

램프 로드/언로드 HDD 의 역기전력을 이용한 VCM 속도 제어

Ramp Load/Unload Velocity Control of VCM Using BEMF in HDD

정준*·강태식**·김태수**·정광조**·이철우**

Jun Jeong, TaeSik Kang, TaeSoo Kim, KwangJo Jung and ChulWoo Lee

Key Words : Velocity Control, BEMF, Ramp, Load/Unload, HDD

ABSTRACT

Nowadays, most small form-factor drives adapt a load/unload mechanism and the flying height of the head becomes more and more low. So, the load/unload velocity also becomes one of the important factors to ensure the reliability of the load/unload operation. To control the load/unload velocity accurately, velocity sensing is most important because there is no special velocity sensor during the load/unload operation. In this paper, we proposed a very practical method that measures the velocity from the BEMF voltage of a VCM. Then, the proposed method is applied to the load/unload velocity control using 2.5" drives in order to verify its usefulness.

1. 서 론

L/UL(Load/Unload) 방식의 하드디스크드라이브(HDD)는 CSS(Contact Start-Stop) 방식의 HDD에 비해 비동작시의 내충격성, 소비전력, 헤드의 부상높이 면에서 매우 우수한 특성을 보이기 때문에, CSS 방식에 비해 저장면적이 다소 감소함에도 불구하고, 휴대용 저장기기로 사용되는 2.5" 이하의 HDD 대부분에 채택되고 있다.

헤드를 안정적으로 L/UL 하기 위해서는 슬라이더 형상, 서스펜션, 딥플 예하중, 헤드 부상 높이, 디스크 회전속도, L/UL 속도 등등의 설계가 매우 중요하다. 특히 HDD의 용량이 점점 높아짐에 따라, 헤드의 부상 높이가 점점 낮아지게 되었고, 이에 따라 L/UL의 안정성이 중요하게 되었으며, 이와 더불어 L/UL 속도도 중요하게 되었다.

L/UL HDD는 Fig.1에서와 같이 CSS 방식에는 없는 램프(Ramp)와 래치(Latch)를 필요로 한다. 램프의 프로파일은 VCM 속도와 더불어 헤드의 수직방향 L/UL 속도를 결정하며, 특정 타입의 래치에서는 래치를 풀기 위한 VCM 속도도 중요하다.

헤드가 디스크 상에 위치할 때는 디스크에 기록된 서보패턴으로부터 위치 정보를 관독해 헤드의 위치와 속도를 알 수 있지만, 헤드가 서보패턴이 없는 영역, 즉 램프 영역에 있을 때는 헤드의 위치나 속도를 알 수 없게 된다. 물론 엔코더나 타코미터와 같은, 별도의 센서를 장착하여 램프 영역에서의 헤드위치나 속도를 측정할 수 있지만,

비용과 공간 문제로 이와 같은 센서를 추가로 장착한다는 것은 거의 불가능한 일이다. 물론, VCM에 일정 전압을 가하는 식으로 L/UL를 할 수도 있지만, 이 방식에서는 헤드가 L/UL되는 순간의 속도가 여러 원인의 위해 영향을 많이 받게 되어 속도 편차도 크고, 반복성도 떨어지게 된다.

이러한 이유로 L/UL 방식의 HDD에서는 별도의 센서 없이 VCM의 역기전력(BEMF) 검출 회로만을 추가하여, 이를 통해 L/UL 속도제어를 하고 있다. 그런데, BEMF 측정 회로에 의한 속도 검출은 속도를 간접적으로 측정하는 방법이기 때문에 구현 방식이나 보정 방법 등에 따라 정확성 면에서 큰 차이를 보일 수 있다.

본 논문은 BEMF로 VCM의 속도, 즉 헤드의 속도를 정확하게 측정할 수 있는 방법과 이를 통한 속도제어 결과를 주된 내용으로 하고 있다. 즉, 기본적인 BEMF 측정 회로 소개, HDD라는 상황에서 발생할 수 있는 BEMF 측정 방법의 문제점과 해결 방법, 최신의 2.5" HDD에 적용한 L/UL 속도 제어 결과와 분석을 주 내용으로 하고 있다.

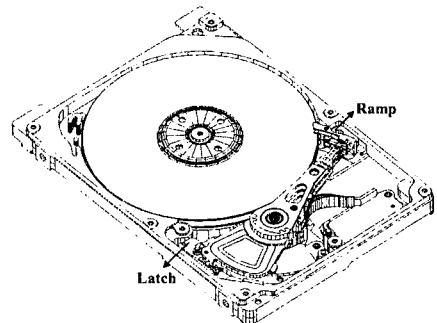


Fig. 1 Load/Unload 방식의 HDD

* 삼성전자 스토리지 사업부
E-mail : jun.jeong@samsung.com
Tel : (031) 200-3622, Fax : (031) 200-3536

** 삼성전자 스토리지 사업부

2. 역기전력을 이용한 속도의 검출

2.1 역기전력 BEMF 전압의 측정

VCM(Voice Coil Motor)은 다른 모터와 마찬가지로 직렬로 연결된 저항과 인덕턴스로 모델링 할 수 있다. 즉, 저항 성분을 R_M , 인덕턴스 성분을 L_M , 회전속도를 ω , BEMF 전압을 V_{BEMF} , VCM 양단에 걸리는 전압을 V_M , VCM 에 흐르는 전류를 I_M 이라고 하면 Fig.2 에서의 VCM 모터방식은 다음과 같게 된다.

$$V_M = V_A - V_{SP} = L_M \frac{dI_M}{dt} + I_M R_M + V_{BEMF} \quad (1)$$

여기서, V_{BEMF} 는 BEMF 상수 K_E 와 VCM 각속도 ω 의 곱과 같고, K_E 는 VCM 토크상수 K_T 와 같은 값으로 다음과 같은 관계가 있다.

$$V_{BEMF} = K_E \omega = K_T \omega \quad (2)$$

대부분의 HDD 는 DSP 칩을 이용한 디지털제어를 사용하고 있어 샘플링시간 단위로 제어입력이 계산되고, 계산된 값이 DAC(D/A Converter)로 전송되는 구조를 가지고 있다. 그리고, DAC 출력전압에 비례한 전류가 전류앰프에 의해 VCM 에 인가된다. DAC 의 경우, 안정화 시간이 수 μ sec 이내이며, 전류앰프의 경우는 대역폭이 수 kHz 이상되므로, DAC 값 변경 후 수십~수백 μ sec 정도의 시간이 지나면 VCM 전류는 고정된다. 즉, DAC 값 변경 후에 일정 시간이 지나면 전류 미분치는 0 이 되어 (1)식은 다음과 같게 된다.

$$V_M = V_A - V_{SP} = I_M R_M + V_{BEMF} \quad (3)$$

이후 특별한 언급이 없는 한, BEMF 측정시의 상태는 이와 같이 전류의 변화가 없는 상태를 가정한다.

Fig.2 는 L/UL 제어 시스템의 한 예다. 저항 R_S 는 전류앰프의 전류 피드백 용으로 사용되는 저항이며, DSP 칩, DAC, 전류앰프는 트랙추종서보와 탐색서보에 사용되는 것과 동일한 것이다. 단지 BEMF 전압을 측정하기 위한 회로와 ADC(A/D Converter)가 추가되어 있다. 회로의 R_2 와 R_4 는 가변저항이며, 이 저항은 DSP 로 변경시킬 수 있도록 되어 있으나, DSP 에 의한 변경이 필수 조건은 아니다.

Fig.2 에서 Op-앰프 A_1 과 A_2 입력단의 오프셋을 각각 V_{O1} 과 V_{O2} 이라 할 때, BEMF 측정 회로의 최종 출력 V_{MEAS} 은 Op-앰프의 입력력 관계식으로부터 다음과 같은 관계식을 갖게 된다.

$$V_{MEAS} = \frac{R_4}{R_3} \left[\left(R_M - \frac{R_2}{R_1} R_S \right) I_M + V_{BEMF} \right] + \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_4}{R_3} V_{O1} + \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) V_{O2} + V_{REF} \quad (4)$$

$$= \frac{R_4}{R_3} \left[\left(R_M - \frac{R_2}{R_1} R_S \right) I_M + V_{BEMF} \right] + V_{OFFS}$$

여기서, V_{REF} 는 회로의 기준전압이며,

$$V_{OFFS} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_4}{R_3} V_{O1} + \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) V_{O2} + V_{REF} \quad (5)$$

이다.

만약, 가변저항 R_2 를

$$R_2 = R_1 \frac{R_M}{R_S} \quad (6)$$

과 같이 설정할 수 있다면, (4)식은

$$V_{MEAS} = \frac{R_4}{R_3} V_{BEMF} + V_{OFFS} \quad (7)$$

로 간단히 표현된다.

R_3 , R_4 는 회로에서 이미 결정된 값이고, K_E 도 이미 정해진 상수이므로, V_{OFFS} 만 측정이 가능하다면 (2)식과 (7)식을 이용해 VCM 의 속도 ω 를 알아낼 수 있다. 그러나, 이 경우는 (6)식과 같이 R_2 를 설정할 수 있을 때에만 가능하다. 실제로는 R_2 를 DSP 에 의해 디지털 값으로 설정하기 때문에 분해능에 의한 오차가 발생하고, 설정 충분히 높은 분해능으로 R_2 를 설정할 수 있더라도 VCM 저항이 VCM 코일의 온도에 의해 변화하기 때문에 (6)식을 만족시키는 R_2 의 설정은 단순하지가 않다. 이에 대한 자세한 설명과 해결책은 2.2 와 2.3 절에서 다룬다.

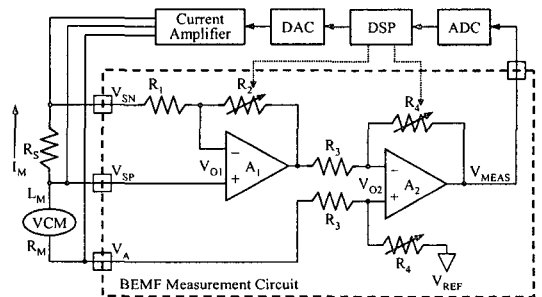


Fig. 2 BEMF 측정 회로를 포함한 L/UL 제어계

2.2 BEMF 측정의 보정

이 절에서는 언로딩 상태, 다시 말해, 파킹 상태에 있는 VCM 을 로딩하기 위해 필요한, BEMF 측정의 보정 방법을 제시한다.

(1) R_3, R_4 의 선정

R_4/R_3 는 BEMF 전압과 앰프 오프셋의 증폭 정도를 결정하므로 ADC의 입력 범위와 2.3 절에 설명되어 있는 온도 특성을 고려해서 R_3 와 R_4 를 설정한다. Fig.2에서는 설정상의 편의를 위해 R_3 를 고정시키고 R_4 만을 DSP로 설정한다.

(2) V_{OFFS} 의 측정

V_{OFFS} 를 측정하기 위해서는 파킹 위치에 정지해 있는 VCM에 0mA가 흐르도록 DAC값을 설정한 후 V_{MEAS} 를 측정하면 된다. 일반적으로 VCM이 파킹 위치에 있을 때에는 래치힘이 작용하기 때문에, 설사 DAC 오프셋에 의해 미약한 전류가 흐르더라도 VCM은 움직이지 않는다. 이 상태에선 (4)식에서 I_M 과 V_{BEMF} 이 모두 0이므로 ADC로 측정된 V_{MEAS} 는 V_{OFFS} 와 같게 된다.

(3) R_1, R_2 의 설정

R_2/R_1 는 R_M/R_S 와 같게 설정해야 (7)식을 이용할 수 있다. 여기서 R_1 은 Fig.2에서와 같이 설정상의 편의를 위해 회로적으로 고정시켜 놓고, R_2 만을 DSP로 설정한다. 먼저, 파킹된 VCM에 적당한 전류를 크래쉬스톱 방향으로 흐르게 한다. 이 때 VCM은 크래쉬스톱에 부딪혀 있는 상태이므로 전류의 변화에도 움직이지 않아 V_{BEMF} 은 0이 된다. 따라서 $V_{MEAS} - V_{OFFS}$ 의 절대값을 가장 작게 만드는 R_2 가 (6)식을 가장 잘 만족시키는 R_2 가 된다. 여기서, V_{OFFS} 은 이미 아는 값이고 R_2 는 가변적으로 설정 가능한 값이기 때문에 몇 번의 반복 작업에 의해 찾고자 하는 R_2 를 쉽게 찾아낼 수 있다. 단, V_{OFFS} 은 R_2 에 의해서도 영향을 받으므로 V_{OFFS} 과 R_2 가 원하는 범위 안으로 수렴할 때까지 V_{OFFS} 의 측정과 R_2 설정 과정을 수 차례 반복할 필요가 있다.

(4) 분해능 오차 보정

R_2 는 유한한 분해능을 갖는 값으로 설정되기 때문에 이에 따른 오차가 존재하고, (6)식을 만족하는 R_2 를 찾는 과정에도 측정 오차가 존재한다.

이 때의 오차는 속도 측정에 매우 많은 영향을 주기 때문에, 이 오차를 줄이는 방법으로 다음과 같이 기울기 S 를 도입한다.

$$S = \frac{R_4}{R_3} \left(R_M - \frac{R_2}{R_1} R_S \right) \quad (8)$$

(8)식을 이용하면, (4)식은 다음과 같이 표현된다.

$$V_{MEAS} = SI_M + \frac{R_4}{R_3} V_{BEMF} + V_{OFFS} \quad (9)$$

VCM이 파킹상태에 있을 때는, 크래쉬스톱 방향으로 아무리 많은 전류를 가해도 VCM이 움직이지 않으므로, 적당한 전류를 크래쉬스톱 방향으로 가했을 때의 V_{MEAS} 와 0mA의 전류를 가했을 때의 V_{MEAS} 를 측정하면 (9)식으로부터 S 를 구할 수 있게 된다.

Fig.3은 $V_{OFFS} = 0, V_{BEMF} = 0$ 이라고 가정했을 때, 전류에 대한 기울기 S 를 도입하지 않은 경우, R_2 의 분해능에 의해 발생할 수 있는 측정 오차를 시뮬레이션 한 결과다. 시뮬레이션에는 2.5"의 L/UL HDD가 사용되었고, 속도오차는 헤드에서의 선속도 오차를 의미한다. 결과에서와 같이 전류가 많이 흐를수록 측정값의 오차는 커지게 된다. 이 경우를 예로 들면, 200mA가 VCM에 흐르는 경우에는, VCM이 멈춰 있더라도 R_2 의 분해능에 의한 오차가 0.5 LSB(Least Significant Bit)라면, V_{MEAS} 로 계산된 속도는 1 ips(inch per sec) 이상 틀리게 된다. 대부분의 L/UL HDD에서는 로딩시 마그네틱 래치의 큰 힘을 이겨내야 하므로, 로딩시 큰 전류가 필요하고, 로딩 속도도 수 ips에 불과하므로, S 를 도입하지 않는다면 측정값에 상당히 큰 오차가 포함되어 VCM은 실제 움직이지 않으나, 속도는 설정 속도 이상으로 잘못 측정되어 VCM이 제자리에서 맴돌 수 있다. 다시 말해, 제어시스템이 불안정해질 수 있다.

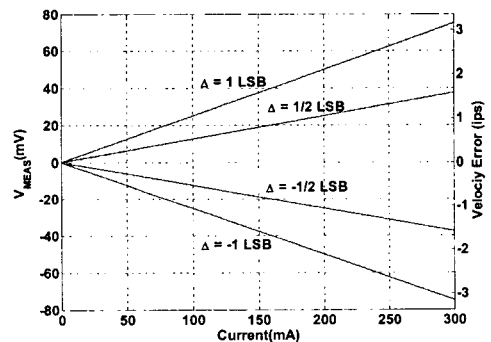


Fig. 3 분해능에 의한 측정 오차

(5) VCM 속도의 측정

앞서 설명한 설정과 측정 방법을 통해 ADC 로 측정된 V_{MEAS} 는 (9)식과 같게 되고, (9)식에서 S , R_3 , R_4 , V_{OFFS} 은 모두 설정하거나 측정해 놓은 값이기 때문에 I_M 만 알면 V_{MEAS} 를 통해 V_{BEMF} 를 알 수 있게 된다. 여기서, I_M 은 DAC 값에 비례한 값이기 때문에 이 또한 알 수 있는 값이다.

정리하면, V_{BEMF} 은 (9)식을 변형한 다음의 (10) 식으로 계산되며, VCM 의 속도는 (2)식을 통해 계산된다.

$$V_{BEMF} = \frac{R_3}{R_4} (V_{MEAS} - V_{OFFS} - S I_M) \quad (10)$$

2.3 온도에 의한 영향 보정

앞서 설명한 방법에 의해 VCM 의 속도를 측정함으로써, VCM 의 속도제어가 가능하다. 그런데, 앞서 설명한 방법의 단점은 속도 측정에 필요한 보정값 V_{OFFS} , R_2 , S 를 오직 파킹 위치에서만 측정 또는 계산할 수 있다는 것이다. 달리 설명하면, 속도 측정에 필요한 보정값은 VCM 에 전류를 인가하되 VCM 이 움직이지 않는 상태로 있을 때에만 얻어낼 수 있다. 따라서, 로딩 동작을 위한 속도의 측정에는 (10)식을 그대로 사용할 수 있다. 그러나, 헤드를 디스크 위에서 파킹 위치로 언로딩에는 온도의 영향으로 VCM 코일의 저항값 R_M 이 변경될 수 있어, 로딩 직전에 설정한 보정값을 (10)식에 그대로 사용할 수 없게 된다.

VCM 코일의 저항값은 온도에 매우 민감하게 변하는 특징을 가지고 있다. VCM 코일의 경우, T_1 온도에서의 저항값이 $R_{M,T1}$ 이라면, T_2 온도에서의 저항값 $R_{M,T2}$ 는 일반적으로 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$R_{M,T2} = R_{M,T1} [1 + \alpha(T_2 - T_1)] \quad (11)$$

여기서, α 는 코일의 열팽창계수에 해당한다.

Fig.4 는 $\alpha = 0.004$ 인 경우에 대해, 0°C에서 로딩한 후, VCM 코일의 온도가 20, 40, 60°C 변했을 때의 측정 오차를 Fig.3 과 같은 방법으로 시뮬레이션 한 결과다. 그림의 경우를 예로 들면, 온도 변화가 20°C만 나더라도, VCM 에 흐르는 전류가 -100mA 일 때, VCM 은 멈춰 있더라도 5 ips 이상으로 움직이는 것으로 잘못 측정된다. 언로딩시의 속도가 수 ips 임을 고려해 볼 때, 온도에 의한 오차는 매우 심각한 정도이다.

VCM 코일의 온도는 HDD 내부 온도에도 영향

을 받지만, 탐색제어에 의한 큰 전류에 의해서 더욱 직접적으로 영향을 받기 때문에, 코일의 온도는 HDD 의 동작환경에 영향을 많이 받는다. 또한 언로딩 동작 중, 팁탭(tip-tab)이 램프와 부딪히는 순간과 VCM 이 파킹 위치의 크래쉬스톱과 부딪히는 순간에는 VCM 에 많은 전류가 흐르므로 이 부분에서의 측정 오차는 더욱 크게 된다.

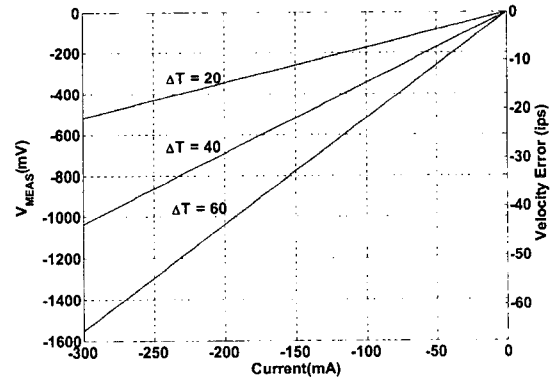


Fig. 4 VCM 코일 온도 변화에 따른 속도 측정 오차

온도의 영향을 보정하기 위해서는 R_2 와 S 를 다시 설정해야 한다. 그런데, R_2 를 변경하는 경우는 (5)식의 V_{OFFS} 도 변화한다. 즉, R_2 와 S 는 서로 의존적이기 때문에, ADC 의 측정 범위가 문제가 되지 않은 한, 언로딩 할 때 S 만을 다시 설정하는 것이 적용면에서 더 유리하다.

한편, ID(Inner Diameter) 크래쉬스톱을 이용하면 앞서 설명한 방법을 이용하여 S 를 다시 보정할 수는 있으나, VCM 을 ID 에 부딪히게 할 경우에는 슬라이더/디스크 인터페이스 문제가 발생할 수 있고, 보정에 많은 시간이 소요되므로 이 방법을 실제 HDD 에 적용하기는 힘들다.

S 를 재보정하는 방법에는 여러 방법이 있겠지만, 가장 간단하면서도 비교적 정확한 방법은 탐색서보를 이용하는 것이다. 탐색서보에서는 서보 패턴으로부터 헤드의 위치를 측정할 수 있기 때문에, 탐색서보 중 측정된 위치와 속도 데이터를 (10)식과 비교해서, 그 편차를 이용해 S 를 재보정하는 것이다.

3. 제어기 설계와 속도 제어 결과

3.1 제어기 설계

속도의 측정에는 (2)식에서와 같이 VCM 의 토크상수가 직접적인 영향을 끼치게 된다. 가령 계

산에 사용되는 토크상수가 실제보다 큰 경우에는 BEMF 에 의한 속도 측정이 실제보다 작게 되어 속도 제어시 목표속도보다 더 빠른 속도로 VCM 이 움직이게 된다. 따라서 L/UL HDD 에서는 디스크 기록면뿐 아니라, 파킹 위치에서의 토크상수도 중요하다. 이런 의미에서 VCM 의 동특성은 실제 L/UL 가 이루어지는 램프 위에서 측정함이 바람직하다. Fig.5 는 램프와 디스크를 제거한 상태에서 헤드를 원래의 램프 위치에 놓고, VCM 에 정현파를 가진하고 이에 대한 속도 응답을 LDV 로 측정 한 결과다. 결과에서 저주파 영역은 피봇 베어링의 마찰 특성에 의한 것이다. 이 실험을 통해 VCM 액추에이터의 전달함수 G_p 는 액추에이터의 회전관성모멘트를 J 라 할 때, 다음과 같은 형태를 갖게 된다.

$$G_p = \frac{\Omega(s)}{I(s)} = \frac{K_T}{Js + a} \quad (12)$$

여기서, 입력은 전류 $I(s)$, 출력은 속도 $\Omega(s)$ 이며, a 는 피봇베어링의 마찰 특성에 의해 정해지는 값이다.

이처럼 VCM 의 전달함수는 일반적인 DC 모터의 전달함수와 동일한 형태를 갖기 때문에 적분요소를 포함한 제어기, 즉 Lag 보상기나 PI 보상기에 의해 속도제어를 할 수 있다.

본 논문에서는 (13)와 같은 PI 형태의 보상기를 이용하였다. 보상기의 샘플링시간은 BEMF 의 측정이 가능한 최소시간보다 길게 설정하였고, 게인 a_0 , a_1 은 외란 성분이 제어결과에 미치는 영향과 L/UL 특성을 고려해서 선정하였다.

$$G_c(z) = \frac{a_0 z + a_1}{z - 1} \quad (13)$$

필요에 따라서는 (13)식의 제어기에 고주파의 측정 오차를 줄이기 위한 저주파통과필터나 피드포워드 보상기를 추가할 수도 있다.

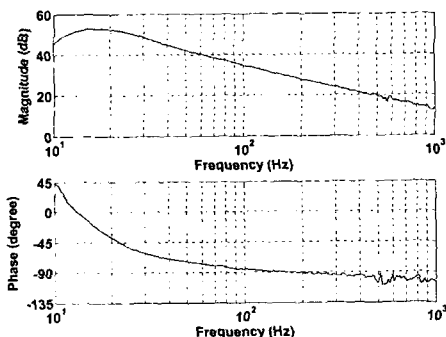


Fig. 5 VCM 의 주파수 응답 특성

3.2 실험 결과 및 고찰

Fig.6 은 헤드의 목표속도를 1.5ips 로 하여 로딩 속도를 제어한 결과이며, Fig.7 은 로딩구간의 위치를 램프와 디스크에 표시한 그림이다. ①은 파킹 위치로 여기에선 실험에 사용된 래치 특성에 의해 속력이 순간적으로 증가한다. 이후 마그네틱 래치의 힘을 이겨내며 래치를 풀어야 하므로 VCM 전류가 커진다. 래치는 ② 이전에 풀리며, 래치가 풀린 후 팁탭이 램프의 언덕 ②를 지나게 되는데, 이 때는 서스펜션에 의한 예압이 VCM 의 회전방향에 힘을 가하고, 램프의 마찰도 영향을 미치기 때문에 역시 VCM 전류가 상당히 커지게 된다. ③은 팁탭이 램프의 평편한 부분으로 진입하는 시점으로, 이 때는 서스펜션의 예압이 VCM 의 회전방향에 영향을 미치지 않게 되므로, 순간적으로 속력이 증가하게 된다. 이후 헤드는 램프의 평편한 ④ 지점을 목표속도인 1.5 ips 로 이동한 후, 진정한 의미의 L/UL 이 이루어지는 ⑤~⑥ 지점을 통과한다. 이 때, ⑤ 지점에서는 서스펜션에 의한 예압이 속력이 증가하는 방향으로 다시 작용하며, 이후 헤드의 로딩이 이루어지고, ⑥에서는 슬라이더와 디스크 사이에 형성되는 음압력이 속력을 줄이는 방향으로 작용한다. 이후 헤드는 OD(Outer Diameter) 방향으로 계속 이동하게 되고, DSP 는 디스크의 원하는 위치까지 도달한 것을 서보패턴으로 확인한 후 목표속도를 낮추어 ⑦에서 제어권을 트랙추종서보로 넘기게 된다.

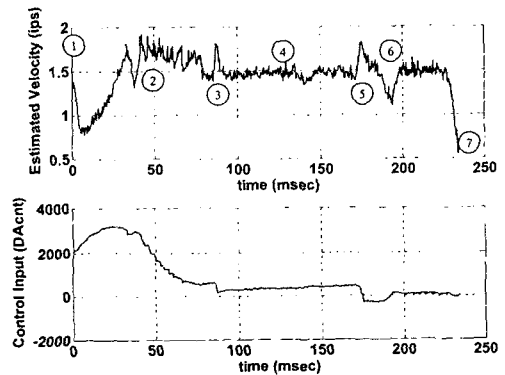


Fig. 6 로딩시의 속도제어 결과

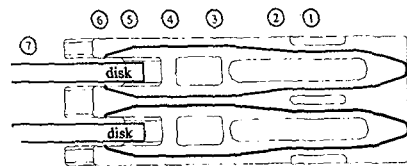


Fig. 7 램프와 디스크의 로드/언로드 구간

언로딩 결과는 Fig.8 과 같다. 헤드를 언로딩하기 위한 목표 속도는 -3.0ips 로 선정하였으며, 언로딩을 위한 S는 탐색제어를 통해 이미 재보정되었다. ⑦에서 언로딩을 시작해서 ⑥에서 팁탭이 램프에 부딪치게 되어 속력이 줄어들며, 램프의 경사를 넘어서는 순간, 즉 ⑤에서 서스펜션의 예압이 VCM의 회전방향으로 영향을 미치지 않게 됨에 따라 속력이 빨라진다. 이후 ④, ③, ②를 지나면서 서스펜션의 영향과 마그네틱 래치의 영향을 받아 속력이 증가했다가 램프가 크래쉬스톱에 부딪히기 직전에 낮춰 놓은 목표속도에 의해 속력이 줄어들게 된다.

Fig.6 과 8 의 결과는 BEMF 측정 회로와 보정법에 의해 측정된 속도 결과이므로 실제 L/UL 속도와는 다를 수 있다. 이 때문에 고속카메라로도 L/UL 속도제어 결과가 실제와 같음을 검증하였다.

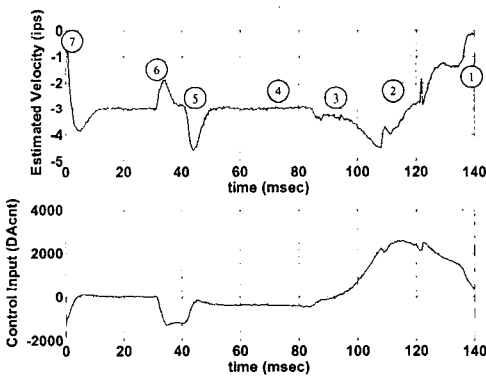


Fig. 8 언로딩시의 속도제어 결과

실제로 L/UL 동작이 이루어지는 구간은 ⑤~⑥ 구간이며, 이 부근에서 L/UL 속도제어 시스템은 서스펜션 예압과 팁탭-램프 충돌에 의해 매우 큰 외란을 받게 되므로 이 부분에서의 속도 변화는

피할 수 없게 된다. 그러나, 속도제어를 하지 않는 경우, 이와 같은 속도 변화는 더욱 크게 되고, 반복성도 매우 나쁘게 된다. 이런 의미에서 L/UL 속도제어 효과는 매우 효과적이라고 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 램프 로드/언로드 HDD에 적합한, VCM의 로드/언로드 속도 제어 방법을 제시하였다. 로드/언로드 속도 제어가 가장 중요한 요소가 VCM 역기전력 BEMF 전압의 정확한 측정임을 보였으며, BEMF를 정확히 측정하기 위한 회로와 보정법을 제시하였다. 또한 VCM 코일의 온도 변화가 언로딩시 매우 큰 영향을 줄 수 있음을 예시하였고, 이에 대한 보정방법도 소개하였다. 또한, 본 논문에 제시한 방법을 최신의 2.5" HDD에 적용하여, 제시한 로드/언로드 속도제어 방법이 매우 안정적이고 실용적임을 검증하였다.

참고문헌

- (1) T.R.Albrecht and F.Sai, 1999, IEEE Transactions on Magnetics, "Load/Unload Technology for Disk Drives"
- (2) Qing-Hua Zeng and David B.Bogy, 2000, IEEE Transactions on Magnetics, "Effects of Certain Design Parameters on Load/Unload Performance"
- (3) Erno H. Klaassen, 2000, IEEE Transactions on Magnetics, "Electromechanical Modeling of Actuator Dynamics in a Load/Unload Disk Drive"