

자동변속기 솔레노이드 밸브 세척기의 성능 향상에 관한 연구

(Study on Performance Improvement for Solenoid Valve Cleaner for Automatic Transmission)

양형열*

(Hyong-Yeol Yang)

요 약

자동차의 자동변속기에는 변속을 하기 위한 솔레노이드 밸브가 장착되어 있으며, 이 솔레노이드 밸브는 자동변속기의 고장 원인 중 상당부분을 차지하므로 이 밸브를 세척하기 위하여 솔레노이드 밸브 세척기를 사용한다. 그러나 현재 사용되고 있는 세척기는 슬러지를 제거하는 효과가 적고 세척 속도가 느린 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 솔레노이드 오프시에 잔류전류를 신속하게 제거하여 플런저의 동작속도를 증가시킴으로써 세척력을 증가시키고 세척 속도를 빠르게 하는 방법을 제안하였으며, 그 성능을 실험을 통해 증명하였다.

Abstract

Solenoid valve cleaner is used for clean the solenoid valve in automatic transmission for a car when it is clogged with transmission oil sludge. Nevertheless when the solenoid is turned off, the residual current in the solenoid coil makes slow motion of the plunger in the solenoid which makes lower in cleansing performance and speed. In this paper, the method of performance improvement for solenoid valve cleaner is proposed. The residual current in the solenoid coil is eliminated rapidly by the proposed method and it improves the cleansing performance and speed. The experimental results show the validity of the proposed method.

Key Words : Solenoid Valve Cleaner, Fast Recovery Diode, Residual Current, Inductance, Automatic Transmission

1. 서 론

자동 변속은 기계장치, 전기장치, 유압장치가 상호 작용하여 동력을 제어하는 정밀 기술로 외제 차량은

1960년대부터 자동 변속장치를 장착하여 사용해 왔으며 국내에서는 1975년 현대자동차의 포니 모델에 처음으로 장착되기 시작하여 1980년대부터 보급량이 크게 늘었다. 현재 미국의 자동변속기 점유율은 98[%] 정도이고, 유럽은 거의 50[%]에 이르고 있으며, 자동변속기가 운전이 편리하여 도시교통이 붐비고 여성운전자가 많아지는 등의 상황에서 채택이 증가될 수밖에 없는 상황이다[1].

지식경제부에 따르면 우리나라의 경우에도 자동

* 주저자 : 지오토(주) 연구소장
Tel : 062-974-3007, Fax : 062-974-3010

E-mail : sfish2000@gmail.com
접수일자 : 2009년 1월 15일
1차심사 : 2009년 1월 19일, 2차심사 : 2009년 3월 9일
심사완료 : 2009년 3월 23일

변속기 연간 점유율은 1995년 49.7[%], 2000년 68[%], 2005년 94.2[%]로 해마다 증가하는 추세에 있다.

대부분의 변속기 초기 고장은 밸브 바디와 밸브 바디에 장착되어 있는 솔레노이드 밸브의 고장으로 시작된다. 최근에는 자동변속기 고장의 상당부분을 차지하는 밸브 바디의 솔레노이드 밸브 고장유무를 진단하고, 기름 찌꺼기에 의한 솔레노이드 밸브의 막힘 현상을 해결할 수 있는 솔레노이드 밸브 세척기가 개발되었다[2].

그러나 개발된 솔레노이드 밸브 세척기는 솔레노이드 밸브 스위치 오프 시에 발생하는 높은 역기전력으로 인해 스위칭 소자가 자주 파손되는 현상이 발생한다. 이를 제거하기 위하여 솔레노이드 코일에 잔류하는 전류를 환류시키는 FRD(Fast Recovery Diode)를 부착하였으나 이로 인하여 스위칭 속도가 늦어져 동작 주파수가 60[Hz]에서 25[Hz]로 떨어지고 세척력이 약해지는 현상이 발생하였다.

본 논문은 [2]에서 개발된 솔레노이드 밸브 세척기의 성능향상에 관한 것으로서 저항 및 제너다이오드를 이용하여 솔레노이드의 잔류전류 감소시간을 단축시키는 방법을 사용함으로써 솔레노이드 밸브 세척기의 세척 속도 및 세척력을 향상시키는 방법을 제시한다.

2. 솔레노이드 밸브 세척기

2.1 솔레노이드 밸브

솔레노이드 밸브는 유체나 기체의 흐름을 전기적 제어로 완전 닫힘 또는 완전 열림 방식으로 조절하는데 사용된다. 솔레노이드 밸브는 두 가지 기본 부품의 조합으로 자기코어가 있는 솔레노이드와 한 개 또는 그 이상의 오리피스(orifice)가 있는 밸브 몸체로 구성된다. 오리피스를 통한 유체의 흐름은 솔레노이드에 흐르는 전류에 의해서 닫히거나 열리면서 제어된다. 그림 1은 일반적인 솔레노이드의 구조를 나타낸다.

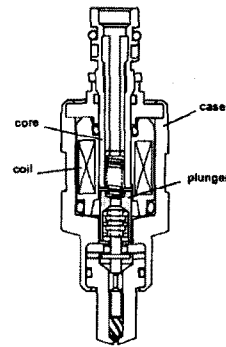


그림 1. 솔레노이드 밸브의 구조
Fig. 1. Structure of the solenoid valve

2.2 솔레노이드 밸브 세척기의 구조

자동차에 사용되는 자동 변속기의 솔레노이드 밸브는 보통 사용 목적에 따라서 변속 솔레노이드 A, B, 록업 솔레노이드, 라인압 솔레노이드, 오버런 솔레노이드 등 5개가 사용되며, ECU의 제어에 의해 솔레노이드 밸브 내부의 코일을 자화시켜 그 자력으로 플런저가 흡인되어 유압 회로를 제어한다[3].

자동변속기 고장의 90[%]는 오일의 과열과 오염으로 발생하며, 변속기 오일의 오염은 오일 교환으로 상당부분 제거되지만 전용 장비를 사용하지 않을 경우 전체 변속기 오일의 40[%]만 교환되고, 전용 장비를 사용한다고 해도 솔레노이드 밸브의 내부에 붙은 폐오일 슬러지는 남게 된다. 따라서 근본적인 솔레노이드 밸브의 세척방법이 요구되는데 이를 위해서 솔레노이드 밸브를 강제적으로 고속 진동시켜 밸브에 끼인 슬러지를 제거하는 방법을 사용하고 있다.

솔레노이드를 구동할 때 솔레노이드에서 발생하는 역기전력을 제거하기 위하여 보통 FRD(Fast Recovery Diode)를 사용한다[4-5]. 본 논문에서도 범용적으로 사용되고 있는 FRD를 사용하고 있으며 현재 사용되고 있는 솔레노이드 밸브 세척기는 그림 2와 같은 회로로 구성되어 있다. 그 외관은 그림 3과 같고 실험에 사용된 솔레노이드 밸브는 그림 4에서 보여주고 있다.

그림 2에서와 같이 솔레노이드 밸브 세척기의 솔레노이드 밸브 구동 회로는 상용전원을 12[V] 교류로 강압하기 위한 변압기, 강압된 교류전압을 직류로 만들기 위한 정류기, 전압평형을 위한 캐패시터, 솔레노이드 전류를 스위칭하기 위한 파워트랜지스터, 솔레노이드의 역기전력을 회생하기 위한 FRD(Fast Recovery Diode)와 솔레노이드로 구성된다.

솔레노이드 밸브 세척기는 총 12개의 12[V]용 솔레노이드를 세척할 수 있도록 되어있으며, 실험에는 실제 자동차의 자동변속기에 사용되는 12[V]/24[Ω] 솔레노이드 4개, 12[V]/3[Ω] 솔레노이드 2개로서 총 6개가 사용되었다. 솔레노이드 구동은 0~25[Hz]까지 동작이 가능하며 50[%]의 듀티비로 동작한다.

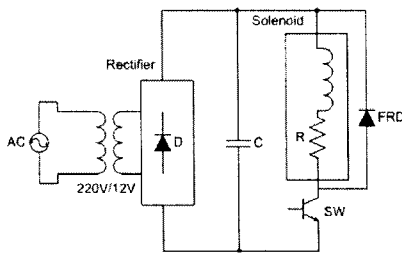


그림 2. 솔레노이드 밸브 구동 회로
Fig. 2. Circuit for the solenoid valve drive

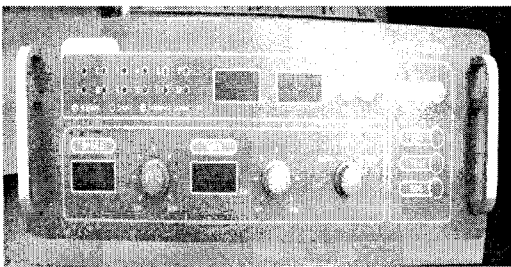


그림 3. 솔레노이드 밸브 세척기
Fig. 3. Solenoid valve cleaner



그림 4. 솔레노이드 밸브
Fig. 4. Solenoid valve

2.3 제안된 솔레노이드 밸브 세척기의 성능 향상 방법

2.3.1 솔레노이드의 전류 및 전압 분석

현재 개발되어 있는 솔레노이드 밸브 세척기[2]를 이용하여 솔레노이드 밸브를 동작시킬 때의 전압 및 전류 파형은 그림 5와 같다.

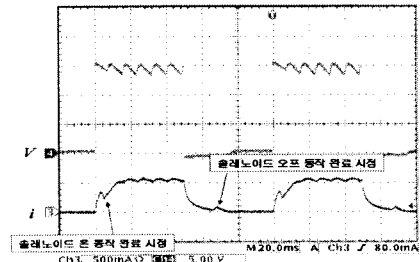


그림 5. 솔레노이드 동작 시 전압 및 전류 파형
Fig. 5. Voltage and current waveforms of the solenoid valve

솔레노이드 구동 회로의 전압 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다[6].

$$V = iR + L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} [V] \quad (1)$$

R : 솔레노이드 코일의 저항

L : 솔레노이드 코일의 인덕턴스

i : 솔레노이드 코일의 전류

코일의 인덕턴스는 다음과 같이 표현된다.

$$L = N^2 \frac{\mu A}{l} [H] \quad (2)$$

N : 솔레노이드 코일의 권선 수

μ : 투자율

A : 자기회로의 단면적

l : 자기회로의 총 길이

솔레노이드의 동작은 다음과 같다.

1) 스위치가 온 되는 경우

솔레노이드가 온 되어 전류가 증가하다가 다시 감

소하기 시작할 때까지 솔레노이드의 플런저는 거의 움직이지 않다. 플런저의 속도가 증가하면서 전류는 감소하며 플런저의 동작이 끝나기 바로 직전에 인덕턴스는 최대가 된다[7].

플런저의 동작이 완전히 멈춘 후에는 인덕턴스의 변화율은 0이 되므로 식 (1)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$V = iR + L \frac{di}{dt} \quad [V] \quad (3)$$

따라서 인덕턴스의 변화가 없는 일반적인 코일에 전류를 인가하는 것과 같은 형태가 되므로 전류는 식 (4)와 같이 증가하게 된다[5].

$$\begin{aligned} i(t) &= i_c + \left(\frac{V}{R} - i_c\right) \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \\ &= i_c e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \quad [A] \end{aligned} \quad (4)$$

i_c : 플런저 동작이 끝나는 시점의 전류

2) 스위치가 오프되는 경우

스위치를 오프하여 솔레노이드의 플런저가 용수철의 힘에 의하여 완전히 복귀할 때는 스위치 온 시와 반대로 약간의 전압이 증가하다가 감소하게 된다. 따라서 솔레노이드가 완전히 동작이 완료되는 시점을 알 수 있게 된다. 이때도 전압방정식은 식 (1)과 같다.

스위치를 온 시킨 후에 솔레노이드가 완전히 동작하고, 오프시킨 후 완전히 복귀하는 시간은 솔레노이드 자체가 가지고 있는 마찰력과 용수철의 힘, 그리고 코일에 흐르는 전류에 따라 결정된다.

2.3.2 역기전력 감소 및 잔류전류 제거 방법

현재 개발된 제품[2]에서 사용되는 솔레노이드 밸브의 경우 스위치 온/오프 후 완전히 동작이 끝나는 시점까지의 시간은 다음과 같다.

이는 기계적인 시정수와 전기적인 시정수가 더해진 시간이며 마찰이 적을수록, 인덕턴스가 작을수록 빠르게 동작하게 된다.

표 1. 솔레노이드밸브에 따른 동작 완료 시간
Table 1. Operation time of the solenoid valves

솔레노이드 구분	24[Ω]	3[Ω]
ON 동작 완료 시간	4.5[ms]	2[ms]
OFF 동작 완료 시간	20[ms]	6[ms]

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 솔레노이드가 온 동작을 할 때는 빠른 속도로 움직이므로 충분히 솔레노이드에 충격을 주어 슬러지를 제거할 수 있지만, 솔레노이드가 오프동작을 할 때는 속도가 매우 느리므로 플런저를 느린 속도로 복귀하게 하여 슬러지 제거능력을 떨어뜨리게 된다. 뿐만 아니라 동작이 완전히 완료된 후에 다시 온을 시켜야 하므로 솔레노이드 세척기의 구동 주파수를 떨어뜨리는 요인이 된다. 실제로 본 솔레노이드 세척기의 최대 구동주파수는 24[Ω] 솔레노이드의 경우 25[Hz] 정도로 제한되었다.

따라서 솔레노이드의 동작 주파수를 빠르게 하고 슬러지 제거능력을 향상시키기 위해서는 동작 오프 완료시점을 가능한 빠르게 해주어야 한다.

동작 오프 완료시점을 앞당기려면 코일에 흐르는 전류를 최대한 빠르게 감소시켜 스위치 오프 후에 잔류전류에 의한 기자력이 빨리 사라지게 해야 한다.

하지만 전류를 빠르게 감소시키면 코일에서 발생하는 역기전력($-L \frac{di}{dt}$)이 커져 노이즈를 발생시키고 스위치를 파괴하므로 적절하게 전류 감소 속도를 조절해 줄 필요가 있다.

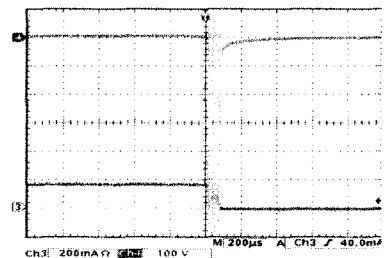


그림 6. 솔레노이드에 FRD를 연결하지 않은 경우의 역기전력
Fig. 6. Back EMF of the solenoid valve without FRD

스위칭 속도를 빠르게 하기 위해서 FRD를 제거한

경우에는 스위치 오프 시에 솔레노이드 단자에 $-L\frac{di}{dt}$ 에 해당하는 역기전력이 발생하게 되는데, 24 [Ω] 솔레노이드의 경우 그림 6에서 보는 바와 같이 약 250[V]의 역기전력이 발생하게 된다.

따라서 이러한 노이즈를 유발시키는 역기전력 발생을 억제하면서 전류 감소 속도를 조절하기 위한 2 가지 방법을 제시한다.

1) FRD와 직렬로 저항 삽입

그림 7과 같이 FRD와 직렬로 저항을 삽입함으로써 솔레노이드의 내부저항에서만 소비되던 에너지를 외부저항 R_f 에서도 소비하게 되므로 그만큼 빠르게 잔류전류를 제거할 수 있다.

여기에서 저항 R_f 의 값을 변경하여 전류가 제거되는 속도를 조절할 수 있다. 하지만 식 (1)의 $L\frac{di}{dt}$ 에 의한 역기전력이 발생되므로 적당한 트레이드 오프가 필요하다.

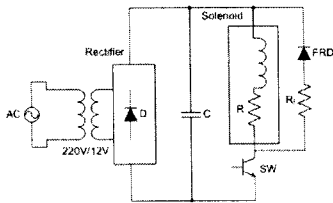


그림 7. FRD에 저항을 연결한 회로
Fig. 7. Circuit with resistor and FRD

이 방법을 사용할 경우는 솔레노이드가 바뀌면 그 저항값도 따라서 바뀌어야 역기전력의 감소를 일정하게 할 수 있다. 자동변속기에 사용되는 솔레노이드는 각 제조사별로 그 저항이나 인덕턴스가 다르다. 따라서 저항을 연결하여 역기전력을 줄이는 방법은 한정된 차종에 한하여 사용할 수가 있다.

2) FRD와 직렬로 제너 다이오드 삽입

솔레노이드의 종류에 관계없이 일정한 역기전력을 발생하도록 하기 위해서는 다음과 같은 방법을 제안한다.

그림 8과 같이 FRD와 직렬로 제너다이오드를 역 방향으로 접속하여 스위치 오프 시에 솔레노이드에서 발생하는 역기전력을 일정하게 유지시킨다.

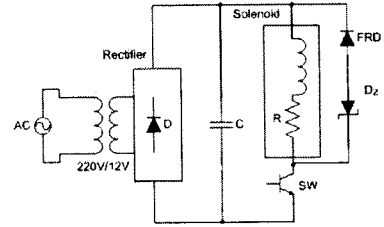


그림 8. Zener Diode를 삽입한 회로
Fig. 8. Circuit with zener diode and FRD

스위치를 오프할 때 솔레노이드에서는 전류의 변화에 따른 역기전력이 발생하고 이 역기전력이 제너 다이오드의 항복전압보다 낮은 경우에는 오프된 상태를 유지하므로 FRD가 연결되지 않은 것과 마찬가지로 최대한의 빠른 전류감소를 유도한다. 전류의 감소가 빠르면 $e = -L\frac{di}{dt}$ 에 따라서 솔레노이드 단자에 높은 역기전력이 유기되고 그 전압이 제너다이오드의 항복전압을 넘으면 FRD를 직렬한 것과 같은 효과를 갖는다.

따라서 솔레노이드에서 발생하는 역기전력을 일정하게 유지하면서 최대한으로 짧은 시간에 전류를 소모시킬 수 있게 된다.

제안된 방법은 자동변속기 솔레노이드의 종류에 관계없이 일정한 역기전력을 유지시키게 되므로 보다 범용적으로 사용할 수 있다.

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

3.1 시뮬레이션

제안된 방법의 타당성을 보기 위하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 회로해석에 주로 사용되고 있는 PSpic를 사용하였으며, 솔레노이드의 움직임을 무시하고 회로적인 부분만을 시뮬레이션 하였으나 제안된 방법의 유용성을 검증하는 데는 문제가 없다.

1) 저항을 삽입한 경우

FRD만을 연결한 경우($R=0[\Omega]$)와 직렬로 저항을 삽입한 경우($R=100[\Omega]$)의 시뮬레이션 결과를 그림 9에서 보여주고 있다. 시뮬레이션 조건은 솔레노이드

를 대신하여 24[Ω]/28[mH]를 사용하였으며, FRD와 병렬로 100[Ω]의 저항을 사용하였다.

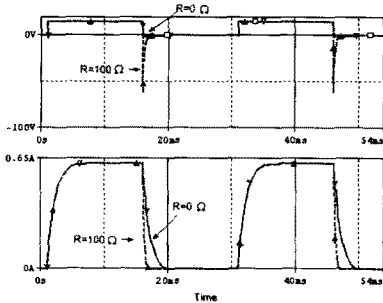


그림 9. 저항의 유무에 따른 전압(상) 및 전류(하)
Fig. 9. Voltage(above) and current(below) waveforms with 0[Ω] and 100[Ω] resistor

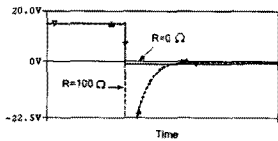


그림 10. 저항의 유무에 따른 전압(Zoom In)
Fig. 10. Voltage waveform with 0[Ω] and 100[Ω] resistor(zoom in)

그림 9에서 보는 바와 같이 저항을 사용하였을 경우 전류가 완전히 제거되는 시간은 약 1/3로 줄어든다는 것을 알 수 있으며, 이때 스위치 오프 시에 유기되는 전압의 크기는 최대 60[V]정도로 유지하고 있다. 저항이 없는 경우에는 그림 10에서 보는 바와 같이 매우 낮은 역기전력이 발생하고 있다.

2) 제너 다이오드를 삽입한 경우

항복전압 51[V]를 갖는 제너다이오드를 FRD와 직렬로 연결하여 시뮬레이션 한 결과 그림 11과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 제너다이오드를 삽입한 결과 전류의 감소 시간이 FRD만을 연결한 것보다 현저하게 단축되고 솔레노이드 코일에 발생하는 유기기전력은 제너다이오드의 항복전압인 51[V]로 제한되는 것을 볼 수 있다.

시뮬레이션 결과 저항을 연결한 경우와 제너다이오드를 연결한 경우 모두 발생하는 유기기전력을 스위치의 정격전압보다 낮게 유지하면서 잔류전류를 신속하게 제거할 수 있다는 것을 알 수 있다.

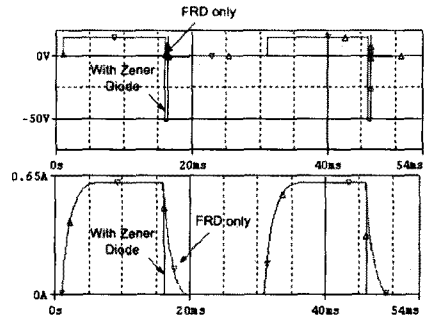


그림 11. Zener Diode 유무에 따른 전압(상) 및 전류(하)
Fig. 11. Voltage(above) and current(below) waveforms according to the zener diode

3.2 실험 및 결과 고찰

실험은 3[Ω]과 24[Ω] 솔레노이드 두 가지에 대해서 실시하였으며, FRD만을 연결한 경우, 솔레노이드와 병렬로 FRD와 저항을 연결한 경우, 그리고 FRD와 제너다이오드를 연결한 경우 모두에 대해서 실험을 실시하였다.

1) FRD만을 사용한 경우

FRD만을 사용한 경우 스위치 오프 시에 잔류전류가 완전히 제거되기 까지 많은 시간이 걸리므로 동작주파수를 높일 경우 풀런저가 완전히 복귀하기 전에 다음 주기의 스위치가 온되어 제대로 동작을 하지 못하는 경우가 발생하게 된다.

그림 12는 10[Hz]의 주파수로 동작하였을 경우의 파형이며 잔류전류가 제거되는 시간이 늦더라도 동작은 제대로 하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 그림 13에서 보는 바와 같이 25[Hz] 이상으로 동작시켰을 때, 3[Ω] 솔레노이드의 경우에는 인덕턴스가 작아서 오프시간이 비교적 빠르므로 동작이 가능하나 24[Ω] 솔레노이드의 경우는 그렇지 못함을 알 수 있다.

24[Ω] 솔레노이드에서는 25[Hz]의 속도로 동작 시 한 주기가 끝남과 동시에 다음 주기가 시작되므로 제대로 동작이 이루어지지 못한다. 따라서 이 경우에 최대 동작 주파수는 25[Hz]로 제한된다.

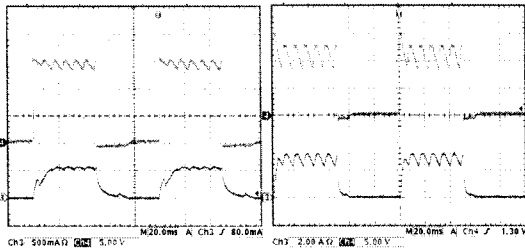


그림 12. 10[Hz] 구동 시의 24[Ω](좌), 3[Ω](우) 솔레노이드의 역기전력(상) 및 전류(하) 파형
 Fig. 12. Back EMF(above) and current(below) waveforms of 24[Ω](left), 3[Ω](right) at 10[Hz]

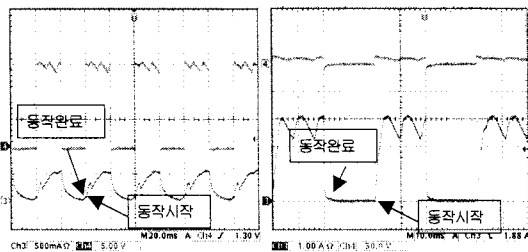


그림 13. 25[Hz] 구동 시의 24[Ω](좌), 3[Ω](우) 솔레노이드의 역기전력(상) 및 전류(하) 파형
 Fig. 13. Back EMF(above) and current(below) waveforms of 24[Ω](left), 3[Ω](right) at 25[Hz]

2) 저항을 삽입한 경우

24[Ω] 솔레노이드의 경우에는 100[Ω], 3[Ω] 솔레노이드의 경우에는 25[Ω]의 저항을 부착하여 실험한 결과를 그림 14, 15에서 보여주고 있다. 그림의 좌측은 역기전력(상)과 전류(하)를 보여주고 있고 우측 파형은 스위치가 오프되는 부분을 확대하여 보여주고 있다. 저항을 삽입하여 그림 14, 15와 같이 잔류 전류를 빠르게 제거하면서도 솔레노이드에 발생하는 역기전력을 스위치 정격인 100[V] 이하로 제한할 수 있음을 알 수 있다. 실험에서는 약 55[V]의 역기전력이 발생하고 있다.

3) 제너다이오드를 삽입한 경우

24[Ω] 솔레노이드와 3[Ω] 솔레노이드 모두에 대해서 제너다이오드가 삽입된 회로로 구동한 결과를 그림 16, 그림 17에서 보여주고 있다. 그림의 좌측은 역기전력(상), 스위칭 신호(중), 전류(하)를 보여주고

있고 우측 파형은 스위치가 오프되는 부분을 확대하여 보여주고 있다.

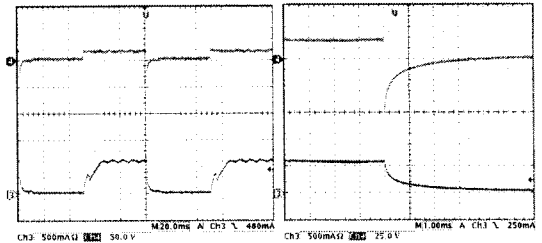


그림 14. 24[Ω] 솔레노이드 밸브: FRD와 100[Ω] 저항을 연결한 경우의 역기전력(상) 및 전류(하) 파형(우측: zoom in)
 Fig. 14. Back EMF(above) and current(below) waveforms of 24[Ω] solenoid valve with FRD and 100[Ω] resistor(right side: zoom in)

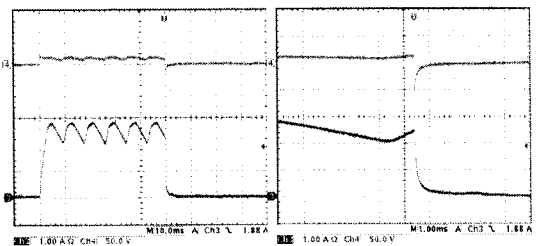


그림 15. 3[Ω] 솔레노이드 밸브: FRD와 25[Ω] 저항을 연결한 경우의 역기전력(상) 및 전류(하) 파형(우측: zoom in)
 Fig. 15. Back EMF(above) and current(below) waveforms of 3[Ω] solenoid valve with FRD and 100[Ω] resistor(right side: zoom in)

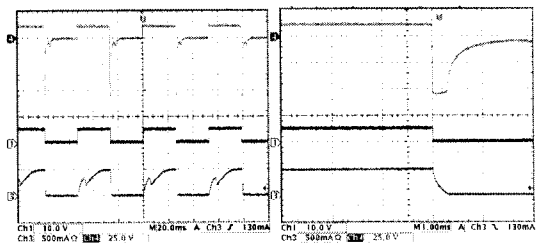


그림 16. 24[Ω] 솔레노이드 밸브: FRD와 Zener Diode를 연결한 경우의 역기전력(상), 스위칭 신호(중), 전류(하) 파형(우측: zoom in)
 Fig. 16. Back EMF(above), switching signal(middle) and current(below) waveforms of 24[Ω] solenoid valve with FRD and zener diode(right side: zoom in)

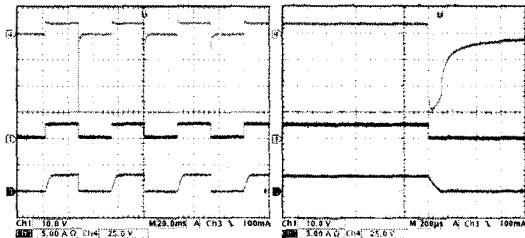


그림 17. 3[Ω] 솔레노이드 밸브: FRD와 Zener Diode를 연결한 경우의 역기전력(상), 스위칭 신호(중), 전류(하) 파형(우측: zoom in)
 Fig. 17. Back EMF(above), switching signal (middle) and current(below) waveforms of 3[Ω] solenoid valve with FRD and zener diode(right side: zoom in)

그림 16, 17에서 보는 바와 같이 제너다이오드를 삽입한 결과 솔레노이드의 유기기전력을 100[V]이하로 제한하면서도 잔류전류가 제거되는 시간이 24 [Ω]솔레노이드의 경우 약 0.6[ms], 3[Ω] 솔레노이드의 경우 약 0.1[ms]로서 FRD만을 사용하는 경우 보다 최소 30배 이상 빠르다는 것을 알 수 있다. 따라서 솔레노이드의 복귀속도가 빨라 플런저가 강하게 진동할 수 있으므로 세척력이 커지는 효과를 가지며, 솔레노이드 밸브 세척 속도도 2배 이상 빠르게 할 수 있었다. 이때 발생하는 역기전력은 60~70[V]정도로 제한됨을 볼 수 있다.

표 2에서 위 세 가지 경우 잔류전류가 제거되는 시간을 비교하고 있다.

표 2. 회로구성에 따른 솔레노이드 밸브의 잔류전류 제거 시간
 Table 2. Extinction time of the residual current in the solenoid valves according to the circuit

솔레노이드 구분	24[Ω]	3[Ω]
FRD only	20[ms]	6[ms]
FRD + Resistor	8[ms]	3[ms]

4. 결 론

본 논문에서는 솔레노이드 밸브 세척기의 동작을 분석하였으며, 동작성능을 향상시키는 방법을 제시하였다.

현재 개발된 솔레노이드 밸브 세척기의 문제점인 높은 역기전력과 느린 동작 주파수를 해결하기 위하여 FRD와 직렬로 저항을 연결하는 방법과 제너다이오드를 연결하는 방법 두 가지 방법을 제시하였고 이를 실험을 통하여 성능을 비교 분석하였다. 제안된 방법을 통하여, 솔레노이드가 오프될 때 잔류전류를 신속히 제거함으로써 솔레노이드 플런저의 속도를 현저히 증가시켜 세척력을 향상시키고 솔레노이드 밸브 세척기의 세척 속도를 향상시킬 수 있었다.

본 논문에 제시한 방법은 솔레노이드 밸브 세척기 뿐만 아니라 고속의 솔레노이드 동작이 필요한 어플리케이션에서 적용 가능할 것이다.

References

- [1] KIET북경사무소, 중국산업브리핑, 자동변속기문제로 어려움에 직면한 중국 폭스바겐, 제 08-19호, 2008. 4.
- [2] 김태근, 강주용, 김의선, "자동차용 자동 변속기 솔레노이드의 고장 분석 및 세척 장치 개발", CASS 2008 Control, Automation, and Systems Symposium, ICROS, pp. 397-399, 2008.
- [3] 나완용, 양현수, 장우중, 자동변속기, 기한재, 2003.
- [4] K. Sakamoto, Y. Nunogawa, K. Satonaka, T. Kouda, and S. Horiuchi, "An Intelligent Power IC with Reverse Battery Protection for Fast-Switching High-Side Solenoid Drive", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 46, NO. 8, pp. 1775-1781, 1999.
- [5] H. G. Jung, J. Y. Hwang, P. J. Yoon, and J. H. Kim, "Resistance Estimation of a PWM-Driven Solenoid", International journal of automotive technology International journal of Automotive Technology, Vol.8 No.2, pp. 249-258, 2007.
- [6] 송창섭, 이용주, 유세준, "AT용 솔레노이드 밸브의 동특성 해석에 관한 연구"한국정밀공학회지, 제 12권, 제 8호, pp. 122-130, 1995. 8.
- [7] 김동수, 전용식, 임기조, "0.1Watt급 ON-OFF 솔레노이드 밸브 개발", 대한기계학회 춘추학술대회 대한기계학회 2006년도 추계학술대회 강연 및 논문 초록집, 대한기계학회, pp. 1-7, 2006.

◇ 저자소개 ◇

양명열 (梁榮烈)

1969년 5월 27일생. 1993년 전남대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동대학 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동대학 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993~1994년 현대자동차(주) 사원. 2005년 10월~2006년 10월 미국 Virginia Tech. Post-Doc. 연구원. 2007년 3월~2009년 2월 호남대학교 전임강사. 2009년 3월~현재 지오토(주) 연구소장.