



솔레노이드 시험 규격의 이해

Understanding of the Solenoid Test Standard



윤소남 / So-Nam Yun
한국기계연구원
Korea Institute of Machinery & Materials



함영복 / Young-Bog Ham
한국기계연구원
Korea Institute of Machinery & Materials



조정대 / Jeong-Dai Jo
한국기계연구원
Korea Institute of Machinery & Materials

1. 서론

산업계에서 사용되는 이른바 On-Off형 자동장치라 불리는 시스템에서는 특수한 경우(압전소자, 형상기억합금 등)를 제외하고는 거의 대부분이 솔레노이드(Solenoid)를 사용하고 있으며, 여전히 동일 사양으로 가격 경쟁력에서 최우위를 확보하고 있는 솔레노이드는 사용분야 및 범위가 확대일로에 있는 것은 자명한 사실이라 하겠다.

솔레노이드라는 말은 그리스어의 「Solen」에서 유래된 것으로 관 모양의 구조를 갖는 부품이라는 의미를 가지며 통상적으로는 솔레노이드라 불려지고 있지만 전자석 혹은 전자솔레노이드라는 용어도 공용으로 사용되고 있다. 「교류 또는 직류 여자 코일에 전압을 인가하여 자기력에 의하여 가동철심에 직접적으로 직선적인 운동을 주는 기능부품」 혹은 JIS에서와 같이 「교류 또는 직류의 여자 코일에 통전하여 가동철심을 움직임으로써 전자(電磁)에너지를 기계적 운동으로 변환하는 플린저형 전자석」으로 솔레노이드를 정의하

고 있으며 구동변위가 짧으면서 큰 힘을 필요로 하지 않는 동시에 고속 응답속도가 요구되어지는 곳에 매우 유용하게 쓰여지고 있다. 이러한 솔레노이드는 교류를 구동원으로 하는 AC형 솔레노이드와 직류를 구동원으로 하는 DC 솔레노이드로 구분된다. 솔레노이드 관련 분야에 대한 연구는 미국, 일본, 독일 등에서 매우 활발히 이루어지고 있으며 최근에는 비례 및 서보기구에 적용되는 매우 성능이 우수한 솔레노이드들이 개발되고 있는 실정이나 국내에서는 기술제휴에 의한 생산 혹은 모방제작 생산 수준에 이르고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이며, 성능시험 또한 기술제휴처나 외국규격을 번역하여 사용하고 있어 국내 규격 정착화 및 국내 규격의 세계화를 위한 기초연구의 필요성이 제기되고 있다.

본 고에서는 DC 솔레노이드의 시험규격, 특히 국가 규격으로 사용되고 있는 한국공업규격(이하 KS라 함) 및 일본공업규격(이하 JIS라 함)에 대해서 분석하고 국내의 산업현장에서 이 규격을 시험하는 방법에 대해서도 기술하고자 한다.

2. 슐레노이드 통척의 비교

KS(KS C 4530)는 JIS(JIS C 4552)에서 인용되는 과정에서 국내의 실정을 고려하여 사용 주파수 및 전압범위가 수정되기는 했지만 거의 동일하다고 볼 수 있다. 이 장에서는 KS와 JIS의 차이점을 표로 정리하여 서술하고, 적용시의 문제점 여부 및 국내 실정과의 적합성 등을 고찰하기로 한다.

2.1 AC/DC 슐레노이드 시험항목

〈표 1〉은 AC 및 DC 슐레노이드에서 수행 가능한 시험항목을 비교하여 정리해 놓은 것으로 AC와 DC의 특성을 결정짓는 항목들에 있어 시험항목이 각기 다르며, 일반항목인 경우는 동일함을 알 수 있다.

〈표 1〉 슐레노이드 시험항목 비교

NO	시험항목	DC 슐레노이드	AC 슐레노이드	비 고
1	구조시험	○	○	
2	동작시험	○	○	
3	소음시험	×	○	- 두께 5(mm), 경도(Hs) 이하의 탄성고무 시트 이용 - 정현파에 의해 발생
4	소비전력시험	○	×	- 정격전압 × 여자전류 - 교류에서는 코일 손실이 극히 적음
5	유지전류시험	×	○	온도상승 무시 가능한 시간내 측정
6	시동전류시험	×	○	온도상승 무시 가능한 시간내 측정
7	유지력시험	○	×	
8	흡인력시험	○	○	
9	잔류흡착력시험	○	○	
10	온도시험	○	○	
11	절연저항시험	○	○	
12	내전압시험	○	○	
13	내습성시험	○	○	
14	보관내한성시험	○	○	
15	보관내열성시험	○	○	
16	단자강도시험	○	○	
17	내구성(수명)시험	○	○	

2.2 일반항목

〈표 2〉는 슐레노이드 시험시의 규제항목을 비교한 것으로 전압 및 주파수는 국가적으로 사용하는 범위가 다르기 때문이며, KS에서는 수명시험 항목이 있으나 JIS에서는 내구성 시험 용어를 사용하고 있다. 또한 정격흡인력인 경우는 JIS와 매우 달라 논의 대상이라 사료된다.

2.3 리드선

〈표 3〉은 슐레노이드의 리드선 규제항목을 비교한 것으로 규격을 따른다면 사용전압에 따라서 리드선 색깔이 다르게 되는데 직류 24, 48[V]에서 동일 색깔을 갖도록 규정하고 있음을 알 수 있다. 실제 산업현장에서는 규격을 무시한 리드선 색깔들이 아무런 규제도 없이 사용되고 있어 규격 홍보 또한 필요하다 하겠다.

〈표 2〉 슐레노이드 시험규제 항목 비교

NO	비교항목	KS	JIS	비고
1	적용 범위	주파수 : 60(Hz) 단상교류 : 300(V) 직류 : 150(V)	주파수 : 50, 60(Hz) 단상교류 : 250(V) 직류 : 150(V)	다름
2	표준 사용 상태	주위온도 : 욕내용 = -5~40(°C) 욕외용 = -20~40(°C) 상대습도 : 45~85(%) 표고 : 2000(m)	주위온도 : 욕내용 = -5~40(°C) 욕외용 = -20~40(°C) 상대습도 : 45~85(%) 표고 : 2000(m)	같음
3	정격 전압(V)	교류 : 110, 220, 110/220 직류 : 6, 12, 24, 48, 100	교류 : 110, 200 직류 : 6, 12, 24, 48, 100	다름
4	정격주파수(Hz)	60	50, 60, 50/60	다름
5	정격 행정 (mm)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30	같음
6	정격 흡인력 kgf(N)	0.1(1.0), 0.2(2.0), 0.3(2.9), 0.5(4.9), 0.7(6.9), 0.8(7.8), 1.0(9.8), 1.2(11.8), 1.5(14.7), 2.0(19.6), 2.5(24.5), 3.0(29), 4.0(39), 5.0(49), 6.0(59), 7.0(69), 8.0(78), 10.0(98)	(N) 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100	매우 다름
7	수명(만회)	5, 10, 30, 50, 100, 150, 300, 500, 1000, 3000	5, 10, 30, 50, 100, 150, 300, 500, 1000, 3000	같음(JIS=내구성)
8	단시간정격(분)	0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30	0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30	같음



〈표 3〉 리드선 규제항목 비교

NO	비교항목		KS	JIS	비고	
1	교류 주파수 (60Hz)	정격전압 (V)	100	-	KS는 전압범위 넓음	
2			200	-		
3			50~150	청색		-
4			150~300	적색		-
5	직류 정격전압(V) + 축 (축은 모두 백색)		6	회색	회색	
6			12	흑색	흑색	
7			24	적황색	녹색	
8			48	적황색	황색	
9			100	청색	청색	다름

3. 직류솔레노이드 비교

3.1 정격행정

〈표 4〉는 정격행정 규제범위(KS C 4532, JIS C 4553)를 비교한 것으로 오타가 발생했는지 KS에 행정 7(mm)가 더 규정되어 있음을 발견 하였지만, 솔레노이드의 특성상 서두에서도 밝힌바와 같이 흡인력특성 향상을 위하여 최대 8(mm) 이하로 규정하고 있음을 알 수 있다.

〈표 4〉 정격행정 규제 비교

규격	KS	JIS	비고
정격행정 (mm)	1,2,3,4,5, 6,7,8	1,2,3,4,5, 6,7,8	-다름 -KS C4532에는 7(mm)있으나, KS C 4530에는 없음

3.2 정격 흡인력

〈표 5〉는 정격흡인력 범위를 비교한 것으로 단위 및 범위의 재확인 이 필요하다.

〈표 5〉 정격 흡인력 범위 비교

규격	KS	JIS	비고
정격 흡입력(N) ()내의 수치는 kgf임	1(0.1)	1	-흡인력 범위가 다름 -단위 사용에 문제가 있음
	2(0.2)	2	
	2.9(0.3)	3	
	4.9(0.5)	5	
	6.9(0.7)	7	
	7.8(0.8)	8	
	9.8(1.0)	-	
	11.8(1.2)	12	
	14.7(1.5)	15	
	19.6(2.0)	-	
	21.6(2.2)	-	
24.5(2.5)	-		
29(3.0)	-		

3.3 제품별 사양

〈표 6〉 및 〈표 7〉은 KS C 4532 및 JIS C 4553에서 규정하는 호칭 제품의 사양을 정리해 놓은 것으로 앞의 2장에서도 언급했던 바와 같이 [N]과 [kgf]의 단위 사용 혼란으로 인하여 조금씩 오차가 있음을 알 수 있다. 해설서를 획득하지 못하여 변경과정에 대한 정확한 이해는 할 수 없으나, 저자들의 입장에서는 국제단위계를 사용하는 것이 바람직하고, 부득이한 경우를 제외하고는 소수점 이하의 수를 사용하여 표현하는 것을 지양하여야 할 것으로 사료된다.

〈표 6〉 KS C 4532의 제품 호칭

크기 호칭	소비 전력 (최대) (W)	유지력 (최소) (kgf)	흡인력(최소) (kgf)					진류흡착력 (최대) (kgf(N))
			정격행정 (mm)					
			1	2	4	6	8	
DC-10	5	1.0	0.3	0.2	0.1	-	-	0.12(1.2)
DC-11	6	1.2	0.5	0.3	-	0.1	-	0.15(1.5)
DC-12	7	0.8	0.8	-	0.3	-	0.1	0.2(2.0)
DC-13	9	1.2	1.2	-	0.7	-	0.2	0.3(2.9)
DC-14	9	1.5	1.5	-	0.8	-	0.3	0.3(2.9)

〈표 7〉 JIS C 4553의 제품 호칭

크기 호칭	소비 전력 (최대) (W)	유지력 (최소) (N)	흡인력(최소) (N)					진류흡착력 (최대) (N)
			정격행정 (mm)					
			1	2	4	6	8	
DC-10	5	10	3	2	1	-	-	1.2
DC-11	6	12	5	3	-	1	-	1.5
DC-12	7	15	8	-	3	-	1	2.0
DC-13	9	20	12	-	7	-	2	3.0
DC-14	9	22	15	-	8	-	3	3.0

4. 시험규격의 이해

지금까지 솔레노이드 일반통칙 및 직류솔레노이드 규격을 KS와 JIS를 비교하면서 살펴보았다. 이 장에

서는 직류 솔레노이드 시험항목의 이해를 통하여 산업계에 적용하는 방법을 기술하고자 한다.

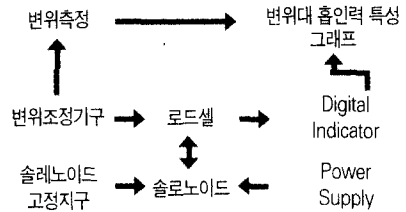
4.1 일반 성능시험

직류 솔레노이드에 대한 시험항목은 환경시험항목 3개, 내구성(수명)시험 항목 1개와 기본적인 시험인 동작시험, 소비전력시험, 온도시험, 절연저항시험, 내전압시험 등을 제외하면 유지력시험, 흡인력시험, 잔류흡착력시험이 중요한 항목으로 남게 된다. 유지력시험은 외적으로 전자기적인 영향을 미치지 않는 시험장치에서 솔레노이드에 정격전압을 가한 후, 가동철심의 중앙에 반흡인 방향으로 하중을 주어 이탈하지 않는 하중의 최대치를 측정하는 것으로 <그림 1> 및 <사진 1>의 장치로 쉽게 해결할 수 있다. 잔류흡착력시험은 솔레노이드를 사용하여 기구 설계를 하는 경우에 복귀스프링의 상수를 선정하는 데에 매우 중요한 정보를 제공하는 시험항목으로 솔레노이드에 정격전압을 가해서 가동철심을 고정철심에 흡착시킨 상태에서 통전을 끊은 직후, 가동철심의 중앙에 정하중을 가해 이탈할 때의 하중의 최소치를 측정한다. 흡인력시험은 솔레노이드 시험항목중에서 가장 중요한 것으로 <사진 1>의 시험장치를 이용하여 정격행정 및 정격행정 이내의 임의의 범위에서 정격전압을 가해 흡인할 수 있는 하중의 최대치를 측정하는 것으로 이 시험항목을 통하여 변위대 흡인력 선도를 얻을 수 있다.

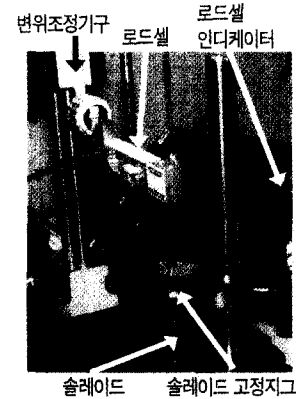
4.2 환경시험

KS JIS 에는 환경시험과 관련하여 내습성, 보관내한성, 보관내열성시험 만이 규정되어 있으나, KS R 1120(1999)에는 매우 많은 시험항목 및 시험방법들이 상세히 규제되어 있다. 또한 KS R 1120에서 규정하는 바와 같이 환경시험에 대한 상세한 언급이 필요하다 사료된다. 특히 열충격시험(그림 2 참조)이나 온습도 사이클 시험(그림 3 참조) 및 진동시험 등은 매우 중요한 시험항목이라 사료된다.

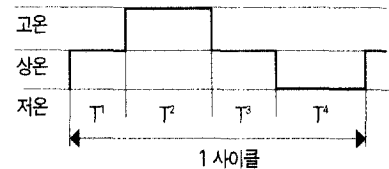
<그림 1> 솔레노이드 성능시험 장치 개략



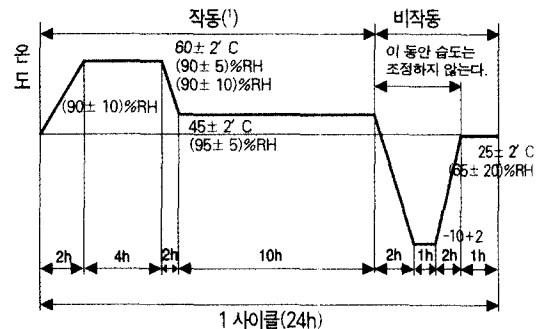
<사진 1> 솔레노이드 성능시험 장치 사진



<그림 2> 열충격 시험 패턴



<그림 3> 온습도 사이클 시험 패턴

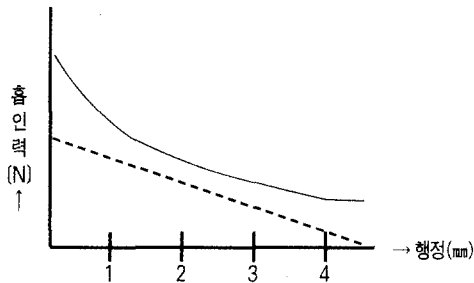




4.3 내구성(수명)시험

정격행정으로 정해진 일정한 기울기의 스프링 부하를 가동철심의 중심에 붙이고, 정격전압을 가해 수명 회수 만큼 동작시키는 시험으로 이 시험 후에는 동작 시험, 흡인력시험, 잔류흡착력시험, 절연저항시험을 수행하여 성능저하를 확인한다. 여기에서 정해진 일정한 기울기의 부하라 함은 <그림 4>에 보이는 바와 같이 정격흡인력의 50(%)인 지점에서 출발하여 일정한 구배를 갖는 스프링 부하를 뜻한다.

<그림 4> 내구성 시험 부하 기울기



5. 결론

본고에서는 DC 솔레노이드의 시험규격에 대해서 분석하고, 국내의 산업현장에서 이 규격을 시험하는 방법에 대해서 연구자들이 제안하는 시험장치를 통하여 살펴보았다. 이 연구를 통하여 얻어진 결론을 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 1) 리드선 색깔에 대한 구분이 명확하지 않으며, 산업계에서도 규정을 지키는 경우가 미흡하기 때문에 홍보 및 교육이 필요하다.
- 2) 흡인력 및 유지력, 잔류흡착력 등 힘과 관련된 규정 및 압력과 관련된 규정에 대해서는 국제규격을 우선으로 하는 것이 바람직하다.
- 3) 규격 규제에 있어 소수점 이하의 수치들은 측정오차 범위를 벗어나 계측의 정확도를 떨어뜨리기 때문에 지양하여야 하며, 부득이한 경우는 이유를 명기할 필요가 있다.
- 4) 연구자들이 제안하는 솔레노이드 성능측정장치는 수동으로 간단히 규격에서 요구하는 시험들을 수행할 수 있었으며, 서보모터나 펄스모터를 이용하면 자동화가 가능함이 확인되었다.

(윤소남 연구원: ysn688@kimm.re.kr)

참고문헌

[1] KSC 4530-1991, "General rules for solenoids"
 [2] KSC 4532-1991, "DC solenoids for general purpose"
 [3] JISC 4552-1984, "General rules for solenoids(Plunger type)"
 [4] JISC 4553-1984, "DC solenoids for general purpose"
 [5] 이일영, 정용길, "유압시스템제어용 비례전자밸브 및 고속 온-오프밸브의 활용법", 계장기술, 통권 93호, pp.98~105, 2001
 [6] 윤소남, 박선용, 강창욱, "솔레노이드 선정 및 설계기술", 계장기술, 통권93호, pp.123~127, 2001
 [7] 윤소남, 조정대, "유압밸브의 최신기술", 한국자동차공학회지, Vol.22, No.3, pp.56~61, 2000
 [8] KS C 4532-1991, "DC solenoids for general purpose" 윤소남, 황태영, 김형의, "유압밸브 신뢰성 평가 기준 개발", 한국신뢰성학회 2001년 정기학술대회, pp.99~104, 2001
 [9] 윤소남, 함영복, 김동수, "하이브리드 스펙밸브의 정특성 연구", 대한기계학회 2001년도 춘계학술대회논문집 B, pp.121~126, 2001
 [10] 윤소남, 함영복, "자동차산업 부문별 핵심포인트 점검(유압압기기)", 월간 FA 저널, 통권 239호, pp.105~109, 2002