

Zeeman 안정화 He-Ne 레이저 및 One-shot F/V 변환기를 이용한 헤테로다인 진동측정기

라종필*(광주과학기술원, 원), 최현승(광주과학기술원, 원), 박기환(광주과학기술원)

주제어 : Heterodyne Interferometer, Laser Doppler Vibrometer, Zeeman Stabilized He-Ne, One-Shot F/V Converter

본 논문은 헤테로다인 간섭계를 이용한 레이저 진동 측정기에 대해 기술하고 있다. 상용 레이저 진동 측정기가 대부분 AOM을 이용하여 주파수 천이를 일으키는 반면, 본 연구에서는 Zeeman 안정화 He-Ne 레이저를 사용하므로써, 서로 다른 주파수를 가지는 레이저를 동시에 얻을 수 있었다. 따라서, Zeeman 안정화 He-Ne 레이저를 사용하는 진동측정기의 경우 간섭계 구성을 위해 사용되는 비용을 현저히 줄일 수 있다. 또한, AOM의 고주파 신호를 처리하기 위해서는 RF 대역의 신호처리 회로 설계가 필요하지만, Zeeman 안정화 레이저의 주파수 천이가 낮으므로, 제안된 진동측정기의 신호처리가 용이하다. 주파수 안정화를 위하여 디지털 콘트롤 시스템을 이용한 PID Controller를 사용하였다. Figure 1은 Zeeman 안정화 He-Ne 레이저를 이용한 헤테로다인 진동측정기를 나타낸다. Quarter Wave Plate 1(QW1)과 QW2는 거울과 측정체로부터 반사된 빛이 광원으로 재입사 되는 것을 막기 위해 사용되었으며, 서로 수직 편광된 레이저의 간섭을 위해 편광기(polarizer)를 사용하였다. 또한 일반적으로 진동체의 반사도가 매우 낮으므로 렌즈를 사용하여 빛을 집광하였다.

일반적인 헤테로다인 진동 측정기의 신호처리를 위하여 PLL을 많이 사용하였다. 그러나, PLL은 입력 주파수에 따른 비선형성이 크고, Transient Response 및 Steady State Delay가 존재하였다. 본 논문에서는 간섭계로부터 얻은 간섭신호로부터 도플러 주파수를 측정하기 위한 두가지의 신호처리 알고리즘을 제안하였다. 일반적으로, 미분된 신호의 진폭은 원신호의 주파수에 비례한다. 이러한 원리를 이용하여 간섭신호의 주파수 즉 대상체의 속도를 측정할 수 있다. 이 방법은 해석적으로 엄밀하나 실제 구현에 있어 몇가지 문제가 발생하는데, 회로가 복잡하고, 높은 주파수에서 미분을 수행하기가 어렵다. 본 논문에서 제안한 또 다른 방법은 One-Shot F/V 변환기를 이용하는 방법이다. 이산화된 신호의 주파수는 주기에 반비례하므로 주기를 측정하여 주파수를 얻는다. Figure 2는 One-Shot F/V 변환기를 이용한 신호처리부를 보여준다. 일반적으로 One-Shot F/V 변환기는 입력 주파수가 낮아짐에 따라 전압 Ripple이 증가하게 되는데, 전압 Ripple을 줄이기 위하여 Zero-order Holder를 사용하였다. 측정신호의 주파수는 도플러 주파수 외에 주파수 천이에 의한 주파수를 가지므로, 이를 제거하기 위하여 두개의 One-Shot F/V 변환기를 사용하였다.

본 연구에서는 이들 신호처리방법을 해석적으로 증명하였으며, 실험적으로 그 성능을 검증하였다. 구성된 One-Shot F/V 변환기의 대역은 1Mhz이며, 0.5%의 비선형성을 실험적으로 얻었다.

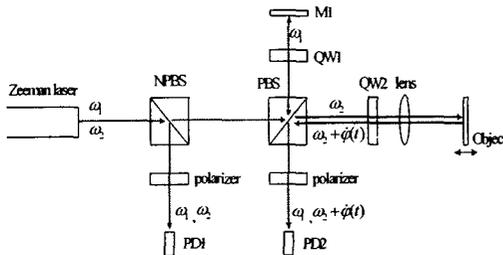


Figure 1 Heterodyne laser Doppler vibrometer using Zeeman stabilized He-Ne Laser

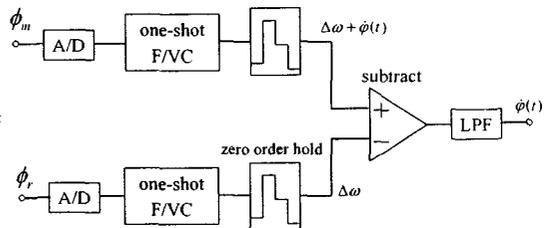


Figure 2 Signal processing circuit of the heterodyne laser Doppler vibrometer using one-shot F/V converter