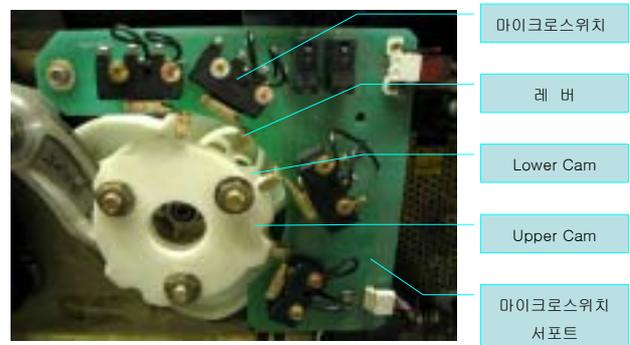


그림 2 마이크로스위치 서포트와 Cam

턴스타일 메커니즘의 구성은 아래와 같다.

- 두개의 캠과 결합된 마이크로스위치 서포트
- Non-return Device

- Hollow Cam
- Economizer Module
- Damper 및 Damper Spring
- Latch Assembly를 통해 턴스타일의 회전을 허용하거나 잠그는 솔레노이드

위 구성품중 본 연구에서 개선하고자 하는 부분인 마이크로스위치 서포트는 솔레노이드에 전원을 공급하는 2개의 릴레이, 아래에 설치된 캠에 의해 통과수를 계수하는 2개의 스위치, 위에 설치된 캠에 의해 작동하며 게이트 통과를 인식하는 2개의 스위치로 구성되어 있다. 스위치와 릴레이가 모두 2개로 구성된 것은 개표시 담당하는 부분과 집표시 담당하는 부분이 다르기 때문이다. 캠과 스위치는 높이에 따라 계수용과 통과 인식용으로 별도의 기능을 담당하고 있다.

2.3 마이크로스위치 서포트 문제점 분석

마이크로스위치 서포트는 구성이 간단하지만 고장시 승객이 개집표기를 통과하지 못하거나 부정승객의 통과를 계속 허용하게 되어 고장의 예방이 중요하다. 또한, 마이크로 스위치의 불량으로 인하여 솔레노이드에 계속적으로 전원을 공급하여 솔레노이드 및 Economizer Module의 고장을 유발하기도 한다.

마이크로스위치 서포트의 주요 고장은 마이크로스위치 자체 고장과 레버 고장, 릴레이 고장 등이다. 레버는 마이크로 스위치에 부착되어 턴스타일이 양방향을 회전할 경우 어느 한쪽으로만 회전을 인식하도록 스위치를 작동시키고 반대방향으로 회전할 경우 레버가 접혀 스위치를 작동시키지 않도록 하는 구조로 되어 있다. 승객이 개집표기를 통과시 회전방향에 따라 4개의 마이크로 스위치중 두개와 여기에 붙어있는 레버가 작동하고, 나머지 두개의 스위치에 달려있는 레버는 접혔다 펴졌다를 반복하게 된다. 개집표기를 통과하는 승객의 수는 역별로 큰 차이를 보이지만 많은 곳은 하루 10,000명 이상이 통과한다. 이처럼 많은 승객이 개집표기를 통과할 경우 레버의 작동부에 기계적 마모가 발생하고, 복귀시켜주는 스프링의 고장이 발생하게 된다.

마이크로 스위치의 불량은 내부 가동스프링 파손으로 가동판의 기능을 상실하여 원하는 NC단자(Normal Open Terminal)와 접촉하지 않아 스위치의 기능을 상실한다. 이렇게 되면 캠의 회전으로 스위치를 작동시켜도 턴스타일의 회전을 인식하지 못하여 부정승차를 차단하지 못한다.

표 1. 서울메트로 턴스타일 메커니즘 정비건수(RF카드 장애 제외)

연 도	총 건수	고 장	예 방	비 고
2002	7,217	2,979	4,238	
2003	6,716	2,776	3,940	
2004	7,850	2,965	4,885	
2005	7,455	2,556	4,899	

표 2. 서울메트로 마이크로스위치 서포트 자재사용 현황

자재명	평 균	2002년	2003년	2004년	2005년	비 고
서포트	39	28	55	40	32	
스위치	1,029	793	641	1,331	1,352	
레버	2,145	2,414	2,286	2,356	1,522	
릴레이	108	161	85	112	73	

레버의 불량이나 스위치의 불량 모두 턴스타일 회전을 감지하지 못하는데, 근본적인 원인은 Cam과 레버, 마이크로스위치가 기계적으로 접촉하면서 작동하도록 구성되었기 때문이다. 이를 해결하기 위해서 접촉에 의한 회전감지가 아니라 비접촉에 의한 회전감지가 가능하다면 마이크로스위치 서포트에서 발생하는 장애를 줄일 수 있다.

2.4 RF카드 처리의 문제점 분석

역무자동화기기가 노후화되고 도시철도망의 확장으로 역무자동화기기의 증설이 필요하고, 역무인력 중에서 매표업무에 집중된 인력구조 개선해야 하는 등의 문제점을 해결하기 위해 새로운 자동화 시스템 도입이 절실한 실정에서 국내 업체가 RF시스템(후불 교통카드시스템) 기술을 개발하여 제안함에 따라 수도권에서 99년 3월부터 상용운행을 실시하였다. 기존 승차권은 사용중 기기와 물리적인 접촉으로 인하여 입력된 내용이 훼손되는 사례가 많아 이용하는 승객에게 불편하였으나 RF카드는 훼손될 우려가 없고 신속하게 처리되어 많은 승객들이 사용하고 있다.

서울메트로에서는 RF카드시스템을 도입하면서 RF카드용 개집표기를 별도로 설치하지 않고 기존 승차권자동개집표기에 단말기와 안테나를 부가하여 승차권시스템과 병용하도록 구성하였다. 따라서 턴스타일 회전신호(CPT)를 승차권시스템과 RF시스템이 함께 공유하기 때문에 승차권시스템에서는 Rising Edge에서 인식하고 RF카드시스템에서는 Falling Edge에서 인식하도록 구성하였다.

RF카드시스템은 승객이 카드처리 후 개집표기를 통과해야만 다음 카드를 처리하기 때문에 회전신호(CPT)를 Falling Edge에서 인식하면 Damper Spring의 탄성이 저하된 경우에는 승객 처리속도가 늦어지는 문제가 발생한다. 턴스타일 메커니즘은 턴스타일이 60°이상 회전하였을 경우 Damper Spring에 의해 120°까지 복귀하도록 제작되어 있다. 일반적으로 승객이 개집표기를 통과할 경우 70°까지는 승객이 턴스타일을 밀지만 70°에서 120°까지는 스프링의 복원력에 의해 턴스타일이 회전한다. 따라서 스프링의 탄성이 저하될 경우 승객이 턴스타일을 회전시켜 개집표기를 통과하고 난 다음 초기상태인 120°까지 회전하는 시간이 늦어진다.

3. 턴스타일 메커니즘 변경

턴스타일 메커니즘과 RF처리의 문제점을 분석한 결과 턴스타일 메커니즘의 회전을 비접촉으로 감지하기 위해서 센서를 이용해서 마이크로스위치 서포트를 변경하였다. 사용된 센서는 포토센서와 리드센서를 사용하였으며, 두 시험에서 사용되는 제어회로 구성은 비슷하나 센서와 센서를 작동시키기 위한 Cam은 다르게 구성하였다. 두 센서의 감지방식이 다르기 때문에 센서에 따라 적당한 모양의 Cam이 필요하기 때문이다.

3.1 제어회로 구성

비접촉에 의한 턴스타일 회전을 감지하고 제어하기 위해서는 CPU, 센서의 입력, 회전허용신호(DEV) 입력, 회전신호(CPT) 출력부가 필요하다. 그리고 제어회로에 공급되는 전원회로도 중요한 부분이다. 전원회로는 별도로 구성할 수도 있지만 승차권이송기로부터 입력되는 24V 신호전압을 5V로 변환해서 사용하면 간단하게 구성할 수 있었다.

제어회로가 많은 기능을 수행하지 않기 때문에 CPU는 저렴하면서 간단한 제어에 많이 사용되는 AT89C4051를 사용하여 구성하였다. AT89C4051는 외부 프로그램 메모리를 사용하지 않고 4K Byte의 내부 프로그램 메모리(Flash Memory)를 가지고 있으며, MCS-51계열과 호환이 가능하다. 신호 입·출력회로는 승차권이송기와 마이크로스위치 서포트사이의 입·출력 신호가 24V 전압레벨로 작동하기 때문에 회전허용신호(DEV) 입력과 회전신호(CPT) 출력은 제어회로에서 직접 입·출력하지 않고 5V를 포토 커플러를 통해서 24V로 출력하게 된다. 반면 센서의 입력은 포토센서와 리드센서를 직접 입력받아 사용하였다.

3.2 포토센서 적용

포토센서는 발광부는 적외선 LED를, 수광부는 Photo TR을 사용하여 하나의 패키지로 만들어 사용되며 일반적으로 반사형이나 투과형이 사용된다. 반사형은 발광부와 수광부가 같은 방향을 보고 있는 것이 대부분이며 적외선이 물체에 반사되는 빛을 수광부에서 감지하는 방식이며, 투과형은 수광부와 발

광부가 마주 보고 있어 이들 사이에 물체가 존재하면 수광부에 빛이 도달하지 않음을 감지하는 방식이다. 이번 연구에 사용된 포토센서는 투과형으로 수광부와 발광부 사이의 10mm 공간으로 턴스타일이 회전하면서 캡이 지나가도록 그림 4와 같이 구성했다. 시험결과 작동에는 문제가 없으나 지하환경에서는 먼지에 노출되기 때문에 장기간 사용시 먼지로 인한 오작동의 우려가 커서 시험을 계속 진행하지 못하고 대체 센서를 모색하였다.

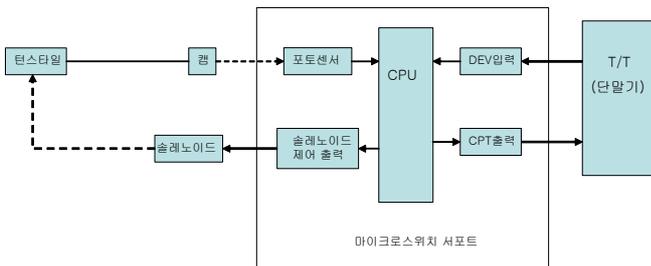


그림 3. 포토센서를 이용한 마이크로스위치 블럭도



그림 4. 포토센서를 이용한 마이크로스위치 서포트와 Cam

3.3 리드센서 적용

리드센서는 진공이나 가스로 밀봉된 Tube 내부에 2개의 강자성 Blade(일반적으로 철과 니켈로 구성)로 구성되어 외부 자계의 영향으로 두개의 Blade가 붙어 스위치 역할을 하도록 하는 리드스위치를 이용하여 자석의 접근을 감지하는 Sensor 역할을 하도록 만들어진 것이다. 리드스위치는 유리로 만든 Tube를 사용하여 lead를 구부리거나 충격을 주면 Tube의 파손으로 진공이 파괴되거나 가스가 새어나와 수명을 단축시켜 사용에 주의를 기울여야 하지만 리드센서는 Tube를 Molding하고 lead가 PCB에 장착되기 쉽도록 만들어져 충격에 비교적 강하고 사용이 간편하다.

리드센서는 외부자계의 영향으로 작동하므로 일반적으로 자석과 함께 사용된다. 자석의 크기와 모양 및 위치에 의해 센서의 작동범위가 결정되기 때문에 사용조건을 고려하여 자석의 선택에 신중을 기해야 한다. 이번 시험에 사용된 자석은 직사각형(9mm×4mm×1mm)의 영구자석을 삼각형 모양의 Cam에 모서리마다 부착하여 턴스타일 회전과 함께 120°씩 회전하면서 리드센서를 통과하여 턴스타일 회전을 감시하도록 구성하였다.

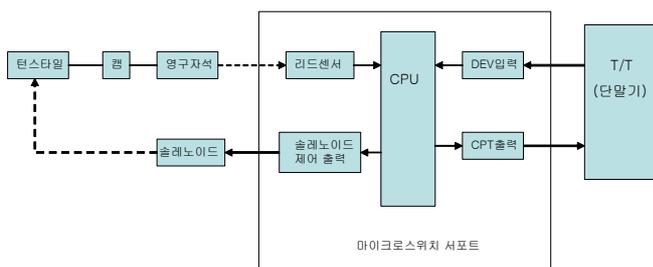


그림 5 리드센서를 이용한 마이크로스위치 서포트 블럭도



그림 6. 리드센서를 이용한 마이크로스위치 서포트와 Cam

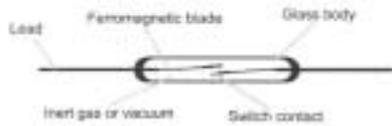


그림 7 리드스위치 구성

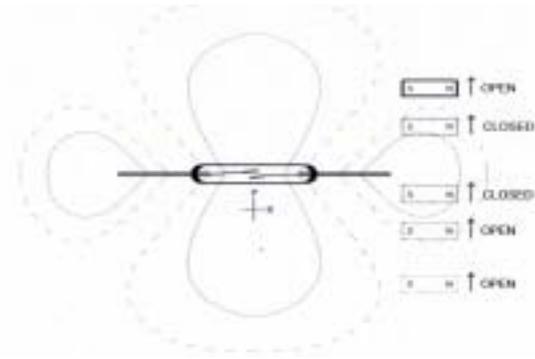


그림 8 리드스위치 작동범위

3.4 Locking Control 및 Rotation Microswitch Signal

Locking Control과 Rotation Microswitch Signal의 문제는 부품이 장기간 사용으로 인해 기능이 저하되었을 경우 발생한다. Locking Control은 승차권이나 RF카드 처리없이 턴스타일을 회전시키면 Upper Cam에 의해 스위치가 작동해 솔레노이드로 전원이 공급돼 턴스타일의 회전을 방해한다. 이 부분에서 문제가 되는 것은 Damper와 Damper Spring의 기능 저하시 미세한 힘에 의해서도 턴스타일이 회전하면서 Locking Control이 발생하여 솔레노이드 소음이 발생한다. 이 문제는 Locking Control의 위치를 변경하면 해결이 가능하다.

Rotation Microswitch Signal(CPT)은 턴스타일이 회전하였음을 알려주는 신호로, 이 신호를 받은 승차권이승기나 RF단말기는 회전허용신호(DEV)를 차단하여 턴스타일이 계속 회전하지 않도록 Locking Control이 발생한다. 승차권시스템에서는 턴스타일이 회전하지 않아도 3장의 승차권을 처리하고 있으나 RF시스템은 1회 카드처리 후 회전신호(CPT)가 입력되어야 다음 카드를 처리한다. 또한 승차권시스템에서는 CPT를 Rising Edge에서 인식하고 있으나 RF카드시스템은 Falling Edge에서 인식한다. 따라서 CPT 펄스폭을 줄이면 RF시스템도 CPT 인식이 빨라져 다음 카드의 처리가 빨라져 승객이동속도를 향상시킬 수 있다.

3.5 현장시험

두 종류의 마이크로스위치 서포트를 지하역사에서 시험하였다. 지하역사의 환경조건이 지상역사보다 열악하기 때문에 선택한 것이다. 포토센서를 이용한 제품은 개표전용에 설치하여 6개월간의 시험을, 리드센서를 이용한 제품은 개·집표겸용에 설치하여 5개월간 시험을 하여 장애발생여부 및 센서 설치각도에 대한 검증을 실시하였다. 6개월의 시험기간은 서울메트로 개집표기 턴스타일 메커니즘부 정기점검 주기로 이 기간동안 이상이 없음을 검증하기 위함이다. 시험결과 표 3.과 같이 시험초기 포토센서를 이용한 제품은 Connector의 탈락과 운영자의 조작미숙으로 인한 장애가 7건 발생하였으나 기능의 이상으로 인한 고장은 발생하지 않았다.

포토센서를 이용한 제품은 먼지가 센서창을 오염시켜 시험기간중 먼지 제거작업을 실시하여 지하역사에서 장기간 사용하였을 경우 먼지에 의한 오염으로 오작동을 할 우려가 컸다. 또한, 지상역사에 사용할 경우 정비시 개집표기 외함을 열어야 하기 때문에 햇빛에 노출돼 적외선에 의한 오작동 우려도 있었다. 반면 리드센서를 이용한 제품은 고장이나 특이증상이 발생하지 않았다.

표 3. 센서에 따른 장애건수

센서구분	시험기간	장애건수	비 고
포토센서	6개월	7	PCB Connector 탈락으로 인한 장애가 발생하였으나 기능과는 무관
리드센서	5개월	0	

회전감지를 위한 마이크로 스위치는 센서로 변경했기 때문에 6개월의 시험동안 Locking Control 위치와 CPT의 위치각을 조금씩 변경하였다. 먼저 Locking Control은 기존에는 7°~17°에서 발생하나 Non-return Device에 의해 14°에서 Locking되기 때문에 10°로 변경시켜도 문제가 없었고, 오히려 Damper의 기능 저하시 텀스타일에 가하지는 아주 미약한 힘에도 솔레노이드가 작동하기 때문에 텀스타일을 손으로 잡고 있을 때 솔레노이드 소음이 발생하는 문제를 해결할 수 있었다. CPT 위치각은 기존에는 59°~101°에 발생하였다. 텀스타일은 60°이상 회전을 시키면 Damper Spring 힘에 의해 120°까지는 자동으로 회전하게 된다. 따라서 60° 이상에서 Rotation Signal(CPT)을 발생시키면 된다. 다만 RF카드 처리를 위해서는 Rotation Signal(CPT)의 Falling Edge를 101°보다 앞당기면 승객 처리가 빨라진다. 센서의 장착과 안정된 작동을 위해 센서간 약간의 이격이 필요하기 때문에 Locking Signal과 Rotation Signal(CPT)의 위치를 무작정 변경하기 어렵다. 시험결과 그림 10.과 같이 Locking Signal은 7°~17°, Rotation Signal(CPT)은 73°~82°가 적당했다.

Turnstile의 위치각(변경전)

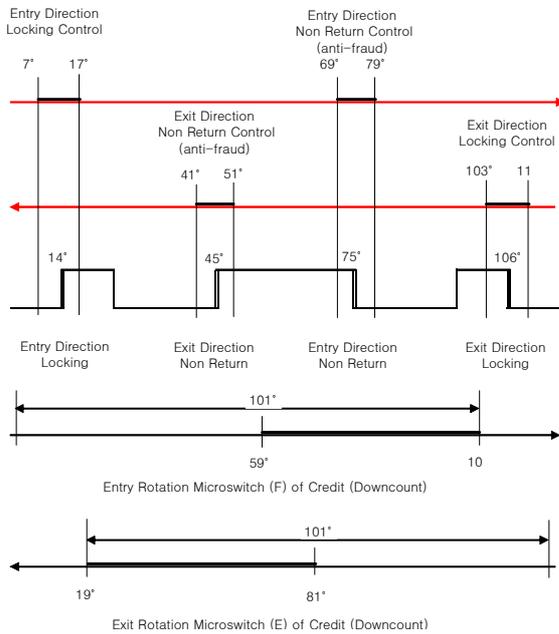


그림 9. 기존 회전각

Turnstile의 위치각(변경후)

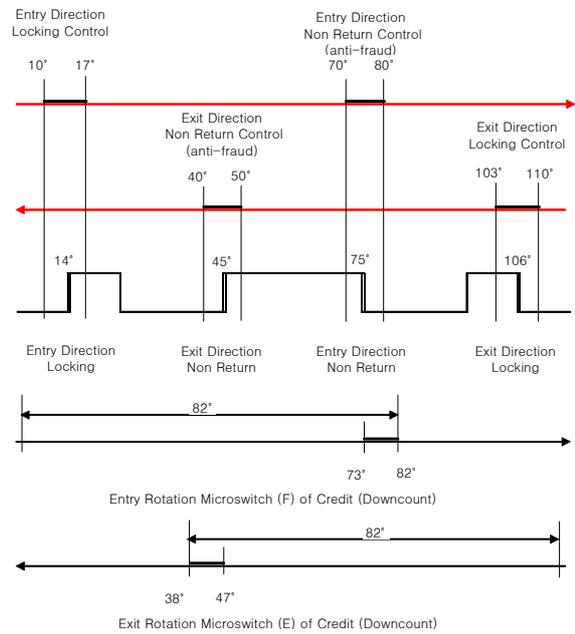


그림 10. 변경 후 회전각

4. 결 론

Micro Switch Lever 마모 및 파손에 의한 장애는 주기적인 점검으로 예방할 수 있으나 근본적인 조치가 아니기 때문에 접촉에 의한 텀스타일의 회전감지를 비접촉에 의한 감지로 변경이 필요하다. 이번 마이크로스위치 서포트 변경시험은 승객통행제어에 가장 중요한 마이크로 스위치 레버와 캠과의 접촉에 의한 장애를 예방하기 위하여 시제품을 제작하여 지하역사(서울메트로 4호선 사당역)에서 6개월의 시험기간을 거쳐 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 회전감지에 광센서 및 리드센서를 사용하여 장애 없이 회전감지가 가능했다.
- (2) 광센서는 지하 환경에서 먼지의 영향으로 센서창이 오염되어 주기적으로 먼지를 제거해줘야 하는 불편이 있어 지하철 환경에 적합하지 않았으나 리드센서는 먼지에 의한 장애가 발생하지 않았다.
- (3) 텀스타일의 Locking Control 위치를 3°뒤로 이동(Entry시 7°에서 10°로, 집표시 113°에서 110°로 변경)시키면 Damper의 기능 저하시 발생하는 솔레노이드 작동소음을 줄였다.
- (4) Rotation Signal(CPT) 위치를 59°~101°에서 75°~82°로 변경시켜 Damper Spring 탄성 저하시 승객

이 개집표기를 완전히 통과했음에도 101°까지 도달시간이 늦어 다음 승객의 RF카드 처리가 늦어지는 문제를 해결하여 승객 통과속도를 증가시킬 수 있었다.

턴스타일형 개집표기에서 턴스타일 회전제어는 가장 중요한 부분이다. 이번 시험으로 마이크로스위치 서포트에 비접촉식 센서를 이용하면 턴스타일 메커니즘에서 발생하는 주요 장애를 예방하여 기기가동률을 높일 수 있고, Locking Control과 Rotation Signal(CPT) 위치각을 변경하면 Damper Spring 기능 저하 시에도 RF카드를 빨리 처리해 승객 통과속도가 빨라졌음을 확인했다. 다만 시험으로 변경한 위치각이 최적이라고 할 수는 없어 승객이 많은 역사에 시험을 하여 최적의 위치각을 선정하고, 이번 시험에 나타나지 않은 문제점을 개선한다면 승객서비스 향상에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 서울특별시, “서울지하철건설30년사”, 2003
2. 서울메트로, “도시철도 기술자료 및 현황 Part I”, 2005
3. 서울메트로, “2006년도 지하철 수송계획”, 2006
4. 서울특별시지하철건설본부, “도시철도 기술자료집”, 2004
5. 이상구, “C언어로 제어하는 8051”, 2004
6. <http://www.meder.com>
7. <http://reed-sensor.co.kr>